



Les ressources au cœur des pratiques des professeurs de mathématiques : le cas de l'enseignement d'exploration MPS en seconde

Chantal Tufféry-Rochdi

► To cite this version:

Chantal Tufféry-Rochdi. Les ressources au cœur des pratiques des professeurs de mathématiques : le cas de l'enseignement d'exploration MPS en seconde. Histoire et perspectives sur les mathématiques [math.HO]. Université de la Réunion, 2016. Français. NNT : 2016LARE0010 . tel-01391464

HAL Id: tel-01391464

<https://theses.hal.science/tel-01391464>

Submitted on 24 Nov 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Université de La Réunion

**École Doctorale « Sciences, Technologies et
Santé » (ED 542)**

**Laboratoire d'Informatique et de
Mathématiques (EA 2525)**



Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat (arrêté du 7 août 2006)

Spécialité : Didactique des Mathématiques

Chantal TUFFÉRY-ROCHDI

***Les ressources au cœur des pratiques
des professeurs de mathématiques :***

***Le cas de l'enseignement d'exploration
MPS en Seconde***

Soutenue le 17 juin 2016

Dirigée par Dominique TOURNÈS et Luc TROUCHE

JURY

Ghislaine GUEUDET (rapporteur), Professeur à l'Université de Bretagne Occidentale

Cécile OUVRIER-BUFFET (rapporteur), Professeur à l'Université de Reims

André TOTOHASINA, Professeur à l'Université d'Antsiranana, Madagascar

Frédéric TUPIN, Professeur à l'Université de La Réunion

Alessio GUARINO, Maître de Conférences HDR à l'Université de La Réunion

Luc TROUCHE, Professeur à l'École Normale Supérieure de Lyon

Dominique TOURNÈS, Professeur à l'Université de La Réunion

Remerciements

L'aboutissement de ce travail tient à plusieurs personnes que je tiens à remercier ici.

Tout d'abord, mes remerciements vont à mes directeurs de thèse, Dominique Tournès et Luc Trouche, pour la confiance qu'ils m'ont témoignée au lancement de cette recherche ainsi que pour la qualité de leur encadrement, leur soutien régulier, leurs conseils précieux et leur disponibilité tout au long de ces années.

Je remercie également Ghislaine Gueudet et Cécile Ouvrier-Buffer d'avoir accepté d'être rapporteurs pour cette thèse ainsi qu'Alessio Guarino, André Totohasina et Frédéric Tupin pour leur participation au jury.

Merci à Driss Alaoui pour sa relecture à la fois précise, rigoureuse et bienveillante du manuscrit.

J'adresse également des remerciements très sincères à Dominique, Boris, Teddy, Geneviève, Olivier, Isabelle, ainsi qu'à leurs élèves, pour m'avoir accueillie dans leur classe, pour leur disponibilité et le temps qu'ils m'ont consacré. Merci à Tilaga, Caroline, Matthieu, Valérie, Philippe et Franck d'avoir répondu favorablement à mes demandes d'entretien.

Je remercie l'IREM de La Réunion et son directeur pour l'accompagnement et le soutien apportés lors de la constitution de l'atelier MPS, ainsi que les participants des différents séminaires IREM pour leurs remarques et leurs conseils lors de mes interventions. L'implication et le dynamisme des animateurs et des participants des différents ateliers IREM ont renforcé ma motivation.

Je remercie également les directeurs de l'école doctorale et de mon laboratoire ainsi que le proviseur de mon lycée qui m'ont permis d'assister à deux écoles d'été de didactique de mathématiques riches en rencontres, échanges et apports de connaissances. De la même façon, les échanges lors des séminaires des doctorants du Laboratoire d'Informatique et de Mathématiques ont contribué à enrichir ce travail.

Merci à mes amis et collègues pour leur intérêt pour mon travail, leurs questions et leurs encouragements réguliers.

Enfin, mes pensées vont vers mes parents, mon mari, mes filles pour m'avoir supportée dans tous les sens du terme durant ces dernières années.

Je dédie ce travail à Louisa et Yasmine.

Résumé

Notre questionnement trouve sa source dans la mise en place, dans le cadre de la réforme du lycée de 2010, de l'enseignement d'exploration Méthodes et Pratiques Scientifiques (MPS) en Seconde. Cet enseignement pluridisciplinaire, visant à initier les élèves à la démarche scientifique dans le cadre d'un projet, a conduit les enseignants de mathématiques, à interroger et à modifier leurs pratiques. Nous proposons d'analyser ces changements sous l'angle des ressources et du travail des enseignants sur ces ressources. Nous mobilisons les cadres théoriques de la double approche didactique et ergonomique (Robert, 2010a ; Rogalski, 2010) et de l'approche documentaire du didactique (Gueudet et Trouche, 2010). Notre recherche est conduite à partir du suivi de professeurs de mathématiques impliqués en MPS et engagés dans différents collectifs disciplinaires et pluridisciplinaires. Ce suivi est complété par des entretiens avec les collègues des autres disciplines. Nous avons aussi effectué une étude sur l'offre des ressources disponibles pour l'un des thèmes proposés. Cette étude s'inscrit dans le programme de recherche ReVEA (Ressources Vivantes pour l'Enseignement et l'Apprentissage), soutenu par l'ANR. Notre thèse propose de montrer l'impact des ressources et de leur manque depuis la compréhension de la tâche prescrite jusqu'à la tâche effective, ainsi que celui des différents collectifs dans lesquels le professeur de mathématiques est impliqué. Elle questionne également les effets de ce travail sur le développement professionnel concernant en particulier la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des démarches d'investigation.

Mots-clés : didactique des mathématiques, pratiques des professeurs, Méthodes et Pratiques Scientifiques (MPS) en seconde, démarches d'investigation, ressources, travail documentaire, travail collectif, développement professionnel.

Abstract

Our questioning emerges from the establishment of a new teaching, called Scientific Methods and Practices (MPS), as part of the French high school reform in 2010. This multidisciplinary teaching, which aims to initiate pupils to a scientific approach, leads mathematics teachers to question and to change their practices. We propose to analyze these changes in terms of resources and the way teachers work on these resources. We retain two approaches: the double approach didactic and ergonomic of the teaching practices (Robert, 2010a ; Rogalski, 2010) and the documentational approach of didactics (Gueudet et Trouche, 2010). Our research is conducted from observations of mathematics teachers involved in MPS and engaged in different disciplinary and multidisciplinary collectives. These observations are supplemented by interviews with colleagues in other disciplines. We also performed a study of resources available for one of the themes proposed. This study is part of the research program ReVEA (Living Resources for Teaching and Learning), supported by the ANR. Our thesis aims to show the impact of resources and lack of resources from understanding the prescribed task to the effective task, and also the impact of the different collectives in which the mathematics teacher is involved. It questions as well the effects of this work on professional development, especially regarding the inquiry-based science teaching.

Keywords: Didactics of mathematics, teachers' practices, Scientific Methods and Practices (MPS), inquiry-based science teaching, resources, documentation work, collective work, professional development.

Sommaire

REMERCIEMENTS.....	3
RESUME.....	5
SOMMAIRE	7
INTRODUCTION.....	11
I - PRATIQUES ET ENSEIGNEMENTS SCIENTIFIQUES	13
I.1 - TENTATIVES ANTÉRIEURES POUR TRANSPOSER EN CLASSE LES DÉMARCHES DES SCIENTIFIQUES.....	14
I.1.1 - DANS LES PROGRAMMES DU PRIMAIRE : DE LA LEÇON DE CHOSES À LA MAIN À LA PÂTE	14
I.1.2 - DANS LES PROGRAMMES DE COLLÈGE ET DE LYCÉE : DE LA DÉMARCHE INDUCTIVE À LA DÉMARCHE HYPOTHÉTICO-DÉDUCTIVE.....	23
I.1.3 - DES DISPOSITIFS RÉCENTS ISSUS DE LA RECHERCHE : L'OPTION SCIENCES, MATHS À MODELER, LE PROJET S-TEAM.....	39
I.1.4 - UN POINT DE VUE RECHERCHE SUR LES DI ET LES TRAVAUX PERSONNELS ENCADRÉS.....	45
I.2 - MÉTHODES ET PRATIQUES SCIENTIFIQUES (MPS) :	56
I.2.1 - LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE DANS LES PROGRAMMES DISCIPLINAIRES DE 2010	56
I.2.2 - UNE ANALYSE DU PROJET INSTITUTIONNEL SUR LES MPS	60
I.2.3 - CE QU'IL EST DIT SUR LA DÉMARCHE DE PROJET/SCIENTIFIQUE/D'INVESTIGATION	65
I.2.4 - CE QU'IL EST DIT SUR LE TRAVAIL COLLECTIF DES ENSEIGNANTS ET L'ASPECT PLURIDISCIPLINAIRE DU PROJET.....	68
I.2.5 - NOS CONCLUSIONS SUR LA DEMANDE INSTITUTIONNELLE.....	69
I.3 - CONCLUSIONS ET PREMIÈRES QUESTIONS SOULEVÉES	71
II - CADRES THÉORIQUES MOBILISÉS.....	75
II.1 - LA DOUBLE APPROCHE DIDACTIQUE ET ERGONOMIQUE	76
II.1.1 - LES CONCEPTS DE SUJET ET SITUATION, TÂCHE ET ACTIVITÉ	76
II.1.2 - LA TÂCHE ATTENDUE, LA TÂCHE PRESCRITE, LA TÂCHE REDÉFINIE, LA TÂCHE EFFECTIVE.....	77
II.1.3 - LA DOUBLE RÉGULATION DE L'ACTIVITÉ	79

II.1.4 - LA DOUBLE APPROCHE DIDACTIQUE ET ERGONOMIQUE : ANALYSE DES PRATIQUES D'ENSEIGNANTS EN COMBINANT CINQ COMPOSANTES	80
II.1.5 - LE DÉVELOPPEMENT DE COMPÉTENCES PROFESSIONNELLES, LE MODELE ESFI	82
II.1.6 - LE RÔLE DES COLLECTIFS DANS LE DÉVELOPPEMENT PROFESSIONNEL	85
II.2 - L'APPROCHE DOCUMENTAIRE DU DIDACTIQUE	88
II.2.1 - LES RESSOURCES ET LEUR MANQUE	88
II.2.2 - TRAVAIL DOCUMENTAIRE DE L'ENSEIGNANT, DIALECTIQUE RESSOURCES/DOCUMENTS, GENÈSE DOCUMENTAIRE, INCIDENTS DOCUMENTAIRES	89
II.2.3 - LES RESSOURCES MÈRES ET LES RESSOURCES FILLES	91
II.2.4 - LE SYSTÈME D'ACTIVITÉS D'UN PROFESSEUR	92
II.2.5 - LE DÉVELOPPEMENT PROFESSIONNEL	93
II.2.6 - L'INVESTIGATION RÉFLEXIVE	94
II.3 - UNE MISE EN REGARD DES DEUX APPROCHES	96
II.4 - UNE UTILISATION COMPLÉMENTAIRE DES DEUX APPROCHES DANS NOTRE RECHERCHE, ADAPTÉE À CHAQUE PROFESSEUR, À CHAQUE SITUATION	99
II.4.1 - POURQUOI NOUS MOBILISONS CES DEUX APPROCHES	99
II.4.2 - MIEUX DISCERNER LES TÂCHES PRESCRITE, PERÇUE ET REDÉFINIE	100
II.4.3 - L'ANALYSE DE L'ACTIVITÉ À PARTIR DES CINQ COMPOSANTES	102
II.4.4 - L'APPROCHE DOCUMENTAIRE DANS LE CADRE DE NOS RECHERCHES	103
II.4.5 - ANALYSER LES PRATIQUES EN MPS EN TENANT COMPTE DE TOUS LES ÉLÉMENTS	105
II.4.6 - PERCEVOIR LE DÉVELOPPEMENT PROFESSIONNEL INTERRELIÉ AUX GENÈSES DOCUMENTAIRES	108
II.5 - QUESTIONS DE RECHERCHE ET HYPOTHÈSES DE RÉPONSES MISES À L'ÉPREUVE DANS CE TRAVAIL	110
II.5.1 - QUESTIONS DE RECHERCHE	110
II.5.2 - HYPOTHÈSES DE RÉPONSES	110
III - UNE CONSTRUCTION MÉTHODOLOGIQUE	113
III.1 - UNE ÉTUDE DE L'OFFRE DE RESSOURCES SUR LE THÈME SCIENCE ET INVESTIGATION POLICIÈRE, ANR REVEA	114
III.1.1 - EN 2010 : UN CONTEXTE D'INCIDENT DOCUMENTAIRE	114
III.1.2 - L'ABSENCE DE MANUEL SCOLAIRE	115
III.1.3 - JUSTIFICATION DU CHOIX DU THÈME INVESTIGATION POLICIÈRE	118
III.1.4 - COMMENT NOTRE QUESTIONNEMENT CROISE LE PROJET REVEA	119
III.1.5 - UNE RECHERCHE À PARTIR D'UN MOTEUR DE RECHERCHE ET DE DIFFÉRENTS MOTS CLÉS	120
III.1.6 - UNE RECHERCHE SUR CHAQUE SITE SOURCE IDENTIFIÉ QUI A CONDUIT VERS D'AUTRES RESSOURCES	122
III.2 - LE SUIVI DE PROFESSEURS DE MATHÉMATIQUES VOLONTAIRES	126
III.2.1 - OBJECTIFS ANNONCÉS ET DIFFICULTÉS POUR TROUVER DES VOLONTAIRES	126
III.2.2 - MÉTHODOLOGIE CONÇUE ET SUIVIE AVEC DOMINIQUE	127
III.2.3 - ENTRETIENS AVEC D'AUTRES PROFESSEURS DU LYCÉE	129
III.3 - LA CONSTITUTION D'UN ATELIER IREM	131
III.3.1 - LES RAISONS DE CET ATELIER	131

III.3.2 - MODE DE FONCTIONNEMENT DE L'ATELIER ET OBJECTIFS	132
III.3.3 - IDENTIFIER LES COLLECTIFS POUR POUVOIR LES QUESTIONNER.....	133
III.3.4 - MÉTHODOLOGIE CONÇUE POUR SUIVRE CET ATELIER IREM	134
III.3.5 - MÉTHODOLOGIE MISE EN ŒUVRE POUR LE SUIVI DE L'ATELIER IREM	135
III.3.6 - TRANSMISSION DES RESSOURCES : AUTRE COLLECTIF.....	136
III.4 - TABLEAU RÉCAPITULATIF DES SUIVIS D'ENSEIGNANTS	138
IV - UNE ÉTUDE SYSTÉMATIQUE DE L'OFFRE DE RESSOURCES SUR UN THÈME CRITIQUE.....	139
IV.1 - L'OFFRE DE RESSOURCES, MPS SCIENCE ET INVESTIGATION POLICIÈRE	140
IV.1.1 - LES RESSOURCES INSTITUTIONNELLES	140
IV.1.2 - LES RESSOURCES COLLECTIVES ET ASSOCIATIVES	160
IV.1.3 - LES RESSOURCES ISSUES DE SITES PERSONNELS.....	164
IV.1.4 - LES RESSOURCES MARCHANDES	164
IV.2 - UNE ANALYSE DE L'OFFRE DE RESSOURCES.....	166
IV.2.1 - CATÉGORIES DES RESSOURCES (PROPRES, RECYCLÉES, MISES À DISPOSITION PAR DES ENSEIGNANTS IMPLIQUÉS, ANALYSE DE PRATIQUES).....	166
IV.2.2 - PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES RESSOURCES	169
IV.3 - CONCLUSION DE L'ÉTUDE DE L'OFFRE DE RESSOURCES.....	175
IV.3.1 - MISE EN ÉVIDENCE DU CONTEXTE DE RESSOURCES MANQUANTES.....	175
IV.3.2 - LES RESSOURCES PROPRES DISPONIBLES	176
IV.3.3 - RESSOURCES UTILISÉES ET CONÇUES PAR LES ENSEIGNANTS.....	177
IV.3.4 - MODALITÉS D'INTERACTIONS ENTRE LES DISCIPLINES ET APPORT DU OU DES COLLECTIFS	178
IV.3.5 - EN CONCLUSION	178
V - UN FOCUS SUR LES PRATIQUES : RESSOURCES UTILISÉES ET CONÇUES	179
V.1 - LE SUIVI D'UN ENSEIGNANT, DOMINIQUE, SUR UNE ANNÉE SCOLAIRE	180
V.1.1 - LE PROFIL DE L'ENSEIGNANT, SES CONCEPTIONS DES MPS	180
V.1.2 - LES PROJETS ET COLLECTIFS PLURIDISCIPLINAIRES	181
V.1.3 - LES SÉANCES SUR LE PREMIER PROJET : « INVESTIGATION POLICIÈRE ».....	188
V.1.4 - LES SÉANCES SUR LE SECOND PROJET : « AUTOUR DU YAOURT »	208
V.1.5 - CONCLUSIONS SUR LA PREMIÈRE ANNÉE D'OBSERVATION, ÉLÉMENTS DE RÉPONSES À NOS QUESTIONS DE RECHERCHE	216
V.1.6 - UN AUTRE COLLECTIF MPS SUR LE THÈME DE L'ART	221
V.2 - LE SUIVI DU MÊME ENSEIGNANT, DOMINIQUE UNE SECONDE ANNÉE : AUTRE LYCÉE, AUTRE COLLECTIF, TRANSFERT DES RESSOURCES	230
V.2.1 - LE PROJET ET LE COLLECTIF PLURIDISCIPLINAIRE	230
V.2.2 - LA SÉANCE SUR LA DÉTERMINATION DE L'HEURE DU DÉCÈS	234
V.2.3 - LA SÉANCE SUR LE DÉCODAGE	238
V.2.4 - LA SÉANCE SUR LA TRAJECTOIRE DE LA PIERRE	240
V.2.5 - LE PROFESSEUR DE SVT : PATRICIA.....	244
V.2.6 - NOS CONCLUSIONS SUR CETTE DEUXIÈME ANNÉE, ÉLÉMENTS DE RÉPONSES APPORTÉES À NOS QUESTIONS	247

V.3 - MISE EN ŒUVRE DE DÉMARCHES D'INVESTIGATION EN MPS ET RÔLE DU COLLECTIF, ÉTUDE DANS LE CADRE D'UN ATELIER IREM	251
V.3.1 - LE COLLECTIF CONSTITUÉ PAR L'ATELIER IREM, SITUER LES DI PAR RAPPORT À D'AUTRES DEMANDES INSTITUTIONNELLES	251
V.3.2 - TEDDY	253
V.3.3 - BORIS.....	283
V.3.4 - BILAN SUR L'ATELIER IREM CONCERNANT LA CONCEPTION ET LA MISE EN ŒUVRE DE SÉANCES FONDÉES SUR DES DI	310
V.3.5 - TRANSMISSIONS DE RESSOURCES : OLIVIER	313
V.4 - CONCLUSIONS SUR LA PARTIE : UN FOCUS SUR LES PRATIQUES.....	325
V.4.1 - DES PRATIQUES INDISSOCIABLES DE L'ORGANISATION INSTITUTIONNELLE ET DES MOYENS	325
V.4.2 - LES COLLECTIFS EN JEU.....	330
V.4.3 - DES RESSOURCES MÈRES AUX RESSOURCES FILLES.....	336
V.4.4 - LA TÂCHE PERÇUE, LA TÂCHE REDÉFINIE, LE TYPE DE SÉANCES MISES EN ŒUVRE POUR INITIER À LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE	340
V.4.5 - LE DÉVELOPPEMENT DE COMPÉTENCES PROFESSIONNELLES	344
VI - CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	351
VI.1 - RETOUR SUR NOTRE PROBLÉMATIQUE	352
VI.1.1 - LA TÂCHE PERÇUE ET REDÉFINIE PAR LES ENSEIGNANTS.....	352
VI.1.2 - LE CONTEXTE DE RESSOURCES MANQUANTES EN 2010, LES RESSOURCES DISPONIBLES, UTILISÉES ET CONÇUES	353
VI.1.3 - TYPE DE SÉANCES CONÇUES ET MISES EN ŒUVRE.....	355
VI.1.4 - LE RÔLE DES COLLECTIFS.....	356
VI.1.5 - LE DÉVELOPPEMENT DE COMPÉTENCES PROFESSIONNELLES.....	357
VI.1.6 - LES RESSOURCES AU CŒUR DES PRATIQUES	359
VI.2 - LIMITES MÉTHODOLOGIQUES DE NOTRE ÉTUDE.....	360
VI.3 - PERSPECTIVES DE RECHERCHE ET DE VALORISATION	364
RÉFÉRENCES.....	367
ANNEXE 1	377
ANNEXE 2	394
ANNEXE 3	407
ANNEXE 4.....	409
ANNEXE 5.....	411
ANNEXE 6.....	413
TABLE DES ILLUSTRATIONS	415

Introduction

Ce travail est parti d'une expérience professionnelle. En 2010, je me suis impliquée, en tant que professeur de mathématiques, dans l'enseignement d'exploration Méthodes et Pratiques Scientifiques (MPS) apparu en seconde dans le cadre de la réforme du lycée. Je me suis alors trouvée confrontée à un programme, dont le contenu n'excède pas une page, qui m'a semblé être un condensé de demandes institutionnelles récentes : un enseignement pluridisciplinaire mené sous forme d'un projet, évalué par compétences et visant à initier les élèves à la démarche scientifique. (BO spécial n°4 du 29 avril 2010).

L'équipe enseignante de mon lycée, composée de deux professeurs de mathématiques, deux professeurs de SVT et deux professeurs de physique-chimie, tous volontaires, a mis en place une réflexion collective sur ce qui était attendu. Très vite, les professeurs de sciences, en particulier de SVT, ont parlé de démarches d'investigation (DI) : soulever une question, émettre des hypothèses, concevoir des protocoles expérimentaux pour les éprouver, valider,... Ceci m'a conduite à m'interroger sur la DI et m'a permise de prendre conscience de mon manque de pratique de séances fondées sur une DI.

À titre personnel, cette implication en MPS a été porteuse de développement professionnel. Elle m'a conduit à acquérir de nouvelles connaissances, à enrichir mes ressources documentaires et à utiliser d'autres outils informatiques. Mais c'est surtout la mise en place de démarches d'investigation qui a été enrichissante. Les discussions avec les autres enseignants m'ont aidée à mieux en concevoir les différentes étapes. Leur mise en place effective m'a appris à mieux les gérer et à mieux les exploiter. Les questions de départ, qu'il s'agisse de situations-problèmes ou de problèmes ouverts, étaient guidées par l'avancée du projet commun à la classe. L'intérêt porté par les élèves à la réalisation de ce projet a facilité la dévolution des problèmes. La plage horaire de deux heures a laissé le temps aux élèves d'émettre des conjectures et d'élaborer les moyens de les tester. Plusieurs fausses pistes ont pu être explorées et ce sont les échanges argumentés entre élèves qui ont le plus souvent validé ou invalidé les propositions émises. Le rôle d'animateur du débat scientifique et de tuteur, lorsque de nouvelles connaissances étaient nécessaires, m'a permis d'établir de nouvelles relations pédagogiques avec les élèves. La nécessité de mettre en place une grille commune d'évaluation nous a conduits, avec mes collègues, à préciser les spécificités des démarches d'investigation propres à chaque matière, en particulier, lors de l'étape de validation des hypothèses ou des conjectures. (Tufféry-Rochdi, 2012)

Dans le même temps, ma réflexion s'est poursuivie dans le cadre d'un mémoire de master (Métiers de l'enseignement, Mathématiques) par une approche historique et épistémologique

de la démarche scientifique et de ses spécificités disciplinaires et sur sa transposition didactique actuelle. (Tufféry-Rochdi, 2011)

Le travail de thèse engagé à la suite de ce mémoire vise à élargir cette réflexion sur les pratiques des professeurs de mathématiques en MPS et sur la façon dont ils répondent à la demande du programme « d’initier les élèves à la démarche scientifique dans le cadre d’un projet ».

Dans le premier chapitre, nous analysons la demande institutionnelle à partir des ressources disponibles et nous essayons de la situer par rapport à des tentatives antérieures pour renouveler l’enseignement des sciences et des tentatives assez récentes de décloisonnement des disciplines. Nous dégageons ainsi nos premiers questionnements.

Le deuxième chapitre est consacré aux cadres théoriques mobilisés : la double approche didactique et ergonomique (Robert, 2010a ; Rogalski, 2010) et l’approche documentaire du didactique (Gueudet et Trouche, 2010). À l’issue de ce chapitre, nous précisons nos questions de recherche.

Dans le troisième chapitre, nous explicitons la méthodologie construite dans le cadre de nos recherches pour établir l’offre des ressources disponibles sur le thème « Science et investigation policière » quatre ans après la mise en œuvre de cet enseignement d’exploration, ainsi que pour le suivi des professeurs volontaires dans des pratiques ordinaires en MPS puis dans le cadre d’un atelier IREM.

Le chapitre quatre est consacré à l’analyse de l’offre des ressources disponibles sur le thème Science et Investigation policière, travail effectué dans le cadre du dispositif de recherche l’ANR ReVEA (Ressources Vivantes pour l’Enseignement et l’Apprentissage) soutenu par l’ANR.

Le chapitre cinq propose un focus sur les pratiques de différents professeurs de mathématiques impliqués en MPS et engagés dans différents collectifs : l’équipe pluridisciplinaire, le collectif des professeurs de mathématiques de l’établissement enseignants en MPS ou encore un atelier IREM.

Enfin, dans le dernier chapitre nous apportons des éléments de réponses à nos questions de recherche et nous envisageons des perspectives de poursuite au moment où les enseignements pratiques interdisciplinaires se mettent en place au collège.

I - PRATIQUES ET ENSEIGNEMENTS SCIENTIFIQUES

Ce premier chapitre est décomposé en trois parties. Dans la première (I.1), nous nous intéressons aux tentatives antérieures, mises en place depuis le début du 20^è siècle, pour transposer en classe les démarches des scientifiques, ainsi qu'à celles, plus récentes, visant à décroisonner les disciplines. La deuxième partie précise la demande institutionnelle concernant l'enseignement d'exploration MPS (I.2). Dans la troisième partie, nous soulevons nos premiers questionnements (I.3).

I.1 - TENTATIVES ANTÉRIEURES POUR TRANSPOSER EN CLASSE LES DÉMARCHES DES SCIENTIFIQUES

En France, l'enseignement systématique des sciences a débuté au cours du 18^e siècle avec la création d'écoles techniques, à l'origine des grandes écoles actuelles, et avec celle des écoles centrales en 1795 pour le second degré. L'introduction d'une formation scientifique dans les programmes de l'école primaire apparaît, quant à elle, à la fin du 19^e siècle. (IGEN, 2000/2001). Mais, selon Cariou (2010), l'idée de transposer en classe les démarches des scientifiques est bien plus ancienne et est déjà présente dans les écrits de Francis Bacon en 1605 :

« L'idée de transposer en classe le cheminement des scientifiques n'est pas nouvelle : le savoir, il faudrait « le faire comprendre si possible de la manière même dont il a été découvert », écrit Francis Bacon en... 1605. Il dénonce le fait que celui qui enseigne préfère une forme magistrale tandis que celui qui apprend « désire plutôt une satisfaction présente qu'une investigation » » (Cariou, 2010, p. 58)

Dans cette première partie du chapitre I, nous nous intéressons aux tentatives antérieures mises en place pour transposer en classe les démarches des scientifiques. Nous avons fait le choix de ne remonter qu'au tout début du 20^e siècle, période qui correspond à la naissance du lycée sous sa forme actuelle. Nous avons par contre élargi nos recherches aux classes du primaire (I.1.1) et, concernant le secondaire, aux classes du collège, aux lycées professionnels et aux classes préparatoires (I.1.2). Nous nous sommes arrêtée sur les temps forts de ces changements et notre liste ne se veut pas exhaustive. Nous verrons, à partir de ces temps forts qui marquent des moments de rupture ou de continuité, comment les différents changements de programme et plans de rénovation de l'enseignement des sciences ont conduit de la démarche inductive basée sur l'observation et l'expérimentation à une démarche hypothético-déductive fondée sur l'investigation. L'étude de dispositifs issus de la recherche (Option Science, Maths à Modeler, projet européen S-TEAM) nous permettra de mieux comprendre la difficulté à mettre en œuvre un enseignement fondé sur l'investigation, mais aussi les bénéfices à en retirer (I.1.3). Nous terminerons, dans le dernier paragraphe (I.1.4), par un point de vue de la recherche en didactique des mathématiques sur ces différents dispositifs, faisant ressortir les difficultés rencontrées par les maitres et les professeurs.

I.1.1 - DANS LES PROGRAMMES DU PRIMAIRE : DE LA LEÇON DE CHOSES À LA MAIN À LA PÂTE

La « leçon de choses » reste, pour une partie de la population, synonyme de l'enseignement des sciences à l'école primaire. Il faut dire qu'elle a perduré pendant près de cent ans jusqu'aux années soixante-dix pendant lesquelles elle a été remplacée par les

activités d'éveil. Au début des années 2000, l'importante médiatisation du projet « La main à la pâte » porté par Georges Charpak, prix Nobel de physique, a aussi fortement marqué les esprits.

Nous verrons dans ce paragraphe sur quelles conceptions de l'activité des scientifiques et des méthodes d'enseignement ces dispositifs reposent. Nous noterons que ces évolutions ont traversé des moments de rupture et de continuité. Nous nous intéresserons aussi aux constats faits sur leurs mises en œuvre effectives dans les classes et sur les difficultés des maitres. Enfin, nous porterons une attention particulière aux ressources conçues et mises à disposition des enseignants pour soutenir ces différents dispositifs.

I.1.1.1 - LA LEÇON DE CHOSSES, DE L'OBSERVATION À L'ÉNONCIATION DE VÉRITÉS AVÉRÉES

La « leçon de choses » a été popularisée en France par Marie Pape-Carpannier (1815-1878). Il s'agissait pour elle d'une méthode d'enseignement en général, mise en œuvre dans les salles d'asile (anciennes écoles maternelles), non liée à une discipline en particulier et basée sur l'observation et la perception. Il s'agissait d'« attirer l'attention de l'enfant sur la couleur, la forme, l'usage et la matière ou les éléments constitutifs de l'objet étudié. » (Ternat, 2005, p. 4). En 1882 l'enseignement des sciences devient obligatoire à l'école primaire et en 1887 la leçon de choses apparaît dans les instructions officielles explicitement rattachées aux sciences. (Ternat, 2005)

La leçon de choses s'appuie sur une méthode dite active où l'élève apprend en travaillant, en cherchant, en observant, en expérimentant. Elle s'oppose à la méthode dite traditionnelle dans laquelle l'élève écoutait le maître et mémorisait le manuel.

« La leçon de choses se veut donc à la fois relever d'une méthode pédagogique particulière, fondée sur l'activité sensorielle des élèves à partir de 'choses' réelles, concrètes, proches d'eux, amenant à des connaissances pratiques et d'une démarche proche de la conception de la science de l'époque qui permette, par la suite, d'accéder à une véritable culture scientifique. [...] Elle a à voir avec une certaine conception de la science (fortement imprégnée de positivisme). Une science dont la démarche est dite intuitive mais qui est en fait une démarche inductive. De l'observation on tire des faits que l'on généralise selon un procédé rigoureux d'exposition. Une science conçue comme apportant une réponse à tout, et dont l'enseignement aura pour but de présenter des vérités avérées. » (Ternat, 2005, p. 5)

Les pédagogues de l'époque font état d'interprétations et de mises en œuvre très diverses de la leçon de choses dans les classes avec parfois des dérives : pour certains maîtres, les leçons de choses consistent « à verser à flots des explications verbeuses sur les élèves », d'autres « obligent leurs élèves à apprendre par cœur les modèles de leçons de choses donnés dans les manuels », d'autres enfin « dictent des leçons de choses » (Ternat, 2005). Les maîtres sont peu formés dans le domaine scientifique, les écoles sont le plus souvent dénuées d'instruments scientifiques et de collections d'histoire naturelle. Paul Bert (1833-1886) rédige un manuel scolaire (*La deuxième année d'enseignement scientifique, cours supérieur*) de 370 pages avec 550 gravures légendées, traitant de zoologie, de physique, de chimie, de physiologie. Les leçons y sont écrites de bout en bout, dialogues y compris. La transmission se fait par la lecture. En physique et en chimie, le maître doit recourir à l'expérimentation et

exécuter devant les enfants quelques expériences. En histoire naturelle, on constitue « le musée scolaire » avec les minéraux, végétaux, animaux que les enfants auront trouvés dans leur environnement, et qu'ils devront manipuler.

Les instructions officielles de 1923 recadrent les choses, en réaffirmant l'activité nécessaire des élèves. La démarche préconisée reste intuitive et inductive mais, désormais, les élèves doivent prendre part, autant que possible, aux expériences en physique et en chimie, aux manipulations et aux dissections en histoire naturelle.

« Après la seconde guerre mondiale, les instructions officielles de 1945 font état de pratiques décevantes (relevées sans doute par les inspecteurs), concernant la leçon de choses : " Trop souvent, les leçons de choses se réduisent à l'étude d'un manuel ou d'un résumé ; les élèves n'en retiennent que des mots, pour eux, vides de sens. "

On insiste auprès " des maitres qui donnent encore un enseignement livresque, de le rendre concret ". On précise encore ce qu'est une méthode active : " L'apprentissage de l'observation n'est possible que si l'élève observe, s'il a un rôle actif au cours des leçons de choses. C'est lui qui doit décrire les faits tombant sous ses sens. " Dans ces recommandations, on voit, en creux, toutes les erreurs d'interprétations des méthodes actives, toutes les dérives des leçons de choses. Les instructions jugent nécessaires de préciser le rôle du maitre qui est : " de solliciter l'observation, de l'orienter, de la rectifier au besoin, d'aider à en fixer les résultats sur le cahier [...] établis d'abord au tableau, avec la collaboration de toute la classe. " » (Ternat, 2005, p. 18)

Il est souvent regretté que la leçon de choses se résume à une leçon de mots faite à partir de gravures accrochées au tableau : *« L'objet est parfois présent dans la classe, mais parfois seulement évoqué par une gravure, et l'on apprend à en nommer les différents éléments (la rafle du raisin pour ne donner qu'un exemple). »* (IGEN, 2000/2001, p. 4)

Les leçons de choses, remaniées dans la forme mais pas vraiment dans le fond, vont perdurer dans certaines écoles jusqu'aux années soixante-dix où elles seront progressivement remplacées par les activités d'éveil.

I.1.1.2 - L'ÉVEIL SCIENTIFIQUE : L'ÉLABORATION D'UNE NOUVELLE DIDACTIQUE DES SCIENCES EN RUPTURE AVEC LA LEÇON DE CHOSSES

En 1969, l'Éducation nationale instaure le tiers-temps pédagogique qui consiste à découper la journée scolaire en trois temps : celui des apprentissages fondamentaux (le français et les mathématiques), celui des disciplines d'éveil (les sciences, l'histoire, la géographie, les activités artistiques) et celui de l'éducation physique. L'éveil ne résulte donc pas d'une réflexion sur l'apprentissage des sciences mais d'un mouvement global de rénovation de la pédagogie (Khan, 2000). Néanmoins, le travail de Victor Host, qui a créé et animé à l'INRP (Institut National de Recherche Pédagogique), de 1969 à 1979, l'unité de recherche sur la didactique des sciences expérimentales pour les élèves de 6 à 14 ans, montre que *« l'éveil scientifique a incontestablement été l'occasion de l'élaboration d'une nouvelle didactique des sciences, en rupture avec la leçon de choses. »* (Khan, 2000, p. 20)

Alors que le tiers-temps a été instauré en 1969, ce n'est qu'en 1977/1978 que des instructions officielles précisent les contenus et méthodes de l'enseignement des sciences à

l'école élémentaire.

« On passe de la méthode inductive au constructivisme (Jean Piaget), c'est l'enfant qui, en agissant sur le réel, construit ses connaissances. L'accent est mis sur la démarche. On part du questionnement de l'enfant et de ses représentations. » (Ternat, 2005, p. 21)

Cette nouvelle didactique repose sur le questionnement de l'enfant, la prise en compte de ses représentations et de ses intérêts, le primat de la problématisation sur l'observation et l'usage systématique du tâtonnement expérimental (Khan, 2000). Mais une nouvelle dérive dite du « tout méthodologique » apparaît dans laquelle la démarche prime sur les contenus.

« En schématisant à l'extrême, cette dérive [du "tout méthodologique"] peut être décrite par l'affirmation : les connaissances scientifiques visées n'ont pas d'importance, l'important est de mettre l'élève en situation de chercheur. » (IGEN, 2000/2001, p. 7)

« On passe de la culture des choses à une culture de la démarche (parfois au détriment des contenus, le savoir de référence n'étant pas toujours clairement identifié). » (Ternat, 2005, p. 21)

Les activités d'éveil sont souvent mal comprises et mal acceptées par la majorité des instituteurs et des parents. En apparaissant comme indépendantes des apprentissages "instrumentaux" (parler, lire, écrire, compter), elles semblent détourner l'école de ses missions premières. Cette impression est accentuée par *« quelques dérives, les activités d'éveil pouvant prendre un tour purement ludique ou "occupationnel". »* (IGEN, 2000/2001, p. 5)

Enfin, *« l'insuffisante définition des objectifs de connaissance a pu créer des obstacles (les maîtres pouvant penser qu'ils avaient tout à reconstruire par eux-mêmes, y compris les connaissances scientifiques fondamentales, dans un contexte où ils ressentaient cruellement les limites de leur propre formation scientifique) ou parfois même donner lieu à des dérives du type "les connaissances n'ont pas d'importance, l'important est de mettre l'enfant en position de chercheur". »* (IGEN, 2000/2001, p. 5)

En 1985, Jean-Pierre Chevènement rétablit les disciplines et l'éveil semble disparaître de la mémoire collective (Ternat, 2005). L'enseignement des sciences à l'école primaire se trouve alors délaissé au point de susciter l'inquiétude de scientifiques de renom dans les années quatre-vingt-dix qui lancent alors le projet « La main à la pâte ».

I.1.1.3 - « LA MAIN À LA PÂTE », DE L'ACADÉMIE AUX SALLES DE CLASSES

Au début des années 1990, bien que présent clairement dans les programmes, l'enseignement des sciences est peu pratiqué à l'école. Les classes dans lesquelles il est dispensé sous forme d'un enseignement actif s'appuyant sur des expériences réalisées par les élèves sont encore plus rares (sans doute moins de 10%). (IGEN, 2000/2001, p. 4)

En 1996, sous l'initiative de Georges Charpak, prix Nobel de physique en 1992, Pierre Lénà, astrophysicien, Yves Quéré, physicien, et de l'Académie des sciences est lancé le projet « La main à la pâte ». Ce dispositif est inspiré du programme intitulé « Hands on » lancé aux Etats-Unis par Léon Lederman, scientifique de renom et prix Nobel de physique en 1988.

« La main à la pâte » vise à rénover l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire en développant un enseignement fondé sur l'investigation. « La main à la

pâte » est devenue en 2012 une fondation de coopération scientifique sous l'égide de l'Académie des sciences, l'Ecole normale supérieure (Paris) et l'Ecole normale supérieure de Lyon. (<http://www.fondation-lamap.org>)

Le dispositif « La main à la pâte » repose sur une démarche constructiviste de l'appropriation des savoirs par l'exploration et l'expérimentation (Ternat, 2005).

« La démarche proposée est clairement présentée : elle privilégie la construction des connaissances par l'exploration, l'expérimentation et la discussion. C'est une pratique de la science en tant qu'action, interrogation, investigation, expérimentation, construction collective qui est visée et non pas l'apprentissage d'énoncés figés à mémoriser.

Les élèves réalisent eux-mêmes des expériences pensées par eux et discutent pour en comprendre l'apport. On apprend par l'action, en s'impliquant ; On apprend progressivement en se trompant ; On apprend en interagissant avec ses pairs et avec de plus experts, en exposant son point de vue, en le confrontant à d'autres points de vue et aux résultats expérimentaux pour en tester la pertinence et la validité. (On retrouve ici le constructivisme de J. Piaget enrichi de l'interactionnisme de Vigotski)

L'enseignant propose, éventuellement à partir d'une question d'élève, des situations permettant l'investigation raisonnée ; il guide, il fait expliciter et discuter les points de vue ; il fait énoncer des conclusions valides par rapport au savoir scientifique ; il gère des apprentissages progressifs.» (Ternat, 2005, p. 26)

Pour Boilevin (2013), en France, l'expression « démarche d'investigation » a été introduite dans le projet La main à la pâte, puis a été reprise dans l'enseignement primaire et plus récemment dans l'enseignement secondaire.

L'expérimentation commence en 1996 avec quelques centaines de classes volontaires mais prend rapidement de l'ampleur. Ternat (2005) pointe les éléments qui, selon elle, ont favorisé cette réussite. Outre une forte médiatisation, le premier élément est une clarification de la démarche, structurée selon des moments clés :

- 1. Mise en place d'une situation proche de l'intérêt de l'enfant avec questionnement libre.*
- 2. A partir de ce questionnement, formuler un problème scientifique.*
- 3. Faire émerger les représentations initiales des enfants au sujet de ce problème.*
- 4. Organiser la confrontation des idées des enfants, lister les hypothèses d'explication.*
- 5. Rechercher des données pour savoir qui a raison et mettre en place des activités par petits groupes :*
 - Observation, expériences, mesures...*
 - Recherches documentaires, enquêtes...*
 - Comparaison, classement, identification...*
- 6. Mise en commun et temps de synthèse pour construire un système explicatif opératoire : Résumé, tableau, schéma, maquette, etc.*

Une deuxième raison à ce succès est l'importance des moyens mis en œuvre. Les enseignants volontaires s'engagent en signant une charte déclinée en dix principes à respecter. Chaque école impliquée reçoit alors une brochure présentant l'action de façon détaillée

accompagnée d'un CD-Rom (copie du site) qui contient des fiches de connaissances, élaborées par l'Inspection Générale, et des documents directement utilisables pour faire la classe (activités, contenus scientifiques, conseils pédagogiques, etc.). Chaque école bénéficie aussi d'une subvention qui lui permet d'acheter des mallettes pédagogiques mises sur le marché par des éditeurs privés avec le matériel nécessaire. Le fort soutien du projet par la communauté scientifique permet enfin aux écoles de bénéficier de l'accompagnement de scientifiques.

Un site Internet est créé sur lequel on peut trouver des ressources mais aussi poser des questions et obtenir de l'aide et enfin échanger ses propres activités. Il est aussi possible de s'inscrire sur une liste de diffusion, ce qui est novateur en 1996.

Selon Ternat (2005), pour expliquer cette réussite, il ne faut pas oublier les apports de Célestin Freinet (1896-1966) et de ses héritiers, des chantiers ICEM (Institut de Coopération de l'École Moderne) qui produisirent dans les années soixante-dix de nombreuses ressources pédagogiques à destination des élèves et des maîtres intitulées BT (Bibliothèques de Travail) ainsi que des travaux de l'INRP qui, même si leur diffusion a été limitée, ont servi de terreau pour « La main à la pâte ».

Le projet « La main à la pâte » marque un nouveau départ pour un enseignement des sciences quelque peu délaissé depuis l'arrêt des activités d'éveil. Cependant, il ne marque pas un moment de rupture. Il s'inscrit plutôt dans une forme de continuité renouvelée. Afin d'éviter la dérive du « tout méthodologique », observée dans le cadre du dispositif des activités d'éveil, vingt fiches connaissances « *qui expriment, en des termes accessibles à des élèves du cycle III, les connaissances sous-jacentes aux programmes de 1995 de l'école élémentaire* » sont conçues et envoyées dans toutes les circonscriptions. (IGEN, 2000/2001, p. 9)

Avec la crainte que ces fiches ne conduisent à une autre dérive, celle du dogmatisme : « *Les précautions qui sont prises dans la présentation de ces fiches ne suffisent pas, à elles seules, à éviter le risque de dogmatisme, dans un enseignement où les connaissances citées seraient dictées indépendamment de toute démarche de construction par les élèves.* » (IGEN, 2000/2001, p. 9)

Par ailleurs, ces fiches ne dispensent pas le maître d'acquérir de bonnes connaissances scientifiques sur le sujet abordé afin, en particulier, de pouvoir encadrer la phase de synthèse pendant laquelle les élèves mettent en commun les résultats de leurs expérimentations et doivent aboutir à un système explicatif opératoire. Le succès rencontré par le projet conduit au plan de rénovation des sciences et de la technologie qui vise à généraliser l'expérimentation.

I.1.1.4 - LE PLAN DE RÉNOVATION DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE À L'ÉCOLE PRIMAIRE FIXE LE DÉVELOPPEMENT DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE COMME UN ENJEU MAJEUR

Le Plan de Rénovation des Sciences et de la Technologie à l'Ecole (le PRESTE), paru au BO n°23 du 15 juin 2000, se réfère largement à la démarche de « La main à la pâte ». Il « *intègre les acquis de ce travail en affirmant avec force que le développement de la culture scientifique est un enjeu majeur pour notre société et en ouvrant, pour l'école primaire et aussi pour le collège, des perspectives précises et ambitieuses.* » (IGEN, 2000/2001, p. 6)

La démarche attendue, le rôle des élèves et celui du maître y sont longuement explicités :

« Les élèves construisent leurs apprentissages en étant acteurs des activités scientifiques.

- Ils observent un phénomène du monde réel et proche, au sujet duquel ils formulent leurs interrogations.

- Ils conduisent des investigations réfléchies en mettant en œuvre des démarches concrètes d'expérimentation, complétées le cas échéant par une recherche documentaire. Il est important que les élèves pratiquent l'une et l'autre de ces deux voies complémentaires.

- Ils échangent et argumentent au cours de l'activité, ils partagent leurs idées, confrontent leurs points de vue et formulent leurs résultats provisoires ou définitifs, oralement et par écrit. Ce faisant, ils sont conduits à s'écouter mutuellement, à considérer l'autre, à le respecter et à prendre en compte son avis.

Le maître crée les conditions d'une réelle activité intellectuelle des élèves.

- Il vise une appropriation progressive, par les élèves, de concepts et de démarches scientifiques conformes aux programmes de l'école.

- Il favorise l'expression la plus juste et la plus précise de leur pensée. Pour ce faire, il accepte en un premier temps la langue des élèves, même approximative, pour ne rien limiter de l'expression de leur pensée, mais il vise la précision de la langue qui est l'un des objectifs majeurs de l'activité, tant à l'oral qu'à l'écrit.

- Il inscrit l'activité scientifique dans une démarche cohérente qui privilégie le sens et qui favorise les liens interdisciplinaires. La maîtrise de la langue, les mathématiques, l'histoire et la citoyenneté sont notamment concernées.

- Il s'efforce d'enrichir le questionnement des élèves et les incite à douter.

- Il suscite leur raisonnement et encourage leur sens critique.

- Il crée les conditions d'une prise d'autonomie des élèves.

Au vu de l'expérience acquise, il importe d'éviter la dérive du "tout méthodologique" où l'acquisition de connaissances devient un objectif mineur par rapport aux procédures utilisées. On s'appliquera à créer, in fine, les conditions de la confrontation de l'opinion des enfants au savoir scientifique. » (BO n°23 du 15 juin 2000)

Trois niveaux d'accompagnement sont définis : national, académique et local. On trouve des dotations en termes de crédits pédagogiques pour accompagner les enseignants et les formateurs. On trouve aussi une documentation pédagogique multimédia, reprenant celle de « La main à la pâte », offrant une aide au choix d'équipement des écoles, une sélection de ressources documentaires et des dossiers pédagogiques.

Des documents pour la conduite de classe sont aussi prévus pour l'année 2001 visant à apporter :

« - une aide méthodologique, en particulier pour la mise en œuvre des expériences ;

- une explicitation des objectifs à atteindre ;

- une aide à la maîtrise des concepts scientifiques fondamentaux ;

- des outils de suivi des apprentissages individuels et de liaison entre le cycle 3 et la sixième de collège. » (BO n°23 du 15 juin 2000)

Concernant les ressources, il est conseillé de s'appuyer sur le travail déjà produit en particulier dans le cadre du projet « La main à la pâte » : « Cependant, afin que l'ensemble de l'école primaire bénéficie de l'innovation et s'engage dans la rénovation de l'enseignement

des sciences, gardons-nous de laisser penser que chaque enseignant, dans sa classe, doit tout aborder, tout créer, tout inventer, tout retrouver : c'est en s'appuyant sur le travail déjà fait, les documents déjà produits et en définissant des objectifs précis et réalistes que chacun pourra intégrer les fruits de l'innovation. » (IGEN, 2000/2001, p. 12)

Ce plan (PRESTE) s'inscrit donc dans la continuité du dispositif "La main à la pâte" et reste d'actualité malgré le retour aux fondamentaux préconisé dans les programmes de 2008.

I.1.1.5 – QUELLE PLACE POUR LES SCIENCES AVEC LE RETOUR AUX FONDAMENTAUX EN 2008 ?

Les programmes du primaire de 2008 marquent un retour aux « fondamentaux » (français et mathématiques). Pour les sciences expérimentales et la technologie, 78 heures par an sont prévues au CE2, CM1 et CM2. L'esprit reste le même avec une référence à « La main à la pâte » et à la démarche d'investigation.

« Les sciences expérimentales et les technologies ont pour objectif de comprendre et de décrire le monde réel, celui de la nature et celui construit par l'Homme, d'agir sur lui, et de maîtriser les changements induits par l'activité humaine. Leur étude contribue à faire saisir aux élèves la distinction entre faits et hypothèses vérifiables d'une part, opinions et croyances d'autre part.

Observation, questionnement, expérimentation et argumentation pratiqués, par exemple, selon l'esprit de La main à la pâte sont essentiels pour atteindre ces buts ; c'est pourquoi les connaissances et les compétences sont acquises dans le cadre d'une démarche d'investigation qui développe la curiosité, la créativité, l'esprit critique et l'intérêt pour le progrès scientifique et technique. » (BO hors-série n° 3 du 19 juin 2008, programmes du primaire)

Dans ce cadre général de retour aux « fondamentaux (français et mathématiques) et même si un quota d'heures est spécifiquement attribué aux sciences, il serait intéressant de voir la place réelle faite à l'enseignement des sciences dans les classes et les démarches effectivement mises en œuvre par les maîtres.

I.1.1.6 – NOS CONCLUSIONS SUR LES DISPOSITIFS DU PRIMAIRE AU REGARD DE NOS QUESTIONS DE RECHERCHE

Du XIX^e au XXI^e siècle, on est passé d'une école primaire qui signifiait la fin de la scolarité pour la majorité des enfants au collège unique puis à la volonté que 80% d'une tranche d'âge soit bachelière, mais surtout, à l'idée que l'école ne peut plus tout apporter mais doit surtout « apprendre à apprendre ». L'enseignement des sciences s'est modifié en suivant la vision de l'activité du scientifique : d'inductive basée sur l'observation et l'expérimentation à hypothético-déductive basée sur l'investigation. Il s'est aussi appuyé sur les recherches des pédagogues et des didacticiens (Freinet, Piaget).

La leçon de choses repose sur une approche inductive (de l'observation et de l'expérience on tire des faits que l'on généralise) et sur une vision positiviste (la science apporte une réponse à tout). Elle s'appuie sur une méthode pédagogique dite active ou l'élève apprend *en travaillant, en cherchant, en observant, en expérimentant* en rupture avec la méthode dite

traditionnelle dans laquelle l'élève écoutait le maître et mémorisait le manuel. La leçon de choses a perduré près de cent ans en étant remaniée dans la forme mais peu dans le fond.

« Dans une démarche inductiviste, les élèves "redécouvrent" les lois : la connaissance vient de l'expérience, dans une conception largement empiriste qui sous-estime tant l'existence de cadres théoriques constitués au cours de l'histoire que la présence de représentations préalables des élèves quant aux phénomènes étudiés. » (IGEN, 2000/2001, p. 6)

Les activités d'éveil introduites dans les années soixante-dix sont élaborées en rupture avec les leçons de choses. On passe de la méthode inductive au constructivisme (Jean Piaget). C'est l'enfant qui, en agissant sur le réel, construit ses connaissances. On part du questionnement de l'enfant de ses représentations et de ses perceptions qui sont parfois erronées et qui font alors obstacles aux nouveaux apprentissages. On privilégie l'expérimentation parfois au détriment des connaissances visées. *« Les activités d'éveil privilégiaient la démarche scientifique mais n'avaient sans doute pas suffisamment en perspective les connaissances visées au cours de cette démarche. » (IGEN, 2000/2001, p. 6).*

Le projet « La main à la pâte » marque un nouveau départ, plutôt qu'une rupture. Il vise à rénover l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire devenue quasiment inexistant dans les classes avec l'arrêt des activités d'éveil. Il développe un enseignement fondé sur une démarche hypothético-déductive basée sur l'investigation. La démarche est clairement explicitée : mise en place d'une situation proche de l'intérêt de l'enfant, formulation d'un problème scientifique faisant émerger les représentations initiales des enfants, confrontation des idées des enfants, hypothèses d'explication, expérimentations pour éprouver ces hypothèses, temps de synthèse pour construire un système explicatif opératoire. Les interactions entre pairs sont privilégiées, le maître n'est plus le détenteur du savoir.

Enfin, le plan de rénovation des sciences (PRESTE) s'inscrit quant à lui explicitement dans la continuité du projet « La main à la pâte ». Bien que toujours d'actualité, il serait intéressant de voir comment il est mis en œuvre actuellement alors que les programmes de 2008 ont prôné un retour aux « fondamentaux » (français, mathématiques).

Les difficultés rencontrées par les enseignants pour modifier leurs pratiques, aussi bien pour les leçons de choses que pour les activités d'éveil, sont régulièrement rappelées. Il en est de même dans une moindre mesure pour le dispositif « La main à la pâte ». Ces difficultés oscillent entre le « tout dogmatique » (les connaissances visées sont dictées par le maître indépendamment de toute démarche de construction par les élèves) et le « tout méthodologique » (les connaissances scientifiques visées n'ont pas d'importance, l'essentiel est de mettre l'élève en situation de chercheur). On pointe aussi le risque d'empirisme qui laisserait croire aux élèves que la connaissance découle d'une expérience. La nécessité pour les maîtres de posséder des connaissances scientifiques sérieuses sur les sujets abordés est aussi pointée notamment pour gérer la phase de confrontation des résultats du travail des élèves au savoir constitué.

Les ressources disponibles ont évolué passant du manuel papier avec des illustrations de la leçon de choses, aux publications sur les activités d'éveil de l'institut national de recherche et de documentation pédagogique (INRDP), au CD-Rom du site de « La main à la pâte » fourni

aux écoles élémentaires au lancement du projet et aux différentes sites ressources accessibles de nos jours. En particulier, le projet « La main à la pâte » souvent cité comme initiateur de l'investigation a bénéficié et a engendré de nombreuses ressources. Il a été initié par des scientifiques de renom, a reçu un fort soutien (média, institution, monde de la science) a proposé de nombreuses ressources aux enseignants : humaines (chercheurs), papier (brochure), numériques (CD-Rom, site permettant des échanges de ressources, liste de diffusion), matérielles (subventions, malles de matériel). Il a aussi engendré de nouvelles ressources par les échanges entre enseignants par l'intermédiaire des listes de diffusion.

Dans le paragraphe suivant, nous nous intéressons à l'enseignement secondaire, d'abord réservé à une élite, puis généralisé à tous dans les années soixante.

I.1.2 - DANS LES PROGRAMMES DE COLLÈGE ET DE LYCÉE : DE LA DÉMARCHE INDUCTIVE À LA DÉMARCHE HYPOTHÉTIQUE-DÉDUCTIVE

Après le primaire, nous nous intéressons ici à l'enseignement des sciences dans le secondaire. Comme précédemment, nous nous arrêtons sur des moments forts en relation avec notre sujet de recherche. Nous essayons d'identifier si ces moments marquent des temps de ruptures ou s'inscrivent dans une forme de continuité. Après l'introduction des exercices pratiques dans les programmes de 1902 (I.1.2.1), nous nous intéresserons aux Travaux scientifiques expérimentaux au collège dans les années 1960 (I.1.2.2). Nous nous attarderons sur la circulaire du 17 octobre 1968 que certains identifient comme l'acte de naissance de la DI en biologie (I.1.2.3) avant de présenter l'introduction plus généralisée de la DI dans les programmes du collège de 2006 (I.1.2.4). Nous terminerons par l'expérimentation de l'épreuve pratique de mathématiques au baccalauréat scientifique (I.1.2.5). Dans un second temps, nous présenterons aussi les enseignements pluridisciplinaires mis en avant pour différentes classes d'âge à partir des années 2000 (I.1.2.6) ainsi qu'à sa dernière forme l'Enseignement intégré des sciences en 2006 (I.1.2.7). Nous terminerons par une brève analyse (I.1.2.8).

I.1.2.1. INTRODUCTION DES EXERCICES PRATIQUES DANS LES PROGRAMMES DE 1902 DANS LA CONTINUITÉ DES LEÇONS DE CHOSSES PRATIQUÉES À L'ÉCOLE PRIMAIRE

En 1902, le cours d'étude est divisé en deux cycles, le premier de la classe de sixième à la classe de troisième et le second de la classe de seconde à la classe de terminale. Les méthodes d'enseignement des sciences sont renouvelées et les « exercices pratiques » sont introduits dans l'enseignement du second degré en physique et en sciences naturelles.

« Notons que ces "travaux pratiques" ne sont pas, alors, nécessairement expérimentaux : ce sont des textes ultérieurs qui affirment explicitement le caractère expérimental de ces activités. » (IGEN, 2000/2001, p. 3)

Au collège

La démarche préconisée s'inscrit dans la continuité des leçons de choses et des leçons de sciences basées principalement sur l'observation et aboutissant à l'énoncé des propriétés

essentielles. En sciences naturelles, on s'attache à développer chez les élèves les facultés d'observation et de comparaison à partir de planches et de dessins tracés sur le tableau. En zoologie, il est conseillé de faire observer des spécimens préparés. En botanique, on doit mettre dans les mains des élèves des échantillons de plantes et organiser des excursions dirigées par le professeur (Belhoste, 1995, p. 578-579). On retrouve ainsi l'esprit des classes promenades organisées au primaire. En physique-chimie, débutée seulement en quatrième, il est écrit que cet enseignement « *devra rester très élémentaire et d'un caractère très pratique* » et qu'« *il sera toujours fondé sur des expériences* » qui semblent réalisées par le seul professeur (Belhoste, 1995, p. 587).

Au lycée

En parallèle des cours classiques on prévoit des « exercices pratiques ». La démarche choisie reste basée sur l'observation en s'aidant parfois de quelques outils de mesure. Elle est inductive et empiriste.

En physique : « *On se bornera quelquefois à faire faire aux élèves de simples observations qualitatives, le plus souvent on ira jusqu'à une mesure, mais en se limitant à l'approximation juste nécessaire pour permettre à l'élève de voir l'ordre de grandeur des choses avec des expériences d'une grande simplicité.* » (Belhoste, 1995, p. 617)

En chimie : « *Le but des exercices pratiques est d'habituer les élèves à observer avec soin quelques réactions chimiques et non de les obliger à construire des appareils compliqués et difficiles à manier.* » (Belhoste, 1995, p. 618)

« *Les exercices pratiques effectués dans le sens qui vient d'être indiqué et accompagnés de nombreuses interrogations faites par le professeur seront le complément indispensable du cours. Les élèves devront certainement tirer un fruit considérable des connaissances qu'ils acquerront et de l'habileté expérimentale qu'ils développeront dans ces exercices.* » (Belhoste, 1995, p. 619)

En sciences naturelles, les élèves doivent être initiés à l'observation au moyen de la loupe et du microscope. Les exercices pratiques doivent être complétés par quelques excursions.

« *Les réformateurs de 1902, qui introduisirent les travaux pratiques, ont fortement préconisé la démarche inductive qu'ils pensaient être celle des savants. Des faits on extrait la théorie, sans place pour l'imagination trompeuse, comme Newton qui proclamait ne pas faire usage d'hypothèses.* » (Cariou, 2010, p. 59)

Un premier bilan en 1904

Mais en janvier 1904, Louis Liard, vice-recteur de l'académie de Paris, et considéré comme l'inspirateur du nouvel enseignement des sciences (Belhoste, 1995), fait un premier bilan de l'application de la réforme de 1902 déjà entrée en application dans les classes de seconde et première. Il ne dit rien des nouveaux programmes mais se montre très critique des méthodes d'enseignement :

« *Ce qui vaut, c'est le maître ; et dans le maître, c'est la méthode. Or, si j'en crois des témoignages nombreux et autorisés, les témoignages mêmes de beaucoup d'entre vous, si grand que soient le savoir, le talent, le dévouement de nos professeurs de sciences, sur plus d'un point leurs méthodes d'enseignement ne seraient pas parfaites.*

Dans l'enseignement secondaire, les études scientifiques doivent, comme les autres,

contribuer à la formation de l'homme. [...] Leur office propre est de travailler, avec les moyens les mieux adaptés, à la culture de tout ce qui, dans l'esprit, sert à découvrir et comprendre la vérité positive, observation, comparaison, classification, expérience, induction, déduction, analogie, d'éveiller et de développer ce sens des réalités et des possibles... » (Belhoste, 1995, p. 626)

Or, les méthodes mises en œuvre en sciences sont jugées trop transmissives :

« Rien de plus contraire au véritablement enseignement scientifique que de verser dans des esprits passifs, soit par le livre, soit même par la parole, malgré la supériorité de ce mode de transmission, une masse d'abstractions et de faits à apprendre par cœur. » (Belhoste, p. 626)

L'enseignement des mathématiques est, quant à lui, jugé trop abstrait :

« N'en résulte-t-il pas que beaucoup d'entre nous, déconcertés dès le premier jour, et n'apercevant aucun lien entre les mathématiques et la réalité s'imaginent qu'elles sont un monde impénétrable, accessible seulement à quelques intelligences spécialement construites, et ne font aucun effort pour y pénétrer ? » (Belhoste, 1995, p. 627)

En sciences naturelles, le verbalisme est redouté ainsi que l'abus de détail, et un chargement de la mémoire alors que ce qui attendu est bien différent :

« Des faits d'abord, exactement perçus, et ce sera une culture de la faculté d'observation ; puis des faits comparés, et ce sera une culture de la faculté de comparaison ; enfin à la suite de ces comparaisons, des liaisons positives, constatées entre les faits, et ce sera une culture de la faculté de généralisation, une première conception de la loi, un premier éveil du sens scientifique.

Dans chacune de ces démarches, l'essentiel est que l'élève, petit ou grand, agisse par lui-même, autant que faire se pourra. » (Belhoste, 1995, p. 628)

Enfin, l'enseignement des sciences physiques est jugé trop déductif, la loi précèdent les faits, et insuffisamment fondé sur l'expérimentation :

« Par le mode d'exposition, d'expérimentales et inductives qu'elles sont, on en faisait des sciences à allure déductive, on énonçait d'abord la loi, comme on énonce un théorème, puis on donnait la démonstration, toujours comme s'il s'agissait d'un théorème. Le fait n'apparaissait qu'ensuite, quand il apparaissait, comme une illustration et non comme la source de la loi ; l'expérience quand elle était présentée presque toujours de loin, n'était qu'une aide à la mémoire, en associant une image à une formule. Or les sciences expérimentales procèdent juste à l'inverse. » (Belhoste, 1995, p. 629)

Le bilan fait quelques années plus tard, en 1912, semble un peu plus favorable. Dans une lettre adressée à Monsieur le Recteur, Guist'Hau, chargé avec une commission spéciale de modifier les programmes de sciences, écrit en parlant du programme de 1902 :

« Certes, depuis dix ans, l'enseignement scientifique a grandement progressé ; il est devenu plus vivant et plus pratique, mieux adapté aux données récentes de la science ; l'introduction de travaux pratiques, le choix pour les mathématiques et pour la physique d'exemples et de problèmes empruntés à la réalité, le concours du dessin géométrique venant illustrer la théorie ont produit les plus heureux effets ; ... » (Belhoste, 1995, p. 690)

Le programme ne sera qu'allégé en gardant l'esprit du programme de 1902 car la

commission considère qu'il serait fâcheux d'apporter des changements profonds à des programmes que « *le savoir et le zèle de nos professeurs viennent à peine de mettre au point, et dont les résultats s'affirment chaque jour davantage.* » (Belhoste, 1995, p. 690)

I.1.2.2. EN 1960, LE RENOUVÈLEMENT DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES AVEC LES TRAVAUX SCIENTIFIQUES EXPÉRIMENTAUX EN COLLÈGE

Dans les années soixante, le développement des sciences et des techniques induit un besoin de scientifiques et de techniciens. Cela suppose aussi « *l'élévation générale du niveau de qualifications* » et « *justifie le renouvellement des enseignements, des formations et de leurs contenus.* » (Lebeaume, 2011, p. 23). Sous l'influence des travaux de Piaget on privilégie « *les méthodes actives et la découverte du monde, non pas à partir d'un programme mais des centres d'intérêts des enfants.* » (Lebeaume, 2011, p. 25)

En 1960, lors de la création du cycle d'observation (6^e -5^e), Roger Gal (1906-1966) met en place les Travaux Scientifiques Expérimentaux (TSE). Ceux-ci sont mentionnés dans les programmes du cycle d'observation (arrêté du 20 juillet 1960). Une circulaire ministérielle datant du 8 septembre 1960 guide l'organisation des TSE et propose dans une annexe des thèmes. Ceux-ci ne doivent pas être considérés comme un programme et n'ont pas pour objet d'inculquer un ensemble de connaissances. Les TSE sont définis comme des « *exercices valorisant l'étude des applications des mathématiques, des phénomènes physiques élémentaires, des mécanismes les plus simples qu'on trouve utilisés dans les objets d'usage quotidien.* » (Lebeaume, 2011, p. 25). Trois buts sont affichés : « *permettre de juger les aptitudes des élèves aux études scientifiques et techniques* », « *assurer la continuité et la progression de la formation scientifique de l'école élémentaire au second cycle* », « *développer des aptitudes à l'abstraction et à l'expression sous toutes ses formes* » (Lebeaume, 2009, p. 29).

La pédagogie préconisée valorise l'activité des élèves et constitue une première initiation aux méthodes et à l'attitude scientifique. Elle s'oppose à l'enseignement livresque au profit d'un enseignement expérimental (Lebeaume, 2009). On préconise une approche globale, de partir du concret, de commencer par l'observation et l'analyse qualitative avant de passer à l'expérimentation et à la prise de mesures, d'accepter les erreurs et le tâtonnement. On recommande l'organisation du travail en équipe, la recherche documentaire, la coordination avec les autres enseignements, les exercices de langage et d'expression écrite ou orale (Lebeaume, 2009).

Les TSE valorisent l'approche non disciplinaire et se déclinent en deux séries. La première intitulée « l'homme et son milieu » regroupe des sujets à base de géographie et de sciences naturelles avec des prolongements en sciences physiques ou chimiques et dans le domaine des techniques. Elle sera prise en charge de préférence par le maître chargé de l'enseignement de l'histoire-géographie ou le professeur de sciences naturelles. La seconde série intitulée « thèmes physico-mathématiques » revient aux professeurs de mathématiques, de sciences physiques et éventuellement de travaux manuels éducatifs (Lebeaume, 2011).

Selon Lebeaume (2009), les TSE proposent ainsi des thèmes qui relèvent distinctement des sciences naturelles et des sciences physiques et marquent, d'une façon importante, l'évolution des contenus de l'enseignement scientifique par la généralisation des sciences physiques qui

n'étaient pas enseignées à l'époque au collège contrairement aux sciences naturelles.

Au début des années soixante, tout reste à inventer. *« Les enseignants volontaires font part de leurs essais puis des réunions nationales contribuent progressivement à la structuration de ces nouvelles activités scolaires. »* (Lebeaume, 2011, p. 25) Ces travaux conduisent à des publications sous différentes formes susceptibles de servir de ressources pour les enseignants. Une trame des TSE en cinq étapes précisant l'action du maître et le déroulement des activités est ainsi proposée :

- *« premier contact de caractère global, suivi immédiatement de l'analyse d'un ou de quelques aspects bien déterminés ;*
- *participation des élèves à la position du problème et à la recherche des modes d'approche ;*
- *observation d'abord qualitative puis quantitative et expérimentation ;*
- *synthèse et mise en forme des constatations et des résultats ;*
- *exploitation et compte rendu ».* (Lebeaume, 2011, p. 25)

Très vite (dès 1962) les thèmes de la première série tendent à disparaître, et on remarque un recentrage sur les activités physico-mathématiques orientées vers du mesurage (Lebeaume, 2009).

« Avec la création des collèges d'enseignement secondaire (CES) en 1963, les TSE disparaissent pratiquement des discours et des propositions de la revue pédagogique qui les avait guidés. » (Lebeaume 2009, p. 38)

« Les témoignages d'enseignants indiquent la poursuite de cet enseignement dans les classes jusqu'à la veille des années 1970, mais les cahiers de travaux pratiques des élèves tendent à montrer une organisation sous forme de leçons avec un texte en vis-à-vis des dessins ou schémas des élèves. » (Lebeaume 2009, p. 38)

Lebeaume (2009, p. 40) voit dans le recadrage des TSE vers des sujets de la seconde série une volonté de représenter l'enseignement de la physique-chimie dans les premières classes du collège. Selon lui, *« cette transformation montre la prégnance forte de la structuration du curriculum français en disciplines scolaires – selon le modèle de l'enseignement secondaire – qui tend à exclure les innovations ou les incitations institutionnelles qui n'entrent pas dans ce cadre doté de ses enseignants spécialistes d'une discipline enseignée avec son organisation administrative et pédagogique. »* La volonté d'assurer une meilleure cohérence horizontale d'ensemble entre les différents enseignements particuliers semble se heurter à la cohérence verticale des disciplines et les exigences d'un enseignement progressif, finalisé et disciplinaire.

I.1.2.3. LA CIRCULAIRE DU 17 OCTOBRE 1968 : L'ACTE DE NAISSANCE DES DÉMARCHES D'INVESTIGATION (DI)

Selon Cariou (2010) et Astolfi (1990), la circulaire du 17 octobre 1968 (BO n°1, 12 janvier 1969) concernant l'enseignement de la biologie dans les CES, marque une rupture par rapport à l'enseignement des sciences préconisé depuis 1902 et fondé sur une démarche inductive. Astolfi (1990) y voit une *« véritable rupture méthodologique et curriculaire »* qui s'inscrit dans la même ligne que les activités d'éveil scientifiques au primaire et parle de *« l'acte de naissance des démarches d'investigation »*.

« Elle essaie d'instaurer une pédagogie du problème biologique se substituant à un traditionnel titre de la leçon et orientant l'activité pédagogique, les connaissances apparaissant in fine comme le résultat d'un processus de recherche et la réponse à un questionnement scientifique ayant fait l'objet d'investigations. » (Astolfi, 1990, p. 197)

La démarche pédagogique définie par la circulaire comporte plusieurs étapes :

- *« une étape d'analyse des faits et de l'environnement dans lequel ils s'insèrent ;*
- *un raisonnement qui intègre les divers paramètres fait apparaître le problème et permet de le poser avec précision ;*
- *un effort d'imagination dans la recherche et pour la découverte de la ou des hypothèses, solutions possibles du problème ;*
- *la mise en œuvre des moyens expérimentaux permettant d'éprouver la valeur de ces hypothèses et d'approcher ainsi la vérité ;*
- *enfin, la manifestation d'un esprit de synthèse dans la formulation et l'élaboration d'une conclusion, parfois d'une loi ». (Cariou, 2010, p. 59)*

Mais, selon Cariou (2010), les enseignants sont convertis à la démarche inductive qui est conforme à leur propre conception de la progression de la science : des manipulations des élèves le professeur extrait l'hypothèse correcte. Les habitudes sont prises à la fois par les élèves et les enseignants et ceux-ci ne vont pas modifier leurs pratiques.

Ainsi, cette circulaire, qui date de 1968, marque une rupture dans l'enseignement de la biologie et introduit une démarche proche, en particulier dans ses étapes, de celle nommée ensuite démarche d'investigation. Toutefois, cette circulaire, qui selon Cariou (2010) est peu suivie d'effets dans les classes, ne concerne que la biologie. L'introduction commune aux sciences du programme de 2006 va élargir la mise en œuvre de séances fondées sur ce type de démarches aux autres disciplines scientifiques.

I.1.2.4. EN 2006, LA DÉMARCHE D'INVESTIGATION (DI) DÉFINIE PAR UN CANEVAS EN SEPT ÉTAPES DANS L'INTRODUCTION COMMUNE À L'ENSEMBLE DES DISCIPLINES SCIENTIFIQUES DES PROGRAMMES DU COLLÈGE

Suite à des réflexions menées par l'académie des sciences en 2004 et 2005, la DI apparaît dans les programmes de collège applicables à partir de la rentrée 2006. Dans l'introduction commune à l'ensemble des disciplines scientifiques (mathématiques, SVT, SPC, technologie) un paragraphe entier est consacré à « La démarche d'investigation » (au singulier dans le texte) même s'il est tout de suite précisé qu'elle n'est pas unique. Elle est présentée comme la méthode d'enseignement à privilégier. Il est cependant précisé que tous les objets d'étude ne se prêtent pas également à sa mise en œuvre et qu'il appartient au professeur de déterminer les sujets qui feront l'objet d'un exposé et ceux pour lesquels la mise en œuvre d'une DI est pertinente. (BO, HS n°5 du 25 août 2005).

Selon ces programmes, il faut faire prendre conscience aux élèves des analogies que présente la DI entre son application aux sciences expérimentales et aux mathématiques, mais aussi des spécificités liées aux objets d'études de ces différents domaines et à leurs méthodes

de preuve (formulation respectivement d'hypothèses explicatives et de conjectures, validation par l'expérimentation d'un côté, par la démonstration de l'autre). (BO, HS n°5 du 25 août 2005)

La DI est présentée comme une démarche qui privilégie la construction du savoir par l'élève. Elle s'appuie sur le questionnement des élèves relatif au monde réel (en sciences expérimentales et en technologie) et sur la résolution de problèmes (en mathématiques). Les investigations réalisées avec l'aide du professeur, l'élaboration de réponses et la recherche d'explications ou de justifications débouchent sur l'acquisition de connaissances, de compétences méthodologiques et sur la mise au point de savoir-faire techniques. Une séance d'investigation doit être conclue par des activités de synthèse et de structuration organisées par l'enseignant, à partir des travaux effectués par la classe. (BO, HS n°5 du 25 août 2005)

Un canevas en sept étapes est proposé à titre indicatif pour guider le travail des enseignants. Ce canevas reprend les moments essentiels de la conception et de la gestion d'une séance fondée sur une DI :

1. Le choix d'une situation-problème.
2. L'appropriation du problème par les élèves.
3. La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles.
4. L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves.
5. L'échange argumenté autour des propositions élaborées.
6. L'acquisition et la structuration des connaissances.
7. La mobilisation des connaissances.

Ainsi donnée, la démarche d'investigation repose donc sur une situation-problème et vise l'introduction de connaissances nouvelles par franchissement d'obstacles sociocognitifs. Néanmoins, il est souvent noté que les séances conçues par les enseignants comme fondées sur des DI sont plus ouvertes que la seule démarche hypothético-déductive basée sur une situation- problème (Mathé, De Hosson et Méheut 2012).

« Le choix de s'appuyer dès le départ sur une situation problème semble très restrictif d'un point de vue épistémologique et d'un point de vue didactique. La démarche d'investigation est en effet centrée sur la pratique d'une démarche expérimentale de type hypothético-déductif et s'appuie sur l'idée de franchissement d'obstacles épistémologiques. » (Boilevin, 2013, p. 29)

Dans la partie du programme spécifique aux mathématiques (B0 spécial n°6 du 28 août 2008) on revient sur la nécessité d'entraîner les élèves à la pratique d'une démarche scientifique et l'on définit celle-ci en mathématiques :

« A travers la résolution de problèmes, la modélisation de quelques situations et l'apprentissage progressif de la démonstration, les élèves prennent conscience petit à petit de ce qu'est une véritable activité mathématique : identifier et formuler un problème, conjecturer un résultat en expérimentant sur des exemples, bâtir une argumentation, contrôler les résultats obtenus en évaluant leur pertinence en fonction du problème étudié, communiquer une recherche, mettre en forme une solution. » (B0 spécial n°6 du 28 août 2008)

En résumé cette introduction commune aux sciences expérimentales, aux mathématiques et

à la technologie, pour les programmes mis en œuvre à la rentrée 2006, fixe la démarche d'investigation comme méthode d'enseignement à privilégier au collège. Elle s'appuie sur le questionnement des élèves en sciences et en technologie et sur la résolution de problèmes en mathématiques. La démarche proposée est hypothético-déductive. Sa présentation en un canevas en sept étapes, certes données à titre indicatif, va marquer les esprits. Les programmes du lycée de 2010 s'inscriront dans la continuité de ceux mis en œuvre au collège à partir de 2006 mais avant de nous y intéresser nous nous attardons sur une expérimentation qui date de la même époque et concerne directement l'enseignement des mathématiques au lycée.

1.1.2.5. L'ÉPREUVE PRATIQUE DE MATHÉMATIQUES EN TERMINALE SCIENTIFIQUE : MISE EN AVANT DE LA DIMENSION EXPÉRIMENTALE DES MATHÉMATIQUES

Une épreuve pratique spécifique de mathématiques a été expérimentée pendant trois années consécutives (2006-2007 à 2008-2009) en tant qu'épreuve terminale au baccalauréat de la série S (à l'image des épreuves expérimentales de sciences physiques et de sciences de la vie et de la Terre). Cette épreuve avait pour objectif de faire évoluer les modalités d'évaluation aux examens et au-delà d'infléchir les choix pédagogiques et didactiques de l'enseignement de cette discipline en affirmant la nécessité d'une prise en compte de la dimension expérimentale des mathématiques et de l'utilisation d'outils logiciels.

Vingt-cinq sujets ont été mis à disposition des enseignants. Chacun de ces sujets est composé d'un descriptif destiné à alimenter une banque nationale publique (mise en ligne sur le site Eduscol) et ayant pour vocation de décrire le contexte du sujet, mais sans l'énoncer afin d'éviter les dérives de bachotage, et d'un support d'évaluation formé de trois fiches :

- une fiche-élève précisant l'énoncé et ce qui est attendu du candidat. C'est à partir de cette fiche que le candidat compose ;
- une fiche-professeur décrivant les intentions de l'auteur, des considérations sur l'environnement TICE du sujet, des commentaires sur l'évaluation ainsi que sur le niveau et le type d'aide à apporter à l'élève ;
- une fiche-évaluation, propre à chaque sujet, précisant la prise en compte des compétences du candidat déclinées en capacité à expérimenter, capacité à rendre compte des résultats établis à partir de l'expérimentation et capacité à prendre des initiatives et à tirer profit des échanges avec l'examineur.

Si l'on considère les objectifs premiers de cette expérimentation développés ci-dessus, la prise en compte de la dimension expérimentale des mathématiques et de l'utilisation d'outils logiciels et l'évolution des modalités d'évaluation aux examens, l'expérimentation semble avoir porté ses fruits.

« L'expérimentation a tout d'abord permis d'enclencher un processus d'élaboration de situations enrichies par l'apport de l'informatique pour une meilleure prise en compte de la dimension expérimentale des mathématiques tant dans l'émission de conjectures que dans une aide à la démonstration. » (IGEN, 2009b, p. 8)

« L'expérimentation d'une épreuve pratique de mathématiques au baccalauréat de la série
30

S a indubitablement permis un renouvellement de l'enseignement des mathématiques au lycée. Elle a permis de sortir du piège d'une abstraction excessive et par là-même de proposer aux élèves une autre voie d'accès à la compréhension des mathématiques. La prise en compte effective des outils logiciels dans la résolution des problèmes a modifié le rapport des élèves à l'activité mathématique. » (IGEN, 2009b, p. 10)

Malgré ces résultats jugés positifs, cette expérimentation n'a pas été suivie par la mise en place d'une épreuve pratique de mathématiques au baccalauréat de la série scientifique dans les programmes de 2010. Avant de nous intéresser à ces programmes, nous présentons une série de dispositifs pluridisciplinaires mis en œuvre à partir des années 2000.

I.1.2.6. DÉBUT DES ANNÉES 2000 : UNE FORTE VOLONTÉ DE DÉCLOISONNEMENT DES DISCIPLINES

Le début des années 2000 voit la mise en place de dispositifs visant des croisements disciplinaires et la collaboration entre enseignants de matières différentes. Ces dispositifs se mettent en place à différents niveaux : au collège les Itinéraires de découvertes (IDD) en 2002, au lycée général les Travaux personnels encadrés (TPE) en 2001, au lycée professionnel les Projets pluridisciplinaires à caractère professionnel (PPCP) en 2000 et enfin dans les classes préparatoires aux grandes écoles scientifiques les Travaux d'initiative personnelle encadrés (TIPE). Dans ce paragraphe, nous allons définir ces différents dispositifs qui bien qu'adressés à des publics différents présentent des similarités. Nous nous attarderons davantage sur le dispositif mis en place au lycée général, les TPE, souvent comparés aux MPS.

Au collège : les itinéraires de découverte (IDD)

Les IDD s'inscrivent dans le cadre des enseignements obligatoires du cycle central de collège (classes de cinquième et de quatrième) depuis la rentrée 2002 et succèdent aux « Travaux Croisés » (TC) initiés en 2000. Les IDD représentent deux heures inscrites dans l'emploi du temps de la classe auxquelles correspondent deux heures professeur par division (B.O. n° 8 du 22 février 2002). Tous les enseignements obligatoires peuvent intervenir dans les IDD, ainsi, pour chaque discipline est défini un horaire minimal et un horaire possible avec les IDD. Ils prescrivent des croisements disciplinaires et des collaborations entre enseignants mais recommandent des relations explicites aux programmes d'enseignement et limitent le partenariat à des équipes de deux professeurs (Lebeaume, 2004). Sur l'ensemble du cycle central, les élèves devront réaliser quatre itinéraires, choisis dans au moins deux domaines thématiques parmi les quatre proposés : la nature et le corps humain, les arts et les humanités, les langues et les civilisations, la création et les techniques.

« Une triple ambition doit animer la mise en œuvre de ces itinéraires de découverte :

- donner davantage de sens aux contenus d'enseignement et développer l'autonomie des élèves dans leur travail scolaire ;*
- contribuer à la valorisation des goûts et aptitudes des élèves, par l'exploration de différents domaines d'étude, et faciliter ainsi la préparation des projets d'orientation ultérieurs ;*
- élargir l'espace d'initiative des équipes pédagogiques à travers la conception des thèmes et sujets d'étude ainsi que le suivi et l'évaluation des travaux des élèves. »*

(Annexe à la circulaire n°2002-074 du 10-4-2002, BO n°16 du 18 avril 2002)

La démarche préconisée est une démarche de projet qui conduit les élèves à travailler seuls ou en petits groupes. Les professeurs les guident *« dans leur cheminement, fait de tâtonnements et d'erreurs, de critiques et de remises en cause. »*. Les IDD doivent aboutir à des productions d'élèves, individuelles ou collectives qui peuvent prendre plusieurs formes : *« création d'un objet particulier, d'une maquette, d'un cédérom, d'un journal, d'un film, présentation d'un exposé, d'un spectacle, élaboration d'un texte... »* (Annexe à la circulaire n°2002-074 du 10-4-2002, BO n°16 du 18 avril 2002)

Pour encourager la démarche autonome des élèves, il est demandé de les évaluer tout au long de l'action pour révéler *« des capacités, des aptitudes jusqu'alors passées inaperçues »*. Pour faciliter des évaluations, chaque élève sera incité à se doter *« d'un "carnet de bord" personnel ou "cahier de recherches" pour noter l'évolution de son travail, les ressources mobilisées, les réussites et les obstacles rencontrés »*. Les IDD doivent aussi déboucher sur une *« évaluation terminale permettant de valoriser les réalisations des élèves et leurs progrès »*.

« Celle-ci portera non seulement sur le produit final (production, réalisée individuellement ou collectivement) mais aussi et surtout sur la démarche de l'élève, sa capacité d'initiative et de création, son investissement personnel, son implication dans un travail collectif.

Il faudra en particulier mesurer les progrès accomplis dans les champs de compétences suivants :

- *l'appropriation de savoirs (appropriation de savoirs disciplinaires, maîtrise des langages écrit et oral...) ;*
- *l'appropriation de savoir-faire (mise en œuvre de techniques de réalisation, efficacité des moyens par rapport à l'intention, mise en œuvre des techniques de l'exposé écrit et oral...) ;*
- *l'apprentissage de l'autonomie, notamment dans l'usage de l'information et de la documentation (maîtrise de la typologie des sources et des supports, des stratégies spécifiques de traitement et d'appropriation de l'information ; production de nouveaux documents en utilisant les technologies de la communication, aptitude à réinvestir ces apprentissages dans sa propre culture), mais aussi aptitude à évaluer sa propre démarche, gestion du temps, persévérance.. ;*
- *l'aptitude au travail collectif (prise en charge des responsabilités, relation aux autres...).* »

(Annexe à la circulaire n°2002-074 du 10-4-2002, BO n°16 du 18 avril 2002)

Lebeaume et Magneron (2004, p. 103) notent la grande ambition portée par ce texte de présentation des IDD. Ceux-ci *« souhaitent être à la fois des moyens de remédiation à l'échec scolaire, de pédagogie ou de stratégie de détour ou de réussites différenciées. »*.

Les mêmes auteurs notent aussi des objectifs et des logiques éducatives divergents :

« Toutefois, les termes « approfondissement », « autonomie » et « réussite » des sous-titres s'accordent mal avec les nombreuses insistances du texte entier : temps d'enseignement, acquisition de connaissances et construction de compétences, ancrage sur les programmes, évaluation rigoureuse des connaissances et des compétences acquises. Ces multiples intentions sont également manifestes dans la liste des progrès à évaluer : appropriation de savoirs, de savoir-faire, aptitude au travail collectif, apprentissage de l'autonomie. » (Ibid.,

2004, p. 103)

« En outre, l'insistance conjointe sur le projet, la démarche de projet, la production d'un objet, d'une maquette, d'un CD Rom, etc. qui doivent être l'occasion d'une présentation et d'une première appropriation des méthodes de recherche documentaire, tout en maintenant l'ancrage sur les programmes disciplinaires, paraît ainsi plus de l'ordre du défi que de la généralisation réelle. » (Ibid., p. 103)

Au lycée général : Les travaux personnels encadrés (TPE) en première

Différentes étapes ont jalonné la mise en place des TPE. D'abord expérimentés en 1999-2000 dans quelques classes de première de chaque académie, ils sont généralisés en classe de première en 2000-2001. En 2001-2002, ils sont introduits en classe terminale à titre facultatif et peuvent alors être évalués sous forme d'épreuve facultative au baccalauréat. L'année suivante en 2002-2003, ils sont généralisés en classe terminale, l'épreuve restant facultative au baccalauréat. Enfin, en 2005-2006, les TPE sont supprimés en classe terminale mais restent obligatoires en classe de première et sont évalués au baccalauréat sous forme d'épreuve obligatoire anticipée à partir de 2006.

En 2011, une note de service parue au Bulletin officiel n°26 du 30 juin 2011 précise les conditions de mise en œuvre des TPE dans le cadre de la réforme du lycée à compter de la rentrée 2011, elle annule et remplace celle parue au BO n°39 du 27 octobre 2005. Les TPE restent un enseignement obligatoire en classe de première générale de deux heures hebdomadaires, sur dix-huit semaines maximum à partir du début de l'année, encadrés par (au moins) deux professeurs. Ils font l'objet d'une épreuve anticipée, affectée d'un coefficient deux portant sur les points supérieurs à la moyenne.

À partir de thèmes définis nationalement renouvelés par tiers tous les deux ans, les élèves, par groupes de deux ou trois, choisissent leur sujet pluridisciplinaire en accord avec leurs enseignants. Les TPE associent au moins deux disciplines et s'appuient prioritairement, quoique non exclusivement, sur les disciplines spécifiques de chaque série. En sciences, ce sont principalement les professeurs de mathématiques, physique-chimie ou sciences de la vie et de la terre qui encadrent les TPE. Les connaissances et compétences mises en œuvre au cours du TPE doivent être en relation avec les programmes des enseignements concernés. De plus, les réalisations doivent rester modestes et réalistes. Il peut s'agir d'un dossier mais il ne doit pas se limiter à un montage d'informations et de documents sans véritable appropriation du sujet et sans regard critique sur les sources utilisées. On insiste sur la nécessité d'une recherche documentaire. La production est commune au groupe mais l'évaluation est individuelle et tient compte de l'implication et de la qualité du travail fourni tout au long des séances, de la production et de la présentation orale. Chaque élève doit tenir un carnet de bord qui retrace son travail, ses recherches et garde des traces du dialogue avec les enseignants.

Les objectifs annoncés dans le programme (BO n°26 du 30 juin 2011) sont :

- *« réinvestir et renforcer les savoirs et les compétences acquises dans les disciplines associées ;*
- *développer des capacités d'autonomie et d'initiative dans la recherche et l'exploitation de documents ;*
- *commencer à se familiariser avec les méthodes de travail et d'organisation qui seront mobilisées dans l'enseignement supérieur. »*

L'objectif affiché par l'institution est de développer l'autonomie et l'initiative de l'élève pour lui permettre d'acquérir de nouvelles compétences qui prennent en compte l'évolution des savoirs et l'impossibilité pour quiconque d'en maîtriser la totalité, même dans un seul secteur de la connaissance, et donc l'absolue nécessité de savoir trouver l'information en utilisant toutes les technologies et les méthodes disponibles. Avec, pour objectif plus lointain, la volonté de "reconstruire le sens" des savoirs enseignés au lycée, de montrer aux élèves que les connaissances et les méthodes acquises par l'enseignement des disciplines permettent de traiter de questions non spécifiquement scolaires. (IGEN, 2002, p. 3)

La démarche attendue est clairement définie. Elle est basée sur une recherche documentaire : *« les TPE sont d'abord une initiation à la recherche documentaire, en aucun cas une initiation à la recherche au sens où on l'entend à l'université. »* (Rapport IGEN sur les TPE, 2002, p.8). Quatre étapes sont proposées dans le programme (BO n°26 du 30 juin 2011) pour le déroulement du TPE :

- *« une première phase au cours de laquelle sont définis le sujet et sa problématique ; on veillera dans ce cadre à bien délimiter les contours du sujet en se gardant de problématiques trop ambitieuses par rapport au niveau des élèves des classes de première ;*
- *la deuxième phase est centrée sur la recherche documentaire ;*
- *la troisième phase conduit à réaliser une production (dossier, maquettes, poèmes, une de journal, expérience scientifique, vidéogramme, affiche, représentation théâtrale, pages internet, exposition, etc.) ;*
- *la quatrième phase, la soutenance, donne lieu à une présentation orale de la réalisation, s'appuyant sur une note synthétique individuelle. »*

Le rôle des professeurs est d'encadrer les élèves et en particulier *« de veiller à conduire progressivement les élèves vers plus d'autonomie dans la conduite de leur travail. »*. Ils doivent *« être particulièrement attentifs, à cerner la problématique du sujet »* et veiller *« à ce que les compétences mises en œuvre au cours des TPE soient en relation avec les programmes des enseignements concernés »* (BO n°26 du 30 juin 2011). La participation des enseignants de toutes les disciplines du lycée est conseillée afin de permettre des croisements disciplinaires fructueux.

Les ressources disponibles pour les enseignants s'engageant dans les TPE sont accessibles depuis le portail Eduscol sous forme de notes de services parues dans différents BO et définissant la mise en œuvre pédagogique mais aussi les modalités de l'épreuve TPE au bac. On y trouve aussi la liste des thèmes de TPE renouvelée par tiers tous les deux ans. Ainsi pour les années scolaires 2015-2016 et 2016-2017, on trouve trois thèmes communs aux différentes sections (L, ES et S) : *« L'aléatoire, l'insolite et le prévisible »* (rentrée 2015), *« Ethique et responsabilité »*, *« Individuel et collectif »* ainsi que trois thèmes spécifiques à la série scientifique : *« Structures »* (rentrée 2015), *« La mesure »*, *« Matières et formes »*. Des fiches d'accompagnement proposant des pistes de travail et des axes de recherche sur chacun des thèmes sont mises à la disposition des enseignants sur Eduscol.

L'expérimentation des TPE pose très vite de nombreuses questions aux enseignants, en particulier à ceux de mathématiques, relayées par les revues professionnelles que nous

développerons dans le paragraphe I.1.4.

Au lycée professionnel : le projet pluridisciplinaire à caractère professionnel (PPCP)

Le PPCP est mis en place à partir de la rentrée 2000 dans toutes les formations conduisant aux BEP ou au baccalauréat professionnel : *« Il consiste en la réalisation totale ou partielle d'un objectif de production ou d'une séquence de service, tenant compte des caractéristiques du secteur professionnel concerné et du niveau du diplôme considéré. »* (BO n°25 du 29 juin 2000)

« Le projet pluridisciplinaire à caractère professionnel est par nature l'objet et le produit d'un travail en équipe, tant pour les élèves que pour les enseignants. »

La pluridisciplinarité envisagée ici est à considérer dans un sens large. Elle recouvre toutes les formes de coopération entre les disciplines, qu'il s'agisse d'une association en vue d'une réalisation commune ou de démarches de type interdisciplinaire ou transdisciplinaire.

À travers ces différentes démarches, l'objectif visé est l'acquisition des savoirs et des savoir-faire des différentes disciplines. Il ne peut se limiter à l'acquisition de capacités ou compétences transversales. » (BO n°25 du 29 juin 2000)

Les objectifs du PPCP sont d'acquérir des connaissances et des savoir-faire, de mettre en relation des connaissances en établissant des liens entre des savoirs relevant de disciplines différentes, de développer des capacités faisant appel à l'initiative, au sens de l'organisation, à la créativité, à la prise de responsabilité au sein d'une équipe, de développer la motivation de l'élève et de l'aider à mieux définir son projet professionnel.

Le choix et la réalisation du projet sont de la responsabilité de l'équipe pédagogique d'une division. Les élèves peuvent formuler des propositions. La conduite du projet est assurée conjointement par un professeur d'enseignement général et par un professeur d'enseignement professionnel. (BO n°25 du 29 juin 2000)

Classes préparatoires aux grandes écoles scientifiques : les travaux d'initiative personnelle encadrés (TIPE)

Depuis 1997, le TIPE est une épreuve commune à la plupart des concours d'entrée aux Grandes écoles scientifiques. Elle est préparée pendant l'année scolaire. À partir d'un thème proposé, les étudiants de façon individuelle ou en petits groupes choisissent un sujet de recherche. L'objectif est de s'initier à un véritable travail de recherche comme le ferait un ingénieur. Les travaux se concrétisent par la rédaction d'un rapport.

« Le travail de l'étudiant en TIPE doit être centré sur une véritable démarche de recherche scientifique et technologique réalisée de façon concrète. L'analyse du réel, de faits, de processus, d'objets, etc., doit permettre de dégager une problématique en relation explicite avec le thème proposé. La recherche d'explications comprend une investigation mettant en œuvre des outils et méthodes auxquels on recourt classiquement dans tout travail de recherche scientifique (observations, réalisation pratique d'expériences, modélisations, formulation d'hypothèses, simulations, validation ou invalidation de modèles par comparaison au réel, etc.). Cela doit amener l'étudiant à découvrir par lui-même, sans ambition excessive, mais en sollicitant ses capacités d'invention et d'initiative. »

(BO n° 10 du 6 mars 2014)

Nos conclusions sur les dispositifs pluridisciplinaires

Les dispositifs précédents (IDD, TPE, PPCP, TIPE) montrent des niveaux d'exigences différents selon qu'ils s'adressent à des collégiens, des lycéens ou des étudiants et ne concernent pas uniquement les enseignements scientifiques. Ils présentent néanmoins des similarités. Ils datent tous du début des années 2000. Ils sont pluridisciplinaires et affichent la volonté de décloisonner les disciplines et d'engager les enseignants dans un travail collectif. Ils s'appuient tous sur une démarche de projet dans laquelle les élèves sont invités à travailler en groupe pour aboutir à la réalisation d'une production. Le travail réalisé doit conduire à conforter ou acquérir des connaissances (des savoirs) mais aussi des compétences (des savoir-faire) en particulier être autonome, savoir prendre des initiatives et travailler en équipe. La démarche peut être une démarche documentaire comme dans les TPE ou une démarche de recherche comme dans les TIPE. Ils s'appuient sur un questionnement de départ qui est donné au collège, doit découler d'une problématique soulevée par les élèves en première générale, d'un problème professionnel en première professionnelle et d'une question de recherche en classe préparatoire.

Les dispositifs décrits dans ce paragraphe préconisent un sujet pluridisciplinaire et une collaboration enseignante. Le dispositif suivant propose une autre approche : l'intégration des autres disciplines par chaque professeur.

1.1.2.7. L'ENSEIGNEMENT INTÉGRÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE (EIST) AU COLLÈGE

L'EIST a été expérimenté en classe de sixième et de cinquième entre 2006 et 2010, à l'initiative de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies, dans une cinquantaine de collèges français. Depuis 2011, les collèges volontaires peuvent ouvrir l'EIST en classe de sixième. La circulaire du 14 juin 2011, publiée au BO n°26 du 30 juin 2011, en précise les orientations dans le cadre des programmes de sciences de la vie et de la Terre et de technologie en vigueur (BO spécial n° 6 du 28 août 2008) et sur des notions complémentaires de physique-chimie.

L'EIST est un enseignement intégré de physique-chimie, de SVT et de technologie. Il nécessite la mise en place d'équipes pédagogiques réunissant au moins un professeur de chacune de ces trois disciplines. Chaque professeur prend en charge la totalité de l'enseignement pour un groupe de vingt élèves au maximum sur l'année scolaire. Des moments de concertation entre les enseignants sont indispensables *« pour construire de manière collégiale les progressions pédagogiques des séances, pour harmoniser la terminologie utilisée en cours, pour partager les méthodes et les contenus propres à leurs disciplines et pour mettre en place des formes adaptées d'évaluation des élèves, répondant notamment à l'approche par compétences. »* (BO n°26 du 30 juin 2011)

L'horaire de l'EIST se substitue à l'horaire d'enseignement de SVT (1,5 h) et de technologie (1,5 h), majoré de 0,5 h. Chaque élève bénéficie donc de 3,5 heures d'enseignement de sciences et technologie par semaine. Les objectifs de l'EIST sont :

- favoriser la mise en œuvre par l'élève de démarches caractéristiques des pratiques scientifiques et technologiques ;

- décloisonner les disciplines ;
- faciliter la transition entre l'école élémentaire et le collège ;
- mieux équilibrer l'enseignement dispensé aux élèves entre plusieurs grands pôles disciplinaires de volumes horaires équivalents ;
- faciliter la mise en œuvre du socle commun de connaissances et de compétences en proposant un travail transdisciplinaire et une approche par compétences ;
- développer l'autonomie de l'élève et sa capacité à travailler en équipe ;
- participer à l'acquisition de la maîtrise de la langue française.

(BO n°26 du 30 juin 2011)

L'EIST s'inscrit explicitement dans la continuité du dispositif « La main à la pâte » et du PRESTE, plan de la rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie menée à l'école primaire. Comme pour « La main à la pâte », dix principes orientent l'action, l'accent est mis sur la démarche d'investigation et un accompagnement est proposé sous forme d'un site internet (<http://www.fondation-lamap.org/fr/eist>) (IGEN, 2009a, p. 7)

« Il privilégie les démarches actives et en particulier la démarche d'investigation, telle qu'elle est définie dans les programmes d'enseignement des sciences et de technologie au collège. À cet égard, l'horaire globalisé permet de disposer de séances de durée plus longue qui facilitent la mise en place des différentes étapes propres à cette démarche. ». (BO n°26 du 30 juin 2011)

L'EIST s'inscrit aussi dans les dispositifs promouvant une approche transdisciplinaire : les « travaux croisés », les « itinéraires de découvertes », les « thèmes de convergence ». Ces trois modalités visaient à décloisonner les disciplines et à développer les regards croisés de plusieurs professeurs, chacun spécialiste de sa discipline. (IGEN, 2009a, p. 12)

Pour faciliter la mise en place de l'EIST dans les collèges, l'Académie des sciences et l'Académie des technologies proposent un accompagnement. Des académiciens, des scientifiques, des chargés de mission de l'Académie des sciences rencontrent des équipes pédagogiques sur le terrain. Un site dédié à cet enseignement (<http://www.fondation-lamap.org/fr/eist>), avec un forum, permet le partage des ressources pédagogiques et d'actualités scientifiques. Ce site joue un rôle essentiel comme vecteur d'information et de partage (Delserieys-Pedregosa, Gleize-Sarret & Salviat, 2011). Un réseau de consultants répond aux questions des enseignants. Le ministère de l'Éducation nationale et l'Académie des sciences ont réalisé le DVD "Apprendre la science et la technologie au collège", outil d'information et de formation pour les enseignants, qui a été diffusé en trois exemplaires à l'ensemble des collèges de France.

Au début de l'expérimentation, les Académies ont mis à la disposition des professeurs des guides sous l'appellation « Proposition de séquences ». Par exemple, le guide pour l'année complète en 6^e propose, en 71 pages un découpage de l'année en quatre modules. Un plan général montre comment les attendus des différentes disciplines se retrouvent dans ce découpage. Pour chaque module, des séquences sont proposées, qui comportent la description des objectifs de formation et des idées de mise en œuvre. Chaque module se termine par quelques références aux instructions officielles et l'indication de sources documentaires

(livres ou ressources en ligne). (IGEN, 2009a, p. 30)

Selon les auteurs du rapport, « *l'existence même du document et la référence constante aux textes officiels des disciplines ont eu un effet rassurant essentiel. Les professeurs se trouvaient confortés dans l'idée qu'ils pouvaient s'engager dans l'EIST sans risquer de se trouver en difficulté vis-à-vis des programmes.* ». Ce document a souvent été un élément décisif pour l'engagement des équipes. (IGEN, 2009a, p. 30)

« *Certaines équipes sont restées très proches du document dans leur pratique, l'utilisant comme un véritable programme. D'autres équipes ont préféré le laisser de côté et construire leur propre progression. La plupart des collèges a utilisé le document de façon intermédiaire : source d'inspiration initiale, il a fourni des éléments de séquences que les professeurs ont réorganisés selon une façon de faire originale et selon un fil directeur personnalisé.* » (IGEN, 2009a, p. 30)

Les besoins diffèrent selon les équipes, certaines émettent le besoin d'un guide très précis ailleurs c'est l'envie de liberté qui prédomine. Les auteurs du rapport concluent donc que : « *Un tel document est donc une aide indiscutable, pourvu qu'il soit reçu pour ce qu'il est : une aide à la réflexion et non un cadre strict et contraignant.* » (IGEN, 2009a, p. 32)

Les auteurs du rapport ne notent pas de différences notables en termes d'acquisition des connaissances aux programmes de SVT et de technologie de la part des élèves suivant l'EIST (IGEN, 2009a, p. 48). Par contre, ces élèves montrent des compétences supérieures lorsqu'il s'agit de mettre en œuvre une démarche d'investigation et de réaliser un compte rendu (IGEN, 2009a, p. 50).

Concernant les enseignants, le rapport précise que « *les professeurs estiment pour la plupart que l'EIST a changé globalement leur façon de fonctionner.* » (IGEN, 2009a, p. 52). L'envie de travailler en équipe se développe, la mise en œuvre de la démarche d'investigation augmente, l'intérêt d'une scénarisation collective, transdisciplinaire, de la vie d'une classe est clairement perçu (IGEN, 2009a). De plus, le développement de démarches d'investigation est souvent mis en avant (Delsérieys-Pedregosa, Gleize-Sarret & Salviat, 2011).

En résumé, depuis le début des années 2000 on observe la mise en place de dispositifs pluridisciplinaires visant le décroisement des disciplines et qui ne concernent pas seulement les sciences. L'EIST propose, quant à lui, l'intégration des disciplines qui n'existait pas dans les précédentes tentatives. Il reste au stade du volontariat et se limite aux classes de sixième et cinquième.

I.1.2.8 – NOS CONCLUSIONS SUR LES DISPOSITIFS DU SECONDAIRE AU REGARD DE NOS QUESTIONS DE RECHERCHE

Les méthodes d'enseignement des sciences au secondaire et en particulier au collège s'inscrivent dans la continuité de ce qui est fait à la même période au primaire. Les programmes de 1902 reprennent la démarche inductive fondée sur l'observation de la leçon de choses. Les TSE des années soixante font écho aux activités d'éveil basées sur une approche constructiviste. La démarche d'investigation introduite dans le projet « La main à la pâte » puis dans le PRESTE (plan de rénovation des sciences et de la technologie à l'école) se prolonge au collège présentée sous forme d'un canevas en sept étapes dans les programmes de

2006. La démarche hypothético-déductive s'impose. Les difficultés rencontrées par les professeurs pour modifier leurs pratiques jugées trop transmissives sont semblables à celles rencontrées par les maîtres en particulier pour concevoir et soutenir des séances fondées sur une démarche d'investigation.

Au début des années 2000, on note une volonté forte de décloisonner les différentes disciplines et en particulier les enseignements scientifiques (mathématiques, sciences, technologie). Les enseignements pluridisciplinaires se développent simultanément au collège (Itinéraires de découverte), au lycée général (Travaux personnels encadrés), au lycée professionnel (Projets pluridisciplinaires à caractères professionnels) ainsi que dans les classes préparatoires scientifiques (Travaux d'initiative personnelle encadrés). Ces dispositifs diffèrent selon les niveaux et ne concernent pas uniquement les matières scientifiques mais ils présentent certaines similarités. Ils s'appuient sur une pédagogie de projet qui consiste à faire acquérir des connaissances et/ou des savoir-faire à partir d'une réalisation concrète. Ils développent l'acquisition par les élèves de savoir-faire liés au travail en équipe, comme l'autonomie et la prise d'initiative. Ils s'appuient sur une recherche documentaire et/ou sur une démarche scientifique.

Le paragraphe suivant est consacré à l'étude d'expérimentations ou de projets issus de la recherche en France ou au niveau européen visant à accompagner les professeurs dans les changements demandés.

I.1.3 - DES DISPOSITIFS RÉCENTS ISSUS DE LA RECHERCHE : L'OPTION

SCIENCES, MATHS À MODELER, LE PROJET S-TEAM

Parmi les dispositifs récents issus de la recherche, nous avons sélectionné l'Option sciences (I.1.3.1) souvent présentée comme l'expérimentation ayant mené aux MPS, le projet Maths à modeler (I.1.3.2) car il concerne spécifiquement les mathématiques et enfin le projet européen S-TEAM (I.1.3.3) qui a conduit à de nombreuses publications sur les démarches d'investigation.

I.1.3.1- L'OPTION SCIENCES EN SECONDE : L'EXPÉRIMENTATION QUI A CONDUIT AUX MPS

En 2002-2003, l'Inspection générale de mathématiques a proposé à quelques établissements de monter des laboratoires de mathématiques sur projet. Cette demande faisait suite au rapport d'étape de la Commission de Réflexion sur l'Enseignement des Mathématiques (CREM) présidée par Jean-Pierre Kahane. Certains enseignants, dont Jean-Pierre Richeton ancien président de l'APMEP, ont alors sollicité l'appui de l'Inspection générale pour la création d'options Sciences en seconde. C'est ainsi que l'académie de Montpellier a créé à titre expérimental, pour la rentrée 2004, l'option Sciences dans neuf établissements. A la rentrée 2005, l'expérimentation s'étendait à une trentaine de classes de l'académie de Montpellier. Ensuite l'expérimentation a été généralisée, tout lycée souhaitant mettre en place l'option Sciences pouvait en faire la demande au rectorat. (Noguès *et al*, 2006)

L'option sciences était une option de détermination de seconde, de trois heures hebdomadaires, comme les options SES ou MPI avant la réforme du lycée en 2010. Elle était organisée par les enseignants des trois matières scientifiques : mathématiques, sciences de la vie et de la Terre et physique-chimie. Les activités proposées reposaient sur la démarche de projet et la résolution de problèmes pluridisciplinaires dont les objectifs annoncés étaient :

- donner le goût des sciences de manière pluridisciplinaire aux élèves pour lutter contre la désaffection des filières scientifiques ;
- former à la démarche scientifique basée sur le questionnement et la réflexion ;
- développer des qualités telles que l'organisation, l'autonomie, l'initiative et l'imagination.

L'objectif de l'option Sciences n'était pas d'apporter de nouvelles connaissances propres à chacune des disciplines mais d'aborder des thèmes généraux pluridisciplinaires et de mettre en évidence les points communs et les spécificités de la démarche scientifique dans chaque matière.

À partir de 2004, le groupe de travail « Enseignement Scientifique » de l'IREM de Montpellier a mené une réflexion sur la pratique de ce dispositif expérimental et a offert l'appui scientifique d'enseignants chercheurs à quelques lycées de l'académie avec les objectifs suivants :

- évaluer l'impact des options Sciences sur les élèves et les pratiques pédagogiques ;
- offrir un éclairage universitaire sur la recherche, le travail du chercheur et la vision scientifique qui en découle ;
- apporter un regard épistémologique sur les sciences et en particulier les démarches scientifiques, l'interdisciplinarité et leurs mises en œuvre pédagogiques en classe ;
- définir un format adapté aux ressources produites par les enseignants et facilitant leur mutualisation.

L'équipe IREM a essentiellement collaboré avec deux lycées de l'Académie de Montpellier : le lycée Gérard Philippe de Bagnols sur Cèze et le lycée Jules Guesde de Montpellier. Les travaux réalisés ont principalement conduit à une brochure IREM (Caussidier *et al.*, 2013). On y trouve des textes de réflexion épistémologique, historique et didactique sur les démarches des scientifiques, les points communs et les spécificités disciplinaires ainsi que des fiches de préparation pour la classe et des comptes rendus de mises en œuvre avec les élèves.

Décrivant le travail réalisé par les enseignants du lycée de Bagnols sur Cèze, Nogues *et al.* (2006) voient dans cette option Sciences un véritable atout pour le dialogue entre les disciplines : *« Il n'y a plus de matière prestataire de service, chacune développe ses propres outils et les confronte aux résultats des autres mais chacune respecte le cadre de l'approche scientifique. Ainsi, au-delà des différences de traitement et d'utilisation des outils, l'élève peut reconnaître un même problème. Celui-ci se décline avec des méthodes similaires (questionnement, expérience, débat, conclusions), mais des outils différents : moyens de calculs, appareils de mesure, appréhension des organes des sens. Le dialogue entre les disciplines naît ainsi de la reconnaissance d'un même problème qui est étudié sous divers*

points de vues. » (Noguès et al., 2006)

Néanmoins, il est constaté que les pratiques sont davantage pluridisciplinaires qu'interdisciplinaires : « *Dans les faits, les enseignants de notre équipe IREM Enseignement Scientifique, à Montpellier, réalisent depuis plusieurs années des séances "interdisciplinaires" en classe dans le cadre de l'Option-Sciences [...] L'analyse du déroulement de ces enseignements nous a conduits à la constatation que leur pratique était davantage pluridisciplinaire qu'interdisciplinaire* » (Beaufort et al., 2013, p. 1)

I.1.3.2 - MATHS À MODELER, UNE DÉMARCHE DE RECHERCHE EN MATHÉMATIQUES

Maths à modeler est une équipe de recherche fondée en 2003 et composée principalement de chercheurs en mathématiques discrètes et de chercheurs en didactique des mathématiques dont l'une des activités consiste à proposer des situations de recherche en classe. Ces interventions sont nommées ateliers MATH.en.JEANS lorsqu'elles regroupent en dehors de la classe des élèves volontaires et ateliers Maths à modeler lorsqu'elles concernent tous les élèves d'une même classe.

L'organisation d'un atelier Maths à modeler est la suivante : « *un chercheur gère la situation sur le plan mathématique, un enseignant assure la gestion de la classe, des élèves travaillent en groupe durant plusieurs séances (de cinq à huit) et, à la fin, présentent leurs résultats lors d'un séminaire avec d'autres élèves.* » (Gandit, Giroud et Godot, 2011, p. 37) Les six à huit séances d'un atelier s'étalent sur un trimestre sur des heures de cours ou sur des temps périscolaires. Les intervenants sont généralement des chercheurs ou des doctorants de l'équipe. La plupart des situations recherche sont présentées aux élèves avec un support matériel. Les élèves travaillent en groupe de trois à cinq afin de favoriser l'échange de points de vue, d'arguments, de questions. Les groupes travaillent ensemble et échangent leurs résultats, leurs questionnements. Chaque groupe a un cahier de liaison qui lui permet de conserver une mémoire de l'avancée de leur recherche, en particulier de tout ce qui n'a pas marché.

Une situation de recherche est l'adaptation d'un problème de recherche sous forme d'un jeu mathématique, scénarisé et matérialisé :

- « *la situation recherche est issue d'un problème de la recherche actuelle, qui peut comporter une, plusieurs ou aucune solution(s). Par ailleurs, il est proche d'un problème mathématique toujours non résolu entièrement, ce qui amène celui qui tente de le résoudre dans une position de chercheur ;*
- *le point de départ de la situation recherche est une question facilement compréhensible pour celui à qui elle est posée. Souvent, la question peut être présentée sous forme de jeux aisément abordable par le public, le problème de demandant pas l'introduction d'un formalisme lourd ;*
- *les méthodes de résolutions ne sont pas désignées a priori. Plusieurs stratégies initiales peuvent être mises en œuvre et ne demandent pas nécessairement de prérequis spécifiques ;*
- *les principaux savoirs visés sont des savoirs liés à la démarche de recherche en*

mathématiques (conjecture, preuve, contre-exemple, modélisation...) ;

- le domaine conceptuel dans lequel se trouve le problème, même s'il n'est pas familier, est d'un accès simple. Cela permet à celui qui tente de le résoudre de prendre facilement possession du problème, de s'engager dans des essais, des conjectures, des projets de résolution ;

- le problème dont est issue la situation de recherche est ouvert. La résolution (même partielle) de la situation recherche peut amener à se poser de nouvelles questions. »

(Pastori, 2013, p. 46)

L'organisation des ateliers Maths à modeler se veut calquée sur la pratique des chercheurs en mathématiques. Les situations de recherche, comme « La roue aux couleurs » ou « Les entrepôts de dynamite », peuvent être considérées comme la transposition pour la classe de l'activité du chercheur en mathématiques : « s'interroger, essayer, tâtonner, observer, raisonner, émettre des conjectures, généraliser, prouver, s'accrocher, imaginer, trouver du plaisir, échanger avec autrui, partager ses découvertes, critiquer, argumenter, etc. » (Gandit, Giroux et Godot, 2011, p. 36).

L'objectif principal d'atelier Maths à modeler est de reproduire la démarche mathématique du chercheur :

- « expérimenter, tâtonner : la forme de jeux matériels qui permet la manipulation d'objets favorise l'appropriation du problème. Les objets sur lesquels ils travaillent sont palpables, nous ne sommes pas dans l'abstraction immédiate. Les élèves ont le temps de visualiser ;

- modéliser, généraliser : l'utilisation du cahier de recherche favorise le changement de représentations et peut induire une activité de modélisation (changement de question, recul par rapport au support matériel...)

- élaborer des conjectures : les différentes expérimentations des élèves amènent ceux-ci à énoncer des résultats probables (ce que nous appelons conjecture). Un jeu d'essais/erreurs permet d'en réfuter certains (contre-exemples) ou d'en conforter d'autres ;

- énoncer et rédiger des preuves : les résultats qui résistent au jeu d'essais/erreurs vont nécessiter, après des échanges au sein du groupe, un travail logique de validation ou d'invalidation (un jeu de pari est souvent un bon moyen d'introduire le doute, moteur d'une activité de preuve) ;

- diffuser, exposer : l'enjeu n'est pas seulement de trouver des résultats, il va falloir les partager avec d'autres. Nous introduisons rapidement la finalité qu'est le séminaire junior pour responsabiliser leur travail de recherche. » (Pastori, 2013, p. 51)

« Dans une situation de recherche, il n'y a pas nécessairement de savoir mathématique notionnel visé ou à mobiliser. Nous cherchons avant tout à mettre l'accent sur la démarche de recherche elle-même, qui constitue l'apprentissage visé. » (Gandit, Giroux et Godot, 2011, p. 37).

Au niveau du contenu de la recherche, l'enseignant n'est plus le garant de la validité des résultats, ce qui peut être déstabilisant pour les enseignants. Les chercheurs adoptent eux-mêmes parfois la posture de l'ignorant « je ne sais pas, je n'ai pas réfléchi à cette question

dans ce cas particulier » (Pastori, 2013, p. 48).

L'expérimentation des situations de recherche conçues par l'équipe de Maths à modeler dans les classes conduit à des résultats qui nous semblent positifs. Les situations sont bien dévolues aux niveaux scolaires étudiés, les élèves, même ceux en difficulté, se sont approprié le problème. Leurs recherches ont favorisé des apprentissages liés à la démarche de recherche en mathématiques (commencer par des petites valeurs, organiser ses essais, généraliser, modéliser, tenir compte de ses erreurs, accepter l'absence de solutions, entrer dans une activité de preuve...). Elles permettent aussi de pratiquer les mathématiques sous leur aspect expérimental et de donner du sens à cette discipline. (Gandit, Giroud, Godot, 2011).

Concernant les enseignants, leur participation à un atelier Maths à modeler contribue à les persuader de l'importance des apprentissages réalisés à l'aide de situations de recherches en classe. Ceux-ci pouvant être réticents pour s'engager dans une pratique qui ne leur est pas familière et qui induit un changement profond du contrat didactique usuel. (Gandit, Giroud, Godot, 2011).

Les situations de recherche validées par des expérimentations didactiques sont consultables sur le site internet « La valise Maths à modeler ». L'équipe Maths à modeler a tenté de permettre à des enseignants qui le souhaitent de mettre en place eux-mêmes des ateliers. Après quelques expérimentations, ils font l'hypothèse de la nécessité d'une formation des enseignants pour gérer seuls de telles situations dans leurs classes :

« Nous nous apercevons que les enseignants ressentent le besoin d'intervenants maths à modeler pour encadrer l'atelier même sur une situation qui leur est connue. Une telle formation des enseignants nécessiterait bien évidemment une composante épistémologique sur les situations recherches mais devrait fortement intégrer l'apprentissage de la gestion de ces situations en classe, en particulier la posture de « l'intervenant ignorant », qui n'est habituellement pas adoptée par les enseignants. » (Pastori, 2013, p. 56)

I.1.3.3 – LE PROJET EUROPÉEN S-TEAM: PROMOUVOIR L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES FONDÉ SUR L'INVESTIGATION

« S-TEAM is helping to improve science teaching and learning in schools across Europe and beyond, by helping teachers and pupils to use inquiry-based methods. These methods can increase motivation, curiosity and achievement in science. » <http://www.s-teamproject.eu/>

Le projet européen S-TEAM (Science Teacher Education Advanced Methods) a impliqué quinze pays depuis 2009 et durant trois ans. Il concerne l'enseignement scientifique au sens large du terme, en incluant les mathématiques, les sciences de la vie et de la Terre, la technologie, la physique et la chimie. Il vise trois objectifs principaux :

- *« améliorer la motivation, l'attitude et les acquisitions des élèves européens en ce qui concerne l'apprentissage des sciences et l'accès à la culture scientifique ;*
- *permettre à de nombreux enseignants de transformer leurs stratégies d'enseignement en développant des démarches d'investigation conduites par les élèves ;*
- *encourager les enseignants en proposant des formations et des ressources favorables à*

l'implantation de stratégies d'enseignement fondées sur des résultats de recherche. »

(Grangeat, 2011, p. 10)

Le projet français, piloté par le Laboratoire des sciences de l'éducation (L.S.E) de l'université de Grenoble représente un des volets du projet européen. Il concerne plus particulièrement l'impact du travail collectif enseignant et vise deux objectifs :

- *« Partir des résultats des recherches actuelles sur la collaboration enseignante afin d'assurer l'implantation des stratégies d'enseignement visées par le projet S-TEAM.*
- *Utiliser la collaboration enseignante comme moyen de promouvoir l'accès à la culture scientifique, l'équité et la considération de la diversité des élèves en classe de sciences »*

Ce projet comporte deux axes opérationnels complémentaires :

- *« La diffusion auprès d'un large public des résultats de la recherche à propos des méthodes d'investigation dans l'enseignement des sciences et des stratégies d'enseignement favorables à l'amélioration des processus motivationnels et métacognitifs.*
- *Une investigation à propos des effets du travail collectif enseignant sur les conceptions et les pratiques des enseignants de sciences et sur les acquisitions et attitudes des élèves. Il s'agit de vérifier, dans les classes d'enseignants débutants, les effets des stratégies d'enseignement des sciences qui promeuvent la démarche d'investigation et le soutien des processus motivationnels et métacognitifs des élèves. »*

<http://webcom.upmf-grenoble.fr/sciedu/grangeat/STEAM/STEAM.pdf>

Deux ouvrages sont issus des journées d'étude du projet européen S-TEAM :

- Premières journées d'étude du 20 au 22 octobre 2009 à l'Université Joseph Fourier de Grenoble : Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique, pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves. Sous la direction de Michel Grangeat.
- Deuxièmes journées d'étude du 10 au 12 mai 2011 à l'Université Joseph Fourier (IUFM) de Grenoble : Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation, des formations et des pratiques de classe. Sous la direction de Michel Grangeat.

Ces ouvrages proposent à la fois des orientations théoriques et des analyses d'expérimentation dans le champ des DI que nous mobilisons tout au long de nos chapitres.

I.1.3.4 – NOS CONCLUSIONS SUR LES DISPOSITIFS RÉCENTS ISSUS DE LA RECHERCHE AU REGARD DE NOS QUESTIONS DE RECHERCHE

Parmi les dispositifs récents issus de la recherche, nous en avons sélectionné trois. L'option Sciences est régulièrement présentée comme l'expérimentation ayant abouti aux MPS même si les horaires hebdomadaires sont diminués de moitié en MPS. Les résultats attribués à cette expérimentation sont généralement considérés positifs. Elle serait en particulier un véritable atout pour donner du sens aux enseignements scientifiques et pour favoriser le dialogue entre les disciplines (Noguès *et al.* 2006, Beaufort *et al.* 2014). Cependant, elle est restée au stade d'expérimentation, ouverte dans les lycées qui en faisaient la demande, portée alors par des équipes de professeurs volontaires, parfois accompagnées par des groupes IREM ou par des

chercheurs.

Le projet Maths à modeler propose une démarche de recherche spécifiquement en mathématiques. Ici encore les résultats semblent encourageants mais les chercheurs de l'équipe Maths à modeler reconnaissent des difficultés pour déléguer leurs activités aux enseignants, et ce même lorsque ceux-ci connaissent les situations de recherche et les ont déjà vues mises en œuvre. (Gandit, Giroud et Godot, 2011 ; Pastori, 2013)

Enfin, le projet S-TEAM a conduit à de très nombreuses publications qui alimentent notre recherche à différents niveaux et auxquelles nous ferons régulièrement référence.

I.1.4 - UN POINT DE VUE RECHERCHE SUR LES DI ET LES TRAVAUX

PERSONNELS ENCADRÉS

Nous revenons ici sur les difficultés rencontrées par les enseignants pour modifier leurs pratiques et sur les éléments de réponses déjà apportés par la recherche en didactique des mathématiques. Le premier paragraphe (I.1.4.1) analyse les représentations épistémologique et didactique des enseignants et les envisage comme des obstacles possibles aux DI. Dans le deuxième (I.1.4.2) ce sont les représentations des professeurs sur les DI qui sont interrogées. Le troisième paragraphe (I.1.4.3) revient sur les Travaux personnels encadrés et sur les difficultés exprimées par les enseignants qui sont identifiées comme des obstacles professionnels. Enfin, dans le quatrième paragraphe on interroge la place des mathématiques dans les Travaux personnels encadrés (I.1.4.4).

I.1.4.1 – LES REPRÉSENTATIONS ÉPISTÉMOLOGIQUES ET DIDACTIQUES DES ENSEIGNANTS COMME OBSTACLE AUX DI

Dans les années 2000, des rapports (Rolland 2006, Rocard 2007) font le constat chiffré de la baisse des effectifs dans les filières scientifiques et mathématiques en France et plus généralement en Europe, et ce alors qu'une formation de base en sciences et en mathématiques semble plus que jamais nécessaire à tout citoyen. Par ailleurs, cette baisse entraîne un risque de déclin de l'innovation et de la recherche scientifique face à une concurrence mondiale plus performante. La façon dont les sciences sont enseignées, avec des méthodes jugées trop déductives, est pointée comme la raison principale de ce désintérêt. Les experts (Rocard 2007), après avoir analysé les expérimentations menées dans différents pays, concluent à la nécessité d'un renouvellement des méthodes pédagogiques de l'enseignement des sciences dès le primaire et prônent un enseignement basé sur une démarche d'investigation (Inquiry-Based-Science-Education IBSE) et sur la résolution de problèmes en mathématiques (Problème-Base-Learning PBL).

Quelques années plus tard, en 2011, dans un rapport pour l'UNESCO sur l'enseignement des mathématiques, Artigue dresse un bilan mitigé des pratiques des enseignants :

« Pourtant, de nombreuses études montrent aussi que, lorsque les enseignants essaient de modifier leurs pratiques pour les mettre en accord avec ce discours socioconstructiviste dominant, proposant par exemple aux élèves des problèmes plus ouverts censés induire de leur part une démarche d'investigation, les résultats ne sont pas nécessairement satisfaisants.

Ce qui est alors souvent observé, c'est une activité des élèves qui, même lorsqu'elle est convenablement ciblée et raisonnablement productive sur le plan mathématique – ce qui n'est pas nécessairement le cas –, est difficilement exploitée par l'enseignant s'il n'y est pas spécifiquement formé. Le partage des responsabilités mathématiques entre enseignants et élèves que sous-entend cette vision de l'apprentissage est en fait loin d'aller de soi. Il requiert des tâches et un guidage approprié des élèves, ainsi qu'un contrat didactique approprié (Brousseau, 1997). Il requiert des enseignants capables de faire face à l'imprévu et d'identifier le potentiel mathématique d'idées et de productions d'élèves non nécessairement anticipées. Il requiert des enseignants capables enfin d'aider les élèves à relier les résultats qu'ils ont obtenus dans un contexte particulier avec les connaissances visées par l'institution, à la fois dans leur contenu et dans leur forme d'expression. Les besoins en expertise enseignante vont ainsi bien au-delà de ce qui est en jeu dans les pratiques d'enseignement traditionnelles. » (Artigue, 2011, p. 21 et 22)

Pourtant, cette prescription d'un enseignement par investigation n'est pas aussi récente que l'on pourrait le penser. Ainsi, Cariou (2010) comparant les deux descriptions, celle de 1968 (descriptif A) et celle de 2010 (descriptif B), note que la prescription de 1968 « recommande sensiblement la même chose plus de quarante ans auparavant ». Mais il rappelle que « depuis tout aussi longtemps, bilans et études témoignent de l'écart entre ce type de prescriptions et les pratiques habituelles, où les élèves se bornent à faire des constats ou à appliquer les instructions fournies ». (Cariou, 2010, p. 59)

Descriptif A	Descriptif B
La démarche pédagogique (...) comporte plusieurs étapes :	Il est d'usage de décrire une démarche d'investigation comme la succession d'un certain nombre d'étapes types :
- une étape d'analyse des faits et de l'environnement dans lequel ils s'insèrent ;	- une situation motivante suscitant la curiosité,
- un raisonnement qui intègre les divers paramètres fait apparaître le problème et permet de le poser avec précision ;	- la formulation d'une problématique précise,
- un effort d'imagination dans la recherche et pour la découverte de la ou des hypothèses , solutions possibles du problème ;	- l'énoncé d' hypothèses explicatives,
- la mise en œuvre des moyens expérimentaux permettant d'éprouver la valeur de ces hypothèses et d'approcher ainsi la vérité ;	- la conception d'une stratégie pour éprouver ces hypothèses , - la mise en œuvre du projet ainsi élaboré, - la confrontation des résultats obtenus et des hypothèses
- enfin, la manifestation d'un esprit de synthèse dans la formulation et l' élaboration d'une conclusion, parfois d'une loi	- l'élaboration d'un savoir mémorisable

Illustration 1. Deux descriptifs de démarches en classe, d'après Cariou, (2010, p. 59)

Comment alors expliquer les difficultés ressenties par les professeurs pour modifier leurs pratiques dans le sens attendu d'un enseignement par investigation ? Cariou (2010) considère l'obstacle que constituent les représentations courantes et les habitudes des enseignants : *« Elles sont le prolongement, en France, d'une longue tradition épistémologique : les réformateurs de 1902, qui introduisirent les travaux pratiques, ont fortement préconisé la démarche inductive qu'ils pensaient être celle des savants. »* (Cariou, 2010, p. 59). Deux recherches (Gandit, Triquet et Guillaud 2012 et 2013, Monod-Ansaldi et Prieur 2011) nous apportent des éléments de réponses au sujet des représentations des enseignants sur leurs disciplines, ses savoirs, ses méthodes de recherche et d'enseignement.

Représentations des enseignants sur leurs disciplines, (Triquet, Gandit, Guillaud, 2012 et Gandit, Triquet, Guillaud, 2013)

Les trois chercheurs analysent les représentations d'enseignants débutants sur leurs disciplines respectives (mathématiques, sciences de la vie et de la Terre et sciences physiques et chimiques), à la fois sur les plans épistémologique et didactique.

Concernant les sciences expérimentales, ils dégagent deux grandes approches épistémologiques : la première, centrée sur les démarches inductives (observer le réel pour en découvrir – par induction – les lois qui le régissent), la seconde sur les démarches hypothético-déductives (la résolution d'un nouveau problème s'inscrit dès le départ dans le cadre de savoirs déjà en place, ces savoirs permettent la formulation des hypothèses, lesquelles seront soumises à l'expérience). En mathématiques, les chercheurs opposent deux conceptions en référence à la dimension expérimentale. La première signifie qu'une démarche expérimentale n'a pas sa place en mathématiques, la seconde traduit l'intégration dans l'enseignement des mathématiques d'une forte dimension expérimentale, l'activité de preuve formelle n'étant pas essentielle pour le mathématicien.

Parmi les enseignants de sciences expérimentales, les trois chercheurs observent la prédominance de la conception inductiviste qui pourrait constituer un obstacle à la mise en œuvre en classe des DI. Cette conception pourrait découler d'un vécu d'élève, puis d'étudiant confronté à des travaux pratiques coupés des enseignements théoriques, pour lesquels l'expérience tient une place première. Elle pourrait aussi venir, pour la plupart d'entre eux, de l'absence de toute expérience de recherche. Une autre explication avancée est la concurrence avec des pratiques d'enseignement, au sein même des établissements, qui demeurent largement inductivistes. Au contraire, parmi les enseignants de mathématiques, l'aspect expérimental semble nettement reconnu par les enseignants, induisant un contexte épistémologique plus favorable à la mise en œuvre de séances fondées sur l'investigation.

Sur le plan didactique, les mêmes chercheurs pointent des contradictions chez ces enseignants (de sciences et de mathématiques) qui disent s'inscrire dans une approche socio-constructiviste de l'enseignement mais qui peinent à accorder un statut positif à l'erreur et à envisager une entrée par des situations complexes.

Représentations des enseignants sur la construction et le statut des savoirs propres à leurs disciplines et sur les méthodes d'apprentissage (Monod-Ansaldi et Prieur, 2011)

Monod-Ansaldi et Prieur (2011) analysent les réponses à un questionnaire proposé sur Internet en 2011 à des enseignants volontaires de mathématiques, SPC, SVT et technologie de l'enseignement secondaire en France. La première partie du questionnaire vise à percevoir les

représentations de ces enseignants sur la construction et le statut des savoirs propres à leurs disciplines et sur les méthodes d'apprentissage.

Dans le questionnaire, six propositions sont faites pour définir « *les savoirs* » : « *des vérités universelles* », « *des consensus admis par la communauté des chercheurs* », « *des certitudes* », « *des modèles explicatifs* », « *des solutions techniques* », « *des constructions humaines* ». Les réponses obtenues montrent un lien fort entre la discipline et les représentations des savoirs avec une certaine opposition mathématique/sciences expérimentales et une position particulière de la technologie. En effet, une large majorité des enseignants de mathématiques perçoit les savoirs de cette discipline comme « *des vérités universelles* » et « *des certitudes* » alors qu'une très large majorité de ceux des sciences expérimentales (SPC et SVT) considèrent les savoirs de leurs disciplines comme « *des modèles explicatifs* » et « *des consensus admis par la communauté des chercheurs* » et qu'une majorité d'entre eux ne les envisagent pas comme « *des vérités universelles* » ou « *des certitudes* ». En technologie, une large majorité des répondants perçoivent les savoirs comme « *des solutions techniques* », « *des constructions humaines* » et « *des modèles explicatifs* ». (Monod-Ansaldi et Prieur, 2011, p. 30)

Concernant « *les pratiques des experts pour construire les savoirs* », les propositions du questionnaire étaient : les experts « *observent et tentent de découvrir les lois et les mécanismes qui régissent le monde* », « *étudient des cas particuliers puis généralisent* », « *confrontent leurs résultats et leurs argumentations* », « *construisent des modèles* », « *expérimentent pour dégager des hypothèses explicatives ou des conjectures* », « *explorent les domaines d'application des lois, des théories des modèles* », « *recherchent des solutions techniques* », « *démontrent formellement des résultats* », « *proposent des hypothèses explicatives, des conjectures et expérimentent pour les éprouver* », « *explorent des solutions existantes* », « *raisonnent en se méfiant des observations qui déforment les faits* ». Ici, l'ensemble des propositions du questionnaire reçoit l'accord des enseignants ayant répondu, ce qui montre que pour eux, la construction des savoirs implique des activités diversifiées. Même si des profils différents coexistent au sein de chaque discipline quelques éléments de consensus entre les disciplines peuvent être dégagés. Ainsi, l'activité « *démontrer formellement des résultats* » plébiscitée par les professeurs de mathématiques est la moins retenue par ceux des sciences expérimentales. A contrario « *les enseignants de sciences expérimentales, et dans une moindre part ceux de technologie, accordent plus d'importance à l'observation et à l'expérimentation, adoptant un positionnement de type empiriste-réaliste* » (Monod-Ansaldi et Prieur, 2011, p. 29). Ces résultats rejoignent ceux obtenus par Gandit, Triquet et Guillaud (2013).

Pour les représentations sur l'apprentissage, Monod-Ansaldi et Prieur (2011) notent un certain consensus sur certaines propositions qui recueillent plus de 80% d'accord des enseignants de chacune des quatre disciplines : « *s'appuyer sur leurs connaissances initiales pour leur permettre de les faire évoluer* », « *proposer des situations d'interaction entre les élèves pour favoriser l'argumentation* », « *montrer l'utilité de ces connaissances dans la vie quotidienne* ». Ce qui conduit les chercheuses à considérer que la majorité des enseignants semblent sensibles à une approche socio-constructiviste de l'apprentissage (Monod-Ansaldi et Prieur, 2011, p. 31).

De même les enseignants approuvent à plus de 80% certains aspects de la démarche

scientifique comme « *permettre aux élèves d'éprouver des hypothèses explicatives* », « *les mettre en situation d'observer le réel* » et « *tester des propositions de solution* » mais aussi l'idée « *qu'exposer des connaissances de façon claire et structurée est favorable à l'apprentissage* » montrant ainsi qu'ils ne sont pas opposés à des moments d'enseignement transmissif. (Monod-Ansaldi et Prieur, 2011, p. 31)

Au contraire, d'autres propositions comme « *présenter une loi, un modèle, une théorie, puis appliquer* » obtiennent le plus fort taux de désaccord dans les quatre disciplines (39 à 73% de désaccord) montrant un rejet des approches déductives. De même la démarche inductiviste, « *généraliser à partir de cas particuliers* », suscite aussi un désaccord important (23 à 39% de désaccord selon les disciplines) bien qu'elle soit davantage acceptée par les professeurs de SVT. (Monod-Ansaldi et Prieur, 2011, p. 31)

Nos conclusions sur les représentations épistémologiques et didactiques des enseignants

Chacune de ces recherches est propre à une population. La première concerne des professeurs stagiaires avec une formation universitaire récente et en cours de formation à l'IUFM. La deuxième concerne davantage de professeurs, elle revêt un caractère national mais repose sur le volontariat. On peut alors faire l'hypothèse qu'elle regroupe une population plus particulièrement interpellée par la problématique des DI, ainsi, plus de 80% des répondants déclarent avoir déjà mis en œuvre des démarches d'investigation (plus de 96% en sciences expérimentales, 92% en technologie et 84% en mathématiques) (Monod-Ansaldi et Prieur, 2011, p. 84). Ces deux populations ne peuvent pas être considérées comme des échantillons représentatifs. Par ailleurs, dans les deux cas il s'agit de questionnaires avec des réponses très majoritairement fermées, le répondant devant sélectionner dans une liste de réponses celles qui lui conviennent.

Elles apportent néanmoins des éléments de réponses à notre questionnement. Tout d'abord les représentations des enseignants sur leur discipline, ses savoirs et ses méthodes de recherche semblent spécifiques à chaque matière : les mathématiques se démarquant en particulier des sciences expérimentales. Gandit, Triquet et Guillaud (2012, 2013) observent la prédominance de la conception inductiviste chez les enseignants stagiaires de sciences expérimentales, ce qui pourrait constituer un obstacle à la mise en œuvre en classe des DI. Au contraire, parmi les enseignants de mathématiques stagiaires, l'aspect expérimental semble nettement reconnu, induisant un contexte épistémologique plus favorable à la mise en œuvre de séances fondées sur des DI. Sur le plan didactique les mêmes chercheurs pointent une approche socio-constructiviste de l'enseignement mais observent des incohérences concernant le statut de l'erreur et une entrée par des situations complexes.

Monod-Ansaldi et Prieur (2011) observent qu'une majorité des enseignants de mathématiques perçoivent les savoirs de leur discipline comme « *des vérités universelles* » et « *des certitudes* », que ceux des sciences expérimentales les considèrent comme « *des modèles explicatifs* » et « *des consensus admis par la communauté des chercheurs* » et que pour ceux de technologie il s'agit de « *solutions techniques* », de « *constructions humaines* » et de « *modèles explicatifs* ». Concernant la construction des savoirs, l'activité « *démontrer formellement des résultats* » est plébiscitée par les professeurs de mathématiques alors que ceux de sciences expérimentales et de technologie accordent plus d'importance à

l'observation et à l'expérimentation, adoptant un positionnement de type empiriste-réaliste. Les mêmes chercheuses considèrent que la majorité des enseignants semblent sensibles à une approche socio-constructiviste de l'apprentissage sans être opposés à des moments d'enseignement transmissif. Au contraire les approches déductives et inductives obtiennent un fort taux de désaccord de la part des enseignants.

I.1.4.2 – LES REPRÉSENTATIONS DES ENSEIGNANTS CONCERNANT LES DI

La deuxième partie du questionnaire, précédemment cité (Monod-Ansaldi et Prieur, 2011), visait les représentations des enseignants concernant les DI : leurs objectifs, les modalités d'apprentissages, les connaissances et les difficultés.

Sur les objectifs liés à la mise en œuvre d'une DI par les élèves, les objectifs proposés étaient : « *favoriser l'enseignement pluridisciplinaire* », « *faire acquérir des connaissances* », « *donner l'envie d'apprendre les sciences et/ou la technologie* », « *réaliser des activités pratiques* », « *développer des capacités et/ou attitudes* », « *mieux faire connaître le statut des savoirs scientifiques et/ou technologiques* », « *développer l'autonomie* », « *favoriser l'apprentissage de méthodes scientifiques et/ou technologiques* », « *développer une culture scientifique et/ou technologique* », « *faire travailler les élèves comme des chercheurs et/ou des ingénieurs* », « *explicitier et mettre à l'épreuve les idées initiales* ».

Les trois objectifs les plus souvent classés parmi les trois premiers, toutes disciplines confondues sont : « *développer des capacités et/ou attitudes* », « *développer l'autonomie* » et « *donner l'envie d'apprendre les sciences et/ou la technologie* ». La mise en œuvre de DI est donc « *reconnue comme un moyen pour motiver les élèves et favoriser le développement de compétences, en particulier de l'autonomie* » (Monod-Ansaldi et Prieur, 2011, p. 68).

A l'inverse les deux objectifs les moins bien classés sont : « *favoriser l'enseignement pluridisciplinaire* » et « *mieux faire connaître le statut des savoirs scientifiques et/ou technologiques* ». La mise en œuvre de DI n'est donc pas identifiée par les enseignants comme un moyen de décroïsonner les disciplines. Dans une moindre mesure les propositions « *développer une culture scientifiques et/ou technologiques* », « *faire travailler les élèves comme des chercheurs et/ou des ingénieurs* » sont aussi peu sélectionnées par les enseignants comme des objectifs de la DI.

Les chercheuses notent que certains objectifs sont retenus de façon plus spécifique par certaines disciplines : « *Par rapport aux répondants de sciences expérimentales et de mathématiques, les répondants de technologie sont plus favorables à l'idée que la mise en œuvre de DI permet l'acquisition de contenus et moins favorables à l'idée qu'elle permet de développer des compétences. Les répondants de technologie retiennent également en meilleure position l'objectif de développer une culture scientifique. Les répondants de SPC quant à eux favorisent quelque peu l'objectif de la mise en œuvre d'une DI correspondant à la prise en compte des conceptions initiales des élèves, les répondants de technologie étant les moins favorables à cet objectif.* » (Monod-Ansaldi et Prieur, 2011, p. 68)

Quand il s'agit d'identifier les représentations des enseignants sur les modalités d'apprentissages des élèves permises par la mise en œuvre d'une démarche d'investigation les propositions faites sont les suivantes : « *confronter leurs connaissances à celles des autres*

élèves », « déconstruire les connaissances erronées », « découvrir des connaissances », « se confronter à la complexité des savoirs », « avoir la possibilité de se tromper », « réinvestir des connaissances », « mettre à l'épreuve leurs connaissances initiales ».

Les réponses au questionnaire montrent qu'une très forte majorité des enseignants des quatre disciplines est en accord avec toutes les modalités proposées à des pourcentages élevés. En particulier *« avoir la possibilité de se tromper »* (91 à 99%), *« mettre à l'épreuve leurs idées initiales »* (84 à 94%), *« déconstruire des connaissances erronées »* (62 à 81%), *« confronter leurs connaissances à celles des autres élèves »* (81 à 85%).

« Autrement dit, pour ces répondants la mise en œuvre de DI, d'une part, attribue un statut positif à l'erreur, et d'autre part permet aux élèves de construire des connaissances en prenant appui sur leurs conceptions, en se confrontant aux autres. Ces enseignants choisissent ainsi des propositions qui sont en cohérence avec des modalités d'apprentissage de type constructiviste, voire socioconstructivistes. » (Monod-Ansaldi et Prieur, 2011, p. 77)

Concernant les connaissances, la tenue d'une DI permet de *« découvrir des connaissances »* (84 à 94%), *« réinvestir des connaissances »* (82% à 94%), *« se confronter à la complexité des savoirs »* (74% à 97%).

« Ces résultats suggèrent que les enseignants perçoivent dans les DI d'une part la possibilité de développer une construction systémique des savoirs, par opposition à une construction linéaire de savoirs parcellisés et, d'autre part, la possibilité d'utiliser des connaissances dans de nouveaux contextes permettant de développer des compétences de niveau cognitif supérieur. » (Monod-Ansaldi et Prieur, 2011, p. 77)

Sur les difficultés à proposer des DI dans l'enseignement, onze propositions ont été faites qui concernaient la démarche elle-même, les élèves, le contexte ou le professeur. Selon la discipline, de cinq à dix propositions sur les onze proposées reçoivent plus de 50% d'accord. Ceci conduit les chercheuses à conclure à l'existence de difficultés à mettre effectivement en œuvre des DI. Certains points convergents se dégagent entre les quatre disciplines en particulier *« le manque de temps »* (78 à 88%), *« la gestion des élèves pendant la séance »* et *« le faible degré d'autonomie des élèves »*. D'autres difficultés semblent plus spécifiques aux disciplines enseignées. Pour les professeurs de mathématiques, c'est *« le manque de formation sur la DI »* qui intervient en quatrième position peut être lié à *« l'importance du travail de préparation »* qui intervient en sixième position. Pour les enseignants de SVT et SPC, *« le manque de matériel »*, *« l'importance du travail de préparation »* et *« le manque de savoir faire des élèves »* sont des difficultés identifiées. En technologie *« le manque de matériel »* vient en premier mais dix des onze propositions reçoivent plus de 50% d'accord montrant des difficultés ressenties par les enseignants supérieures à ceux des autres disciplines. Enfin, *« la rigidité de la démarche »* est la proposition recevant le moins d'accords de façon générale.

Nos conclusions sur les représentations des enseignants concernant la DI

Pour les enseignants, les DI sont un moyen de motiver les élèves en leur donnant envie d'apprendre les sciences et elles leur permettent aussi de développer des compétences, en particulier l'autonomie. Nous retrouverons ces mêmes objectifs en MPS, la mise en œuvre de séances fondées sur les DI semble donc être un moyen de les réaliser. À l'inverse, les DI ne sont pas identifiées par les enseignants comme un moyen de décroiser les disciplines. La

pluridisciplinarité pourrait ainsi constituer un obstacle en MPS. Parmi les difficultés pour mettre en œuvre des DI, le manque de temps semble faire l'unanimité. Le contexte MPS devrait sur ce point constituer un environnement favorable avec des séances de plus d'une heure. Le manque de formation concernant les DI semble spécifique aux enseignants de mathématiques alors qu'en sciences le manque de matériel ressort davantage. Enfin, la rigidité de la démarche que nous rapprochons du canevas en sept étapes proposé dans le programme de collège (I.1.2.4) ne semble pas être source de difficulté pour les enseignants.

I.1.4.3 – DES DIFFICULTÉS EXPRIMÉES PAR LES ENSEIGNANTS ET IDENTIFIÉES COMME DES OBSTACLES PROFESSIONNELS

Les Travaux personnels encadrés (TPE) font partie des enseignements pluridisciplinaires mis en place dans les années 2000 (I.1.2.6). Très vite, leur mise en œuvre pose de très nombreuses questions et les enseignants rencontrent des difficultés relayées par les revues professionnelles et par le rapport de l'IGEN (2002).

« Cependant, j'ai eu la désagréable impression tout au long de l'année de ne pas du tout maîtriser les sujets abordés. L'ensemble finit par faire une somme conséquente, mais j'ai travaillé seule, avec l'impression de défricher des territoires inconnus, alors qu'ils auraient dû m'être familiers.[...] La profession a besoin de se forger une culture sur les sujets interdisciplinaires : trouver les domaines d'intervention des mathématiques sur des sujets variés qui soient accessibles aux élèves de lycée, lister quelques cas exemplaires de modélisation, bref, construire une culture scolaire sur cette question, incluant des objets de formation et une documentation. » (Dufossé, 2004, p. 23)

« Les directeurs de mémoire doivent avoir la formation correspondante, en particulier avoir rédigé eux-mêmes des mémoires pour connaître les difficultés d'un tel travail et savoir en cerner les limites dès lors qu'il s'agit d'un travail demandé à des lycéens, c'est-à-dire à des apprentis dans les disciplines concernées. » (Bkouche 2001, p. 63)

« La structure même des TPE est institutionnellement très différente de celle d'un cours et cela induit un changement de contrat didactique indépendamment d'un quelconque désir de changement de celui-ci de la part de l'enseignant.[...] Par ailleurs, si le travail de groupe est pratiqué de temps en temps, par certains enseignants dans le cadre du cours, il n'est ni obligatoire ni systématique comme dans la structure TPE. Enfin, alors que la question des contenus est parfaitement définie dans le cadre du cours, il n'en est pas de même pour les TPE pour lesquels il est demandé que les sujets "soient étroitement articulés avec les programmes" (sans pour autant qu'il y ait d'exigence très précise) et avec une difficulté supplémentaire, l'interdisciplinarité, donc d'une certaine façon le programme "des autres"... » (Andral et al., 2003, p. 98).

Parmi les difficultés rencontrées par les enseignants et listées par le rapport de l'IGEN sur les TPE (2002, p. 14) on note *« les méthodes pour accompagner le passage du thème au sujet, l'accompagnement de petits groupes travaillant sur des projets différents, la méthodologie du travail en équipes, le manque de culture "scientifique" de certains professeurs qui leur est pourtant nécessaire afin de maîtriser le travail sur les sujets, en particulier lors des "croisements" des disciplines, l'évaluation des TPE, le travail avec les documentalistes la recherche documentaire. »*

La plupart de ces difficultés reposent sur la notion de problématique. En effet, la première année, la plupart des TPE n'explicitent pas de problématique et se résument alors souvent à « *la préparation d'exposés sur des sujets aisément identifiables par quiconque possède un tant soit peu de culture scientifique.* » Le rôle des professeurs se retrouvant alors « *circonscrit à la fourniture d'ouvrages adéquats et d'adresses Internet pertinentes.* » (Chevallard et Matheron, 2002). Le rapport de l'Inspection générale portant sur les TPE (2002) pointe cette absence et l'interprétation différente de la notion de problématique selon les disciplines :

« Le TPE est-il défini par une question ? C'est ce que répondent les professeurs de sciences : mathématiques, sciences physiques et chimiques, sciences de la vie et de la terre. Est-ce plutôt une problématique ? C'est ce que disent les professeurs de lettres ou de sciences sociales. Tous affirment que ce n'est pas un super-exposé, pourtant cela est souvent le cas et alors les élèves ne comprennent pas pourquoi il faut autant de temps pour préparer un exposé ("C'est un exposé qui dure toute l'année !"). Il semble nécessaire de faire comprendre aux équipes comme aux élèves qu'un TPE soit s'appuyer sur une interrogation portant sur un sujet bien défini. » (IGEN, 2002, p. 7)

Selon Chevallard et Matheron (2002, p. 8), qui considèrent les TPE comme un « *changement majeur dans l'enseignement du lycée* », leur mise en place réalise une authentique rupture avec l'ordinaire de l'enseignement « *tant du point de vue de l'organisation didactique qu'en ce qui concerne le régime du savoir* ».

En principe, c'est la société qui décide des objets de savoirs sur lesquels les nouvelles générations doivent être instruites. Les objets de savoir à enseigner ayant été choisis, un travail de transposition didactique (Chevallard, 1985) s'engage conduisant à des programmes disciplinaires. Habituellement, le travail de l'enseignant consiste à concevoir des situations à travers lesquelles l'élève va rencontrer un problème dont la réponse est justement le contenu du savoir à enseigner.

Une première rupture dans les TPE tient dans l'absence de programme, les thèmes fournis ne constituant que des repères, ce qui laisse la transposition didactique à la charge de l'enseignant. Cette charge est d'autant plus importante que chaque groupe d'élèves de la classe a son sujet et sa problématique et qu'il peut y avoir plus d'une dizaine de groupes par classe.

« Une conséquence déstabilisante pour qui ne voit l'enseignement que comme celui d'un savoir tout constitué réside en l'impossibilité de l'existence a priori d'une transposition didactique spécifique : celle-ci ne peut advenir, dans le cadre des TPE, que sous la responsabilité de l'enseignant, une fois menée par lui-même une enquête préalable sur les savoirs à mobiliser pour répondre à la question du TPE. » (Chevallard et Matheron, 2002, p. 8).

Une deuxième rupture tient à ce que, dans un TPE, l'unité sociale de la classe tend à disparaître, au profit de la constitution de groupes d'études avec un partage des responsabilités redéfini.

« Le temps consacré au « passage du thème au sujet et à sa problématique » sous la direction du professeur constitue le temps de la construction de la question par les élèves, c'est-à-dire un temps de « dévolution à soi-même » d'une question émergente. On peut s'interroger sur la manière dont cette dévolution s'opère puisque, dans le cas d'un TPE, elle

ne peut être soutenue par une situation adidactique construite par avance par le professeur, mais dont le professeur doit ici se contenter de provoquer et de réguler la construction – incluant celle d'un milieu adidactique. [...]

Le professeur devient alors directeur d'étude de la question. Il n'a plus la responsabilité sans partage de la construction de la réponse, mais simplement celle d'organiser les conditions de production d'une réponse possible. » (Chevallard et Matheron, 2002, p. 8).

Concernant les difficultés rencontrées par les enseignants pour accompagner le groupe dans le passage du sujet à une problématique, Chevallard et Matheron, 2002 identifient deux obstacles, un culturel et un professionnel.

« Le premier est un obstacle culturel, lié au fait que les organisations de savoir sont regardées usuellement, dans le système scolaire, comme toutes faites, et non comme des réponses émergentes à des questions in statu nascendi. Une des conséquences pratiques en a été la production de TPE-exposés, recopiage de morceaux de réponses à des questions non rencontrées (et en tout cas non explicitées), tant de la part des élèves qui réalisaient le TPE que de la part des professeurs qui l'encadraient. [...]

Le second obstacle peut être regardé comme un obstacle professionnel, en ce sens que la problématique consistant à problématiser un objet de savoir pour l'enseigner est, dans la majorité des cas, étrangère à la culture professorale, cette difficulté se trouvant accrue, dans le cas des TPE, par le fait que la réponse à la question constituant le sujet du TPE n'est pas et ne peut être, le plus souvent, connue a priori des professeurs. » (Chevallard et Matheron, 2002, p. 9).

I.1.4.4 – LA PLACE DES MATHÉMATIQUES DANS LES TPE ET LE DÉCLOISONNEMENT DES DISCIPLINES

La place des mathématiques est particulièrement questionnée dans de nombreux articles (Dufossé, 2004 ; Andral *et al.*, 2003 ; Boulet et Delattre, 2003 ; Ourliac, 2006). Il est souvent regretté que le rôle attribué aux mathématiques se limite à quelques graphiques statistiques.

Ourliac, (2006, p. 62) passant en revue la quarantaine de TPE encadrés sur quatre ans remarque que le contenu mathématique associé *« se limite trop souvent à la présentation de quelques éléments pompeusement appelés statistiques mais se ramenant à des pourcentages donnant lieu à des diagrammes, quelques histogrammes, courbes de croissance et c'est tout. »* Même s'il peut arriver que sur certains sujets *« les statistiques en biologie ou ailleurs ne s'arrêtent pas à quelques graphiques, et soit l'occasion de réinvestir quelque notions oubliées telles que la fluctuation d'échantillonnage (classe de seconde) la notion de données gaussiennes en liaison avec l'écart type (classe de première) »*.

Boulet et Delattre (2003, p. 53) remarquent de façon identique *« que le lien entre les maths et les SVT s'est fait par le biais du thème de la santé. Les statistiques interviennent bien sûr mais de façon descriptive ou graphique ce qui est plutôt léger, encore que si les élèves savent correctement présenter, interpréter les graphiques, il y a déjà un travail de fait. »*

Andral *et al.*, (2003, p. 104-105) reconnaissent que les enseignants de mathématiques *« ont le sentiment de ne pas pouvoir construire de nouveaux savoirs disciplinaires, de perdre du temps nécessaire à la mise en place de techniques et ne voient pas bien, ou pas du tout,*

quelles mathématiques on peut trouver dans les problématiques des TPE ». Ils pensent néanmoins que les TPE sont une occasion « *d'apporter aux élèves une aide méthodologique en remettant du sens sur les objets mathématiques vus en cours et en les recontextualisant, en mettant en place des modélisations, en aidant à clarifier les concepts utilisés et à rationaliser le discours* ».

Certains enseignants dont Dufossé, (2004, p. 21) ont néanmoins « *l'impression d'avoir réussi une réelle insertion des mathématiques dans les TPE* ». Les éléments listés comme ayant favorisé cette insertion étant les sujets mathématiques-physique étudiés, la physique étant « *plus consommatrice de mathématiques que la biologie* », une maîtrise suffisante du tableur et des logiciels de géométrie dynamique de la part du professeur et son implication dans les contenus des sujets choisis par les élèves pour y déceler une intervention possible des mathématiques. Le fait que l'enseignant assure à la fois les cours disciplinaires et encadre les TPE ayant par ailleurs favorisé cette implication.

Le décloisonnement des disciplines

Un second objectif affiché par l'institution est un « *décloisonnement des disciplines, sous des formes variées : recherche de l'interdisciplinarité, du travail en commun entre professeurs de disciplines différentes, enrichissement mutuel des disciplines* » (IGEN, 2002, p. 3). Ce second objectif est moins présent dans les différents articles sur les TPE. On peut néanmoins retenir :

« La nécessité de dialoguer avec les collègues pour fonctionner de manière cohérente en TPE a conduit chacun d'entre nous à préciser sa méthodologie et sa position personnelle par rapport à sa discipline et l'apprentissage de celle-ci. » (Andral et al., 2003, p. 100)

Dans le rapport IGEN sur les TPE qui date il est vrai de 2002 le constat est plus décevant :

« Rares sont encore les situations où deux enseignants de disciplines différentes travaillent ensemble, chacun avec les méthodologies propres à sa discipline pour étudier une même question. La situation la plus fréquente est encore la juxtaposition de deux disciplines plutôt que l'interdisciplinarité, l'une des deux disciplines prenant souvent le pas sur l'autre. Cependant les rapports entre professeurs de différentes disciplines semblent être modifiés, en particulier par un meilleur regard sur la discipline voisine. Ces pratiques sont grandement facilitées lorsque les professeurs peuvent intervenir en binôme devant les élèves. En revanche, il n'est pas encore acquis que ces "regards différents" aient une influence sur les pratiques de l'enseignement des disciplines en dehors des TPE. » (IGEN, 2002, p. 8)

I.2 - MÉTHODES ET PRATIQUES SCIENTIFIQUES

(MPS) :

L'enseignement d'exploration MPS apparaît dans le cadre de la réforme du lycée. Celle-ci s'inscrit dans le prolongement de la réforme du collège débutée en 2006 en sixième puis poursuivie progressivement. Cette partie de notre travail vise à analyser la demande institutionnelle en MPS. Après une rapide lecture des programmes disciplinaires de mathématiques, Sciences physiques et chimiques et des Sciences de la vie et de la Terre (I.2.1), nous proposons une analyse globale des textes officiels présentant les EE et les MPS (I.2.2) avant de nous focaliser sur ce qui nous questionne particulièrement : l'initiation à la démarche scientifique (I.2.3) et le travail collectif demandé à l'équipe pédagogique pluridisciplinaire (I.2.4). Nous apporterons ensuite nos conclusions (I.2.5).

I.2.1 - LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE DANS LES PROGRAMMES

DISCIPLINAIRES DE 2010

La réforme du lycée de 2010 s'inscrit dans le prolongement de celle mise en œuvre au collège à partir de la rentrée 2010 et qui fixait la DI comme méthode d'enseignement privilégiée (voir I.1.2.4). La réforme du lycée vise à modifier à la fois les contenus disciplinaires en termes de connaissances et les pratiques des enseignants et des élèves. En sciences, cette réforme fixe la démarche scientifique comme objectif majeur. Nous analysons ci-dessous les programmes de mathématiques, SPC et SVT.

I.2.1.1 - LE PROGRAMME DE MATHÉMATIQUES DE SECONDE

Ce programme est présenté dans le BO n° 30 du 23 juillet 2009 (http://cache.media.education.gouv.fr/file/30/52/3/programme_mathematiques_seconde_65523.pdf).

Dans ce nouveau programme, appliqué à partir de 2009 une année avant la réforme, la démarche scientifique est présentée comme l'objectif général :

L'objectif de ce programme est de former les élèves à la démarche scientifique sous toutes ses formes pour les rendre capables de :

- *modéliser et s'engager dans une activité de recherche ;*
- *conduire un raisonnement, une démonstration ;*
- *pratiquer une activité expérimentale ou algorithmique ;*
- *faire une analyse critique d'un résultat, d'une démarche ;*
- *pratiquer une lecture active de l'information (critique, traitement), en privilégiant les changements de registre (graphique, numérique, algébrique, géométrique) ;*
 - *utiliser les outils logiciels (ordinateur ou calculatrice) adaptés à la résolution d'un problème ;*

- *communiquer à l'écrit et à l'oral.*

Dans la mesure du possible, les problèmes posés s'inspirent de situations liées à la vie courante ou à d'autres disciplines. Ils doivent pouvoir s'exprimer de façon simple et concise et laisser dans leur résolution une place à l'autonomie et à l'initiative des élèves. Au niveau d'une classe de seconde de détermination, les solutions attendues sont aussi en général simples et courtes. (BO n° 30 du 23 juillet 2009)

On préconise l'utilisation d'outils logiciels pour expérimenter dans une vision qui nous semble proche de celle expérimentée dans le cadre d'une épreuve pratique de mathématiques (I.1.2.5) mais finalement non suivie d'effet :

« L'utilisation de logiciels (calculatrice ou ordinateur), d'outils de visualisation et de représentation, de calcul (numérique ou formel), de simulation, de programmation développe la possibilité d'expérimenter; ouvre largement la dialectique entre l'observation et la démonstration et change profondément la nature de l'enseignement. » (BO n° 30 du 23 juillet 2009)

Enfin, dans un paragraphe intitulé « diversité des activités mathématiques proposées aux élèves », on parle de démarche mathématique qu'il convient de situer au sein de l'activité scientifique :

La diversité des activités mathématiques proposées :

- *chercher, expérimenter – en particulier à l'aide d'outils logiciels ;*
- *appliquer des techniques et mettre en œuvre des algorithmes ;*
- *raisonner, démontrer, trouver des résultats partiels et les mettre en perspective ;*
- *expliquer oralement une démarche, communiquer un résultat par oral ou par écrit ;*

doit permettre aux élèves de prendre conscience de la richesse et de la variété de la démarche mathématique et de la situer au sein de l'activité scientifique. (BO n° 30 du 23 juillet 2009)

I.2.1.2 – LE PROGRAMME DE SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Ce programme est présenté dans le Bulletin officiel spécial n° 4 du 29 avril 2010. (http://cache.media.education.gouv.fr/file/special_4/72/9/physique_chimie_143729.pdf)

Dans le programme de Sciences Physiques et Chimiques (SPC) de seconde, applicable depuis la rentrée 2010, figurent deux paragraphes intitulés « la démarche scientifique » et « l'approche expérimentale ». On fait très rapidement allusion à la démarche d'investigation vue au collège.

Dans le paragraphe intitulé « la démarche scientifique », on donne d'abord une définition de la pensée scientifique :

« La science est un mode de pensée qui s'attache à comprendre et décrire la réalité du monde à l'aide de lois toujours plus universelles et efficaces, par allers et retours inductifs et déductifs entre modélisation théorique et vérification expérimentale. Contrairement à la pensée dogmatique, la science n'est pas faite de vérités révélées intangibles, mais de questionnements, de recherches et de réponses qui évoluent et s'enrichissent avec le temps. » (BO spécial n° 4 du 29 avril 2010)

Puis on explique en quoi consiste l'initiation à la démarche scientifique. Certains éléments du texte sont soulignés comme ci-dessous :

« Initier l'élève à la démarche scientifique, c'est lui permettre d'acquérir des compétences qui le rendent capable de mettre en œuvre un raisonnement pour identifier un problème, formuler des hypothèses, les confronter aux constats expérimentaux et exercer son esprit critique.

Il doit pour cela pouvoir mobiliser ses connaissances, rechercher, extraire et organiser l'information utile, afin de poser les hypothèses pertinentes. Il lui faut également raisonner, argumenter, démontrer et travailler en équipe. En devant présenter la démarche suivie et les résultats obtenus, l'élève est amené à une activité de communication écrite et orale susceptible de le faire progresser dans la maîtrise des compétences langagières. »

(BO spécial n° 4 du 29 avril 2010)

On termine en faisant le lien avec la démarche d'investigation vue au collège par une simple phrase sans connecteur logique avec l'extrait précédent : *« Dans la continuité du collège, la démarche d'investigation s'inscrit dans cette logique pédagogique. »* (BO spécial n° 4 du 29 avril 2010)

Le paragraphe suivant est intitulé « l'approche expérimentale », ici encore des éléments sont surlignés :

« Associée à un questionnement, l'approche expérimentale contribue à la formation de l'esprit et à l'acquisition, évaluée par le professeur, de compétences spécifiques. L'activité expérimentale offre la possibilité à l'élève de répondre à une situation-problème par la mise au point d'un protocole, sa réalisation, la possibilité de confrontation entre théorie et expérience, l'exploitation des résultats. Elle lui permet de confronter ses représentations avec la réalité. Elle développe l'esprit d'initiative, la curiosité et le sens critique. Elle est indissociable d'une pratique pédagogique dans des conditions indispensables à une expérimentation authentique et sûre.

Ainsi, l'élève doit pouvoir élaborer et mettre en œuvre un protocole comportant des expériences afin de vérifier ses hypothèses, faire les schématisations et les observations correspondantes, réaliser et analyser les mesures, en estimer la précision et écrire les résultats de façon adaptée. Connaître les conditions de validité d'un modèle permet à l'élève d'en déterminer les exploitations possibles et de le réinvestir. » (BO spécial n° 4 du 29 avril 2010)

Un autre paragraphe est intitulé « Une mise en perspective historique » : *« Faire connaître à l'élève l'histoire de la construction de la connaissance scientifique est source d'inspiration pour la liberté intellectuelle, l'esprit critique et la volonté de persévérer. Elle est également une école d'humilité et de patience dans la mesure où cette histoire s'est accompagnée d'un impressionnant cortège d'hypothèses fausses, de notions erronées autant que de controverses passionnées. »* (BO spécial n° 4 du 29 avril 2010)

Ainsi, selon Boilevin (2013, p. 29), les nouveaux programmes de seconde de sciences physiques et chimie semblent distinguer la démarche pédagogique dite démarche d'investigation de la démarche scientifique et de l'approche expérimentale.

I.2.1.3 - LE PROGRAMME DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

Ce programme est paru sur le Bulletin officiel spécial n° 4 du 29 avril 2010.
(http://cache.media.education.gouv.fr/file/special_4/73/1/sciences_vie_Terre_143731.pdf)

Dans le programme de SVT, applicable depuis la rentrée 2010, on trouve un paragraphe intitulé « la démarche d'investigation », un paragraphe intitulé « La pratique de démarches historiques ». On parle d'activité expérimentale dans le paragraphe sur la démarche d'investigation.

Le paragraphe intitulé « la démarche d'investigation » rappelle que celle-ci est pratiquée au primaire et au collège et qu'elle trouve tout son sens au lycée. Elle est définie comme une situation-problème et l'activité expérimentale est présentée comme le moyen de répondre à cette situation problème. Cette fois ci, le moyen choisi pour faire ressortir certaines parties du texte est de les mettre en gras comme ci-dessous :

*« L'activité expérimentale offre la possibilité à l'élève de répondre à une situation-problème par la **mise au point d'un protocole, sa réalisation, la possibilité de confrontation entre théorie et expérience, l'exploitation des résultats**. Ainsi, l'élève doit pouvoir élaborer et mettre en œuvre un protocole comportant des expériences afin de vérifier ses hypothèses, faire les schématisations et les observations correspondantes, réaliser et analyser les mesures, en estimer la précision et écrire les résultats de façon adaptée. »* (BO spécial n° 4 du 29 avril 2010)

Le canevas en plusieurs étapes du programme de collège est aussi rappelé :

« Il est d'usage de décrire une démarche d'investigation comme la succession d'un certain nombre d'étapes types :

- une situation motivante suscitant la curiosité,*
- la formulation d'une problématique précise,*
- l'énoncé d'hypothèses explicatives,*
- la conception d'une stratégie pour éprouver ces hypothèses,*
- la mise en œuvre du projet ainsi élaboré,*
- la confrontation des résultats obtenus et des hypothèses,*
- l'élaboration d'un savoir mémorisable,*
- l'identification éventuelle de conséquences pratiques de ce savoir.*

Ce canevas est la conceptualisation d'une démarche type. Le plus souvent, pour des raisons variées, il convient d'en choisir quelques aspects pour la conception des séances. ». (BO spécial n° 4 du 29 avril 2010)

Dans ce programme de SVT figure aussi un paragraphe intitulé « La pratique de démarches historiques » qui est présentée ici comme une manière originale de construire une démarche d'investigation:

*« L'approche historique d'une question scientifique peut être une **manière originale de construire une démarche d'investigation**. L'histoire de l'élaboration d'une connaissance scientifique, celle de sa modification au cours du temps, sont des moyens utiles pour comprendre la nature de la connaissance scientifique et son mode de construction, avec ses avancées et éventuelles régressions. Il conviendra de veiller à ce que cette approche ne conduise pas à la simple évocation d'une succession événementielle et à ne pas caricaturer*

cette histoire au point de donner une fausse idée de la démonstration scientifique : si certains arguments ont une importance historique majeure, il est rare qu'un seul d'entre eux suffise à entraîner une évolution décisive des connaissances scientifiques ; de même, il serait vain de prétendre faire « réinventer » par les élèves, en une ou deux séances, ce qui a nécessité le travail de plusieurs générations de chercheurs. ». (BO spécial n° 4 du 29 avril 2010)

I.2.1.4 - NOS CONCLUSIONS SUR LA PLACE DE LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE DANS LES PROGRAMMES DISCIPLINAIRES DE 2010

Le vocabulaire utilisé est différent dans les trois programmes disciplinaires. Dans le programme de mathématiques, on parle de la démarche scientifique, présentée comme l'objectif général de ce programme, et de la démarche mathématique qu'il convient de situer au sein de l'activité scientifique. Il n'est pas fait allusion à la démarche d'investigation.

Dans le programme de SPC figurent deux paragraphes intitulés « la démarche scientifique » et « l'approche expérimentale ». On fait très rapidement allusion à la démarche d'investigation que l'on situe au collège. Ainsi, on semble distinguer la démarche pédagogique dite démarche d'investigation vue au collège de la démarche scientifique et de l'approche expérimentale pratiqués au lycée. L'approche historique est proposée comme une mise en perspective intéressante de l'histoire de la construction des connaissances riche en hypothèses fausses, notions erronées, controverses passionnées.

Le programme de SVT, est le seul à s'inscrire réellement dans la poursuite du travail réalisé au collège et à mettre en avant la démarche d'investigation fondée sur une situation problème. L'activité expérimentale est présentée comme un moyen pour répondre à la situation-problème. Le canevas en plusieurs étapes proposé au collège est rappelé. On propose une « démarche historique » comme une manière originale de construire une démarche d'investigation.

I.2.2 - UNE ANALYSE DU PROJET INSTITUTIONNEL SUR LES MPS

Dans le cadre de la réforme du lycée et la mise en place de la nouvelle seconde, en plus des enseignements communs, les élèves doivent choisir deux enseignements d'exploration (EE) d'une heure trente hebdomadaire chacun. Parmi ces EE figure Méthodes et Pratiques Scientifiques (MPS). Il s'agit d'un enseignement pluridisciplinaire dans lequel peuvent intervenir des professeurs de mathématiques, physique-chimie, sciences de la vie et de la Terre et sciences de l'ingénieur. Afin de mieux cerner la demande institutionnelle, nous proposons de nous appuyer sur trois ressources institutionnelles directement liées à cette réforme, aux EE et aux MPS et qui étaient disponibles à la rentrée 2010 :

- la présentation des enseignements d'exploration, BO n°4 du 29 avril 2010
- le programme MPS, BO n°4 du 29 avril 2010
- l'introduction du document d'accompagnement des programmes, ressources pour la classe de seconde, MPS paru sur Eduscol en juillet/août 2010

I.2.2.1 - LA PAGE DE PRÉSENTATION DES EE (BO n°4 du 29 avril 2010)

(<http://www.education.gouv.fr/cid51337/mene1000408x.html>)

Dans cette unique page, il est rappelé que les EE s'inscrivent dans le cadre de la réforme du lycée qui « *a pour ambition de mieux répondre aux besoins des élèves en accompagnant chacun d'eux et en les aidant à construire leur projet personnel d'orientation.* » Les EE doivent y contribuer en articulation avec d'autres dispositifs phares de cette réforme comme l'accompagnement personnalisé ou le tutorat. L'objectif premier des EE est « *de développer la curiosité des élèves et d'éclairer leur choix d'orientation en découvrant des champs disciplinaires ou des domaines intellectuels nouveaux, choisis par goût ou intérêt.* » L'élève doit pouvoir obtenir des informations « *sur les cursus possibles dans les domaines explorés, au lycée et au-delà dans l'enseignement supérieur, ainsi que sur les activités professionnelles auxquelles ces parcours sont susceptibles de conduire.* ». Néanmoins, il est rappelé que la seconde reste une *classe de détermination* et que le choix des enseignements d'exploration « *suivis en seconde ne prédéterminent en rien la poursuite d'étude au cycle terminal : ils ne constituent pas des pré-requis pour s'engager dans telle ou telle série ou pour choisir tel enseignement spécifique en première.* ». On insiste sur le droit à l'erreur de l'élève en ce qui concerne ses premiers choix d'orientation : « *Un élève peut se tromper, s'apercevoir qu'il a fait un mauvais choix ou un choix qui ne répond pas à ses attentes, et bifurquer à temps, au lieu de s'orienter vers une filière qui ne lui correspondrait pas.* » (BO n°4 du 29 avril 2010)

La démarche suivie pour atteindre ces objectifs en termes d'orientation tient en une phrase : « *Les élèves explorent les démarches, les méthodes, les exigences des domaines concernés, à travers des activités, des thématiques ou des questionnements concrets.* » (BO n°4 du 29 avril 2010)

Ces enseignements d'exploration concernent le plus souvent plusieurs disciplines et « *impliquent des organisations et des modalités d'enseignement renouvelées, telles que le partenariat et la démarche de projet.* » Il est aussi fait appel « *à l'initiative et à l'inventivité des équipes enseignantes pour introduire au lycée des innovations pédagogiques fécondes et bénéfiques aux élèves.* » (BO n°4 du 29 avril 2010)

Enfin, on affirme la nécessité d'une évaluation « *pour permettre aux élèves de prendre conscience des compétences acquises et des progrès accomplis dans les domaines explorés* » sans être très précis sur sa mise en forme, en revanche celle-ci doit permettre de « *mettre en valeur l'engagement, l'autonomie et les initiatives des élèves* » (BO n°4 du 29 avril 2010).

I.2.2.2 - LE PROGRAMME MPS

Le programme MPS est paru au BO spécial n°4 du 29 avril 2010. (http://media.education.gouv.fr/file/special_4/74/9/methodes_pratiques_scientifiques_143749.pdf)

Le programme est composé d'un « préambule » d'une page suivi d'une liste de six thèmes nationaux. Pour chaque thème, on trouve un paragraphe de présentation du thème puis dans un tableau « différents types d'entrée dans le thème » présentés comme des « *exemples non limitatifs de sujets auxquels l'équipe de professeurs peut faire appel* » (BO n°4 du 29 avril 2010). Une page est consacrée à chaque thème, le tout tient donc en sept pages. Il est précisé

que la liste des thèmes est susceptible d'être renouvelée périodiquement (ce qui n'a pas été fait jusqu'à ce jour) et qu'un thème libre peut y être ajouté par l'équipe des professeurs.

Dans le « préambule » on précise les objectifs de cet EE :

- « Découvrir différents domaines des Mathématiques, des Sciences Physiques et chimiques, des Sciences de la Vie et de la Terre et des Sciences de l'ingénieur. »
- « Montrer l'apport et la synergie de ces disciplines pour trouver des réponses aux questions scientifiques que soulève une société moderne, d'en faire percevoir différents grands enjeux, et de donner les moyens de les aborder de façon objective. »
- « Découvrir des métiers et des formations dans le champ des sciences et aider les élèves à construire leur projet de poursuite d'étude ... »
- « Initier les élèves à une démarche scientifique dans le cadre d'un projet. »

Les compétences à développer :

- « Savoir utiliser et compléter ses connaissances.
- S'informer, rechercher, extraire et organiser l'information utile (écrite, orale, observable, numérique).
- Raisonner, argumenter, pratiquer une démarche scientifique, démontrer.
- Communiquer à l'aide d'un langage et d'outils adaptés. »

La démarche à suivre qui est une démarche de projet :

« Dans le cadre d'une démarche de projet, on demande à l'élève un travail personnel ou d'équipe qui devra intégrer obligatoirement une production (expérience, exploitation de données, modélisation, etc.) et aboutir à une forme de communication scientifique (compte rendu de recherche, affiche, diaporama, production multimédia etc.). Ce travail conjuguera les apports des différents champs disciplinaires concernés. » (BO n°4 du 29 avril 2010)

Des modalités d'organisation sont suggérées. Les élèves travaillent seuls ou en groupes mais *« Il est nécessaire de prévoir des moments de travail commun afin de poser de manière claire les connaissances à acquérir et les méthodes à mettre en œuvre. Ces moments communs aux disciplines concernées peuvent se situer par exemple lors de la présentation du thème, en cours de déroulement, au moment de la conclusion sous forme d'une synthèse. »*. (BO n°4 du 29 avril 2010)

Le dernier paragraphe est consacré à l'évaluation qui peut prendre des formes variées afin de valoriser l'acquisition de compétences scientifiques (mise en œuvre d'une démarche scientifique, compétences expérimentales mobilisées lors de séances de travaux pratiques), de compétences transversales (utilisation à bon escient des technologies usuelles de l'information et de la communication, présentation écrite ou orale des résultats obtenus...) et de qualités (autonomie, initiative, engagement, travail d'équipe...). (BO n°4 du 29 avril 2010)

I.2.2.3 – LE DOCUMENT D'ACCOMPAGNEMENT DES PROGRAMMES

Ce document d'accompagnement « Ressources pour la classe de seconde, Méthodes et Pratiques Scientifiques » est accessible depuis le portail Eduscol à partir de juillet/août 2010

(<http://eduscol.education.fr/cid52256/ressources-methodes-pratiques-scientifiques.html>)

Dans la suite nous nommerons ce texte le « document Ressources MPS » dans un souci de contraction du titre même si ce choix est maladroit dans le contexte de l'approche documentaire du didactique (voir chapitre 2).

L'Éducation nationale accompagne souvent la mise en place de nouveaux programmes en proposant des ressources accessibles par le portail Eduscol (Portail national des professionnels de l'éducation) qui dépend du ministère de l'Éducation nationale. Ces ressources dites d'accompagnement ont pour objectif d'accompagner la mise en place des programmes. Elles sont élaborées sous la responsabilité de l'Inspection générale qui est garante de leur validité scientifique et pédagogique. Le principe de liberté pédagogique y est rappelé :

« Les programmes sont, en conséquence, la seule référence réglementaire adressée aux professeurs. Les ressources et documents proposés aux enseignants garantissent ce principe, il revient à chaque enseignant de s'approprier les programmes dont il a la charge, d'organiser le travail de ses élèves et de choisir les méthodes qui lui semblent les plus adaptées en fonction des objectifs à atteindre. Les ressources pour faire la classe proposées par la DGESCO ne sont que des appuis à la libre disposition des professeurs. » (Eduscol)

Selon Chevallard et Cirade (2010), à travers ces dernières lignes, le ministère s'adresse directement à chaque enseignant, lui donnant la liberté mais aussi la responsabilité de s'approprier le programme et de concevoir la matière de son enseignement. Ainsi le manque de ressources n'est pas géré par « la profession » mais par chaque enseignant.

Le document d'accompagnement « Ressources pour la classe de seconde, MPS » est accessible sur le portail Eduscol depuis juillet/août 2010. On y trouve une introduction et des propositions de projets pour les différents thèmes. La partie consacrée aux projets sera davantage détaillée dans notre chapitre IV. Nous nous intéressons ici à la partie « Introduction ». Celle-ci fait sept pages, la première est la couverture, la deuxième liste les différentes personnes ayant collaboré à ce texte (inspecteurs et professeurs de différentes disciplines) et la dernière est réservée au sommaire des autres parties qui proposent des projets pour chaque thème. L'essentiel de ce texte tient donc en quatre pages et après une courte introduction est découpé en cinq paragraphes :

- le choix des thèmes et des sujets à l'intérieur de chaque thème ;
- les compétences développées ;
- la démarche de projet ;
- l'articulation entre les différentes disciplines ;
- la découverte des métiers et des voies de formation.

Dans les premières lignes on rappelle trois des quatre objectifs cités dans le programme, « découvrir différents domaines des quatre disciplines », « montrer l'apport conjoint des disciplines scientifiques pour trouver des réponses aux questions scientifiques soulevées par une société moderne » et « renforcer l'intérêt des élèves pour la science », mais sans faire le lien avec l'orientation. Par contre, il n'est plus fait allusion dans ces premières lignes au dernier objectif du programme : l'initiation des élèves à la démarche scientifique.

Pour atteindre ces objectifs, il est demandé d'offrir aux élèves *« des activités passionnantes privilégiant réflexion, esprit d'équipe, autonomie et initiative »* et on insiste sur la démarche de projet : *« il s'agit de veiller à bien inscrire cet enseignement d'exploration dans une pédagogie de projet mettant en jeu plusieurs disciplines. »* Cette démarche de projet pluridisciplinaire demandant *« de la part des enseignants une adaptation de leurs pratiques pédagogiques »*, l'objectif du « document Ressources MPS » est *« de fournir des pistes pour l'organisation et la mise en place de cet enseignement ainsi que des ressources parmi lesquelles ils [les enseignants] pourront puiser afin de concevoir des activités adaptées au contexte local. »*. (document Ressources MPS)

Dans le paragraphe intitulé « le choix des thèmes et des sujets à l'intérieur de chaque thème », on précise le rôle de l'équipe pédagogique en charge de cet EE qui consistera dans un premier temps à choisir *« les thèmes traités dans l'année (2 ou 3 dont éventuellement un thème libre), et à l'intérieur de ceux-ci le ou les projets collectifs déclinés en sujets d'étude qui guideront les activités des élèves. »*. Ces deux ou trois projets devront être réalisables dans le temps imparti pour le travail en classe (54 heures annuelles) même si des approfondissements pourront être réalisés hors du temps scolaire et ils devront *« être à la portée d'élèves de seconde »*. L'équipe pédagogique doit veiller, à ce que les projets retenus répondent à plusieurs objectifs :

- *« favoriser l'intérêt des élèves pour la science et les progrès scientifiques et techniques ;*
 - *contribuer à construire et à mobiliser des compétences spécifiques au champ des sciences et des techniques : identifier des questions d'ordre scientifique, décrire, expliquer et prédire des phénomènes scientifiques, tirer des conclusions à partir de faits, émettre des conjectures, démontrer...*
 - *faire converger des apports de différentes disciplines ;*
 - *permettre la découverte de métiers, d'activités professionnelles et de voies de formation du domaine des sciences et des technologies ;*
 - *contribuer au développement de la maîtrise de la langue écrite et orale à travers la rédaction et la communication scientifique des démarches menées et des résultats obtenus. »*
- (document Ressources MPS)

Dans le paragraphe intitulé « les compétences développées », on précise que c'est la mise en œuvre de démarches scientifiques (au pluriel) qui doit permettre l'acquisition de compétences déclinées ici en connaissances, capacités et attitudes. Concernant les connaissances, alors que dans le paragraphe précédent on précisait que les projets devaient *« être à la portée d'élèves de seconde »*, il est ajouté ici que l'on peut ne pas se restreindre au programme de seconde tout en restant raisonnable :

« Il n'est pas nécessaire que les connaissances utiles à la rédaction du projet soient inscrites dans les programmes disciplinaires de la classe de seconde. La motivation de l'introduction d'autres connaissances, dans une limite raisonnable fixée par la durée du projet et la maturité d'un élève de seconde, trouvera sa justification dans les problèmes concrets à résoudre. Ces connaissances ne seront pas développées à partir d'un cadre théorique général. » (document Ressources MPS)

Les capacités listées ici sont les compétences à développer du programme MPS :

- *« savoir utiliser et compléter ses connaissances ;*
- *s'informer, rechercher, extraire et organiser l'information utile (écrite, orale, observable, numérique) ;*
- *raisonner, argumenter, pratiquer une démarche scientifique, démontrer ;*
- *communiquer à l'aide d'un langage et d'outils adaptés. »*

Enfin, les attitudes sont l'autonomie, initiative, engagement dans une démarche scientifique, travail d'équipe. (document Ressources MPS)

Le paragraphe se termine par l'évaluation des compétences développées. Elle doit concerner toutes les phases du projet et ne pas se limiter à la production finale qui reste cependant un point fort de l'évaluation de l'atteinte des objectifs du projet. L'autoévaluation est conseillée afin de permettre à l'élève de mieux identifier ses acquis et les points restant à améliorer. Elle peut alors *« constituer un véritable « contrat didactique » entre l'équipe de professeurs et l'élève. Elle lui permet de s'approprier les objectifs d'une formation scientifique, de mesurer ses progrès dans le cadre d'une évaluation formative et par là-même de se valoriser. »*. (document Ressources MPS)

Le paragraphe intitulé « la démarche de projet » sera détaillé dans notre paragraphe suivant (I.2.3). On y explicite la démarche de projet et on introduit la démarche d'investigation. Il est aussi rappelé que, contrairement aux Travaux personnels encadrés de première (voir I.1.2.6), le projet est proposé par les enseignants et qu'il est collectif au groupe MPS. La fin du paragraphe est consacrée à la tenue d'un « *cahier de recherches* » que l'élève « *remplira tout au long de l'étude, ce dernier ayant à la fois vocation d'outil de travail pour l'élève, d'outil de communication avec les enseignants et d'outil d'évaluation, notamment dans le cadre d'une auto-évaluation de l'élève.* ». (document Ressources MPS)

Le paragraphe intitulé « l'articulation entre les différentes disciplines » est analysé dans notre paragraphe I.2.4. Dans le dernier paragraphe intitulé « la découverte des métiers et des voies de formation » il est rappelé les grands secteurs dans lesquels les mathématiques, les sciences et les technologies sont omniprésentes (industrie aérospatiale, imagerie, télécommunications, biotechnologies, banques, assurances, énergie, santé, environnement, climatologie, développement durable...) :

« Les activités proposées aux élèves dans le cadre doivent contribuer à enrichir leurs représentations des métiers, des activités professionnelles et des voies de formation scientifiques, et leur donner l'envie de s'engager dans des études scientifiques passionnantes, menant à des carrières recherchées et reconnues, accessibles à différents niveaux de formation. ». (document Ressources MPS)

I.2.3 - CE QU'IL EST DIT SUR LA DÉMARCHE DE PROJET/SCIENTIFIQUE/D'INVESTIGATION

Dans la page de présentation des EE, « *l'exploration des démarches, des méthodes, des exigences des domaines concernés à travers des activités, des thématiques ou des questionnements concrets* » est le moyen d'atteindre l'objectif premier qui est d'aider l'élève

à construire son projet d'orientation en développant sa curiosité et en lui permettant de découvrir des champs disciplinaires ou des domaines intellectuels nouveaux. La démarche de projet et le partenariat sont présentés comme des organisations et des modalités d'enseignement renouvelées à mettre en œuvre mais on ne les détaille pas davantage.

Dans le programme MPS, « *initier les élèves à la démarche scientifique dans le cadre d'un projet* » est le quatrième et dernier objectif énoncé mais ni « la démarche scientifique » ni ce que l'on entend par « projet » ne sont explicités. On retrouve le terme démarche scientifique dans les compétences à développer, « *raisonner, argumenter, pratiquer une démarche scientifique, démontrer.* », ainsi qu'à deux reprises dans les compétences à évaluer, « *l'engagement dans une démarche scientifique et la mise en œuvre d'une démarche scientifique.* » On peut noter l'utilisation du singulier pour parler de « la démarche scientifique » puis d' « une démarche scientifique ».

Des éléments d'explicitation de ce qui est attendu peuvent néanmoins être glanés dans la page. Ainsi, la démarche de projet semble impliquer que l'élève seul ou en équipe aboutisse à une production et à une forme de communication scientifique.

Dans l'introduction du « document Ressources MPS », on retrouve trois des quatre objectifs du programme : « *découvrir différents domaines des différentes disciplines* », « *montrer l'apport conjoint des disciplines scientifiques pour trouver des réponses aux questions scientifiques soulevées* », ainsi que « *renforcer l'intérêt des élèves pour la science* » même s'il n'est plus fait allusion au projet d'orientation. Par contre, le quatrième objectif du programme « *initier les élèves à la démarche scientifique dans le cadre d'un projet* » a disparu à cette étape du texte.

Dans le premier paragraphe « choix des thèmes et des sujets à l'intérieur de chaque thème » il est écrit que les projets choisis devront « *contribuer à construire et à mobiliser des compétences spécifiques au champ des sciences et des techniques : identifier des questions d'ordre scientifique, décrire, expliquer et prédire des phénomènes scientifiques, tirer des conclusions à partir de faits, émettre des conjectures, démontrer ...* » (document Ressources MPS). Ceci pourrait être une forme d'explicitation d'une démarche scientifique.

Dans le deuxième paragraphe intitulé « les compétences développées », il est fait allusion non pas à « la démarche scientifique » au singulier comme dans le programme mais à la mise en œuvre « de démarches scientifiques » au pluriel qui seraient « communes » aux disciplines impliquées en MPS : « *la mise en œuvre de démarches scientifiques communes aux disciplines concernées (mathématiques, sciences physiques et sciences de la vie et de la Terre, sciences de l'ingénieur), à l'occasion de l'étude d'un sujet choisi à l'intérieur d'un thème, permet de développer des compétences ...* » parmi lesquelles figurent « *raisonner, argumenter, pratiquer une démarche scientifique, démontrer* ». (document Ressources MPS)

Le troisième paragraphe est intitulé « la démarche de projet » et a donc particulièrement attiré notre attention. Il nous semble totalement assimiler la démarche de projet, la démarche d'investigation puis la démarche scientifique :

« *Pour développer chez leurs élèves les compétences précédemment décrites, les enseignants les placent dans une démarche de projet (individuellement ou par groupes). Ils initient des démarches d'investigation permettant à leurs élèves d'avancer en « autonomie de réflexion » dans le sujet choisi.* » (document Ressources MPS)

On explicite la démarche de projet/ d'investigation d'abord en deux étapes dans lesquelles figure la démarche scientifique *partagée* :

« 1) *La démarche doit commencer par l'émergence de questions pour lesquelles des réponses seront trouvées dans le cadre d'une démarche scientifique.*

Les questions retenues peuvent être regroupées afin de poser des problématiques qui ne seront pas disciplinaires mais au contraire rester très générales pour que chaque discipline apporte des éléments de réponse à travers une démarche scientifique partagée.

2) *À l'issue de ce questionnement, l'équipe de professeurs propose aux élèves (individuellement ou répartis en groupes de travail) un certain nombre de sujets d'étude pluridisciplinaires qui permettront de résoudre, tout ou partie des problématiques.* » (document Ressources MPS)

Plus loin dans le paragraphe, une troisième étape semble compléter la démarche, le temps des bilans d'étape et final :

« Les temps de bilans (bilans d'étape et bilan final) font partie intégrante du projet et permettent la structuration des différents apports.

Une phase spécifique du projet est consacrée à la mutualisation des démarches menées et à l'exploitation des résultats obtenus par les différents groupes. » (document Ressources MPS)

Enfin, à la fin du paragraphe, on parle de présentation finale :

« La présentation finale du travail (réalisée devant les pairs, devant l'équipe enseignante, ou devant un cercle plus large) est un élément important du projet et de son évaluation. Elle permet la structuration des connaissances acquises et des capacités développées ainsi que la valorisation des efforts accomplis par chacun. » (document Ressources MPS)

Le rôle des élèves puis des enseignants dans cette démarche de projet est expliqué :

« Le travail proposé aux élèves ou aux groupes d'élèves doit laisser une large place à leur initiative et permettre de développer leur autonomie : il leur revient d'organiser leur temps, de planifier leur travail, de prendre des notes, de consulter des ressources, d'élaborer un dossier, d'exposer leurs recherches... afin d'apporter une réponse à la problématique qui sous-tend leur sujet d'étude. » (document Ressources MPS)

« Les enseignants apportent en effet les outils nécessaires (notionnels, méthodologiques ou stratégiques), organisent les apprentissages, s'assurent de l'aboutissement du projet et de sa présentation. Ils sont garants de la sécurité, de l'éthique et du respect des droits d'auteurs.» (document Ressources MPS)

Dans le paragraphe suivant, on complète le rôle de l'enseignant :

« Le rôle de l'enseignant n'est pas seulement de transmettre un savoir disciplinaire, mais de répondre aux demandes des élèves afin de les aider à développer des compétences à travers la structuration progressive d'apports variés permettant l'aboutissement du projet. » (document Ressources MPS)

L'autre spécificité des MPS étant le travail collectif pluridisciplinaire, nous avons de la même façon décortiqué les textes pour cerner le travail attendu par l'institution.

I.2.4 - CE QU'IL EST DIT SUR LE TRAVAIL COLLECTIF DES ENSEIGNANTS ET L'ASPECT PLURIDISCIPLINAIRE DU PROJET

Dans la page de présentation des EE, comme déjà dit, on prévient que *« les EE impliquent des organisations et des modalités d'enseignement renouvelées telles que « le partenariat » et la démarche de projet ; ils font appel à l'initiative et à l'inventivité des équipes enseignantes pour introduire au lycée des innovations pédagogiques fécondes et bénéfiques aux élèves. »*.

Dans le programme MPS, l'équipe pédagogique doit choisir deux ou trois thèmes mobilisant différents champs disciplinaires, qui feront l'objet de l'enseignement et des activités des élèves parmi les six thèmes nationaux proposés. Elle peut aussi ajouter un thème libre. L'équipe des professeurs doit ensuite choisir les projets pour traiter le thème et une liste non limitative de sujets est fournie dans le même document.

« Dans chaque thème l'équipe de professeurs identifie différents concepts et contenus scientifiques. Il est nécessaire de prévoir des moments de travail commun afin de poser de manière claire les connaissances à acquérir et les méthodes à mettre en œuvre. Ces moments communs aux disciplines concernées peuvent se situer par exemple lors de la présentation du thème, en cours de déroulement, au moment de la conclusion sous forme d'une synthèse. » (BO n°4 du 29 avril 2010)

On peut noter que les moments de travail commun dont il est question se déroulent devant les élèves et non pas hors classe pour des concertations par exemple. De même ce qui semble attendu semble être un travail davantage mené individuellement par chaque professeur puisque des séances ponctuelles menées en commun sont à prévoir.

Le mot « interdisciplinaire » ne figure pas dans ce programme mais on pose le problème de l'articulation entre les différentes matières à différentes étapes. On le trouve dans les objectifs annoncés : *« Montrer l'apport et la synergie de ces disciplines... », « ... faire mieux connaître la nature des enseignements scientifiques, les méthodes et les approches croisées mises en œuvre. »*. On doit en tenir compte lors du choix des thèmes qui doivent mobiliser *« différents champs disciplinaires »* et dans la mise en place du projet : *« Ce travail conjuguera les apports des différents champs disciplinaires concernés »*. Les séances en classe entières sont des *« moments de travail commun »* propices à la mise en rapport des disciplines. (BO n°4 du 29 avril 2010)

Dans le « Document Ressources MPS », on demande aux enseignants une adaptation de leurs pratiques pédagogiques pour mettre en œuvre une démarche de projet.

« Le premier travail de l'équipe pédagogique en charge de cet enseignement consistera à choisir les thèmes traités dans l'année (2 ou 3 dont éventuellement un thème libre), et à l'intérieur de ceux-ci le ou les projets collectifs déclinés en sujets d'étude qui guideront les activités des élèves. » (document Ressources MPS)

Un paragraphe entier, intitulé « l'articulation entre les différentes disciplines » est consacré à ce sujet. On insiste sur une réflexion de chaque professeur sur les apports de sa discipline au projet global et sur une réflexion collective sur l'articulation de ces apports afin que l'on ne se contente pas d'une simple juxtaposition :

« Le travail d'équipe des enseignants entraîne une réflexion de chaque professeur sur les apports de sa propre discipline et l'articulation des apports des différents champs disciplinaires. Cette réflexion est nécessaire pour donner de la cohérence au projet pédagogique choisi. Dans tous les cas, la relation entre les champs disciplinaires ne doit pas rester au stade d'une simple juxtaposition de plusieurs disciplines sur une même thématique, mais au contraire de faire apparaître tout l'intérêt d'apports croisés. » (document Ressources MPS)

Des suggestions sont faites :

« Suivant les thèmes et les sujets traités pour aborder ces thèmes, la relation entre les champs disciplinaires pourra comporter selon les cas :

- une collaboration en vue d'un objectif qui n'est pas spécifique à une discipline (par exemple l'acquisition d'une méthode de travail ou de raisonnement, la capacité à rédiger une note de synthèse, à faire une communication orale...);

- des apports équilibrés de connaissances et de capacités propres à chaque discipline ;

- une interaction permettant que l'intervention d'une discipline précède celle des autres parce qu'elle apporte une connaissance ou une capacité qui sera réutilisée par les suivantes. »

Ainsi que des conseils sur l'organisation qui se doit d'être souple en prévoyant :

« - des phases de travail en co-animation (par exemple au moment du lancement du projet et de la répartition des tâches entre les différents groupes d'élèves, mais aussi lors de moments de points d'étape et de bilans) ;

- des interventions disciplinaires devant l'ensemble du groupe classe ;

- des regroupements d'élèves autour d'un même enseignant pour traiter de problèmes voisins tant cognitifs que méthodologiques ou techniques ;

- des temps de travail des élèves en autonomie au CDI, au laboratoire, en salle multimedia... » (document Ressources MPS)

Enfin, pour l'évaluation, on conseille la mise en place de fiches d'auto-évaluation et la tenue par les élèves d'un cahier de recherches qui serve d'outil de travail et de communication et qui permette une évaluation plus personnelle.

I.2.5 - NOS CONCLUSIONS SUR LA DEMANDE INSTITUTIONNELLE

Cet EE s'inscrit dans le cadre de la réforme du lycée de 2010 qui prolonge les nouveaux programmes mis en œuvre au collège depuis 2006. Concernant l'enseignement des sciences au collège, l'introduction commune aux programmes de mathématiques, sciences expérimentales et technologie fixe clairement la DI comme méthode d'enseignement privilégiée (voir I.1.2.4). Cette volonté semble se poursuivre au lycée. En effet, la réforme du lycée vise à modifier à la fois les contenus disciplinaires en termes de connaissances et les pratiques des enseignants et des élèves. En sciences, cette réforme fixe la démarche scientifique comme objectif majeur.

Nous nous sommes alors tournée vers les différents textes institutionnels disponibles pour mieux cerner le travail attendu par l'institution sur l'enseignement des sciences. Les

programmes disciplinaires montrent déjà des approches différentes (I.2.1) et un vocabulaire distinct. Seul le programme de SVT rappelle comment est définie la DI dans l'introduction commune des programmes du collège or nous émettons l'hypothèse que les enseignants de lycée n'ont pas tous lus les programmes de collège. Concernant les MPS la demande nous semble particulièrement confuse. Ainsi, « *initier les élèves à la démarche scientifique dans le cadre d'un projet* » est présenté comme l'un des objectifs du programme MPS alors que dans le « document Ressources MPS » il s'agit plutôt d'un moyen pour atteindre les objectifs énoncés en termes d'orientation. La démarche attendue est une démarche de projet peu explicitée dans le programme MPS en dehors du fait que l'élève seul ou en équipe devra aboutir à une production et à une forme de communication scientifique. Cette démarche de projet semble assimilée dans le « document Ressources MPS » à la démarche d'investigation. Celle-ci n'est jamais clairement définie non plus. Dans ces deux documents, on parle parfois de « démarche scientifique » au singulier et à d'autres moments de « démarches scientifiques » au pluriel qui sont alors présentées comme communes et partagées mais ne sont pas davantage explicitées.

Le travail collectif attendu de l'équipe pédagogique consiste d'abord aux choix de deux ou trois thèmes ainsi que des projets collectifs traités dans chaque thème. Ces projets doivent répondre à de nombreux critères que nous considérons complexes. Ils doivent : être intéressants mais à la portée élèves de seconde et réalisables dans les temps, permettre de mobiliser et développer des compétences dans le champ des sciences et des techniques, faire converger l'apport des différentes disciplines et aussi permettre la découverte de métiers et de formations scientifiques. Les professeurs sont invités à réfléchir sur les apports de chaque discipline au projet collectif et sur leurs articulations afin de ne pas se limiter à une simple juxtaposition d'enseignements disciplinaires sur un thème donné. Il est aussi spécifiquement demandé une évaluation et il est conseillé une autoévaluation par compétences.

L'organisation suggérée est une alternance de séances menées collectivement et individuellement par les professeurs. Il ne s'agit donc pas d'une intégration comme proposé dans le dispositif de l'Enseignement intégré des sciences (I.1.2.7) ni de l'encadrement de sujets de recherche comme dans les Travaux personnels encadrés (I.1.2.6). Si des pistes sont données il est fait appel à de la souplesse et de l'inventivité de la part des équipes pédagogiques. Cette organisation du projet global et des séances menées collectivement est laissée à la charge de l'équipe pédagogique.

Ainsi, si comme Beaufort *et al* (2013, p. 3) nous considérons que « *La démarche d'investigation et l'interdisciplinarité sont au cœur de ce programme.* ». Notre analyse des textes précisant la demande institutionnelle en MPS nous conduit à quelques remarques. De façon similaire à Pineau-Choquet (2014, p. 12) qui aboutit à un flou dans les injonctions officielles sur les problèmes ouverts dans les programmes du primaire nous remarquons des demandes confuses et vagues sur les méthodes d'enseignement préconisées et les attendues en MPS. Le travail collectif à mettre en œuvre est ambitieux mais il est de la même façon peu explicité et repose davantage sur des intentions que sur des propositions concrètes. L'ensemble de ces remarques nous conduit à nos premiers questionnements.

I.3 - CONCLUSIONS ET PREMIÈRES QUESTIONS SOULEVÉES

Ce chapitre vise essentiellement à définir la demande institutionnelle concernant les MPS. Pour cela nous avons remonté l'histoire de l'enseignement des sciences jusqu'au début du XX^e siècle aussi bien au primaire qu'au secondaire en nous attardant sur des moments significatifs et en les identifiant en termes de rupture ou de continuité. Nous avons ensuite élargi nos analyses à des dispositifs issus de la recherche qui visaient des objectifs similaires et nous avons pris en compte les éléments de réflexion apportés par la recherche en didactique des mathématiques sur les points qui nous semblaient éclairer nos propres questionnements.

Selon nous, l'EE MPS est un nouveau dispositif pédagogique qui s'inscrit à la jonction de deux volontés institutionnelles fortes : renouveler l'enseignement des sciences et décroïsonner les disciplines.

Cet EE s'inscrit ainsi dans une longue liste de tentatives visant à rénover l'enseignement des sciences toujours fondées sur l'idée de transposer en classe la démarche des scientifiques mais qui a évolué d'une approche intuitive, inductive, empiriste dans laquelle de l'observation ou d'une expérience les élèves redécouvraient les lois qui régissent la nature à une démarche hypothético-déductive basée sur l'investigation et tenant compte des cadres théoriques et des représentations des élèves. La réussite de ces tentatives ne peut se faire sans modifications parfois profondes des pratiques des enseignants et des élèves et les difficultés éprouvées par les professeurs pour s'adapter aux pratiques attendues sont régulièrement pointées comme une des causes de leur échec.

Les MPS s'inscrivent aussi à la suite de tentatives plus récentes, datant des années 2000, pour mettre en place des enseignements pluridisciplinaires visant à décroïsonner les disciplines et à engager les professeurs dans un travail collectif. Ces enseignements s'appuient sur une pédagogie de projet visant l'acquisition de connaissances et de compétences par la réalisation d'une production.

Ces deux volontés institutionnelles se traduisent selon nous dans la phrase issue du programme MPS « *il [l'EE MPS] initie les élèves à la démarche scientifique dans le cadre d'un projet* ». Faisant partie des enseignements d'exploration, l'enseignement MPS vise aussi à aider l'élève à construire son projet d'orientation en lui faisant découvrir différents domaines des quatre disciplines impliquées ainsi que des métiers et des formations dans le champ des sciences. Il veut aussi éveiller sa curiosité en montrant l'apport et la synergie de ces disciplines pour trouver des réponses aux questions scientifiques soulevées par notre société moderne. Mais si les objectifs généraux et premiers sont bien expliqués, la démarche à suivre pour les atteindre nous semble bien plus vague.

Ainsi, « *initier les élèves à la démarche scientifique dans le cadre d'un projet* » est présenté comme l'un des objectifs du programme MPS alors que dans le « document Ressources MPS » il s'agit plutôt d'un moyen pour atteindre les objectifs énoncés en termes d'orientation. La démarche attendue est une démarche de projet peu explicitée dans le

programme MPS en dehors du fait que l'élève seul ou en équipe devra aboutir à une production et à une forme de communication scientifique. Cette démarche de projet semble assimilée dans le « document Ressources MPS » à la démarche d'investigation sans que celle-ci ne soit clairement définie non plus. Dans ces deux documents on parle parfois de « démarche scientifique » au singulier et à d'autres moments de « démarches scientifiques » au pluriel qui sont alors présentées comme communes et partagées mais ne sont pas davantage explicitées.

Or depuis quarante ans, *« bilans et études témoignent de l'écart entre ce type de prescriptions [DI] et les pratiques habituelles, où les élèves se bornent à faire des constats ou à appliquer les instructions fournies »* (Cariou, 2010, p. 59). Si l'interdisciplinarité est au cœur de ce programme, le travail collectif attendu est peu détaillé. Or il est *« constaté que les préconisations théoriques concernant la mise en place de l'interdisciplinarité en classe sont peu accessibles aux professeurs dans leur pratique quotidienne »* (Beaufort *et al.*, 2013, p. 1). De plus le décloisonnement des disciplines est classé en dernier comme objectif des DI par les enseignants (Monod-Ansaldi et Prieur, 2011). Ainsi les MPS cumulent les difficultés liées à la mise en œuvre de séances fondées sur des DI et celles liées à la pluridisciplinarité.

Par ailleurs, il est fait appel, dans la page de présentation des EE, à *« l'initiative et à l'inventivité des équipes pédagogiques pour introduire au lycée des innovations pédagogiques fécondes et bénéfiques aux élèves »* et dans le « document Ressources MPS », il est demandé *« une adaptation de leurs pratiques pédagogiques »* aux enseignants. On laisse aussi une marge de liberté aux équipes avec la présence d'un thème libre. Les difficultés rencontrées par les dispositifs précédents, le flou constaté dans les instructions officielles et la plage de liberté laissée aux équipes pédagogiques nous amènent à soulever plusieurs questions.

Si on considère les MPS comme une forme de généralisation de l'option Sciences, cet enseignement donnera-t-il la même satisfaction ? Si les comptes rendus de mises en œuvre de séances menées dans ce cadre semblent prometteurs, il est à noter que l'option Sciences est restée au stade de l'expérimentation, ouverte dans les lycées qui en faisaient la demande, portée alors par des équipes de professeurs volontaires, accompagnée parfois par le groupe enseignement scientifique de l'IREM de Montpellier composé en partie de chercheurs universitaires. Sera-t-il possible de trouver dans chaque lycée une ou plusieurs équipes de professeurs volontaires pour s'impliquer dans cet enseignement pluridisciplinaire ? Non accompagnées par des groupes IREM et/ou des chercheurs universitaires les pratiques seront-elles aussi diverses ? Rencontrera-t-on des réticences de la part des enseignants, similaires à celles observées dans le dispositif Maths à modeler, pour prendre en charge seul les situations de recherches ?

Comment les équipes pédagogiques vont-elles s'approprier cet EE et interpréter les instructions officielles ? Quels vont être les disciplines impliquées, les thèmes choisis, les projets menés en MPS ? Le thème libre sera-t-il exploité ? Quel sera le type de séances conçues et mises en œuvre en MPS ? Seront-elles fondées sur des démarches d'investigation ? Les obstacles professionnels pointés pour les TPE, en particulier *« la difficulté problématiser un objet de savoir pour l'enseigner »* (Chevallard et Matheron, 2002) persisteront-ils ? Retrouvera-t-on les difficultés rencontrées par les enseignants pour mettre en œuvre des séances fondées sur des DI qui plus est dans un contexte pluridisciplinaire ?

Les mathématiques et les professeurs de mathématiques trouveront-ils davantage leur place dans les MPS que cela n'a été le cas dans les TPE ? Quelle sera l'apport du collectif et les modalités d'interactions entre les disciplines ? Les MPS seront-ils propices à favoriser le dialogue entre les disciplines comme pour l'option Sciences ou au contraire la forte disciplinarisation des enseignants empêchera-t-elle de donner une meilleure cohérence horizontale entre les différents enseignements (Lebeaume 2009) ? Ne se limitera-t-on pas à une simple juxtaposition des disciplines ?

Qu'en sera-t-il du développement professionnel des professeurs de mathématiques impliqués et à longs termes, le fait d'enseigner en MPS pourrait-il servir de levier pour permettre aux enseignants de mathématiques de mieux s'approprier la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur l'investigation comme cela semble avoir été le cas pour les enseignants engagés dans l'EIST ?

Enfin, si l'on considère que l'une des raisons de la réussite du dispositif « La main à la pâte » réside dans les moyens et les ressources mobilisées qu'en sera-t-il pour les MPS ? Dans un contexte pluridisciplinaire, les professeurs et en particulier ceux de mathématiques disposeront-ils de ressources personnelles, de connaissances universitaires suffisantes ? Quelles seront les ressources mises à disposition des enseignants en particulier par l'institution et quelles seront celles utilisées ? Quelles seront celles conçues par les professeurs pour soutenir leur enseignement ? Fera-t-on appel aux professeurs pour concevoir les ressources comme pour les TSE (Lebeaume 2009) ? La généralisation d'Internet, les listes de diffusion et les forums de discussion permettront-ils une meilleure diffusion des ressources ?

Le choix de cadres théoriques dans le chapitre suivant nous permettra de préciser notre questionnement et d'énoncer nos questions de recherches.

II - CADRES THÉORIQUES MOBILISÉS

Dans notre recherche nous allons mobiliser principalement deux cadres théoriques qui trouvent leurs racines dans la théorie de l'activité et la psychologie ergonomique : la double approche didactique et ergonomique et l'approche documentaire du didactique. La première partie (II.1) permet d'explicitier les principaux concepts issus de la théorie de l'activité et de la psychologie ergonomique. Nous présenterons ensuite la double approche didactique et ergonomique ainsi que certains travaux sur le développement professionnel et le rôle du collectif réalisés en prolongement de la double approche et directement liés à notre sujet de recherche. La deuxième partie (II.2) présente l'approche documentaire du didactique et des contributions plus récentes que nous mobiliserons aussi dans notre travail. Dans la troisième partie (II.3), nous proposons une mise en regard de ces deux cadres théoriques. Enfin, dans la quatrième partie (II.4) nous expliquons comment et pourquoi nous avons choisi ces deux approches, mobilisées davantage de façon complémentaire qu'articulée, en gardant une certaine souplesse pour nous adapter à chaque enseignant, à chaque situation. L'ensemble nous permettra de préciser nos questions de recherche et d'avancer les hypothèses de réponses mises à l'épreuve dans ce travail (II.5) dans la dernière partie.

II.1 - LA DOUBLE APPROCHE DIDACTIQUE ET ERGONOMIQUE

Nous nous proposons d'analyser les pratiques *ordinaires*, c'est-à-dire en dehors de toute ingénierie didactique (Artigue, 1990), de professeurs de mathématiques dans le cadre de l'enseignement d'exploration Méthodes et Pratiques Scientifiques en seconde. Nous entendons le mot « pratiques » selon la définition donnée par Aline Robert comme « *tout ce qui se rapporte à ce que l'enseignant pense, dit ou ne dit pas, fait ou ne fait pas, sur un temps long, que ce soit avant, pendant, après les séances de classe* » (Robert, 2010a, p. 59) et nous reconnaissons que ces pratiques sont complexes et cohérentes. Afin de prendre en compte leur complexité nous proposons de mobiliser le cadre théorique de la double approche didactique et ergonomique développée par Aline Robert et Janine Rogalski (2010) qui vise à questionner les régularités et les variabilités des pratiques enseignantes, intra ou inter individuelles, leurs déterminants et leurs effets sur les activités des élèves.

La double approche adopte un changement de posture par rapport à d'autres cadres didactiques en considérant que, pour analyser et interpréter les pratiques, on ne peut pas faire l'impasse que celles-ci, tout en ayant comme objectif l'apprentissage des élèves, concernent l'exercice d'un métier, celui d'enseignant (Robert, 2010b). La double approche s'inspire ainsi de la théorie de l'activité initiée par des psychologues russes (Vygotski, Leontiev), puis développée dans le champ de la psychologie ergonomique par des psychologues français tels que Vergnaud et Leplat (Gueudet et Vandebrouck, 2011).

Dans un premier temps, nous introduisons ci-dessous des concepts clés de la théorie de l'activité et de la psychologie ergonomique qui sont mobilisés dans la double approche didactique et ergonomique comme les concepts de *sujet* et *situation*, de *tâche* et *activité* (II.1.1), de décomposition de la tâche (II.1.2) et de double régulation de l'activité (II.1.3). Nous expliciterons ensuite comment la double approche propose d'appréhender les pratiques des enseignants par l'analyse de cinq composantes à recombinaison et la méthodologie préconisée (II.1.4). Nous verrons comment est entendu le développement professionnel en psychologie ergonomique et les prolongements développés dans le cadre du projet STEAM proposant un modèle (ESFI) spécifiquement conçu pour analyser les activités des enseignants lors de séances fondées sur l'investigation et le développement de compétences professionnelles propres à ce type de séance (II.1.5). Enfin, nous questionnerons le rôle du collectif dans le développement de compétences professionnelles (II.1.6).

II.1.1 - LES CONCEPTS DE SUJET ET SITUATION, TÂCHE ET ACTIVITÉ

Nous expliquons dans ce paragraphe des notions clés issues de la théorie de l'activité et de la psychologie ergonomique qui seront mobilisées par la suite : celles de sujet et situation, tâche et activité, activité productive et constructive.

Le sujet (un enseignant de mathématique pour ce qui nous concerne) est « *individualisé*;

avec des intentions (son activité est finalisée et il peut en avoir conscience) ; avec des compétences qui constituent un potentiel de ressources pour engendrer des actions pour réaliser ses buts ; marqué par mais non identifié à une insertion sociale, et des responsabilités, y compris juridiques. » (Rogalski, 2003, p. 347).

Cet enseignant agit dans une situation de travail spécifique : *« l'enseignant de mathématiques, comme tout professionnel, n'est pas seul maître de ses buts ni de ses moyens ; il agit dans une situation qui comporte son propre système de contraintes et de ressources ; il a une tâche à accomplir (ou un ensemble de tâches, ou plus largement : une mission) qui le lie à un prescripteur (son employeur, sa hiérarchie) par un contrat partiellement implicite. » (Rogalski, 2003, p. 347)*

La théorie de l'activité s'intéresse à un sujet individualisé et permet de rechercher, pour une classe de situations, des invariants et des variabilités dans les relations entre le sujet et son activité en situation.

La distinction entre la tâche et l'activité est centrale dans la théorie de l'activité. La tâche est définie du côté de la situation comme *« ce qui est à faire, le but qu'il s'agit d'atteindre sous certaines conditions » (Vandebrouck, 2010, p. 254)*. L'activité est définie du point de vue du sujet, comme *« ce que développe le sujet lors de la réalisation de la tâche : non seulement ses actes extériorisés, mais aussi les inférences, les hypothèses qu'il fait, les décisions qu'il prend, dans ce qu'il fait et ce qu'il retient de faire ; l'activité comprend aussi la manière dont le sujet gère son temps, et également son état personnel - en termes de charge de travail, de fatigue, de stress, et aussi de plaisir pris au travail -, ainsi que ses interactions avec autrui dans la situation de travail. » (Rogalski, 2010, p. 24).*

L'activité du sujet en situation est par ailleurs productive et constructive. Par ses actions le sujet modifie la situation, c'est la partie productive mais, ce faisant, le sujet se transforme lui-même en développant de nouvelles connaissances, c'est la partie constructive. Bien que distinctes, activités productives et constructives sont indissociables. (Vandebrouck, 2010)

Une fois ces premiers concepts précisés, nous détaillons, dans le paragraphe suivant, la notion de tâche.

II.1.2 - LA TÂCHE ATTENDUE, LA TÂCHE PRESCRITE, LA TÂCHE REDÉFINIE, LA TÂCHE EFFECTIVE

La notion de tâche se décline en plusieurs niveaux, selon le point de vue du prescripteur et celui du réalisateur : tâche attendue, prescrite, redéfinie et effective. Ce paragraphe vise à préciser ces notions.

La tâche attendue : *« C'est le contenu réel des attentes du prescripteur » (Rogalski, 2003, p. 350)*. C'est la tâche choisie par la noosphère (la sphère où l'on pense) avant sa transposition didactique (Chevallard, 1985).

La tâche prescrite : *« ce sont les buts et les conditions explicités dans les textes prescriptifs » (Rogalski, 2003, p. 350)*. Le professeur répond à des tâches prescrites par l'institution le plus souvent sous forme de programme publié dans des bulletins officiels qui fixe non seulement le contenu mais aussi des ressources et des contraintes *« Ces tâches*

peuvent être définies dans les termes des résultats attendus par le prescripteur, et des ressources et contraintes encadrant la réalisation de la tâche : on est du côté de la tâche prescrite ». (Rogalski, 2010, p. 26). Cette tâche se traduit aussi dans les moyens donnés à l'enseignant dans l'établissement, organisation du temps scolaire, salles attribuées, etc.

Mais l'enseignant, comme tout professionnel, ne répond jamais exactement à la tâche prescrite parfois intentionnellement mais aussi souvent de façon involontaire. « *La tâche est en fait redéfinie par le sujet ; pour la réaliser il s'en fait une représentation, s'autorise ou s'interdit des possibles (pas toujours consciemment), lève des contraintes ou s'en pose, utilise des critères d'évaluation qui peuvent différer de ceux de la prescription.* » (Rogalski, 2010, p. 26)

Chaque enseignant va redéfinir la tâche à partir de ses représentations : « *La notion de tâche redéfinie introduit une dimension subjective en mettant l'accent sur la manière toujours singulière avec laquelle le professionnel s'approprie les prescriptions en fonction de ses propres représentations du métier, de son rôle, des élèves, de l'apprentissage, de la discipline enseignée, du contenu spécifique de la séance.* » (Vannier, 2012, p. 133)

La tâche effective est celle mise en œuvre par le professeur en classe, qui peut différer de celle qu'il s'était fixée. C'est la tâche à laquelle répond l'activité du professeur. Elle peut différer de la tâche prescrite en fonction de la tâche redéfinie ou bien en fonction des réactions des élèves.

« *La tâche effective peut s'éloigner de la tâche prescrite parce que le sujet manque de mobile pour s'engager dans l'action attendue, ou parce qu'il n'a pas les compétences nécessaires pour la réaliser, ou parce qu'il s'en construit une représentation inappropriée.* » (Rogalski, 2010, p. 26)

L'activité enfin est ce qui se réalise en classe lors d'une séance particulière avec tel groupe d'élèves.

La même décomposition de la tâche se met en place du côté des élèves pour répondre aux tâches proposées par le professeur. À partir des travaux de Rogalski (2003), Vannier (2012) propose un modèle d'analyse de l'activité de l'enseignant sous forme de tableau :

PRESCRIPTEUR	Tâche attendue (par la noosphère, prescripteur latent)
	Tâche prescrite (par l'institution, dans les textes officiels)
ENSEIGNANTS Contrat professionnel entre prescripteur et enseignants	Tâche redéfinie (par l'enseignant)
	Tâche réalisée (effective)
	Activités de l'enseignant (observables pour l'analyste et/ou à inférer par l'analyste)
ÉLÈVES Contrat didactique entre l'enseignant et l'élève	Tâche attendue de l'élève par l'enseignant (mise en œuvre de certains savoirs)
	Tâche prescrite à l'élève (consigne donnée)
	Tâche redéfinie (par l'élève)
	Tâche réalisée (par l'élève)
	Activités de l'élève de l'ordre des observables pour l'enseignant ou à inférer par l'enseignant

Illustration 2. Modèle d'analyse de l'activité enseignante d'après Vannier (2012, p.135)

Dans le paragraphe suivant, nous nous attachons à modéliser les interactions entre le sujet, la situation et l'activité.

II.1.3 - LA DOUBLE RÉGULATION DE L'ACTIVITÉ

Le sujet et la situation déterminent l'activité, mais en retour l'activité va modifier la situation et le sujet. On parle alors de double régulation de l'activité, ce qui fait l'objet de cette partie.

L'activité de l'enseignant est influencée par la situation composée de la tâche et du contexte (le système scolaire, l'établissement, la classe, les moyens disponibles, ...). L'activité est aussi influencée par l'enseignant lui-même (ses représentations sur les contenus à enseigner, sur les méthodes d'enseignement, ses connaissances professionnelles, son état personnel, ...). En retour, l'activité produit des effets sur les éléments de la situation en particulier sur les activités des élèves, mais aussi des effets sur le sujet lui-même en termes de satisfaction, de compréhension de la tâche prescrite, de ses connaissances professionnelles On parle alors de double régulation de l'activité (Rogalski, 2003, p. 358). Reprenant des travaux de Leplat (1997), Rogalski (2010) schématise cette double régulation :

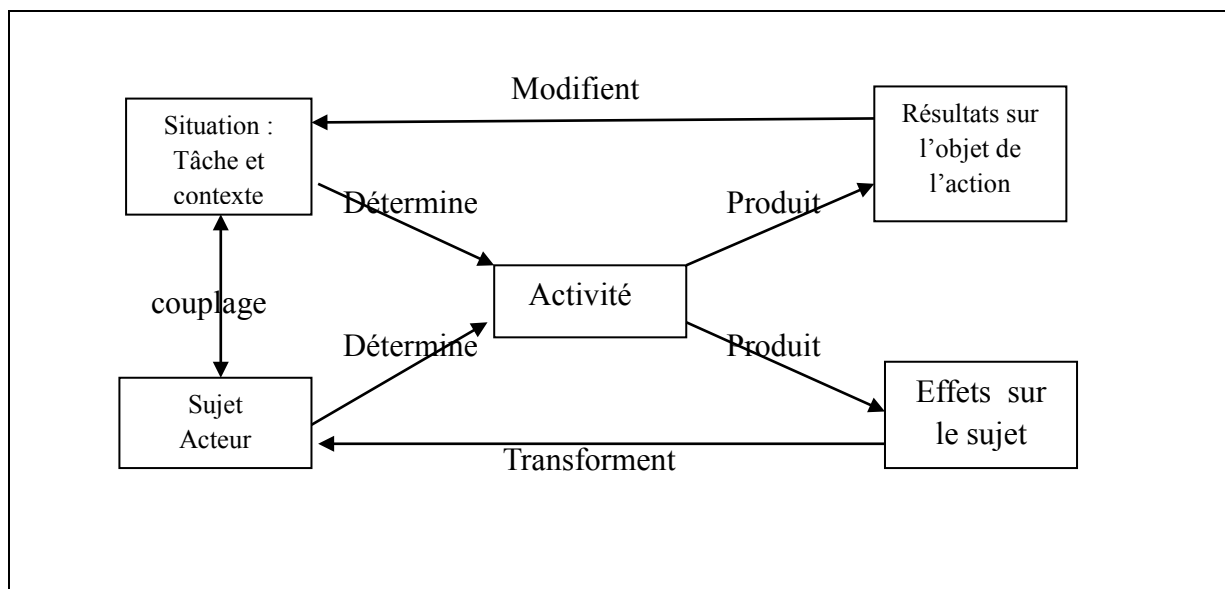


Illustration 3. Schéma de la double régulation d'après Rogalski (2010, p. 30)

Résultats et effets rétroagissent sur les déterminants de l'activité, dans une double régulation qui fonctionne sur différentes échelles temporelles à court terme, sur un temps médium ou sur le long terme.

- Le court terme concerne le temps du déroulement d'une séance de classe, ou d'un épisode de cette séance, avec une régulation en temps réel en cours de séance. Il concerne aussi le temps différé court au sein d'une même journée.

- La régulation en temps médium « va modifier la préparation des séances suivantes, ou l'organisation sur l'année scolaire avec les mêmes élèves; elle va modifier les représentations de l'enseignant sur « où en sont » les élèves, ce qu'on peut faire avec eux ; elle va aussi modifier ou conforter la manière de gérer les séances suivantes sur le même thème ; elle peut conduire à choisir des formes de séances en fonction des horaires, de sorte à éviter des effets

sur lui-même (de moindre tonus, etc.). Un commentaire sur les élèves qui relève de ce moyen terme est une évaluation du type « j'ai une bonne seconde cette année ». (Rogalski, 2003, p. 359)

– Le temps long correspond à la modification de la posture que peut prendre l'enseignant au fil de l'expérience acquise sur plusieurs années, à la modification de l'enseignant dans ses compétences professionnelles, et aussi dans sa motivation d'enseignant.

« Il ressort de ce modèle que l'analyse de l'activité de l'enseignant et de ses déterminants doit prendre en compte non seulement les effets sur les apprentissages des élèves, et plus largement de leurs acquis de socialisation scolaire, mais aussi les effets sur l'enseignant lui-même, en particulier la maîtrise des effets négatifs et le maintien d'un bien-être suffisant en classe et à la sortie de la classe. » (Rogalski, 2003, p. 359)

S'appuyant sur ces différents concepts issus de la théorie de l'activité et de la psychologie ergonomique, Robert et Rogalski (2010) posent les bases de la double approche didactique et ergonomique détaillée dans le paragraphe suivant.

II.1.4 - LA DOUBLE APPROCHE DIDACTIQUE ET ERGONOMIQUE : ANALYSE DES PRATIQUES D'ENSEIGNANTS EN COMBINANT CINQ COMPOSANTES

Dans ce paragraphe, nous développons les concepts fondateurs de la double approche didactique et ergonomique des pratiques enseignantes qui ont été développés par Robert (2010) et Rogalski (2010). Rappelons que le mot *pratiques* qualifie « tout ce qui se rapporte à ce que l'enseignant pense, dit ou ne dit pas, fait ou ne fait pas, sur un temps long, que ce soit avant, pendant et après les séances » (Robert, 2010a, p. 59) alors que le mot *activités* est réservé à des moments précis de ces pratiques, référés à des situations spécifiques comme des activités de préparation ou des activités en classe. Après avoir défini les questions de recherche visées par la double approche, nous explicitons la décomposition de l'activité selon cinq composantes à recombinaison puis la méthodologie préconisée.

Les questions de recherche que la double approche permet d'aborder portent sur les régularités et les variabilités dans les pratiques enseignantes, intra ou inter individuelles, leurs déterminants et leurs effets sur les activités des élèves. Pour approcher les pratiques, la double approche propose de prendre en compte à la fois leur but, l'apprentissage mathématique des élèves et leur enrôlement, mais aussi les contraintes liées à l'exercice du métier d'enseignant.

Les pratiques d'un enseignant sont analysées à partir de l'observation de séances en classe et des activités qu'il y déploie complétée par des entretiens réalisés hors classe. Les activités sont décomposées selon cinq composantes, qui recombinaison, permettront d'approcher les pratiques.

- La composante cognitive

« La composante cognitive traduit ce qui correspond au choix de l'enseignant sur les contenus, les tâches, leur organisation, leur quantité, leur ordre, leur insertion dans une progression qui dépasse la séance, et les prévisions de gestion pour la séance. Elle renseigne sur l'itinéraire cognitif choisi par l'enseignant. » (Robert, 2010a, p. 60)

- La composante médiative

« *Les choix correspondants aux déroulements, les improvisations, les discours d'enrôlement des élèves, la dévolution des consignes, l'accompagnement des élèves dans la réalisation de la tâche, les validations, les expositions de connaissances incrémentent la composante médiative.* » (Robert, 2010a, p. 60)

On accède à ces deux premières composantes par l'observation de séances en classe. Pour intégrer le métier trois composantes supplémentaires sont introduites :

- La composante personnelle

Elle « *permet de pondérer ce que l'on voit en classe et de l'intégrer dans le temps long* ». Cette composante « *sert à traduire aussi les représentations du professeur, les risques qu'il consent dans l'exercice de son métier, le confort dont il a besoin ...* » (Robert, 2010a, p. 60)

- La composante institutionnelle

Elle permet de tenir compte d'un certain nombre de contraintes dont l'enseignant, comme tout professionnel, doit prendre en considération comme « *la nature des mathématiques à enseigner, les programmes, les horaires, certaines ressources comme les manuels, l'existence d'une administration, les inspections* ». (Robert, 2010a, p. 61)

- La composante sociale

Elle permet d'introduire le fait que l'enseignant ne travaille pas seul mais avec des élèves, des collègues et qu'il est soumis dans son établissement à « *des exigences, des attentes, quelquefois des contraintes dont on ne peut pas faire l'impasse pour interpréter ce qu'on a vu dans la classe* ». (Robert, 2010a, p. 61)

On accède à ces trois composantes par l'observation de séances en classe accompagnée d'entretiens hors classe. En classe, les observables sont les activités des élèves telles que l'enseignant les organise. (Robert, 2010a, p. 60)

« *Dans un premier temps, le travail des enseignants est étudié en référence aux activités potentielles des élèves, notamment en classe. Ces activités sont caractérisées par les mises en fonctionnement de connaissances mathématiques que les élèves sont amenées à faire, à partir des tâches qui leurs sont proposées, des modes de travail et des aides de l'enseignant.* » (Gueudet et Vandebrouck, 2011, p.288)

Les scénarios (suite des contenus proposés aux élèves ainsi que la gestion correspondante, prévue *a priori*) et les énoncés proposés par un enseignant à ses élèves sont recueillis et sont soumis à une analyse des tâches mathématiques. Cette analyse, conduit à définir l'« itinéraire cognitif » proposé aux élèves.

« *Cette étude se poursuit à partir de transcriptions (et/ou vidéos) recueillies pendant des observations en classe. Il s'agit d'analyser le déroulement de séances, la gestion de classe de l'enseignant, ses conséquences sur les activités mathématiques possibles des élèves, à travers notamment la prise en compte des formes de travail mises en place et l'étude des aides apportées aux élèves durant la séance (orales ou écrites, de type procédural, à visée constructive, ou intermédiaires, et inscription temporelle dans la réalisation de la tâche en jeu). Cette nouvelle analyse est pilotée par la mise en regard de l'itinéraire cognitif proposé*

aux élèves et de leurs activités possibles (a minima et a maxima) compte tenu du déroulement. » (Gueudet et Vandebrouck, 2011, p. 289)

Cette partie de l'analyse permet d'éclairer sur la composante cognitive qui rend compte des choix de scénarios et d'énoncés *a priori* et sur la composante médiative, qui rend compte des choix lors des déroulements.

Les observations de séances en classe sont complétées par des questionnaires et des entretiens qui permettent le recueil de renseignements plus globaux liés aux contraintes professionnelles et qui seront prises en compte dans les composantes sociales et institutionnelles. Les informations obtenues sur les conceptions de l'enseignant, sa représentation des modes d'apprentissage des élèves, ses connaissances, son expérience sont intégrées dans la composante personnelle.

La complexité des pratiques enseignantes ne permet pas une réduction de celles-ci à la juxtaposition des cinq composantes. Néanmoins, la stabilité des pratiques s'interprète en termes de cohérence entre les composantes en particulier cognitive et médiative. L'utilisation d'un nouvel élément va rompre cette cohérence. Dans la double approche, on considère qu'il y a eu intégration lorsque, par la suite, une nouvelle cohérence est retrouvée, qui comporte l'utilisation de cet élément. Ces évolutions sont perçues dans le temps.

Dans les deux paragraphes (II.1.5 et II.1.6) nous présentons des travaux inscrits dans la lignée de la théorie de l'activité, de l'approche ergonomique et de la double approche didactique et ergonomique, travaux qui sont plus directement liés à notre sujet de recherche : la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI ainsi que le développement professionnel.

II.1.5 - LE DÉVELOPPEMENT DE COMPÉTENCES PROFESSIONNELLES, LE MODELE ESFI

Dans ce paragraphe, nous développons ce qui est entendu par développement professionnel en psychologie ergonomique dans un cadre général, puis nous présentons le modèle ESFI (Enseignement des Sciences Fondées sur l'Investigation) qui permet d'analyser les activités des enseignants lors de séances fondées sur des DI et le développement de compétences professionnelles propres à ce type de séances. Nous questionnons enfin le rôle du collectif dans le développement des compétences professionnelles.

Les recherches en psychologie ergonomique ou en didactique professionnelle sur le développement de compétences professionnelles montrent que celles-ci ne s'acquièrent pas par paquets, mais consistent en des réorganisations successives des conceptualisations, et des manières de penser l'activité par rapport à la situation. Ces réorganisations successives provoquent des sauts conceptuels, des retours en arrière et des stagnations par palier. Quatre paliers de développement sont proposés : novice, débutant avancé, praticien compétent et expert (Grangeat, 2013).

« Le novice s'efforce d'identifier des indices, des évidences dans la situation qui est la sienne, afin de se repérer, de poser un diagnostic et de décider d'une action qui a du sens pour lui. » (Grangeat, 2013, p. 158)

Le débutant avancé agrège des éléments divers, construits à travers l'expérience, les interactions et la formation, et élabore ainsi des « savoirs processus » de plus en plus étendus. Ces savoirs-processus, proches de la notion de schème de Vergnaud (1996), regroupent quatre éléments : *« les buts que se donnent les acteurs, les informations prises dans la situation afin de porter un diagnostic sur l'activité, les règles d'action qui découlent de ce diagnostic, les connaissances qui font référence pour justifier ces actions »*. (Grangeat, 2013, p. 159)

Sous l'effet des interactions au travail, de la formation et de l'expérience, le praticien compétent regroupe les savoirs-processus selon des classes de situations et les met en relation avec les éléments organisateurs de la situation : les objectifs de l'activité, les artefacts et ressources disponibles, la culture de la communauté professionnelle et l'organisation du travail. La constitution de tels réseaux de significations *« permet de concevoir des actions plus souples, plus adaptées aux exigences des missions complexes et aux réalités du terrain. Cela permet aussi d'anticiper les actions et leurs conséquences, de savoir parfois attendre sans réagir trop promptement à chaque incident ; bref, de prendre du recul sur sa pratique, qu'elle soit individuelle ou collective »* (Grangeat, 2013, p. 159). Ces organisations de savoirs-processus autour des buts génériques de l'activité sont nommées modèles opératifs.

L'expert mobilise deux types de connaissances supplémentaires : des métaconnaissances, c'est-à-dire des connaissances sur ses propres connaissances dans une situation donnée, et des connaissances sociales, c'est-à-dire des connaissances à propos des rôles et des ressources de chaque membre de l'équipe par rapport à la mission. *« La conduite de l'action est alors réfléchie : le sujet se distancie de l'action immédiate pour construire des plans d'action étendus, qui investissent tout l'espace professionnel, en jouant sur des lieux et des temporalités variés. Cette extension lui confère une marge de liberté lui permettant de jouer avec la variabilité des événements qui surgissent dans les situations quotidiennes et donc avec la diversité, l'hétérogénéité, des autres acteurs »* (Grangeat, 2013, p. 160).

A partir des travaux et réflexions menés dans le cadre du projet européen S-TEAM (I.1.3.3), un modèle apte à identifier l'activité d'enseignants de sciences au cours d'une séance fondée sur les démarches d'investigation a été élaboré. Le modèle ESFI (Enseignement des Sciences Fondé sur l'Investigation) à six dimensions, proposé par Grangeat (2013), permet d'identifier l'activité des enseignants au cours d'une séance fondée sur les DI. Chaque dimension constitue un continuum sur lequel les stratégies d'enseignement peuvent être positionnées. Pour chaque dimension, une référence est faite au canevas de la démarche d'investigation en sept étapes proposée dans l'introduction commune aux programmes de collège (I.1.2.4). Les recherches sur le développement professionnel développées ci-dessus ont conduit à placer sur ces continuums quatre modes. Les premiers modes correspondent à des stratégies plutôt centrées sur l'enseignant et les contenus. Les modes terminaux correspondent à des stratégies plus complexes, centrées sur les apprenants et la maîtrise de connaissances et de compétences spécifiques aux DI. (Grangeat, 2013).

La première dimension concerne l'origine du questionnement. Elle correspond au premier moment de la démarche d'investigation proposée par les programmes officiels français. À un premier pôle du continuum, l'enseignant propose le questionnement initial et fait en sorte qu'il devienne celui des élèves ; à l'autre extrémité, l'enseignant construit une situation qui permettra aux élèves d'élaborer des problèmes, par exemple à partir d'un thème commun ou d'une sorte d'intrigue.

La deuxième dimension correspond à la nature du problème qui motive l'investigation. Elle recoupe les deuxième et troisième moments de la démarche d'investigation des programmes français. D'un côté du continuum, ce problème est fermé et les élèves suivent un protocole alors qu'à l'autre extrémité de cet axe, le problème est ouvert et les élèves ont à déterminer leur protocole et à choisir le matériel pour tester leurs hypothèses.

La troisième dimension est relative à la responsabilisation des élèves dans la conduite de la démarche d'investigation. Elle comprend des éléments des troisième et quatrième moments du programme français. Le premier mode du continuum est caractérisé par un fort guidage de l'enseignant. L'opposé est défini par une plus grande part laissée à l'autorégulation de leurs apprentissages par les élèves.

La quatrième dimension concerne la prise en considération de la diversité des élèves. Comme la précédente, elle se retrouve dans les troisième et quatrième moments de la démarche d'investigation telle qu'elle est préconisée officiellement en France. [...]

En ce qui concerne les stratégies d'enseignement, le premier mode du continuum, qui est centré sur l'enseignant, consiste simplement à gérer le comportement de certains élèves pour les rendre actifs dans la démarche d'investigation. L'autre mode du continuum, centré sur les apprenants, consiste à adapter la situation de manière à prendre en compte leurs spécificités.

La cinquième dimension du modèle concerne le développement de l'argumentation scientifique. Elle recoupe les moments trois à six du canevas proposé par le programme français. Le premier mode du continuum consiste à faciliter la communication entre élèves dans les petits groupes de travail. Le mode ultime consiste à leur permettre de justifier leur point de vue en référence à des résultats ou à des savoirs.

La dernière dimension, l'explicitation des savoirs découlant de l'investigation, consiste à rendre explicites les objectifs des enseignants et notamment les acquisitions qui étaient visées à travers les démarches d'investigation. Le premier mode du continuum consiste pour les enseignants à énoncer leurs attentes pour la séance en cours. Le mode ultime comporte l'explicitation des savoirs et des métaconnaissances nécessaires à un réinvestissement des acquis de la séance et, plus largement, de la séquence. (Grangeat, 2013, p. 164-169).

Dimension 1 : Qui est à l'origine du questionnement ?			
Mode 1.1	Mode 1.2	Mode 1.3	Mode 1.4
L'enseignant apporte le questionnement initial	L'enseignant propose un questionnement initial en lien avec l'expérience des élèves	Les élèves construisent un questionnement à partir d'une situation proposée par l'enseignant	Les élèves construisent un questionnement à partir d'un thème qui dépasse la seule séance en cours

Dimension 2 : Quelle est la nature du problème ?			
Mode 2.1	Mode 2.2	Mode 2.3	Mode 2.4
L'enseignant propose un protocole à suivre étape par étape	L'enseignant propose une situation connue permettant aux élèves de concevoir un protocole	Les élèves disposent d'un matériel limité pour répondre à une consigne ouverte	Les élèves disposent d'un matériel libre pour répondre à une consigne ouverte

Dimension 3 : Quelle responsabilité ont les élèves ?			
Mode 3.1	Mode 3.2	Mode 3.3	Mode 3.4
L'enseignant met en place les étapes de la démarche d'investigation	L'enseignant amène les élèves à concevoir plusieurs procédures	Les élèves sont responsables du processus d'investigation	Les élèves disposent d'outils d'auto-évaluation conçus par ou avec l'enseignant

Dimension 4 : Que faire de la diversité des élèves ?			
Mode 4.1	Mode 4.2	Mode 4.3	Mode 4.4
L'enseignant gère le comportement de certains élèves pour les rendre actifs	L'enseignant modifie la tâche pour maintenir l'engagement de certains élèves	Chaque groupe ou un nombre significatif d'élèves bénéficie du guidage de l'enseignant	Certains élèves ayant des besoins spécifiques bénéficient d'une adaptation de la situation

Dimension 5 : Quelle est la place de l'argumentation ?			
Mode 5.1	Mode 5.2	Mode 5.3	Mode 5.4
L'enseignant facilite la communication entre les élèves dans les groupes ou la classe	L'enseignant fait communiquer à la classe les propositions des élèves	Les élèves sont encouragés à prendre en compte les arguments d'autrui	Les élèves sont encouragés à justifier leurs réponses par des connaissances ou des résultats

Dimension 6 : Quel niveau d'explicitation des savoirs visés par l'enseignant ?			
Mode 6.1	Mode 6.2	Mode 6.3	Mode 6.4
L'enseignant énonce ses attentes pour la séance en cours	L'enseignant fait le bilan de la séance à propos des savoirs	Les élèves expliquent ce qu'ils ont appris durant la séance	Les élèves disposent explicitement des savoirs nécessaires à un réinvestissement des acquis

Illustration 4. Le modèle ESFI à six dimensions d'après Grangeat (2013, p. 183)

Pour analyser l'activité de l'enseignant à partir du modèle ESFI il convient de chercher le palier maximum atteint. Dans nos analyses, lorsque, dans quelques cas, nous avons été amenée à hésiter entre deux modes nous avons alors choisi de positionner le curseur entre les deux. Les résultats peuvent être rendus sous forme de constellations qui illustrent le positionnement de tel professeur sur une séance observée et éclairent sur les choix pédagogiques des enseignants. Dans le paragraphe suivant, nous questionnons le rôle du collectif dans le développement professionnel.

II.1.6 - LE RÔLE DES COLLECTIFS DANS LE DÉVELOPPEMENT PROFESSIONNEL

Le rôle des collectifs rassemblant des enseignants est de plus en plus perçu comme un

moyen d'améliorer les pratiques pédagogiques. Toujours dans le cadre du projet S-TEAM (I.1.3.3), Grangeat (2011) propose un cadre conceptuel et méthodologique pour étudier le travail collectif enseignant et son influence sur le développement professionnel. Il s'appuie ici aussi sur les modèles de la psychologie ergonomique et de la théorie de l'activité.

La définition du travail collectif donnée, qui dépasse le travail enseignant, est la suivante :

« *Le travail collectif n'implique pas nécessairement une équipe, une communication ou même une régularité : il est déterminé par l'existence d'une mission ou d'un projet commun ou par la nécessité de partager des connaissances ou des ressources.* ». Il est aussi précisé que : « *Le plus souvent, il traverse les frontières des spécialités et comporte des partenariats avec l'extérieur. Dans la plupart des cas, les relations entre les acteurs sont explicitement établies mais elles peuvent aussi se construire dans l'action elle-même* ». (Grangeat, 2011, p. 80)

Le travail enseignant correspond à cette définition. L'activité de chaque enseignant dépend de celles d'autres professionnels, des professeurs de sa discipline qui l'ont précédé auprès des élèves, des autres professeurs de la classe, des personnels administratifs qui gèrent les conseils de classe, les rencontres parents professeurs, les devoirs communs. Son activité dépend aussi de l'organisation générale du curriculum. Enfin il est amené à partager des salles et du matériel avec d'autres personnels de l'établissement. Trois modalités du travail collectif se dégagent (Grangeat, 2011, p. 83) :

- *la collaboration* lorsque les acteurs ont des compétences semblables et partagent la même tâche prescrite qui n'est pas réalisable individuellement. L'enjeu consiste en l'élaboration d'un système de représentations et de savoirs communs afin qu'ils attribuent une signification partagée - ou des significations compatibles entre elles - aux événements qui surgissent dans leur activité. La fonction principale du travail collectif est complétive car les acteurs doivent ajouter leurs forces en étant le plus semblables possibles. Leurs manières d'agir devraient être cohérentes entre elles : être harmonisées tout en restant personnelles.

- *La coopération distribuée* intervient lorsque les buts immédiats des acteurs sont distincts, que leurs tâches sont différentes, mais que leurs activités convergent vers l'atteinte d'un même objectif, vers l'accomplissement d'une même mission. L'enjeu est la compréhension par chacun du rôle qu'occupe son activité dans le processus de travail global afin que tous puissent se sentir en partie responsables de l'action collective. La fonction principale est dite intégrative car les acteurs doivent combiner leurs spécificités sans perdre leur identité. Leurs manières d'agir doivent être congruentes entre elles : rester différentes tout en se complétant.

- *La coaction* dans les situations de partage d'un espace de travail ou d'un ensemble de ressources matérielles. L'enjeu est double. Chaque acteur doit comprendre et contrôler les effets de sa propre action sur celle d'autrui. Il doit aussi identifier les transformations que la situation de coaction provoque sur chaque acteur. La fonction principale est débative car les acteurs doivent comparer leurs points de vue sans que l'un d'entre eux ne prenne l'ascendant. Les manières de penser et d'agir des différents intervenants devraient être pertinentes au regard des objectifs du collectif : viser leur propre but tout en restant respectueuse d'autrui.

Ces trois modalités de travail collectif ne sont pas exclusives l'une de l'autre et participent au développement de compétences professionnelles. En effet, lors des échanges, les acteurs

sont amenés à communiquer, à expliciter, à transmettre des informations et à dévoiler ainsi une partie de leur modèle opératif individuel qui regroupe les connaissances de la personne à propos de son activité et le répertoire d'actions qui lui est disponible pour atteindre ses buts en fonction des spécificités de sa situation d'enseignement. Ces échanges provoquent alors l'élaboration de connaissances communes aux acteurs du collectif qui enrichissent les modèles opératifs individuels. (Grangeat, 2011)

Nous avons introduit les principaux concepts issus de la théorie de l'activité, de la psychologie ergonomique, de la double approche ainsi que certains travaux menés en mobilisant ces cadres et qui sont directement liés à notre sujet de recherche. Dans la partie suivante, nous aborderons le second cadre théorique qui sera particulièrement utilisé dans notre travail : l'approche documentaire du didactique.

II.2 - L'APPROCHE DOCUMENTAIRE DU DIDACTIQUE

Il nous semblait essentiel de prendre en compte tout le travail réalisé hors classe par l'enseignant pour concevoir la matière de l'enseignement dispensé pendant les séances MPS observées, et les ressources sur lesquelles ce travail s'appuie. L'approche documentaire du didactique, initiée par Gueudet et Trouche (2010), invite à un changement de point de vue en regardant l'activité du professeur dans son unité et sa dynamique et en considérant que l'activité en classe n'est qu'un moment de celle-ci. Elle propose un ensemble de concepts permettant l'étude didactique du travail documentaire des enseignants (collecter des ressources, les sélectionner, les transformer, les recomposer, les partager, les mettre en œuvre, les réviser...). Elle propose surtout de considérer que cette documentation, qui désigne simultanément ce travail et son produit, est au cœur de l'activité et du développement professionnel des professeurs. Elle porte une attention spécifique aux dimensions collectives de l'activité des professeurs.

Dans cette partie, nous allons présenter les concepts élémentaires de l'approche documentaire : ce que l'on entend par ressources (II.2.1), le travail documentaire, la dialectique ressources/document, les notions de genèse documentaire et de système documentaire du professeur (II.2.2). Nous mobiliserons dans notre travail des contributions plus récentes que nous exposerons aussi : le contexte d'incident documentaire (II.2.2) et les notions de ressources filles/ressources mères (II.2.3). Nous définirons le système d'activité du professeur que nous mettrons en relation avec le système documentaire (II.2.4). Nous expliquerons ensuite comment l'approche documentaire permet d'inférer le développement professionnel de l'enseignant à partir du développement conjoint des deux systèmes précédents : documentaire et d'activités (II.2.5). Nous présenterons enfin la méthodologie proposée pour l'étude du travail documentaire (II.2.6).

II.2.1 - LES RESSOURCES ET LEUR MANQUE

Nous donnons ici la définition que nous prenons du mot « ressources » et comment nous entendons leur manque.

Lorsque l'on parle des ressources d'un professeur l'on entend souvent les ressources matérielles (programmes, manuels scolaires, logiciels, sites, supports de cours fournis par des collègues...). Dans l'approche documentaire du didactique Gueudet et Trouche (2010) proposent d'élargir cette définition dans un sens très général, proche de celui d'Adler (2010), à : « *Tout ce qui est susceptible de re-sourcer le travail du professeur.* ». Cette définition permet de tenir compte de ressources non matérielles plus difficiles à identifier, quoiqu'elles jouent souvent un rôle déterminant comme les interactions avec les élèves ou les discussions avec des collègues. Elle permet aussi, en entendant le mot comme un verbe, de ne pas limiter l'étude à l'offre des ressources, mais de prendre en compte l'usage de ces ressources et leur impact sur le développement professionnel de l'enseignant. Dans notre travail nous adoptons

cette définition très large du mot ressources comme tout ce qui est susceptible de ressourcer le travail du professeur de mathématiques dans sa tâche d'enseigner en MPS.

Lorsque l'on parle de ressources, quel que soit le contexte, c'est souvent pour en exprimer le manque. Une ressource peut manquer sur le moment, comme en cas de panne informatique qui prive l'enseignant et les élèves de l'utilisation d'un logiciel essentiel pour la séance. Mais une ressource peut aussi manquer de façon plus globale. En ce qui nous concerne, lorsque nous parlerons de ressources manquantes, ce sera au sens défini par Chevallard et Cirade (2010) comme des ressources « *qui, parfois pour une longue période, font défaut, non pas seulement à tel ou tel professeur, mais, collectivement, à la profession dont il est membre.* » (Chevallard et Cirade, 2010, p. 41) comme lors d'un changement de programme ou lors de l'introduction d'un nouvel enseignement pluridisciplinaire pour ce qui nous intéresse.

Après avoir défini le mot « ressources » nous nous intéressons au travail de l'enseignant sur ces ressources.

II.2.2 - TRAVAIL DOCUMENTAIRE DE L'ENSEIGNANT, DIALECTIQUE RESSOURCES/DOCUMENTS, GENÈSE DOCUMENTAIRE, INCIDENTS DOCUMENTAIRES

Dans ce paragraphe, nous présentons les concepts de l'approche documentaire du didactique : le travail documentaire, la dialectique Ressources/Documents, la genèse documentaire, le système de ressources et le système documentaire. Nous définirons aussi la notion d'incident documentaire.

Pour préparer la matière de son enseignement, le professeur va collecter de façon réfléchie des ressources matérielles, les parcourir, en sélectionner certaines pour les transformer, les recomposer. Ce faisant, il va mobiliser de façon plus ou moins consciente des ressources non matérielles (ses connaissances au sujet des élèves, des programmes et des contenus à enseigner mais aussi des idées échangées avec d'autres professeurs...). Le professeur va alors concevoir une nouvelle ressource (composée à partir d'un ensemble de ressources sélectionnées, modifiées, recombinaées) et une façon d'utiliser cette ressource. Il va ensuite la mettre en œuvre, la partager avec ses élèves et peut-être avec d'autres enseignants, ce qui va souvent le conduire à réviser la ressource et/ou la façon de l'utiliser, parfois directement en classe face aux réactions des élèves ou encore avant de la mettre en œuvre une seconde fois avec une autre classe. C'est l'ensemble de ce travail que Gueudet et Trouche (2010) nomment le travail documentaire, c'est-à-dire le travail réalisé par le professeur pour concevoir et mettre en œuvre la matière de son enseignement à partir d'un ensemble de ressources. Ce travail documentaire se développe en différents lieux et différents temps, en classe et hors classe. Il peut être individuel ou collectif. L'approche documentaire du didactique considère que ce travail documentaire est au cœur de l'activité professionnelle des enseignants.

L'approche documentaire introduit une distinction fondamentale entre l'ensemble des ressources disponibles et le document que le professeur développe à partir de cet ensemble. La notion de document intègre à la fois une nouvelle ressource (composée d'un ensemble de ressources sélectionnées, modifiées, recombinaées) et un schème d'utilisation de cette ressource. Ainsi, de façon très simplifiée : « *Document = ressources recombinaées + schème*

d'utilisation » (Gueudet et Trouche, 2010, p. 59).

Un schème selon Vergnaud (1996) est une organisation invariante de l'activité pour une classe de situations. L'expression classe de situations ne se réfère pas ici aux situations didactiques (Brousseau, 2004), mais à des tâches ayant des caractéristiques proches. Un schème comporte quatre composantes : un ou plusieurs buts avec des sous buts et des anticipations, des règles d'action (concepts en acte et théorèmes en acte), des invariants opératoires et des possibilités d'inférences en situations.

Pour Gueudet et Trouche (2010), reprenant Vergnaud (*ibidem*), un schème d'utilisation comporte en particulier des règles d'actions et des invariants opératoires. Les règles d'actions sont des régularités observables dans l'activité de l'enseignant à travers différents contextes pour une même finalité que Gueudet et Trouche (2007) appellent « usages ». Les invariants opératoires sont les connaissances professionnelles de l'enseignant, c'est-à-dire l'ensemble des connaissances susceptibles d'intervenir dans son activité professionnelle. Ces connaissances peuvent être mathématiques, concerner les acquis des élèves ou le type de tâche à leur proposer, etc. Certaines sont issues de leur formation initiale, d'autres se sont développées tout au long de l'expérience professionnelle.

Face à une nouvelle classe de situations, à de nouvelles ressources, le professeur puise dans son répertoire d'invariants opératoires, ceux-ci sont modifiés engendrant de nouveaux invariants. Les interactions avec les ressources sont ainsi essentielles pour les évolutions des connaissances professionnelles.

Le processus par lequel un document naît d'un ensemble de ressources est nommé genèse documentaire. Il combine deux processus : l'instrumentation et l'instrumentalisation. Les ressources instrumentent le professeur en l'outillant et influencent ainsi son activité l'amenant à constituer de nouveaux schèmes d'utilisation. En retour, le professeur s'approprie ces ressources et les adapte à son objectif d'enseignement, il peut les prolonger ou les détourner de leur objectif premier, dans un processus d'instrumentalisation.

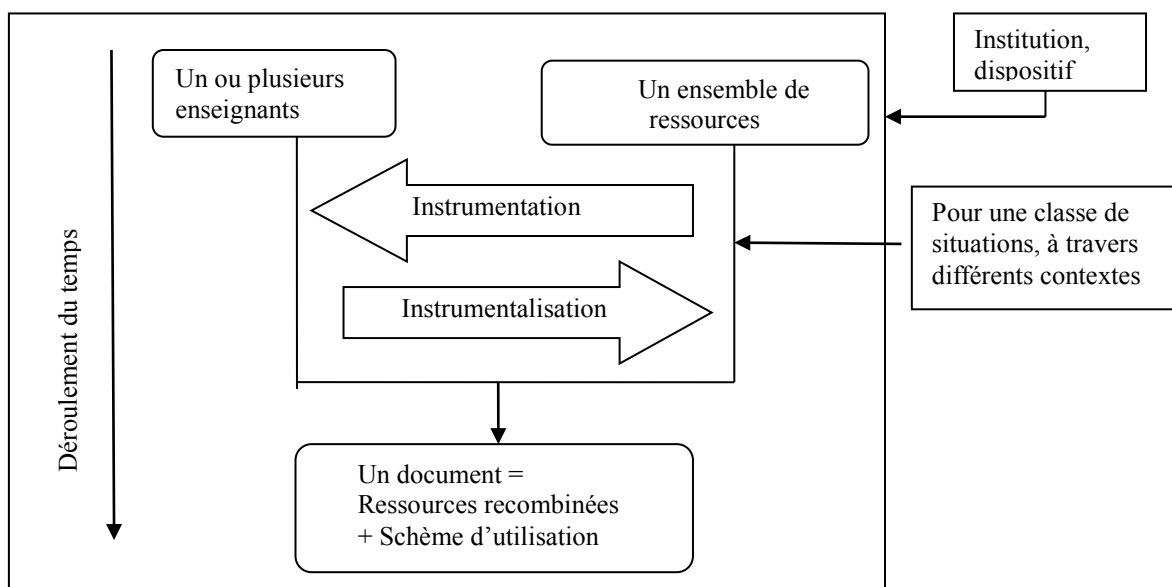


Illustration 5. Représentation schématique de la genèse d'un document d'après Gueudet et Trouche (2010, p. 59)

Les documents développés par le professeur au fil des genèses ne sont pas isolés, ils sont au contraire articulés entre eux de façon complexe. Ils constituent un système structuré nommé *système documentaire* du professeur composé du système de ressources et des connaissances professionnelles associées.

Les genèses documentaires se poursuivent dans le temps. Elles n'ont ni début ni fin précisément identifiables. Il est néanmoins possible d'identifier des moments de continuité et des moments de rupture. Sabra (2011) définit ces moments de ruptures en termes d'incidents documentaires.

« Nous allons appeler incident documentaire individuel un événement (didactique ou non) saisissable par le monde du professeur qui conduit à une réorganisation de sa documentation. » (Sabra 2011, p. 57).

Après avoir exposé les principaux concepts de l'approche documentaire, nous précisons dans le paragraphe suivant la notion de ressources à partir d'une contribution plus récente.

II.2.3 - LES RESSOURCES MÈRES ET LES RESSOURCES FILLES

Partant du point de vue que nommer ressource à la fois ce qui est mobilisé et ce qui est produit pouvait induire des confusions, Hammoud (2012) introduit les concepts de « ressources-mères » et « ressource-fille ».

Les « ressources-mères » représentent l'ensemble des ressources que l'enseignant mobilise pour préparer un enseignement donné. La « ressource-fille » est ce que l'enseignant a préparé et va mettre en œuvre dans sa classe à l'issue de l'étape de conception.

« Une ressource-fille est donc le résultat finalisé, à un moment donné, pour une mise en œuvre dans la classe, le produit et le fruit de ressources-mères. » (Hammoud, 2012, p. 46)

A posteriori, il est probable que l'enseignant ne garde pas souvenir ou trace de toutes les ressources parcourues ce qui conduit Hammoud (2012, p. 46) à préciser ainsi la définition donnée pour ressources-mères : *« l'ensemble des ressources, repérables et explicites par le professeur, qui ont permis d'aboutir à la ressource-fille. »*. Elle souligne la différence entre la ressource fille et les ressources intermédiaires conçues. La ressource-fille est le résultat finalisé qui sera mis en œuvre en classe. Elle se distingue du document qui, lui, se construit dans le temps incluant la ressource et les schèmes d'utilisation de cette ressource.

Hammoud (2012), reprenant les travaux de Gueudet et Trouche (2007), considère trois niveaux constitutifs d'une ressource-fille : le niveau des supports matériels utilisés, le niveau des contenus disciplinaire et le niveau des organisations didactiques.

- *le niveau des supports matériels utilisés : papiers, numérique, mais aussi les artefacts de type classeur, ordinateur, logiciel ;*
- *le niveau des contenus mathématiques, analysables en termes d'organisations mathématiques ;*
- *le niveau des éléments relatifs à l'exploitation en classe, à la planification, analysables en termes d'organisations didactiques. (p. 47)*

La distinction des concepts de ressources-mères et ressources-filles permet ainsi de

distinguer les étapes de conception. Dans l'approche documentaire du didactique, la structure du système documentaire est étudiée en lien avec celle de l'activité professionnelle de l'enseignant. Ceci conduit à définir le système d'activités du professeur, que nous abordons dans le paragraphe suivant.

II.2.4 - LE SYSTÈME D'ACTIVITÉS D'UN PROFESSEUR

Une famille d'activité d'un professeur regroupe un ensemble de classes de situations ayant les mêmes finalités didactiques de l'action. Gueudet et Trouche (2010) identifient neuf familles d'activités susceptibles de concerner tous les enseignants de mathématiques :

- *développer une réflexion sur sa pratique [Réflexion] : lire une revue professionnelle, suivre un stage de formation continue, discuter avec un collègue sur la manière d'aborder un contenu donné ;*
- *concevoir et mettre en œuvre la planification et la gestion des temps de l'enseignement [C/O Planification] : établir une progression annuelle seul ou avec des collègues, revoir, ajuster cette progression, prévoir le déroulement temporel d'une séance ;*
- *concevoir et mettre en œuvre des moments de découverte et d'introduction [C/O Découverte] : chercher des idées de situations de recherche, élaborer un énoncé pour la classe, le mettre en œuvre ;*
- *concevoir et mettre en œuvre des moments de synthèse et d'apports mathématiques [C/O Synthèse] : choisir des extraits de productions d'élèves pour faire une synthèse, élaborer une fiche de cours, réviser une fiche à la fin d'une séance ;*
- *concevoir et mettre en œuvre des moments de travail de la technique [C/O Technique] : choisir des exercices à faire en classe ou à la maison, corriger des exercices au tableau ;*
- *concevoir et mettre en œuvre des moments d'évaluation [C/O Evaluation] : élaborer un sujet de devoir surveillé, corriger des copies, les noter, faire un corrigé en classe ;*
- *gérer la classe et suivre les élèves [Suivi] : saisir des notes, calculer des moyennes, remplir les bulletins, participer aux conseils de classe, aux réunions parents-professeur ;*
- *participer à la vie du ou des établissements [Vie établissement] : accompagner un voyage scolaire, participer à un conseil d'administration, exercer la responsabilité de formations à l'IUFM ;*
- *participer à la vie de collectifs professionnels hors institutions [Vie collectif] : participer à l'assemblée générale d'une association, assurer une représentation syndicale. (p. 67)*

Ces familles d'activités ne sont pas disjointes et s'articulent en une structure appelée système d'activités de l'enseignant. Ce système est en lien direct avec le système documentaire de l'enseignant composé du système de ressources et du système de connaissances du professeur.

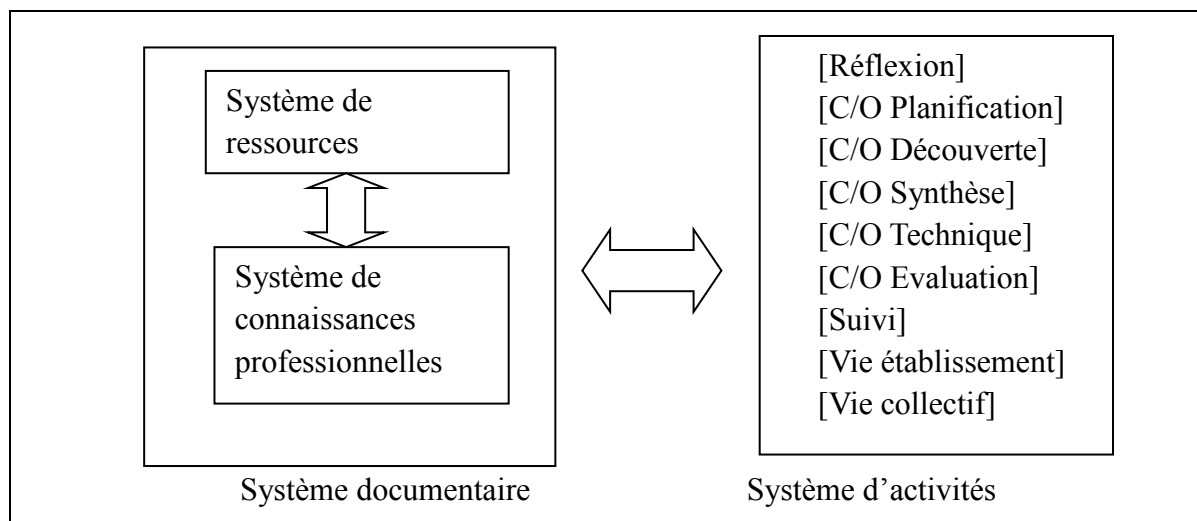


Illustration 6. Les différents systèmes et leurs articulations d'après Gueudet et Trouche, (2010, p. 70)

Une fois identifiés les différents systèmes et leurs articulations, nous nous intéressons au développement professionnel en lien avec les genèses documentaires.

II.2.5 - LE DÉVELOPPEMENT PROFESSIONNEL

Pour Gueudet et Trouche (2010), le développement professionnel du professeur désigne l'ensemble des évolutions conjointes de ses connaissances et de ses activités. L'activité du professeur dans le travail documentaire est productive mais aussi constructive : dans cette activité, le sujet se construit lui-même et modifie les conditions de productions ultérieures. L'approche documentaire considère que les genèses documentaires sont au centre de ces évolutions : elles modifient le système des ressources, les connaissances et l'activité professionnelle.

« Une étude menée dans le cadre de l'approche documentaire cherche à identifier des règles d'action, en constatant des régularités à travers différents contextes pour une classe de situations donnée. Il s'agit alors d'inférer des connaissances pilotant ces régularités : des invariants opératoires ; il s'agit également d'inférer les connaissances qui auront pu être développées au cours de l'activité, connaissances qui pourront engendrer des règles d'action ultérieures. » (Gueudet et Vandebrouck, 2011, p. 300)

Sabra (2011) fait l'hypothèse que les incidents documentaires sont porteurs de développement professionnel : *« Au cours d'une genèse documentaire, un enseignant développe, d'une façon conjointe, une nouvelle ressource (composée d'un ensemble de ressources recombinaisons et transformées) et des usages de cette ressource. Les moments de rupture dans les genèses documentaires se manifestent par une mutation dans les usages de ces ressources qui implique une mutation des familles d'activité mobilisées. Cette mutation s'illustre par une réorganisation du système d'activité d'un enseignant. Les moments de rupture auraient alors des effets sur le système documentaire, et donc sur le système de ressources et le système de connaissances d'un professeur. La gestion et le contrôle des incidents constituent alors un élément central dans cette réorganisation. » (p. 57)*

Dans le dernier paragraphe, nous développons la méthodologie conçue pour l'étude du travail documentaire.

II.2.6 - L'INVESTIGATION RÉFLEXIVE

Dans cette partie, nous présentons la méthodologie spécifique développée pour l'étude du travail documentaire des professeurs : l'investigation réflexive (Gueudet et Trouche, 2010).

Comme il s'agit d'étudier l'activité et le développement professionnel des professeurs et donc de saisir des éléments de stabilité et des évolutions du travail documentaire, il convient que le suivi s'inscrive dans la durée. Le premier principe est un suivi de durée longue. Ce suivi doit se faire en tout lieu, en classe mais aussi hors classe. Il s'appuie aussi sur un recueil étendu des ressources matérielles utilisées et produites dans le travail documentaire. Pour que les premiers principes, suivi en tout lieu et recueil étendu, puissent être réalisés, il semble indispensable d'associer le professeur au recueil des données. L'implication active du professeur entraînant une posture réflexive sur sa pratique, des outils méthodologiques sont proposés pour favoriser cette réflexivité.

Un dispositif de suivi envisagé est le suivant :

- Première rencontre entre l'enseignant et le chercheur pour présenter l'ensemble du dispositif ;
- Questionnaire de présentation personnelle de l'enseignant : parcours professionnel, conditions de travail, rapports aux maths, aux technologies, à l'enseignement et aux collectifs ;
- Tenue d'un journal de bord par l'enseignant décrivant ses types d'activités, le lieu et le moment où elles se déroulent, les acteurs impliqués, les ressources utilisées et les supports produits et enfin le choix d'archivage de ces supports. Le professeur pouvant aussi y ajouter des commentaires ;
- Recueil des ressources matérielles utilisées et produites ;
- Séance observée et filmée ;
- Trois entretiens sont menés : un entretien général en début de suivi, un entretien portant sur la préparation de la séance qui sera observée et un entretien après cette séance permettant un retour sur celle-ci. Ces entretiens ont lieu au domicile de l'enseignant ;
- L'enseignant réalise une représentation schématique de son système de ressources (RSSR).

Afin d'accéder à des stabilités et des évolutions dans les systèmes de ressources et de documents des professeurs, l'idéal est de prolonger ce suivi sur plusieurs années mais il est aussi possible de prendre en compte les évolutions décrites par le professeur lors des entretiens et de récupérer des fichiers datant d'années antérieures parfois encore utilisés. (Gueudet et Vandebrouck, 2011)

Nous avons ainsi présenté les principaux concepts de l'approche documentaire du didactique, après ceux de la double approche didactique et ergonomique. Il convient

maintenant de réfléchir à une articulation possible de ces deux approches.

II.3 - UNE MISE EN REGARD DES DEUX APPROCHES

Après avoir présenté la double approche didactique et ergonomique et l'approche documentaire nous proposons ici une mise en regard de ces deux cadres théoriques.

La double approche et l'approche documentaire s'enracinent toutes deux dans la théorie de l'activité et la psychologie ergonomique et ont le même sujet de recherche : le travail de l'enseignant. Cet enracinement les conduit à étudier l'activité de sujets psychologiques individualisés en prenant en compte l'ensemble du contexte de leur activité et en étant particulièrement sensible aux médiations entre eux et l'objet de leur activité (Gueudet et Vandebrouck, 2011). Elles distinguent la tâche (ce que le sujet doit réaliser) de l'activité (ce qu'il développe lors de la réalisation de la tâche) et différencient les tâches prescrite, redéfinie et effective. Elles considèrent que l'activité du sujet en situation est productive et constructive et elles s'intéressent particulièrement à la dimension constructive de l'activité pour le sujet.

À partir de cette base commune, les deux cadres théoriques se développent différemment. Gueudet et Vandebrouck (2011) proposent une mise en regard des deux approches sur des points sensibles : leurs objets d'étude centraux, la perspective qu'elles proposent sur l'articulation entre stabilités et évolutions dans les pratiques des professeurs, leurs spécificités en didactique des mathématiques et enfin les déterminants du travail du professeur qu'elles retiennent.

Même si les deux approches partagent le même sujet de recherche, l'enseignant, et s'intéressent à son travail, l'objet de leurs recherches diffère : « *la double approche déclare viser l'étude des pratiques du professeur à partir de l'étude de diverses formes de son travail en classe et pour la classe, tandis que l'approche documentaire étudie l'activité du professeur, sa structure et ses évolutions, en lien avec celles de ses ressources.* » (Gueudet et Vandebrouck, 2011, p. 299). La double approche étudie donc des pratiques inférées à partir de l'observation des activités de l'enseignant en classe. Cette activité est modélisée selon cinq composantes (II.1.4) dont la recombinaison fournit la description des pratiques étudiées. L'approche documentaire regarde l'activité, organisée en un ensemble structuré de classes de situations, en accordant une importance spécifique aux interactions entre le professeur et des ensembles de ressources. A partir de régularités à travers différents contextes pour une classe de situations donnée, des règles d'action sont identifiées et des connaissances professionnelles sont inférées. Les deux approches portent une attention spécifique aux médiations entre les sujets et l'objet de leur activité, cependant ces médiations sont de natures différentes. L'approche documentaire se focalise sur les ressources, la double approche, quant à elle, porte son attention sur l'activité de médiation du professeur entre les sujets élèves et l'objet de leur activité d'élève.

Les deux approches articulent des notions de stabilité et d'évolution chez l'enseignant. Les schèmes, introduits dans l'approche documentaire, distinguent une organisation invariante de l'activité pour traiter une famille de situations. Dans le même temps, les genèses

documentaires conduisent à de nouveaux documents et à l'émergence de nouveaux schèmes obtenus par modification, adaptation, combinaison de schèmes existants. De cette manière, les connaissances professionnelles évoluent en lien avec le système documentaire et le système d'activités de l'enseignant. Dans la double approche, on garde l'idée de stabilité des pratiques enseignantes, ce qui ne veut pas dire invariance de l'activité enseignante, mais adaptation des formes d'organisation de l'activité aux nouvelles situations d'enseignement. Les évolutions intéressent d'abord le chercheur en termes des composantes cognitive et médiative pour les évolutions qu'elles induisent dans l'activité potentielle des élèves. Ainsi, dans la double approche, les évolutions des connaissances professionnelles du professeur ne sont pas centrales. (Gueudet et Vandebrouck, 2011)

L'approche documentaire repose sur un élargissement de l'approche instrumentale à l'ensemble des ressources du professeur (II.2.1) et visait au départ spécifiquement l'intégration de ressources numériques. La double approche, plus ancienne, ne vise pas l'évolution des pratiques liée au numérique. Celui-ci est pris en compte pour tenir compte de l'évolution du contexte de l'enseignant.

En dehors de leur enracinement dans la théorie de l'activité, ces deux approches s'inscrivent dans la didactique des mathématiques, mais à nouveau de manière différente. Dans la double approche, il est important de disposer d'éléments épistémologiques sur les notions mathématiques enseignées, ainsi que d'outils issus de la didactique des mathématiques pour l'analyse des énoncés et des déroulements dans l'objectif de percevoir l'itinéraire cognitif de l'élève. Dans l'approche documentaire, si l'analyse didactique des énoncés et des déroulements est aussi réalisée, elle n'est toutefois pas particulièrement orientée vers l'activité potentielle des élèves, mais vise davantage à mettre au jour une part importante du travail documentaire, qui prend place en classe lors d'échanges avec les élèves ou à partir de leurs productions. Les connaissances professionnelles des enseignants dont on observe le développement sont de diverses natures mais toujours liées au contenu mathématique. (Gueudet et Vandebrouck, 2011)

Concernant la prise en compte des déterminants du travail du professeur, Gueudet et Vandebrouck (2011) reprennent chaque composante de la double approche et identifient les déterminants correspondants dans l'approche documentaire. Les composantes sociales et institutionnelles traduisent des déterminants liés à l'environnement professionnel du professeur. Ces déterminants sont aussi pris en compte dans l'approche documentaire qui considère que les genèses se déroulent au sein d'institutions, et dépendent des différents collectifs dont est membre le professeur. Les composantes cognitive et médiative permettent de décrire des choix récurrents des professeurs hors classe, lors de la préparation, et en classe. Dans l'approche documentaire, les choix récurrents des professeurs, pour une classe de situations donnée, sont décrits comme des règles d'action faisant partie d'un schème. La composante personnelle regroupe les connaissances professionnelles du professeur, ses conceptions, ses représentations qui ne sont pas questionnées pour elles-mêmes mais pour leur influence sur l'activité et pour exprimer la singularité des pratiques. Dans l'approche documentaire, les connaissances professionnelles pilotant les règles d'actions sont des éléments structurants des schèmes d'action et sont de ce fait centrales. L'ensemble conduit Gueudet et Vandebrouck (2011, p. 304) à conclure que : « *Dans l'approche documentaire, les cinq composantes des pratiques se situent à des niveaux différents : les composantes*

institutionnelle et sociale traduisent des déterminants de l'activité ; les composantes médiative et cognitive s'articulent avec des règles d'action ; la composante personnelle traduit, entre autres, l'existence d'invariants opératoires. ».

L'approche documentaire du didactique s'intéresse au travail documentaire des enseignants et considère que celui-ci est au cœur de l'activité professionnelle des professeurs et de leur développement professionnel. Ce qui induit un changement de point de vue : au lieu de se centrer sur le professeur en classe, il s'agit de regarder son activité dans son unité et sa dynamique, activité dont la classe n'est qu'un moment. (Gueudet et Trouche, 2010)

La double approche didactique et ergonomique propose un regard différent par rapport à d'autres cadres didactiques en considérant les éléments liés au métier d'enseignant. Néanmoins, l'analyse des pratiques se fait fondamentalement en lien avec leur but, l'apprentissage mathématique des élèves, ce qui met en jeu un détour par une analyse des activités mathématiques des élèves qu'elles peuvent provoquer. Les activités des élèves sont ainsi les principales traces étudiées. (Gueudet et Vandebrouck, 2011)

Les questions induites par la double approche portent sur les régularités et les variabilités dans les pratiques, leurs déterminants et leurs effets sur les activités des élèves. Les questions posées dans le cadre de l'approche documentaire portent sur les genèses documentaires, sur les connaissances intervenant dans ces genèses, ainsi que sur l'évolution des connaissances professionnelles.

Il semble complexe d'articuler la double approche et l'approche documentaire du didactique. Dans le même temps, il nous semble impossible de nous passer de l'un de ces deux cadres. Nous avons donc choisi de les mobiliser de façon complémentaire en fonction des besoins de l'analyse, selon les professeurs, les moments et les lieux de leur travail.

II.4 - UNE UTILISATION COMPLÉMENTAIRE DES DEUX APPROCHES DANS NOTRE RECHERCHE, ADAPTÉE À CHAQUE PROFESSEUR, À CHAQUE SITUATION

Après avoir décrit chaque approche (II.1 et II.2) et les avoir mises en regard (II.3), nous allons expliquer pourquoi et comment nous les mobilisons de façon complémentaire dans notre travail.

II.4.1 - POURQUOI NOUS MOBILISONS CES DEUX APPROCHES

Nous expliquons ici pourquoi nous avons fait le choix d'utiliser ces deux cadres théoriques dans notre travail. De façon un peu synthétique, nous pouvons dire que l'EE MPS est un dispositif pédagogique qui amène les enseignants à faire l'apprentissage de nouvelles pratiques (pluridisciplinarité, travail collectif, DI) et pour ce faire à chercher, s'approprier, concevoir, mettre en œuvre de nouvelles ressources. Nous mobilisons donc les deux approches : la double approche didactique et ergonomique pour les pratiques, l'approche documentaire du didactique pour les ressources.

Plus précisément, nous questionnons les pratiques de professeurs de mathématiques en MPS et l'évolution de compétences professionnelles liées à la conception et la soutenance de séances fondées sur des DI. Pour ce faire, nous avons choisi de mobiliser l'approche documentaire du didactique et de porter une attention spécifique aux ressources disponibles, utilisées, conçues, révisées tout au long de ce travail en essayant de percevoir le développement professionnel induit par les genèses documentaires. Mais modifier ses pratiques pour les fonder sur l'investigation demande un véritable changement de posture de la part de l'enseignant dont l'objectif est de dévoluer aux élèves des tâches conçues pour induire des activités précises de leur part et un accès aux connaissances très spécifique. Ainsi, l'analyse des séances observées doit tenir compte des activités des élèves et des médiations de l'enseignant entre les élèves et l'objet de leurs activités pendant les phases de dévolution, de recherche et de structuration des connaissances. Par ailleurs, l'importance du contexte institutionnel et social lié en partie au travail collectif rend particulièrement visibles ces composantes.

La décomposition des activités selon les cinq composantes cognitive, médiative, institutionnelle, sociale et personnelle proposée par la double approche nous permet d'appréhender les pratiques, de mettre à jour des régularités et des variabilités entre les professeurs ou chez le même professeur sur plusieurs séances. Dans l'approche documentaire, du didactique, les médiations de l'enseignant entre les élèves et l'objet de leur activité sont principalement observées comme susceptibles de ressourcer le professeur l'amenant à des

révisions des ressources ou de leur utilisation, ressources qui sont au cœur de l'activité de l'enseignant lors d'une séance fondée sur l'investigation. Le modèle ESFI nous outille pour l'analyse des séances fondées sur l'investigation et le développement de compétences spécifiques pour l'enseignant.

L'approche documentaire du didactique nous permet de percevoir le développement professionnel par les genèses documentaires. Dans la double approche, les ressources, y compris celles issues du collectif, ne sont qu'un élément des composantes institutionnelle et sociale or elles nous semblent essentielles dans ce contexte d'incident documentaire et, comme nous le verrons, de ressources manquantes. Toujours dans la double approche, les connaissances professionnelles du professeur ne sont pas questionnées pour elles-mêmes mais pour leur influence sur l'activité et pour exprimer la singularité des pratiques alors que notre objet de recherche concerne directement le développement de connaissances professionnelles. Néanmoins, les composantes cognitive et médiative permettent de décrire des choix récurrents des professeurs et d'approcher les règles d'action faisant partie des schèmes d'utilisation. La composante personnelle regroupe les connaissances professionnelles du professeur, ses conceptions, ses représentations qui, dans la double approche, ne sont pas questionnées pour elles-mêmes mais pour leur influence sur l'activité et pour exprimer la singularité des pratiques. Dans l'approche documentaire les connaissances professionnelles pilotant les règles d'actions sont des éléments structurants des schèmes d'action et sont, de ce fait, centrales.

Ainsi, une utilisation complémentaire et flexible de ces deux approches nous permet d'analyser les pratiques des professeurs de mathématiques en MPS, leur régularité, leur variabilité inter et intra-personnelle mais aussi le développement de connaissances professionnelles au cœur des genèses documentaires.

Dans le paragraphe suivant, nous expliquons comment la décomposition de la tâche a éclairé notre travail.

II.4.2 - MIEUX DISCERNER LES TÂCHES PRESCRITE, PERÇUE ET REDÉFINIE

Il est apparu très vite dans nos recherches la nécessité de bien discerner les tâches attendues, prescrites, redéfinies et effectives (II.1.2) mais aussi d'introduire une précision différenciant la tâche perçue inconsciemment par le professeur de celle qu'il redéfinit volontairement. La tâche attendue et la tâche prescrite font l'objet de notre premier chapitre ; nous ne reprenons ici que ce que nous considérons essentiel.

La tâche prescrite est composée des buts et des conditions explicités dans les textes prescriptifs. Quatre buts sont précisés : découvrir différents domaines des disciplines impliquées, montrer l'apport et la synergie de ces disciplines pour trouver des réponses aux questions scientifiques, découvrir des métiers et des formations dans le champ des sciences et, le dernier qui nous intéresse particulièrement, initier les élèves à une démarche scientifique dans le cadre d'un projet. Une démarche de projet est ainsi explicitement demandée. Celle-ci est définie par Perrenoud (1999) comme « *une entreprise collective gérée par le groupe-classe (l'enseignant (e) anime, mais ne décide pas de tout)* », qui s'oriente vers une production concrète induisant un ensemble de tâches dans lesquelles tous les élèves peuvent s'impliquer et jouer un rôle actif, qui peut varier en fonction de leurs moyens et intérêts. La

réalisation du projet suscite l'apprentissage de savoirs et de savoir-faire de gestion de projet (décider, planifier, coordonner, etc.) et favorise en même temps des apprentissages identifiables figurant au programme d'une ou plusieurs disciplines.

En dehors des buts à atteindre, la tâche prescrite est aussi composée des conditions pour l'atteinte de ces buts avec, ici, une marge de liberté conséquente. L'horaire officiel est d'une heure trente par semaine, cependant les établissements sont libres de l'organisation et peuvent par exemple envisager trois heures hebdomadaires pendant la moitié de l'année. L'enseignement MPS concerne les mathématiques, SVT, SPC et sciences de l'ingénieur mais selon les établissements de deux à quatre matières sont impliquées. On préconise, par ailleurs, une organisation souple alternant des séances en co-animation, des interventions disciplinaires devant l'ensemble du groupe classe, des regroupements d'élèves autour d'un même enseignant, des temps de travail des élèves en autonomie...

Nous déclinons enfin la tâche prescrite en tâches de temporalités différentes. Sur l'année scolaire, la tâche prescrite correspond à celle décrite dans le programme : initier les élèves à la démarche scientifique dans le cadre d'un projet pluridisciplinaire en développant des compétences spécifiées. Une évaluation des élèves est aussi attendue. La tâche est collective et incombe à l'équipe pédagogique MPS pluridisciplinaire. Sur la durée d'un thème, souvent la moitié d'une année scolaire, si la démarche reste générale, les contenus abordés sont spécifiques au thème choisi. Dans le programme, les informations données pour chaque thème tiennent en un tableau avec des propositions de pistes. Cela conduit souvent l'enseignant à acquérir de nouvelles connaissances qu'il devra ensuite transposer en classe. L'organisation (séances en classe entière ou en groupes, intervention des disciplines ...) reste à la charge de l'équipe pédagogique MPS. À l'intérieur de chaque thème, pour chaque séance, selon qu'elle se situe en début de thème, au milieu ou à la fin, la tâche est différente. La première séance est souvent une présentation du thème et se fait alors en co-animation. Pour les séances suivantes, chaque enseignant est seul face à un groupe d'élève et nous verrons que la tâche devient plus individuelle ou alors que l'on change de collectif (les enseignants de la même discipline impliqués en MPS la même année ou les années précédentes). C'est à ce niveau que l'investigation peut entrer en jeu.

La tâche prescrite laisse donc une grande marge de liberté aux enseignants aussi bien en termes des contenus (différents thèmes dont un libre) que de l'organisation (horaires, mode d'intervention des enseignants). De plus, comme détaillé dans le premier chapitre (I.2), les textes prescripteurs, qui définissent la tâche prescrite, restent assez vagues. Ainsi, « initier les élèves à la démarche scientifique dans le cadre d'un projet » y est proposé comme un objectif parmi d'autres ou comme le moyen de réaliser les précédents objectifs. Selon les textes, on parle de démarche scientifique au singulier, de démarches scientifiques au pluriel ou encore de démarche d'investigation sans réellement expliciter les attentes. Les démarches de projet et d'investigation ne sont jamais clairement définies. Les séances mises en œuvre vont donc dépendre de la façon dont les enseignants perçoivent et comprennent cette tâche, mais aussi de la façon dont ils choisissent d'y répondre.

Concernant la tâche redéfinie, dans notre travail nous avons essayé d'identifier ce qui dans la tâche redéfinie avait été fait de façon inconsciente de ce qui était volontaire. Certains professeurs peuvent dire par exemple : « *je sais que ce n'est pas ce qui est attendu mais je pense que...* ». Nous appellerons tâche perçue par le professeur observé la tâche telle qu'il la

comprend, la représentation qu'il s'en fait, qui peut différer de la tâche prescrite, mais sans qu'il en ait conscience. Ensuite, pour des raisons qu'il peut expliciter (contraintes, choix personnel, etc.), il peut choisir de redéfinir la tâche, de lever ou d'ajouter des contraintes, mais il agit là de façon consciente et volontaire, c'est ce que nous appellerons la tâche redéfinie.

Nous analyserons la tâche effective comme réponse de l'enseignant à la tâche redéfinie en gardant en contrechamp la tâche prescrite. Dans le paragraphe suivant, nous expliquons comment nous mobilisons la double approche didactique et ergonomique pour notre recherche.

II.4.3 - L'ANALYSE DE L'ACTIVITÉ À PARTIR DES CINQ COMPOSANTES

Nous allons analyser l'activité des enseignants de mathématiques en MPS à partir des cinq composantes définies par la double approche (II.1.4) qui, recombinaison, permettent d'approcher les pratiques. Nous précisons ici ces composantes dans notre contexte de recherche particulier.

La composante cognitive traduit ce qui correspond au choix de l'enseignant sur l'itinéraire cognitif. Le programme MPS ne précise pas l'acquisition de connaissances spécifiques, les enseignants sont libres des contenus abordés qui pourront être mathématiques ou issus d'autres disciplines dans le cadre de cet enseignement pluridisciplinaire. Ces contenus s'inscrivent dans des thèmes choisis parmi sept dont un libre qui ouvre le champ des possibles. Les connaissances utilisées peuvent déborder des programmes disciplinaires si elles trouvent leurs justifications dans les problèmes traités et si elles restent à la portée d'élèves de seconde. Pour avoir accès à cette composante cognitive, nous analyserons les tâches proposées aux élèves par les professeurs : leur contenu, leur quantité, leur ordre et en particulier si elles répondent aux critères d'une investigation à partir du modèle ESFI. Nous croiserons ces analyses avec les informations obtenues lors des entretiens avec les professeurs.

La composante médiative rend compte des choix de médiations, entre les élèves et l'objet de leur tâche, faits par l'enseignant. Le travail proposé aux élèves en MPS doit laisser une large place à leur initiative et doit permettre de développer leur autonomie. Le rôle des enseignants consiste à apporter les outils nécessaires (notionnels, méthodologiques) permettant l'aboutissement du projet. Lors des séances fondées sur des DI, les médiations de l'enseignant sont spécifiques. Nous serons attentive à tout ce qui peut favoriser la dévolution du problème et l'enrôlement des élèves. Nous analyserons la façon dont le professeur accompagne les élèves dans les phases de recherche, de validation, de structuration des connaissances. Ici encore nous appuierons nos analyses sur le modèle ESFI.

La composante institutionnelle regroupe la tâche prescrite dont nous avons déjà largement parlé et les conditions réunies pour la réalisation de cette tâche. La liberté laissée à chaque établissement permet d'envisager des variabilités sur les disciplines impliquées, les horaires, les effectifs, les moyens attribués. Nous verrons que la considération apportée à cet EE varie aussi d'un établissement à l'autre.

La composante sociale permet de tenir compte des élèves et des collectifs dans lesquels le professeur de mathématiques est impliqué. Nous verrons que, le groupe MPS peut être

constitué d'élèves de la même classe que le professeur peut aussi avoir dans ses cours disciplinaires ou au contraire d'élèves provenant des différentes classes de seconde et que l'enseignant ne connaît pas. Concernant les collectifs, le premier sur lequel nous portons notre attention est l'équipe pédagogique pluridisciplinaire qui peut s'être constituée par simple « assignation » (Marcel et Piot, 2014) ou autour d'un projet, des niveaux d'engagement intermédiaires pouvant aussi exister. Le second collectif que nous serons amenée à considérer est constitué des professeurs de la même discipline, de l'établissement, qui ont MPS dans leur service ou qui ont eu MPS les années précédentes. Nous essayerons d'identifier le mode de travail collectif mis en œuvre : collaboration, coopération distribuée, coaction (II.1.6).

La composante personnelle traduit les représentations qu'a l'enseignant de sa discipline, des méthodes d'enseignement, des DI (I.1.4.1 et I.1.4.2). Elle tient compte aussi de son état, de sa satisfaction, des risques qu'il consent à prendre. La composante personnelle regroupe les connaissances professionnelles du professeur qui ne sont pas questionnées pour elles-mêmes mais pour leur influence sur l'activité et pour exprimer la singularité des pratiques.

A partir de l'analyse des activités de différents enseignants, notre objectif est de percevoir des régularités ou des variabilités entre les professeurs, mais également entre les séances d'un même professeur afin de mettre à jour les pratiques des professeurs de mathématiques en MPS. Mais l'attention portée aux ressources dans la double approche est secondaire alors que nous considérons, suivant Gueudet et Trouche (2010), que le travail documentaire des enseignants est au centre de l'activité professionnelle du professeur et qu'il est porteur de développement professionnel. Le paragraphe suivant montre comment nous mobilisons l'approche documentaire dans notre recherche.

II.4.4 - L'APPROCHE DOCUMENTAIRE DANS LE CADRE DE NOS RECHERCHES

Nous reprenons ici les concepts de l'approche documentaire du didactique développés précédemment (II.2) que nous adaptons à notre sujet de recherche.

L'approche documentaire visait initialement l'étude de questions liées à l'intégration par le professeur de nouvelles ressources, en particulier numériques. Nous transposons cette étude à l'intégration par le professeur d'une nouvelle démarche fondée sur une investigation dans le contexte de l'enseignement d'exploration MPS. La classe de situations est donc de concevoir et soutenir des séances en MPS et plus particulièrement des séances fondées sur une investigation dans un contexte pluridisciplinaire. Confronté à cette nouvelle tâche, le professeur se trouve dans un contexte d'incident documentaire (Sabra, 2011) contraint de trouver et de concevoir de nouvelles ressources. Nous appelons ressources tout ce qui est susceptible de ressource/nourrir/alimenter le travail du professeur de mathématiques dans sa tâche d'enseigner en MPS et plus particulièrement pour concevoir et soutenir des séances fondées sur des DI en MPS. Nous considérons les ressources matérielles (programmes, moyens matériels, supports de séances transmis par des collègues, ...) ainsi que les ressources non matérielles souvent plus difficiles à identifier (interactions avec les élèves, échanges avec des collègues, connaissances professionnelles ou liées à des centres d'intérêt personnels...)

Nous appellerons ressources-mères les ressources mobilisées par l'enseignant pendant la

phase de conception de la séance. Nous sommes consciente qu'une partie de ces ressources n'est pas identifiable. Le professeur mobilise des ressources acquises tout au long de sa carrière dont il ne perçoit pas toujours l'effet sur son travail documentaire. Suivant Hammoud(2012), nous réduisons les ressources-mères à l'ensemble des ressources, repérables et explicites par le professeur, qui ont permis d'aboutir à la ressource-fille.

Nous appellerons ressources-filles les ressources mises en œuvre lors d'une séance qui peuvent soutenir (voire empêcher) la mise en œuvre d'une investigation. Suivant Gueudet et Trouche (2007) et Hammoud (2012), nous considérerons trois niveaux d'une ressource :

- Le niveau des supports matériels utilisés : papier (photocopie), numérique, vidéoprojecteur, tableau interactif, ordinateur, réseau du lycée, logiciel, calculatrice, cahier de recherche des élèves ... ;
- Le niveau des contenus qui pourront être mathématiques ou issus d'autres disciplines dans le cadre des MPS ;
- Le niveau des organisations didactiques : temps de recherche individuel, temps de mise en commun, temps de recherche en groupe, moments d'échanges, temps de structuration des connaissances mais aussi gestion des supports matériels (donnés en début de séance ou intégrés au fil de la séance pour toute la classe ou selon l'avancée de chaque élève).

Un schème d'utilisation de ces ressources-filles est constitué de règles d'actions et d'invariants opératoires. Une séance fondée sur une DI induit une organisation didactique et un rôle de médiateur de l'enseignant très spécifiques. Nous serons en conséquence attentive aux règles d'action qui visent à gérer l'organisation didactique de la séance et les médiations de l'enseignant ainsi qu'à celles plus spécifiques aux démarches d'investigation : « il faut proposer une situation qui motive les élèves », « il faut les intéresser dès le début », « il faut laisser un temps de recherche conséquent », « il faut que les élèves gardent des traces des recherches menées », « il faut guider les élèves ». D'autres règles d'action sont plus générales : « il faut proposer des situations qui conduisent à utiliser le tableur ou un logiciel de géométrie dynamique ».

Ces règles d'action sont pilotées par des connaissances professionnelles (des invariants opératoires) que nous essayerons d'inférer. Certaines sont directement liées à la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI. Certaines concernent les savoirs enseignés « concevoir un problème qui montre l'utilité des mathématiques », d'autres les stratégies d'enseignement « permettre l'appropriation du problème par les élèves » « identifier les facteurs qui favorisent l'argumentation scientifique entre élèves » « prendre en compte la diversité des élèves » « expliciter les connaissances et compétences acquises à travers la séquence ». D'autres règles d'action reposent aussi sur des connaissances professionnelles plus larges : « connaissance du programme de seconde », « les élèves de seconde n'ont pas une bonne connaissance du tableur », ...

Le contexte général, l'enseignant travaille dans une institution et participe à plusieurs collectifs, a été pris en compte dans les composantes institutionnelle et sociale. Les composantes cognitive, médiative permettant de décrire des choix récurrents des professeurs hors classe, lors de la préparation, et en classe nous permettront de mieux déterminer les règles d'action, faisant partie d'un schème. La composante personnelle traduit entre autres

l'existence d'invariants opératoires. Ainsi, le travail effectué dans la double approche éclairera la recherche sur le travail documentaire.

Comme les enseignants, que nous avons observés, sont amenés à reproduire la même séance de deux à six fois par an, parfois sur plusieurs années consécutives, nous nommerons document l'ensemble constitué des ressources-filles finales à un moment donné et des schèmes d'utilisation « stabilisés » de ces ressources, surtout ceux concernant l'organisation didactique et les éléments de médiation, bien que ces schèmes soient susceptibles d'adaptation à de nouvelles circonstances.

La conception et la mise en œuvre de séances MPS fait intervenir plusieurs familles d'activités parmi celles identifiées dans l'approche documentaire (II.2.4) : la conception et la mise en œuvre des moments de découverte et d'investigation [C/O Découverte], de moments de synthèse à partir des productions des élèves [C/O Synthèse], la planification des séances au sein d'un thème, la gestion des temps de l'enseignement au sein d'une même séance [C/O Planification]. Comme une évaluation est demandée, nous aborderons aussi les familles d'activités sur l'évaluation et le suivi des élèves [C/O évaluation], [Suivi]. Le travail au sein du collectif pluridisciplinaire, la visibilité donnée parfois à cet enseignement par l'intermédiaire d'articles dans les journaux locaux (voir partie IV) permettent d'aborder la famille d'activités liée à la vie de l'établissement [Vie établissement]. Par ailleurs, l'investigation réflexive favorisera la réflexion du professeur sur sa pratique [Réflexion].

Dans le paragraphe suivant nous essayons de synthétiser notre utilisation des deux approches.

II.4.5 - ANALYSER LES PRATIQUES EN MPS EN TENANT COMPTE DE TOUS LES ÉLÉMENTS

Notre analyse des activités des enseignants se fait donc en mobilisant de façon complémentaire la double approche et l'approche documentaire de didactique. Nous avons essayé de schématiser ci-dessous les éléments qui, selon nous, influencent directement la tâche effective.

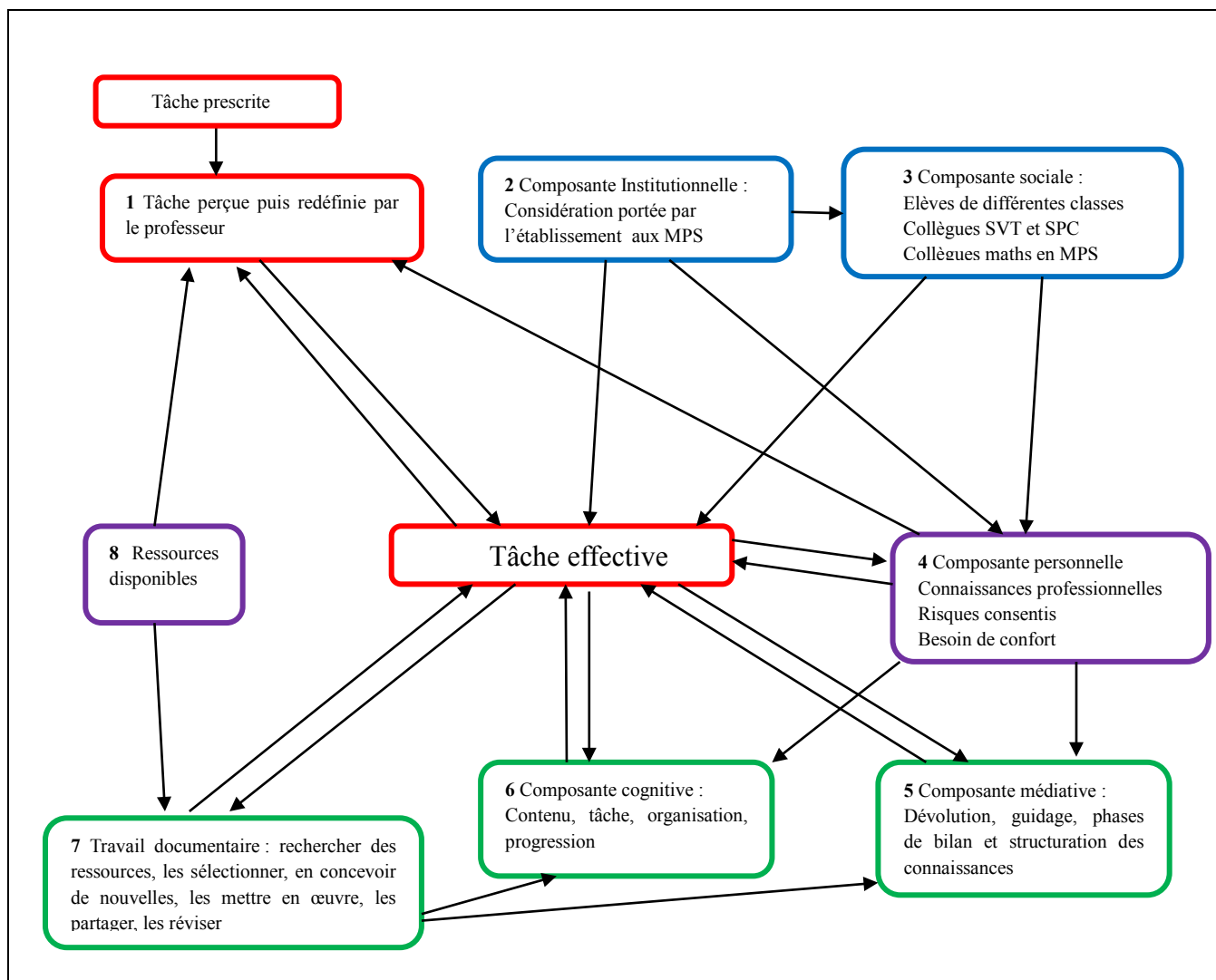


Illustration 7. Éléments à prendre en compte pour analyser la tâche effective

Pour pouvoir analyser la tâche effective, il faut prendre en compte plusieurs éléments, numérotés de 1 à 8 dans l'illustration ci-dessus. On y distingue en rouge les différents niveaux de la tâche (prescrite, perçue, redéfinie, effective), en bleu de ce qui relève davantage du contexte (composantes institutionnelle, sociale), en vert de l'action (travail documentaire, composantes cognitive et médiative), et enfin, en violet, des ressorts de l'action (ressources disponibles, composante personnelle).

1 : La tâche effective n'est pas la réponse à la tâche prescrite mais à la tâche perçue par l'enseignant, tâche qu'il peut être amené à redéfinir consciemment. La tâche perçue dépend des ressources disponibles est en premier lieu du programme, mais aussi particulièrement des ressources spécifiquement conçues pour servir de ressources aux MPS, comme les documents d'accompagnement (chapitre IV). Cette tâche perçue va aussi dépendre des représentations de l'enseignant sur la construction des savoirs scientifiques, l'enseignement des sciences, les DI qui sont des éléments de la composante personnelle. La tâche pourra aussi être redéfinie par le professeur en fonction de l'implication qu'il consent à fournir pour ce nouvel enseignement (temps de conception, de concertation, travail collectif), des risques qu'il consent à prendre en particulier par rapport à la pluridisciplinarité demandée qui sont ici aussi des éléments de la composante personnelle. Enfin, la mise en œuvre des premières séances va impacter la tâche

perçue en confortant l'enseignant dans ses choix mais aussi en cas d'échec dans l'idée que cela ne peut pas fonctionner. Pour avoir accès à la tâche perçue puis redéfinie, nous privilégions les dires du professeur lors des entretiens et nous les complétons par nos observations des séances.

2 : La composante institutionnelle, ici autre que la tâche prescrite, réside alors principalement dans la considération portée à cet enseignement par l'établissement. Cette considération va impacter les moyens donnés et en particulier le type de salles attribuées (des salles banalisées pour les professeurs de sciences par exemple). Elle va aussi influencer la composante personnelle en jouant sur la motivation du professeur. On a accès à ces informations principalement lors des entretiens.

3 : La composante sociale regroupe les élèves et les collectifs de professeurs. Les élèves peuvent être ceux que le professeur a en mathématiques ou bien des élèves issus de différentes classes que l'enseignant ne connaît pas. L'EE MPS repose sur une équipe de professeurs pluridisciplinaire et le plus souvent concerne les mathématiques, les SVT et les SPC. Ces professeurs peuvent être volontaires ou désignés et indépendamment de cela plus ou moins impliqués. L'équipe peut s'être constituée par adhésion autour d'un projet commun ou suivre, voire subir, le thème imposé par une autre équipe. D'autres collectifs peuvent intervenir et en particulier celui des professeurs de mathématiques de l'établissement engagés en MPS. Ici encore, nous aurons accès à ces informations principalement lors des entretiens.

4 : La composante personnelle dont nous avons déjà parlé pour son influence sur les tâches perçues et redéfinies regroupe les connaissances professionnelles de l'enseignant mais aussi son niveau de forme face à une charge de travail (si j'ai les TS l'an prochain, je ne changerai pas de thème), les risques qu'il consent à prendre face à des élèves qu'il ne connaît pas toujours, le confort dont il a besoin en termes de gestion du bruit par exemple. Cette composante est influencée par les composantes institutionnelle et sociale. On y a accès principalement lors des entretiens.

8 : Les ressources disponibles regroupent l'ensemble des ressources auxquelles un professeur peut avoir accès lorsqu'il s'engage dans cet enseignement bien qu'il ne les utilise pas toutes. Il s'agit du programme et des documents d'accompagnements associés, d'autres ressources conçues spécifiquement dans l'objectif des MPS, de ressources personnelles, de supports de séances transmis par des collègues,... Ces ressources influencent directement la tâche perçue et le travail documentaire. Pour y avoir accès, nous avons interrogé les enseignants, analysé leurs carnets de bord et complété ce travail en menant notre propre recherche documentaire (voir chapitre IV).

7 : Le travail documentaire : rechercher, parcourir, sélectionner, concevoir, mettre en œuvre, partager, réviser des ressources, dépend des ressources disponibles. Il influence selon nous directement les composantes cognitive (les contenus, les tâches, l'organisation des tâches) et médiative (dévolution, guidage, phases de bilan et de structuration des connaissances). On y a accès lors des entretiens, par l'intermédiaire du carnet de bord tenu par l'enseignant et lors des observations. Le travail documentaire impacte la tâche effective qui à son tour induit des révisions des ressources et le développement de schèmes d'utilisation dans un processus de genèse documentaire.

5, 6 : Les composantes cognitive et médiative sont influencées par la composante personnelle

et par le travail documentaire. Elles impactent la tâche effective qui en retour impacte les deux composantes dans un processus de double régulation de l'activité. La composante cognitive concerne les contenus, les tâches et leur organisation. La composante médiative va réunir l'organisation didactique de la séance (temps de recherche en groupe ou individuels, phase de mises en commun), ainsi que les médiations de l'enseignant entre les élèves et l'objet de leur activité comme les aides procédurales ou constructives.

Nous avons expliqué comment nous allons analyser les activités des enseignants de mathématiques en tenant compte de tous les facteurs qui nous semblent influencer la tâche effective. Nous consacrons le paragraphe suivant au développement professionnel induit par cette activité

II.4.6 - PERCEVOIR LE DÉVELOPPEMENT PROFESSIONNEL INTERRELIÉ AUX GENÈSES DOCUMENTAIRES

La perception du développement de compétences étant un des objectifs de notre recherche nous expliquons ici comment nous mobilisons les concepts de la double approche et de l'approche documentaire pour répondre à cet objectif.

Dans la double approche, la stabilité des pratiques s'interprète en termes de cohérences entre ce qui est modélisé par les cinq composantes (Gueudet et Vandebrouck, 2011). L'introduction des DI va rompre cette cohérence. On considère qu'il y a intégration lorsque, par la suite, une nouvelle cohérence est retrouvée. De façon plus concrète, concernant la conception et la gestion de séances fondées sur des DI, le modèle ESFI va nous permettre de percevoir le développement de compétences professionnelles spécifiques

Du point de vue de l'approche documentaire, à partir d'un ensemble de ressources, le professeur va développer à la fois une nouvelle ressource et un schème d'utilisation de cette ressource dans un processus de genèse documentaire. Un schème est composé de règles d'actions pilotées par des invariants opératoires. L'analyse des séances observées et les informations obtenues lors des entretiens nous permettront de repérer des règles d'actions et ainsi de percevoir les invariants opératoires qui les pilotent. Le développement professionnel sera inféré en particulier à partir du développement des connaissances professionnelles propres à la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI et associées à différentes familles d'activités : conception de ressources filles plus aptes à soutenir l'investigation, meilleure mise en œuvre de l'investigation [C/O découverte], meilleure gestion des phases de synthèse et de structuration des connaissances [C/O Synthèse].

Nous tenterons aussi de repérer le développement de connaissances professionnelles plus larges liées à d'autres familles d'activités : ajustements apportés à la progression sur le thème seul ou par le collectif, meilleure gestion du temps nécessaire aux élèves [C/O Planification], meilleure prise en compte des activités menées dans les autres disciplines, lors de l'évaluation, évaluation par compétences [C/O évaluation].

Nous faisons l'hypothèse que les deux processus sont imbriqués. Le travail documentaire impacte l'activité et en particulier ses composantes cognitives et médiatives. C'est à partir des ressources disponibles, sélectionnées et recombinaées que sont déterminés les contenus et

l'organisation des tâches. Les ressources filles conçues impactent la composante médiative ainsi la conception d'une fiche élève détaillée avec des questions intermédiaires compromet sérieusement la tenue d'une séance fondée sur une DI. La mise en œuvre de ces ressources, l'activité, produit des effets sur le sujet et des résultats sur l'objet de l'action qui conduisent souvent l'enseignant à modifier ses ressources. Il peut alors être amené à détailler encore davantage les ressources filles ou au contraire s'en détacher. Le développement de ressources et de schèmes d'utilisation de ces ressources est directement lié aux développements de compétences pour concevoir et mettre en œuvre des séances fondées sur des DI.

La double approche et l'approche documentaires du didactique ne s'articulent pas facilement, elles restent cependant toutes les deux indispensables pour notre recherche. Selon les professeurs ou les situations, nous mobiliserons davantage l'une ou l'autre. À cette étape, à partir des cadres théoriques choisis, nous pouvons préciser nos questions de recherche dans la partie suivante.

II.5 - QUESTIONS DE RECHERCHE ET HYPOTHÈSES DE RÉPONSES MISES À L'ÉPREUVE DANS CE TRAVAIL

Nos questions de recherche portent sur les pratiques des professeurs de mathématiques dans l'enseignement d'exploration MPS. Nous avons eu besoin de définir précisément les tâches attendue et prescrite en élargissant nos lectures et en les croisant avec des résultats issus de la recherche dans notre premier chapitre. Nous avons sélectionné des cadres théoriques et expliqué comment nous allons les mobiliser dans notre travail dans le deuxième chapitre. Nous sommes maintenant en mesure de préciser nos questions de recherche et les hypothèses de réponses qui seront mises à l'épreuve dans ce travail.

II.5.1 - QUESTIONS DE RECHERCHE

Q1 : De façon générale, quelles sont les pratiques des professeurs de mathématiques en MPS ? Comment les enseignants de mathématiques s'approprient-ils cet enseignement d'exploration ? Quelle est la tâche qu'ils perçoivent et qu'ils redéfinissent ? Quel est le type de séances qu'ils conçoivent et qu'ils mettent en œuvre en MPS ? Répondent-elles aux critères d'une séance fondée sur une démarche d'investigation ?

Q2 : Dans ce contexte pluridisciplinaire, quelles sont les ressources disponibles, quelles sont celles effectivement utilisées par les enseignants, quelles sont les ressources conçues ? Quel est l'impact de ces différentes ressources sur le contenu des séances effectivement mises en œuvre et les modalités d'interactions entre les disciplines ? Quel est l'apport du ou des collectifs à ce travail ?

Q3 : Enfin, quel est l'impact de ce travail sur le développement professionnel des enseignants ? En particulier, à long terme, le fait d'enseigner en MPS pourrait-il servir de levier pour permettre aux enseignants de mathématiques de mieux s'approprier la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur l'investigation ?

II.5.2 - HYPOTHÈSES DE RÉPONSES

H1 : En MPS, la tâche, telle qu'elle est perçue par les enseignants et telle qu'ils choisissent d'y répondre, ne vise pas toujours l'initiation à la démarche scientifique et ne conduit pas toujours à la conception de séances fondées sur des DI. Les ressources disponibles pour définir la tâche prescrite (programmes, « document Ressources MPS ») restent trop vagues et trop implicites concernant la mise en œuvre de séances fondées sur des DI.

H2 : L'organisation des enseignements d'exploration et du temps scolaire, les moyens donnés et le collectif MPS impactent fortement les pratiques en MPS. Dans un contexte d'incident documentaire et de ressources manquantes, les premières ressources documentaires

disponibles pour soutenir cet enseignement, et, en particulier le « document ressources MPS » ont fortement influencé le contenu des séances mais aussi les modalités d'interaction entre les disciplines et ont induit des régularités dans les pratiques entre les équipes et dans le temps.

H3 : Concernant l'apport du collectif, les enseignants de mathématiques semblent impliqués dans un double collectif, celui avec leur équipe MPS pluridisciplinaire et celui entre professeurs de mathématiques du même lycée impliqués en MPS et c'est surtout au sein de la discipline que les professeurs de mathématiques trouvent les ressorts de ce travail pluridisciplinaire.

H4 : Le développement de compétences professionnelles liées à la conception et à la mise en œuvre de séances fondées sur des DI est perceptible sur le long terme et semble favorisé par le travail collectif.

III - UNE CONSTRUCTION MÉTHODOLOGIQUE

Après avoir exposé les cadres théoriques que nous mobilisons et précisé nos questions de recherche, il convient de définir la méthodologie que nous avons construite pour éprouver nos hypothèses de réponse. La première partie concerne la méthodologie suivie pour établir l'offre de ressources disponibles pour soutenir les enseignants qui s'engagent dans cet enseignement (I.1). La deuxième partie est consacrée au suivi de professeurs dans des pratiques de classe ordinaires (I.2). La troisième partie est spécifique au travail de suivi mené dans le cadre de l'atelier IREM que nous avons initié (I.3).

III.1 - UNE ÉTUDE DE L'OFFRE DE RESSOURCES SUR LE THÈME SCIENCE ET INVESTIGATION POLICIÈRE, ANR REVEA

Dans notre recherche nous avons porté une attention particulière au travail documentaire des enseignants (collecter des ressources, les parcourir, les sélectionner, les transformer, les recomposer, les partager, les mettre en œuvre, les réviser...). Nous avons alors ressenti la nécessité d'avoir une vision la plus précise possible de l'offre des ressources disponibles au moment du lancement des MPS, en 2010, puis quatre ans après la mise en œuvre de cet enseignement. Nous détaillons dans cette partie la méthodologie mise en œuvre pour réaliser cette recherche documentaire. Nous précisons dans un premier temps le contexte d'incident documentaire en 2010 (III.1.1) et nous prenons en compte l'absence de manuel scolaire (III.1.2). Nous justifions ensuite notre choix de restreindre la recherche documentaire au thème « Science et investigation policière » (III.1.3). Nous expliquons comment cette partie de notre travail croise le projet ReVEA (www.anr-revea.fr) (III.1.4). Enfin, nous détaillons comment nous avons effectué la recherche documentaire d'abord à partir d'un moteur de recherche (III.1.5) puis sur chaque site source (III.1.6).

III.1.1 - EN 2010 : UN CONTEXTE D'INCIDENT DOCUMENTAIRE

Dans ce paragraphe, nous allons préciser le contexte en 2010 concernant les ressources. Les enseignements d'exploration s'inscrivent dans la réforme du lycée de 2010. Les enseignants impliqués en MPS doivent donc aussi faire face à de nouveaux programmes disciplinaires et à de nouveaux dispositifs pédagogiques comme l'accompagnement personnalisé. Les professeurs de sciences peuvent aussi intervenir dans d'autres enseignements d'exploration : « Santé et social », « Sciences et laboratoire », « Biotechnologies ».

Les nouveaux programmes disciplinaires sont mis en œuvre en seconde en 2010/2011, excepté en mathématiques où le programme a été appliqué dès la rentrée 2009, c'est-à-dire un an avant les autres. La mise en œuvre des nouveaux programmes disciplinaires se poursuit en première en 2011/2012 et enfin en terminale en 2011/2012. En mathématiques, de nouveaux contenus mobilisent l'attention des enseignants et en particulier l'algorithmique, la logique et les statistiques inférentielles. L'Éducation nationale accompagne cette réforme avec des documents d'accompagnement, ressources pour la classe de seconde : « Algorithmique » et « Probabilités et statistiques » en juin 2009, « Fonctions » et « Notations et raisonnement mathématiques » en juillet 2009. Les matrices seront introduites en section ES et en spécialité maths en terminale S. Enfin, la spécialité Informatiques et Sciences du Numérique (ISN) est créée en terminale S. Avec cette réforme, les enseignants sont contraints de trouver de nouvelles ressources et de concevoir de nouveaux supports de cours.

Concernant les MPS, les thèmes ont souvent peu de liens avec les connaissances universitaires des professeurs, en particulier de ceux de mathématiques : « Science et œuvres d'art », « Science et cosmétologie », etc. La démarche à suivre (pédagogie de projet, pluridisciplinarité, mise en œuvre de séances fondées sur des démarches d'investigation) est aussi éloignée de leurs pratiques habituelles. Par ailleurs, en mathématiques, l'écart entre les contenus d'enseignement et la recherche scientifique est conséquent. Contrairement aux autres disciplines (SVT et SPC), les professeurs de mathématiques utilisent rarement des résultats de recherche récents (Gueudet et Trouche, 2007). Certains professeurs de mathématiques impliqués dans les travaux personnels encadrés (TPE) en première avaient déjà exprimé le besoin d'acquérir une culture sur des sujets interdisciplinaires dans lesquels les mathématiques jouent un rôle conséquent tout en restant accessibles aux élèves de lycée (Dufossé, 2004).

Nous considérons que nous sommes dans un moment de rupture des genèses documentaires, dans un contexte d'incident documentaire (Sabra, 2011) qui conduit les enseignants à chercher et à concevoir de nouvelles ressources et que cela dépasse le seul cadre des MPS. Dans cette situation parmi les premières ressources parcourues par les enseignants figurent habituellement les manuels scolaires. Or, aucun manuel n'est disponible pour cet enseignement. Cette absence est l'objet du paragraphe suivant.

III.1.2 - L'ABSENCE DE MANUEL SCOLAIRE

Nous nous intéressons dans ce paragraphe aux manuels scolaires et à leurs usages habituels, en particulier par les professeurs de mathématiques, pour comprendre la nature du manque créé par leur absence.

La définition même de livre scolaire semble poser question selon que l'on prend en compte l'intention déclarée ou l'utilisation (Bruillard, 2010). Ainsi, Choppin (1980) détermine deux catégories de livres scolaires, ceux conçus dans l'intention de servir de supports d'enseignement et ceux devenus scolaires car régulièrement utilisés dans les classes (œuvres classiques, dictionnaires, atlas...). Dans ce paragraphe, les manuels scolaires dont nous parlons sont de la première catégorie. Il s'agit du manuel « de l'élève », classiquement un livre d'un format légèrement plus petit que le A4, contenant de 200 à 300 pages et dont l'élève dispose durant une année scolaire (Hache, 2010). Les enseignants peuvent aussi avoir accès au livre du professeur mais il est souvent nécessaire de l'acheter alors que les manuels « de l'élève » sont distribués gratuitement aux enseignants. Dans le secondaire, les enseignants utilisent peu le livre du professeur jugé décevant car se limitant trop souvent à la retranscription des programmes officiels de la classe concernée et aux corrigés des exercices du manuel (Hache, 2010).

En France, depuis Jules Ferry les manuels scolaires sont publiés par des éditeurs privés. Ils sont le plus souvent conçus par des enseignants et parfois des inspecteurs. Les équipes pédagogiques sont libres du choix et de l'utilisation du manuel scolaire (IGEN, 2012). Depuis quelques années des manuels numériques apparaissent mais ils restent souvent calqués sur le modèle papier. Même s'ils sont projetables et parfois enrichis de ressources directement accessibles en ligne ou téléchargeables, ils viennent en complément et non en substitution du

manuel papier (IGEN, 2012). L'association Sésamath, créée en 2001, mobilise 500 enseignants dans des groupes de projet pour produire différentes ressources issues du travail collaboratif des enseignants, accessibles gratuitement en ligne pour les élèves et les professeurs. Elle produit des manuels scolaires dont la version numérique est librement téléchargeable. Cette version numérique est modifiable par les enseignants et elle est doublée d'une version papier, vendue à un prix très compétitif par rapport aux autres manuels.

Aux yeux de tous, les manuels scolaires semblent faire partie des ressources essentielles. Ils ont la particularité d'être utilisés aussi bien par les professeurs que par les élèves, aussi bien en classe que hors classe.

« *Le manuel de mathématiques est un objet central dans les pratiques professionnelles des enseignants (de façon plus marquée encore chez les débutants) et dans le travail quotidien des élèves, que ce soit en classe ou dans leur travail personnel.* » (Hache, 2010, p. 345)

Citant Choppin (2005), Bruillard (2010) rappelle que le manuel scolaire exerce quatre fonctions essentielles : référentielle, instrumentale, idéologique et culturelle, documentaire :

- la première fonction du livre, référentielle, correspond au fait que « *le manuel est le principal, voire l'unique support du contenu éducatif. C'est en quelque sorte l'« interprétation pratique » des programmes officiels* » (Bruillard, 2010, p. 220) ;
- la deuxième fonction, instrumentale, correspond « *à l'usage pédagogique du manuel, ce dernier exposant des méthodes d'apprentissage et proposant des activités, structurant des progressions* » (Bruillard, 2010, p. 220) ;
- la troisième fonction est idéologique et culturelle, « *de manière plus ou moins marquée selon les époques, les pays, et les disciplines* » (Bruillard, 2010, p. 220) ;
- la quatrième fonction est documentaire, fournir un ensemble de documents censés développer l'esprit critique de l'élève.

La première fonction du manuel, comme première interprétation de la tâche prescrite, est présente dans de nombreux rapports et citée dans la plupart des recherches. Le manuel représente pour la majorité des professeurs l'expression même des programmes d'autant plus lorsque la parution des documents d'accompagnement destinés à expliquer les finalités des programmes et à aider les enseignants à les mettre en œuvre, est tardive (IGEN, 1998). Les manuels assument ainsi une fonction prescriptive que les programmes exercent moins au nom de la liberté pédagogique. « *En effet, les programmes prescrits déterminent en principe le contenu des manuels, les manuels en retour influencent peu ou prou les pratiques des enseignants et donc conditionnent la qualité d'apprentissage des élèves.* » (IGEN, 2012, p. 76).

Selon Pepin, Gueudet et Trouche (2013), les manuels de mathématiques français semblent être à l'interface et jouer un rôle de médiation entre le curriculum et le travail réalisé en classe. Ce rôle d'interface ne se limite pas aux connaissances, il touche aussi les pratiques. Ainsi les mêmes auteurs, comparant les manuels scolaires de mathématiques en France et en Norvège, montrent qu'ils reflètent des pratiques différentes avec une approche plus rationnelle et logique en France, et plus pratique en Norvège. Les traditions éducatives et les conceptions profondes sur l'enseignement des mathématiques, sont diffusées au travers des manuels :

« It is argued that the mathematics textbook must be regarded as a pivotal resource in teachers' resource system (for curricular practice), even in times of digitization, and as a crucial link/interface between culture, national policy and curricular practice. » (Pepin, Gueudet, & Trouche, 2013)

Une autre utilisation des manuels comme sources du savoir est pointée par les recherches sur le sujet. Pendant la phase de préparation des séances, pour concevoir le cours, l'enseignant va s'appuyer sur les pages de cours des manuels. Il ne va pas se limiter au manuel scolaire de la classe et va consulter plusieurs autres manuels scolaires (IGEN, 2012). La distribution massive de manuels scolaires gratuits par les éditeurs aux enseignants pourrait avoir pour inconvénient de détourner les enseignants d'autres sources de savoir (IGEN, 1998). Mais dans le même temps l'enseignant ne va pas ou peu inciter ses élèves à consulter la partie cours du manuel aussi bien en classe qu'à la maison. Celui-ci servira plutôt de base d'exercices (IGEN, 1998). Paradoxalement, si les enseignants disent porter une attention particulière aux pages de cours et aux exercices corrigés lors du choix du manuel, ils déclarent se servir essentiellement des listes d'exercices dans leurs pratiques quotidiennes (Hache, 2010).

Le fait que les manuels scolaires, et pas uniquement celui de la classe, soient des ressources essentielles pour les professeurs semble accepté par tous. Ils jouent en particulier un rôle d'explicitation de la tâche prescrite et de sources de savoir, et auraient été fort utiles pour les professeurs qui s'engageaient en MPS. On peut alors se demander pour quelle raison il n'existe pas de manuel en MPS.

La première raison est économique. Les MPS ne sont qu'un enseignement d'exploration parmi douze. Même si finalement près du tiers des élèves ont choisi MPS (Burban, 2011, diapo 6) il ne concerne donc qu'une partie des classes de seconde. De fait, le marché est trop petit pour que les éditeurs puissent dégager un bénéfice intéressant. Par ailleurs, il avait été annoncé que les thèmes seraient renouvelés régulièrement même si cela n'a pas encore été le cas.

La seconde raison tient aux spécificités de cet enseignement : le manuel scolaire se prêtant peu aux activités de découvertes. *« Le fait que l'élève ait à sa disposition l'ensemble du manuel complique, gêne l'énoncé de toute activité de découverte d'une notion (l'ensemble du chapitre concernant la notion n'est jamais loin), la présence de l'ensemble des questions d'un problème peut gêner une réelle recherche lors de la résolution des premières questions, de même la position d'un exercice dans le manuel est une indication de facto quant à sa résolution.[...] Les séances de travail en groupe, les séances de recherches longues, ou nécessitant des modalités de mise en place particulières (échanges entre élèves, débat...) trouvent ainsi difficilement leur place dans les manuels »* (Hache, 2010, p. 346)

Il faut aussi rappeler que le programme fait appel à l'initiative et à l'inventivité des équipes et laisse une marge de liberté avec en particulier la présence d'un thème libre. Un manuel aurait peut-être formaté les pratiques même si nous verrons par la suite que le peu de ressources disponible a eu le même impact.

Enfin dans le rapport IGEN (2012, p. 10) on pointe que l'innovation n'est pas à la charge des manuels : *« Au demeurant, si la question du manuel est importante, il faut la situer à sa juste place. On ne peut attendre du seul manuel, miroir plutôt que levier de transformation, qu'il modifie profondément la pédagogie. Par son mode d'élaboration et de sélection, il a*

tendance à conforter la tradition, et il n'introduit que prudemment l'innovation. Rédigé le plus souvent par des enseignants, et choisi par eux, il doit se conformer à la demande majoritaire et il est souvent le fruit d'un compromis entre changement et continuité. Il faut aussi tenir compte du temps nécessaire à l'appropriation de nouveaux programmes. Enfin, l'histoire des outils éducatifs montre qu'ils ne modélisent pas les pratiques, mais sont réinvestis par les enseignants au service de leurs pratiques et de leurs objectifs. »

En conclusion, en MPS un manuel scolaire pour l'élève, tout du moins sous sa forme classique, semble peu envisageable. Il n'en reste pas moins que son absence crée un manque comme première interprétation du programme et comme source de savoirs. Serait-il possible d'envisager une tout autre forme de manuel pour ce type d'enseignement qui reprendrait la quatrième fonction, documentaire, fournir un ensemble de documents censés développer l'esprit critique de l'élève ? Sous une forme papier cela semble peu compatible avec l'activité de recherche des élèves mais le numérique donnerait peut-être plus de liberté. En l'absence de manuel, nous nous sommes alors inquiétée des ressources disponibles pour les professeurs qui s'engagent dans cet enseignement. Devant l'ampleur de la tâche, nous nous sommes focalisée sur un thème dont nous justifions le choix dans le paragraphe suivant.

III.1.3 - JUSTIFICATION DU CHOIX DU THÈME INVESTIGATION POLICIÈRE

Une recherche documentaire sur l'ensemble des sept thèmes semblait présomptueuse. Il convenait de choisir un thème sur lequel nous porterions une attention particulière. Nous avons sélectionné le thème « Science et investigation policière » fréquemment choisi au vu des quelques statistiques disponibles et de nos observations dans différents établissements.

En 2011, une enquête (Burban, 2011) a été effectuée dans une dizaine d'établissements de chacune des 11 académies suivantes : Aix-Marseille, Besançon, Dijon, Grenoble, Guyane, Lille, Orléans-Tours, Paris, Rouen, Strasbourg, Toulouse. Il en ressort que le thème « Science et investigation policière » a été choisi par 38% des équipes MPS durant l'année 2010/2011. De plus, si l'on ne considère que le premier thème, il est choisi dans 51% des cas. Toujours en 2011, une enquête réalisée dans l'académie de La Réunion montre que le thème « Science et investigation policière » a été traité en pendant l'année scolaire 2010/2011 dans 22 des 30 lycées ayant répondu à l'enquête, et dans 11 cas en premier thème (voir Annexe 6).

Enfin, ce thème est traité dans les trois lycées visités (voir partie V). Au lycée du Port deux classes sur trois abordent ce thème et à chaque fois au premier semestre. Au lycée de Saint-Paul c'est le seul thème choisi. Au lycée de Saint-Denis les trois équipes pédagogiques MPS traitent ce thème au premier ou au second semestre selon les groupes.

Le fait que ce thème soit souvent le premier traité nous amène à faire l'hypothèse que l'organisation mise en œuvre pour ce premier thème a dû servir de modèle pour le second thème abordé.

Une fois le thème choisi, il fallait définir une méthodologie pour cette recherche documentaire que nous allons préciser dans les prochains paragraphes. C'est aussi à ce moment que notre recherche a croisé le projet ReVEA auquel nous avons pu apporter une modeste contribution et qui nous a outillée en retour.

III.1.4 - COMMENT NOTRE QUESTIONNEMENT CROISE LE PROJET REVEA

Le projet Ressources Vivantes pour l'Enseignement et l'Apprentissage (ReVEA, www.anr-revea.fr) soutenu par l'Agence Nationale de Recherche (ANR) est prévu sur 48 mois (2014/2018) et propose d'approfondir la question des ressources (conception, sélection et utilisations) pour quatre disciplines (mathématiques, physique et chimie, anglais, sciences et techniques industrielles). L'investigation se limite à l'enseignement secondaire (collèges, lycées, lycées professionnels).

« Le projet, d'une durée de 48 mois, permettra de caractériser les évolutions des ressources effectivement mobilisées en éducation et de modéliser le cycle de vie des ressources dans le système éducatif. Il conduira à des recommandations notamment autour de la prise en compte du travail sur les ressources dans la formation des enseignants et à la proposition de standards sur les ressources éducatives pour le travail enseignant. » (<http://anr-revea.fr/>)

Le programme scientifique est structuré autour de cinq tâches coordonnées dans lesquelles tous les partenaires sont impliqués. La tâche 1 assurant un suivi tout au long du projet.

Tâche 1 : reconceptualisation de la notion de ressource éducative

Tâche 2 : photographies de la sélection et de l'utilisation de ressources, cartographie de l'offre

Tâche 3 : analyse des systèmes de ressources et de leurs évolutions dans la durée, pour des enseignants individuels et des collectifs d'enseignants au sein d'établissements

Tâche 4 : suivi des collectifs de professeurs concepteurs de ressources et du cycle de vie des ressources

Tâche 5 : identification des facteurs qui influent sur la sélection et la transformation des ressources

Un groupe (Michèle Prieur, Jana Traglova, Angela Restrepo, Chantal Tufféry-Rochdi) s'est constitué autour des enseignements pluridisciplinaires (TPE, MPS, etc.). Il propose de regarder les enseignements pluridisciplinaires sous l'angle des ressources et du travail des enseignants sur ces ressources. L'objectif est de mieux comprendre les dynamiques qui peuvent s'établir entre les formes du travail pluridisciplinaire, les offres de ressources et le travail documentaire des enseignants. Parmi les enseignements pluridisciplinaires listés, le choix a été fait de porter une attention particulière sur l'enseignement d'exploration MPS qui concerne les professeurs de mathématiques, SVT, SPC et sciences de l'ingénieur. Une première partie du travail a consisté à produire une cartographie de l'offre de ressources spécifiquement pointées MPS fin 2014. Cette première partie représente notre contribution. Elle vise à répondre à la demande suivante formulée par l'équipe pluridisciplinaire : Quelle est l'offre de ressources actuelle, spécifiquement pointée MPS science et investigation policière ?

Cette question générale est étudiée sous trois angles :

- Quelles sont les caractéristiques des ressources « MPS investigation policière » ?

Comment les classer dans le tableau panoptique (illustration 10) selon les critères sélectionnés (marchand, institutionnel, associatif/collectif, personnel, presse), (papier, matériel, numérique, audiovisuel, lieu, humain/dispositif, manifestation) ? Qui sont leurs concepteurs ? A qui s'adressent-elles ? Quelle est la date de leur conception ou de leur mise à

disposition ? De quel type sont-elles : support de stage, dossier thématique, compte rendu d'expérimentation ou de mise en œuvre, support de séance, fiche élève, fiche professeur, tutoriel, production d'élève ?

- Quelles sont les interactions prescrites ou possibles entre les disciplines ?

Quelles sont les disciplines associées explicitement ou pas ? Ces ressources visent-elles à soutenir l'enseignement d'une discipline particulière ou à soutenir l'enseignement du thème par toutes les disciplines ? Comment y a-t-on accès ? Sont-elles plus facilement accessibles par certaines disciplines (parce que par exemple proposées par un site disciplinaire) ? Quelle forme de travail pluridisciplinaire induisent-elles (juxtaposition, articulation, complémentarité, intégration...) ?

- Quel est l'impact du projet « Autour de la disparition de Monsieur X » issu du « document Ressources MPS » sur les autres ressources ?

Les ressources trouvées peuvent-elles être considérées comme des ressources filles (Hammoud, 2012) du projet « autour de la disparition de monsieur X » ? Proposent-elles alors la même approche de ce thème en termes de contenus, d'organisation, de travail pluridisciplinaire ? Sinon quelle approche a été mise en œuvre et avec quel impact sur le travail pluridisciplinaire ?

Types de producteurs Nature des ressources	Marchand	Institutionnel	Associatif/collectif	Individuel	Presse
Documents papier					
Matériel					
Numériques					
Audiovisuel					
Ressources humaines					
Lieux					
Manifestations					

Illustration 8. Tableau panoptique, projet ReVEA

Ce tableau a été construit pour donner une vision la plus exhaustive possible des types de ressources et non des ressources elles-mêmes. Il ne distingue pas les ressources scolaires des autres. Il donne une vue globale en conservant une trame commune entre les disciplines mais peut être adapté selon les particularités disciplinaires.

Dans le paragraphe suivant, nous présentons la méthodologie que nous avons mise en place pour effectuer la recherche demandée.

III.1.5 - UNE RECHERCHE À PARTIR D'UN MOTEUR DE RECHERCHE ET DE DIFFÉRENTS MOTS CLÉS

Notre recherche s'est effectuée principalement entre décembre 2014 et janvier 2015 puis a été complétée en juin 2015. Elle s'est effectuée principalement sur le net. Le BO sur la réforme du lycée datant d'avril 2010 pour une application la même année, il était inutile de

remonter à avant 2009. Nous verrons que les premières ressources trouvées datent du premier semestre 2010. À cette époque, l'essentiel des ressources est disponible en ligne. Les documents d'accompagnement des programmes ne sont plus imprimés et envoyés dans les établissements mais mis à disposition sur le portail Eduscol, les sites académiques sont très actifs, les IREM et associations de professeurs ont tous un site à partir duquel on a accès aux sommaires des revues papier associées...

Nous avons commencé, comme pourrait le faire un enseignant impliqué en MPS, avec un moteur de recherche à partir des mots clés « MPS, investigation policière » et « Méthodes et pratiques scientifiques, investigation policière » puis avec certaines variantes comme « MPS, police scientifique » ou encore « MPS, enquête policière ». Les résultats obtenus avec le moteur de recherche ont permis un premier classement des ressources en fonction de leur provenance et ainsi, d'identifier des sites sources, c'est-à-dire des sites sur lesquels se trouvent des ressources sur les MPS et ce thème. Le choix de ces mots clés nous a conduit volontairement vers des ressources produites pour l'enseignement néanmoins quelques ressources trouvées sont issues d'autres champs. Les sites sources identifiés ont été classés selon quatre catégories : institutionnels, associatifs/collectifs, personnels ou marchands.

Les sites sources institutionnels :

- Le site Eduscol
- Les sites académiques
- Des sites de musées (Cité des sciences et de l'industrie, Palais de la découverte, Muséum national d'histoire naturelle, Centre des sciences de Montréal)
- Les sites des IREM, la revue *Repères-IREM*
- Le site PHYSCHIM, cours en ligne physique-chimie Lycée

Des sites sources Associatifs/Collectifs :

- Des sites de lycées
- Les sites des associations/collectifs de professeurs des différentes disciplines : site de l'APMEP (Association des professeurs de mathématiques de l'enseignement public) et le *Bulletin de l'APMEP*, le site CultureMATH, le site de l'UdPPC (Union des professeurs de physique-chimie) et le *Bulletin de l'union des physiciens*, le site de l'APBG (Association des professeurs de biologie et Géologie) et le *Bulletin de l'APBG*, le site UPSTI (Union des professeurs de sciences et techniques industrielles), le forum des professeurs de Sciences Physiques, le forum National des SVT...

Des sites sources individuels :

- Quelques sites personnels, souvent d'enseignants

Des sites sources marchands :

- Les sites marchands qui proposent des malles ou des packs avec le matériel nécessaire
- La librairie Archimède qui propose un lot de numéros et hors-séries Tangente en lien avec ce thème

Enfin, les résultats donnés par le moteur de recherche incluent des ressources issues d'autres champs, mobilisables pour les enseignants impliqués dans ce thème, mais qui ne sont pas spécifiquement reliés à cet enseignement et que nous n'avons pas sélectionné :

- Les sites d'organismes divers liés à l'investigation policière (police judiciaire, gendarmerie nationale...)

Une fois les sites sources identifiés, nous avons poursuivi notre recherche documentaire sur chacun de ces sites comme explicité dans le paragraphe suivant.

III.1.6 - UNE RECHERCHE SUR CHAQUE SITE SOURCE IDENTIFIÉ QUI A CONDUIT VERS D'AUTRES RESSOURCES

Nous avons ensuite fait une recherche sur chacun des sites sources listés précédemment en utilisant, lorsqu'il existe, le moteur de recherche interne avec les mêmes mots clés. Selon les sites leur efficacité est très variable. Nous avons ensuite parcouru le site et les dossiers susceptibles de contenir des ressources sur les MPS.

Sur les sites académiques, les moteurs de recherche internes au site se sont souvent montrés inefficaces en pointant par exemple toutes les circulaires sur le « teMPS partiel » mais pas les ressources pourtant présentes sur enseignement. En parcourant les sites et les pages susceptibles de contenir les ressources cherchées, il est apparu que si sur quelques sites académiques figure une page pour les enseignements pluridisciplinaires (le site MPS de l'académie de Grenoble, le site interdisciplinaire MPS de l'académie de Lille, le portail Sciences de l'académie de Rennes, la page des projets interdisciplinaires de culture scientifique dans le cadre du module d'exploration MPS de l'académie de Nantes), sur les autres les ressources pour cet enseignement pluridisciplinaire se trouvent sur les pages disciplinaires (maths, SVT, SPC, SI). Ensuite, les ressources MPS peuvent être dispersées dans différents dossiers (Ressources pour la seconde, Intégration des TICE, Formation des enseignants). Cet accès difficile aux ressources des sites académiques est explicité dans le chapitre IV.

Ressources issues des IREM

Les IREM sont des Instituts de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques. La plupart ont été créés dans les années 1970 pour répondre à une forte demande de formation continue pour les enseignants de mathématiques. Il en existe actuellement 25 en France ; des structures analogues fonctionnent à l'étranger. Les IREM sont rattachés aux universités et sont en contact avec différentes institutions, services centraux du Ministère, Inspection générale, corps académiques d'Inspection, délégations à la formation continue dans les Rectorats. Ils travaillent souvent en partenariat avec l'APMEP, l'IFé, les ESPE.. Au sein des IREM se rencontrent tous types de professeurs (professeurs des écoles, des collèges, des lycées, des lycées professionnels, professeurs impliqués dans la formation) mais aussi des inspecteurs et des universitaires (chercheurs en mathématiques, chercheurs en histoire et didactique des mathématiques). Les IREM sont avant tout des instituts de recherche. Celles-ci sont réalisées au sein de groupes IREM composés le plus souvent d'enseignants et d'universitaires. Elles débouchent sur des dispositifs utilisables en formation initiale ou

continue des enseignants et sur des activités que les professeurs peuvent s'approprier pour leurs classes. Les IREM accompagnent en particulier les changements de programmes et de pratiques.

Le réseau des IREM est piloté par l'Assemblée des directeurs d'IREM (ADIREM) et conseillé par un comité scientifique (CS) qui se réunissent chacun trois à quatre fois par an. Le CS définit tous les ans des priorités. Le travail du réseau est organisé en commissions inter-IREM (CII), groupes de travail nationaux qui fonctionnent sur le même modèle que les groupes IREM locaux. Elles sont centrées sur un cycle d'études ou sur un sujet mathématique et elles accueillent des membres des IREM travaillant dans des groupes locaux de même thème. Une CII-Lycée nationale a été créée en 2009-2010 pour réfléchir sur les évolutions des programmes des lycées et coordonner les actions des différents IREM pour produire des ressources. Trois thèmes ont été choisis pour faire l'objet d'un travail spécifique : l'algorithmique, la logique et la démarche d'investigation. On note aussi une CII-statistiques et probabilités.

Nous avons parcouru les rapports d'activité de l'ADIREM des années 2011/2012 à 2013/2014 qui reprennent les actions des différents IREM. Ces rapports font état de nombreux groupes dans les différents IREM travaillant sur les probabilités/statistiques, l'algorithmique, la démarche d'investigation et dans une moindre mesure l'ISN et la logique. Ce qui semble cohérent avec les choix de la CII-Lycée et le contexte de réforme du lycée expliqué dans le paragraphe III.1.1. Les IREM ont donc accompagné le nouveau programme du lycée. Ceci nous a permis de lister les IREM accueillant un groupe MPS. Nous sommes ensuite allée sur les sites de ces IREM pour obtenir davantage d'informations et rechercher des ressources produites. Concernant la revue *Repères-IREM*, nous avons parcouru les sommaires de la revue depuis 2010.

Sur les sites de musée nous avons utilisé les moteurs de recherche puis fait une recherche propre des ressources pointées MPS.

A partir d'un moteur de recherche, plusieurs ressources pointées proviennent de **sites d'établissements**. La lecture de ces ressources montre qu'il s'agit souvent de brochures de présentation des enseignements dispensés dans le lycée et en particulier des enseignements d'exploration. Une fois écartées ces brochures il ne reste que 13 ressources, toutefois, dans cette catégorie, il en existe probablement d'autres que nous n'avons pas rencontrées.

Sur les sites associatifs, outre l'utilisation des moteurs de recherche internes nous avons parcouru les différents dossiers accessibles en ligne puis les sommaires depuis 2010 des différentes revues associées lorsqu'elles existent :

- L'APMEP, (Association des professeurs de mathématiques de l'enseignement public) association régie par la loi de 1901, a été fondée en 1910 ; elle engage ou soutient toute action qui lui paraît propre à améliorer l'enseignement des mathématiques. Ses adhérents sont très majoritairement des enseignants (de la maternelle à l'université). L'association nationale agit en lien étroit avec 26 associations régionales, qui organisent notamment divers séminaires et colloques (dont les « Journées Nationales » annuelles, depuis 1960). D'autre part une quinzaine de commissions et groupes de travail nationaux apportent leurs contributions aux prises de position et aux publications de l'association. L'APMEP

anime un site Internet (www.apmep.fr), édite régulièrement des brochures professionnelles, et diffuse trois périodiques payants : le *Bulletin Vert* (BV), le *Bulletin à Grande Vitesse* (BGV), et la revue *PLOT*.

http://www.apmep.fr/IMG/pdf/Visages_14-15_complet_n_v.pdf

- CultureMATH (<http://culturemath.ens.fr/>) est un des sites experts dédiés à l'enrichissement de la formation disciplinaire des enseignants du secondaire. Développés dans le cadre d'une convention passée en 2002 entre la Direction de l'Enseignement Scolaire (DESCO) et les Écoles Normales Supérieures, ces sites ont une vocation à la fois de culture générale et d'accompagnement des nouveaux programmes de l'enseignement secondaire. CultureMATH est sous la responsabilité scientifique du Département de Mathématiques et Applications (DMA) de l'École Normale Supérieure de Paris. CultureMATH s'adresse essentiellement aux enseignants (du primaire à l'université), mais aussi aux étudiants, aux chercheurs souhaitant trouver une information complète, accessible et fiable sur un sujet hors de leur champ, et à un plus large public.
- L'APBG (Association des professeurs de biologie et géologie) est une association régie par la loi de 1901 fondée en 1911. Elle regroupe les professeurs enseignant les sciences de la vie et de la Terre en collège et lycée, ainsi que des professeurs des écoles et des universitaires, désirant partager leurs expériences pédagogiques et scientifiques et se tenir au courant de la science qui se fait, comme de celle qui s'applique. L'APBG est ouverte à tous ceux qui s'intéressent aux sciences de la vie et de la Terre. L'APBG est présente dans 29 régionales académiques et a des membres dans 27 pays étrangers. L'association anime un site web (<http://www.apbg.org/>) et édite un bulletin trimestriel payant *Biologie Géologie* comprenant des infos professionnelles et des articles scientifiques et pédagogiques pour la formation continue des enseignants et des productions pédagogiques.
- L'Union des physiciens (UdP) a été fondée en 1906 lors d'un congrès de la Société française de physique (SFP) et est régie par la loi de 1901. Elle change de nom en 2003 et devient l'Union des professeurs de physique et de chimie (UdPPC). Ses buts sont d'étudier et améliorer les conditions de l'enseignement des sciences physiques de rassembler et diffuser toutes informations d'ordre pédagogique ou technique relatives à cet enseignement. Ses membres sont composés de professeurs, de personnels de laboratoire, de chercheurs. L'UdPPC anime un site Internet (<http://www.udppc.asso.fr/national/>), édite un mensuel payant sous forme papier ou numérique : *Le BUP*.
- Le forum des professeurs de sciences physiques chimie (<http://physiquechimie.forum.free.fr/>) est un forum francophone d'échange et de discussion entre professeurs de physique-chimie de collège et de lycée. L'accès au site peut se faire selon deux statuts : visiteur ou membre. En tant que visiteur on peut lire les fils de discussions mais on ne peut ni participer aux échanges, ni accéder aux fichiers joints. L'accès à la lecture et au téléchargement des documents est gratuit mais donné uniquement aux membres. Pour accéder à ce statut, il faut se présenter dans la partie "Présentation des membres professeurs", partager une première ressource (au moins un document pédagogique) et obtenir la validation

par un modérateur. Les membres utilisent un pseudo.

- Le forum des enseignants et techniciens des sciences de la vie et de la Terre (<http://forum-svt.ac-toulouse.fr/>) est un forum d'échange et de discussion entre professeurs de SVT. Un espace sans enregistrement est réservé aux élèves et étudiants. Les enseignants, pour avoir accès à l'espace professeur, doivent faire une demande d'adhésion à partir d'une adresse académique. Ils ont alors accès aux différents fils de discussions anciens ou en cours. Ils échangent des pistes et des liens mais nous n'avons pas trouvé de fichier joint.

En parcourant ces différents sites, nous avons obtenu des liens vers d'autres ressources, cependant après deux mois de recherche de moins en moins de ressources nouvelles apparaissaient. Ce qui ne veut pas dire que certaines n'aient pas échappé à notre vigilance. Les ressources trouvées en suivant la méthodologie explicitée ci-dessus sont listées dans les annexes 1 à 4. Ce travail a alimenté les recherches du groupe pluridisciplinaire au sein du projet ReVEA (Tufféry-Rochdi, 2015*b*). Par ailleurs, l'analyse de ces ressources, en lien avec nos questions de recherche, fait l'objet du chapitre IV.

Dans la partie suivante, nous explicitons la méthodologie mise en œuvre pour le suivi de professeurs volontaires dans le cadre de classes ordinaires.

III.2 - LE SUIVI DE PROFESSEURS DE MATHÉMATIQUES VOLONTAIRES

Afin de comprendre la tâche perçue et redéfinie par les professeurs, et de voir le type de séances mises en œuvre dans le cadre de cet enseignement d'exploration, nous avons souhaité observer des séances MPS menées par des enseignants de mathématiques dans le cadre de classes ordinaires, en dehors de toute ingénierie didactique (Artigue, 1990). Dans ce paragraphe, nous explicitons les difficultés rencontrées pour trouver des professeurs volontaires (III.2.1.) puis la méthodologie conçue pour suivre un des enseignants durant deux années scolaires, 2012/2013 et 2013/2014, sur deux lycées différents (III.2.2). Afin d'apporter un éclairage supplémentaire et de mieux percevoir le rôle du ou des collectifs nous avons élargi nos observations et nos entretiens à d'autres professeurs des deux lycées en adaptant la méthodologie précédente plus souplesment (III.2.3).

III.2.1 - OBJECTIFS ANNONCÉS ET DIFFICULTÉS POUR TROUVER DES VOLONTAIRES

L'objectif de ces observations était de suivre des professeurs de mathématiques impliqués dans l'EE MPS dans des pratiques de classe ordinaires dans le sens où le chercheur n'intervient à aucun moment dans l'élaboration et la réalisation des séances menées en classe. Le suivi devait se prolonger sur une année scolaire afin d'étudier, dans la durée, le travail réalisé par l'enseignant pour concevoir et mettre en œuvre des séances MPS. Pour chaque professeur il s'agissait, plus précisément, de cerner la tâche qu'il percevait et qu'il pouvait redéfinir, de voir le type de séances qu'il concevait et qu'il mettait en œuvre, de recueillir les ressources utilisées et conçues et d'identifier le rôle du collectif pluridisciplinaire.

En 2012, nous avons contacté sept enseignants de mathématiques et de sciences, de différents lycées, impliqués en MPS. Nous n'avions alors pas anticipé la difficulté à trouver des classes, des professeurs à observer. Certains enseignants n'ont pas répondu. Nous avons aussi reçu des refus polis mais peu argumentés : « *Je n'ai pas le temps* », « *Ce que l'on fait n'est pas très intéressant* », « *Désolé, je n'ai pas MPS dans mon service cette année, donc pas possible de répondre à cette demande cette année.* ». D'autres enseignants non impliqués ont accepté de faire suivre le message mais sans retour : « *Cette année je n'ai pas de MPS mais je ferai suivre aux profs de math.* ». Les dernières réponses, enfin, n'étaient pas très positives :

« *Hélas je ne fais plus MPS cette année ! Pas de Maths en MPS, seulement des sciences !* »

« *Sinon en ce qui concerne MPS... Hé bien j'ai eu la semaine dernière une réunion avec mes collègues de physique et de SVT et c'est très mal barré. Ils ne veulent pas de travail commun (surtout le prof de physique) Il ne veut pas entendre parler de thème, ils veulent juste faire ce qu'ils veulent et qu'on ne les embête pas!!! La prof de SVT, sans être butée (un peu quand même) a choisi son thème et moi nouvel arrivant, je dois composer avec... J'avais beau leur expliquer avec diplomatie (ce qu'ils savaient déjà ayant déjà pratiqué MPS) que l'objectif*

de MPS était le décroisement... rien à faire... pfff! Bref, je suis embêté, je me retrouve un peu seul comme un imbécile moi qui me disais chouette. Mais je vais me débrouiller. Alors je crois que ce n'est pas dans ma classe que tu trouveras matière pour ton doctorat. Par contre j'essaierai de trouver un autre groupe plus accueillant que le nôtre... »

Une autre enseignante, Tilaga, qui avait accepté nos visites n'a finalement pas eu MPS dans son service. Nous l'avons malgré tout rencontrée pour un entretien qui portait sur les MPS dans son lycée de Saint-Pierre et sur son expérience des deux années précédentes.

Nous avons finalement réussi à trouver quelques collègues volontaires, certains pour quelques séances seulement, d'autres pour une plus longue période. Nous décrivons dans le paragraphe ci-dessous la méthodologie mise en œuvre pour percevoir leur travail et en particulier celui de Dominique que nous avons suivi pendant deux années consécutives en 2012/2013 et en 2013/2014.

III.2.2 - MÉTHODOLOGIE CONÇUE ET SUIVIE AVEC DOMINIQUE

La méthodologie conçue est inspirée de l'investigation réflexive proposée dans le cadre théorique de l'approche documentaire du didactique (II.2.6) et est proche de celle proposée dans la double approche didactique et ergonomique (II.1.4).

Dominique avait répondu favorablement à notre demande dans laquelle figurait notre sujet de recherche à savoir la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des démarches d'investigation en MPS. Nous lui avons, dans un premier temps, fait parvenir par mail le questionnaire que nous avons conçu et intitulé « MPS dans votre établissement ». Ce questionnaire porte sur l'organisation générale des MPS (le nombre d'élèves, la plage horaire, les salles attribuées, les matières concernées, les thèmes choisis, les projets envisagés, la répartition des séances, etc.). Il comporte aussi quelques questions sur le travail collectif (le volontariat des professeurs impliqués, les temps de concertation, la répartition des tâches, etc.) ainsi que sur les premières ressources utilisées. (Voir annexe 5)

Nous avons rencontré Dominique pour un premier entretien afin de nous présenter et pour recueillir des informations générales sur son parcours professionnel et son expérience antérieure des MPS. À partir de nos questions, Dominique a aussi complété oralement les réponses fournies sur le questionnaire « MPS dans votre établissement ». Lors de ce premier entretien, nous avons pu préciser nos attentes respectives et nous avons décidé, d'un commun accord, que Dominique nous préviendrait lorsqu'il considèrerait que la séance envisagée était fondée sur une DI et qu'alors la méthodologie de suivi se mettrait en œuvre.

La séance serait observée, mais non filmée. Elle serait dans la mesure du possible précédée et suivie d'un entretien. Ces entretiens auraient lieu dans le lycée de Dominique sur une heure de disponibilité commune souvent entre deux de ses heures de cours. Nous nous démarquons ainsi de l'investigation réflexive qui préconise de réaliser les entretiens au plus près de l'endroit où l'enseignant prépare ses cours. Cet endroit se trouve souvent être le domicile de l'enseignant. Ces entretiens n'ont été enregistrés qu'à partir de la seconde année. Les supports de séances ont été récupérés dans la limite du possible. Afin de mieux cerner le travail réalisé hors classe Dominique a accepté de tenir, pendant toute la durée de préparation de la séance fondée sur une DI, un carnet de bord dans lequel il devait décrire le type d'activité, les acteurs

impliqués, les temps passés, les ressources utilisées et les supports produits, et dans lequel il pouvait également ajouter des commentaires. Nous utilisons volontairement le nom « carnet de bord » pour nous démarquer du « journal de bord » préconisé dans l'investigation réflexive qui nous semble plus complet que ce que nous avons obtenu de la part des enseignants. Nous n'avons pas demandé à Dominique de représenter schématiquement son système de ressources, nous nous démarquons ici aussi de l'investigation réflexive.

Pendant les entretiens l'enseignant devait adopter une posture réflexive en décrivant ses pratiques. Ces entretiens ont été menés de façon semi-directive (Blanchet et Gotman, 1992). Ils commençaient par une phase non directive pendant laquelle l'enseignant était libre de parler de ce qu'il envisageait ou de ce qui s'était passé selon que l'entretien précédait ou suivait la séance. Ensuite, nous amenions dans le fil de la discussion les points que l'enseignant n'avait pas abordé spontanément (les objectifs de la séance, les ressources utilisées et conçues, les difficultés envisagées ou ressenties, la place de l'investigation, le rôle du collectif pluridisciplinaire, etc.). Régulièrement, nous proposons des reformulations de synthèse permettant à l'enseignant de vérifier que ses propos avaient bien été compris et nous posons des questions amenant le professeur à apporter des précisions. La difficulté résidait dans le fait de ne pas casser le fil de discussion tout en abordant pendant l'entretien l'ensemble des thèmes relatifs à nos questions de recherche. Il s'agissait principalement d'entretiens d'explicitation (Vermesch, 1994) qui sollicite, de la part de l'enseignant, la mise en mots descriptive de la manière dont une tâche a été réalisée.

L'entretien avant la séance nous permettait de recueillir des informations sur la phase de conception (la durée de cette phase, les ressources parcourues, sélectionnées, utilisées et conçues, les échanges possibles avec des collègues, les objectifs de la séance, les difficultés rencontrées, etc.). Cette partie de l'entretien s'appuyait sur le carnet de bord complété par l'enseignant pendant la phase de conception. Cet entretien permettait aussi d'obtenir des informations sur la façon dont l'enseignant anticipe la séance (le déroulement prévu, les temps dédiés à chaque tâche proposée, les connaissances des élèves, les difficultés prévisibles, les craintes de l'enseignant, etc.).

L'observation directe de la séance s'accompagnait de prise de notes sur le déroulement, le temps dévolu à chaque tâche, les interventions orales de l'enseignant, les éléments notés au tableau, les questions des élèves, etc. Quand le professeur circulait entre les élèves, la prise de note permettait de garder des traces du guidage effectué (aide sur les connaissances, aide méthodologique, aide procédurale, etc.). L'observation de la séance permettait aussi de fournir des éléments essentiels à évoquer pendant l'entretien après la séance.

L'entretien après la séance observée permettait, dans un premier temps, de recueillir le ressenti de l'enseignant (difficultés, satisfactions, manque de temps, etc.). Il s'agissait, dans un second temps, de revenir sur les anticipations faites lors du premier entretien pour les confronter avec le déroulement effectif de la séance. Cet entretien nous permettait aussi d'obtenir des éclaircissements sur certains éléments observés. L'enseignant pouvait apporter des explications qui reposaient, par exemple, sur sa connaissance des élèves ou du travail réalisé en parallèle dans le cours de mathématiques. Nos questions portaient en particulier sur les régulations à court terme effectuées pendant la séance mais le professeur pouvait aussi envisager des régulations à moyen terme (pour la séance suivante) ou à long terme (pour l'année suivante). Cet entretien permettait ainsi à l'enseignant de faire un retour réflexif et

critique sur le déroulement effectif de la séance.

L'ensemble des informations obtenues lors des deux entretiens et de l'observation de la séance devait nous permettre de cerner les composantes institutionnelle, sociale, personnelle, cognitive et médiative qui, une fois recombinaées, nous permettraient d'approcher les pratiques. Il devait aussi nous donner les moyens de percevoir le travail documentaire de l'enseignant, de connaître les ressources parcourues, sélectionnées, conçues et utilisées, mais aussi d'inférer les règles d'action et les connaissances professionnelles sous-jacentes. Enfin, concernant les DI, les éléments ainsi recueillis, en particulier lors de l'observation de la séance, nous permettraient par la suite de faire une analyse à partir du modèle ESFI (II.1.5).

Nous avons essayé d'être particulièrement attentive aux apports du travail collectif dans les carnets de bord et lors des entretiens. Très vite est apparu un double collectif, celui attendu constitué de l'équipe pédagogique pluridisciplinaire mais aussi celui regroupant les professeurs de mathématiques du lycée impliqués en MPS la même année ou les précédentes. Ce qui nous a conduite à élargir nos observations et nos entretiens à d'autres professeurs comme détaillé dans le paragraphe suivant.

III.2.3 - ENTRETIENS AVEC D'AUTRES PROFESSEURS DU LYCÉE

Afin d'apporter un éclairage supplémentaire et d'obtenir des informations complémentaires, nous avons élargi les observations aux deux autres professeurs de mathématiques du lycée du Port, Isabelle et Geneviève, ainsi qu'à certains des professeurs de sciences impliqués aux côtés des professeurs de mathématiques précédents en MPS.

Pour les professeurs de mathématiques nous avons mis en œuvre une méthodologie semblable à celle de Dominique mais plus souple. Quelques séances ont été observées et accompagnées d'entretiens mais de façon moins systématique. Les supports de séances étaient récupérés ainsi que toutes les ressources que le professeur jugeait bon de nous donner comme explicatif du travail réalisé. Par contre, nous n'avons pas demandé aux professeurs de tenir un carnet de bord.

Isabelle travaillait sur les mêmes thèmes que Dominique, mais dans un autre collectif. Son équipe avait échangé des ressources avec celle de Dominique sur le projet mené dans le thème « Science et investigation policière ». Elle avait aussi transmis à Dominique l'ensemble de ses ressources filles, mises en œuvre dans ses classes pour soutenir ses séances menées individuellement. Geneviève travaillait sur un tout autre thème « Science et œuvres d'art ».

En fin d'année scolaire, en juin 2014, nous avons demandé des entretiens aux professeurs de sciences impliqués en MPS auprès des collègues de mathématiques précédents. Trois ont accepté. Les entretiens ont eu lieu en fin d'année sur une période qui s'étale entre les derniers jours de cours et le début des épreuves de bac. Ils se sont déroulés dans les lycées des enseignants et ont duré environ une heure. Ils ont été enregistrés. Pour cet entretien, il avait été demandé aux enseignants de présenter une des séances MPS qu'ils considéraient représentative de leur travail et qu'ils pensaient correspondre à la tâche prescrite. Le début de l'entretien permettait de prendre des informations sur l'enseignant, son implication volontaire ou imposée en MPS, les thèmes travaillés, les projets communs proposés aux élèves, le travail collectif. Ensuite, l'enseignant devait parler davantage des séances menées individuellement

et en particulier de celle qu'il avait sélectionnée. Aucun des trois enseignants n'a réussi à se restreindre à une séance. Ils ont tous décrit plus ou moins succinctement l'ensemble des trois ou quatre séances menées. Pour chacune, l'enseignant était interrogé sur les ressources utilisées et conçues, sachant que les réponses se faisaient principalement de mémoire. Ensuite, il leur était explicitement demandé de définir quels étaient selon eux les objectifs principaux des MPS. Lorsque l'ensemble de ces points avaient été abordés, il était proposé à l'enseignant de relire la page du programme MPS avec nous pour identifier à posteriori les objectifs réalisés, ceux oubliés ou volontairement écartés.

L'ensemble de ces informations nous a permis, une fois croisées, d'avoir une idée assez détaillée du travail mené par le collectif pluridisciplinaire sur un thème particulier ainsi que celui mis en œuvre dans les séances menées individuellement par les professeurs de mathématiques ce qui était notre objectif de départ. Le suivi des enseignants engagés dans l'atelier IREM est sensiblement différent. Nous détaillons la méthodologie construite ci-dessous.

III.3 - LA CONSTITUTION D'UN ATELIER IREM

En 2012/2013, nous avons sollicité des enseignants de mathématiques d'un même lycée pour participer à un atelier IREM dont l'objectif était la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI en MPS. Dans ce paragraphe, nous expliquons tout d'abord les raisons pour lesquelles nous avons proposé cet atelier en lien avec nos questions de recherches (III.4.1). Nous poursuivons en décrivant ses modalités de fonctionnement dépendantes en partie des usages à l'IREM de La Réunion (III.4.2). Nous précisons le rôle de chaque enseignant au sein de cet atelier et la nature de ce collectif (III.4.3). Enfin, nous détaillons la méthodologie que nous avons conçue (III.4.4) pour observer son fonctionnement et celles que nous avons effectivement mises en œuvre (III.4.5). Afin d'apporter des éléments de réponses à nos questions sur la transmission des ressources, nous avons prolongé les observations dans le même lycée auprès d'un autre professeur mais avec une méthodologie de suivi plus proche de celle mise en place pour Dominique (III.4.6).

III.3.1 - LES RAISONS DE CET ATELIER

Nous allons dans un premier temps expliciter les raisons pour lesquelles nous avons proposé cet atelier en cohérence avec nos questions de recherche.

Nous considérons que le dispositif MPS constitue un cadre favorable pour la mise en œuvre de DI. En effet, les raisons principales données par les professeurs de sciences et de mathématiques qui ne mettent pas en place de telles démarches dans leurs cours disciplinaires sont des effectifs trop nombreux, des séances trop courtes et la contrainte du programme à terminer (Monod-Ansaldi et Prieur, 2011). Or, dans les établissements visités dans le cadre de nos recherches, les séances MPS se déroulent avec des groupes d'effectifs réduits (de 15 à 25 élèves) et sur des plages horaires plus longues (deux heures consécutives). De plus, elles ne sont pas soumises à un programme strict en termes d'acquisition de connaissances et rencontrent la demande institutionnelle d'initier les élèves à la démarche scientifique.

Des études pointent les difficultés rencontrées par les enseignants lorsqu'il s'agit de proposer aux élèves des DI. Le partage des responsabilités entre professeur et élèves nécessaire pour ce type d'activités ne va pas de soi. Il requiert un niveau d'expertise enseignante qui va bien au-delà de ce qui est en jeu dans les pratiques d'enseignement traditionnelles en particulier pour les phases de structuration des connaissances (Artigue 2011). D'autres travaux, analysés par Gueudet et Lebaud (2013, p. 112), notent les effets positifs des collectifs dans les formations enseignantes visant des évolutions de pratiques vers les DI et en particulier le fait que « *les groupes de stagiaires effectuent au fil de la formation une préparation de plus en plus approfondie des séances conçues, avec une analyse précise des savoirs en jeu et une anticipation des comportements probables des élèves. Cette préparation est essentielle, pour laisser plus de responsabilités aux élèves en classe.* ».

Lors des entretiens menés avec les enseignants de mathématiques observés, les professeurs faisaient régulièrement référence à des documents conçus collectivement par l'équipe des

professeurs de mathématiques du lycée impliqués en MPS. De plus, dans les ressources utilisées figuraient les ressources transmises par des collègues de mathématiques du lycée, impliqués en MPS les années précédentes, le plus souvent les supports de séances qu'ils avaient eux-mêmes conçus. Les professeurs semblent inscrits dans un double travail collectif, celui avec leur équipe MPS pluridisciplinaire, c'est-à-dire avec un professeur de physique-chimie et un professeur de SVT, et celui avec les autres professeurs de mathématiques de l'établissement impliqués en MPS la même année ou les années précédentes. Le travail collectif de l'équipe pluridisciplinaire a été décrit à plusieurs reprises (Prieur et Aldon, 2011 ; Caussidier *et al.*, 2013 ; Villeret et Munoz, 2012). Il nous semblait intéressant de porter notre attention sur le travail collectif entre professeurs de mathématiques impliqués en MPS d'un même lycée en faisant l'hypothèse que c'est aussi dans la discipline elle-même que les enseignants trouvent les ressorts pour concevoir des séances fondées sur des DI dans un contexte pluridisciplinaire.

Ces différents éléments nous ont amenée à proposer un atelier IREM, à La Réunion en 2012/2013, sur la conception et la mise en place de DI en MPS pour questionner en particulier le travail collectif au sein de l'équipe des professeurs de mathématiques du lycée. Dans le paragraphe suivant nous préciserons les modalités de fonctionnement de cet atelier et ses objectifs.

III.3.2 - MODE DE FONCTIONNEMENT DE L'ATELIER ET OBJECTIFS

Dans ce paragraphe, nous expliquons le mode de fonctionnement de cet atelier qui est en partie défini par les usages de l'IREM de La Réunion et également orienté pour répondre à nos objectifs personnels.

Le mode de fonctionnement des ateliers de l'IREM de La Réunion

Cet atelier, appelé plus précisément « atelier de recherche-production », conduit une recherche-action avec expérimentation dans les classes, suivie de la production de documents pédagogiques destinés aux enseignants. Il s'agit d'un groupe de recherche et de formation, au sens où les membres de l'atelier s'auto-forment et se forment mutuellement par la pratique de la recherche. De façon générale, les enseignants impliqués dans les ateliers de l'IREM de La Réunion sont libres de fonctionner comme ils le souhaitent pourvu qu'ils assistent aux différents séminaires organisés dans l'année et qu'ils y présentent régulièrement l'avancée de leurs réflexions. Pour l'atelier sur la mise en œuvre de DI en MPS, les enseignants ont accepté ma participation en tant qu'observatrice.

Nos objectifs

Notre premier objectif était d'analyser le travail réalisé par chaque enseignant hors classe pour concevoir les séances sous forme de DI et en classe pour les mettre en œuvre en portant une attention particulière aux ressources utilisées et aux ressources-filles conçues pour soutenir ces séances. Notre deuxième objectif était de questionner les collectifs et le rôle qu'ils jouent sur les pratiques en MPS. Tout d'abord, nous voulions tenter de percevoir le travail collectif avec les professeurs de SVT et de physique-chimie puisque chaque enseignant de mathématiques impliqué dans l'atelier faisait aussi partie d'une équipe MPS pluridisciplinaire. Ensuite, nous voulions observer le travail collectif au sein de l'atelier, pour

voir s'il pouvait contribuer à aboutir à la mise en place de séances fondées sur des DI plus proches des demandes institutionnelles que celles observées dans d'autres établissements, que l'on va donc considérer plus à même de favoriser l'apprentissage des élèves.

Nous avons sollicité, sur les conseils du directeur de l'IREM, trois professeurs d'un même lycée pour constituer cet atelier. Deux de ces enseignants, Boris et Teddy, avaient MPS dans leurs services. Ils travaillaient sur des thèmes différents. Ils avaient déjà enseigné en MPS les années précédentes mais les activités proposées étaient conçues comme des travaux dirigés avec des questions progressives et détaillées. Ils ont accepté de modifier les séances conçues les années précédentes dans la perspective des DI. Ces deux enseignants, bien qu'expérimentés, ne mettent pas de DI en place dans leurs cours disciplinaires et se considèrent comme « débutants en DI ». Le troisième enseignant, David, nouvellement nommé au lycée, n'avait pas MPS dans son service mais, impliqué dans les activités de l'IREM et dans la formation des enseignants depuis plusieurs années, il possède une sérieuse expérience des problèmes ouverts (Pineau-Choquet, 2014), des tâches complexes (Michel, 2011) et des narrations de recherche (Bonafé *et al.*, 2002). Il a accepté d'apporter son aide aux deux premiers enseignants.

III.3.3 - IDENTIFIER LES COLLECTIFS POUR POUVOIR LES QUESTIONNER

Le collectif ainsi conçu était donc un collectif institutionnel composé d'enseignants volontaires pour adhérer au projet que nous leur proposons (le directeur de l'IREM et moi-même). Le travail collectif attendu entre Boris et Teddy correspondait à une *collaboration* (Grangeat, 2011), les deux professeurs ont des compétences semblables et partagent la même tâche prescrite, concevoir et soutenir des séances fondées sur des DI en MPS. Entre David et les deux autres professeurs, il s'agissait plutôt d'une *coopération distribuée* (Grangeat, 2011), leurs buts immédiats sont distincts, David n'a pas à enseigner en MPS, leurs tâches sont différentes, mais leurs activités convergent vers l'atteinte d'un même objectif, la réussite de l'atelier.

Il reste à questionner notre rôle au sein de ce collectif. Nous l'avons initié puis nous avons bénéficié de l'accompagnement du directeur de l'IREM pour le choix de l'établissement scolaire et des professeurs sollicités. Nous ne sommes pas intervenue sur le contenu ou l'organisation des séances, ces choix étant laissés à la responsabilité de chaque enseignant. Il en est de même pour le travail collectif au sein de l'atelier. En dehors d'une première rencontre pour fixer les modalités de l'atelier et le rôle de chacun, les professeurs étaient libres des moyens et des moments pour échanger. Néanmoins, même si nous essayons de la minimiser nous ne pouvons pas sous-estimer l'impact de notre présence. Les enseignants impliqués savaient que leurs pratiques seraient analysées et conduiraient peut-être à des publications. L'inspecteur de mathématiques avait aussi assisté à la réunion de pré-rentrée de l'IREM pendant laquelle la présentation des ateliers avait été faite. Notre présence avec la caméra pendant les séances avec les élèves ne passait pas inaperçue. Nos questions lors des entretiens pendant lesquels les enseignants devaient décrire leurs pratiques ont conduit à une investigation réflexive et ont forcément impacté les activités des enseignants. La participation à l'atelier a impacté les composantes sociales, institutionnelles et personnelles.

Ces enseignants appartenaient par ailleurs à d'autres collectifs qui interféraient avec le nôtre. Tout d'abord, ils faisaient partie des enseignants de mathématiques du lycée de Saint-Denis, Boris en tant que titulaire du poste depuis plusieurs années, Teddy en tant que TZR depuis au moins trois ans dans cet établissement et enfin David en tant que nouveau professeur nommé dans le lycée. Boris et David avaient déjà participé et animé des ateliers IREM et étaient des acteurs actifs du collectif des professeurs de mathématiques de l'académie impliqués dans les activités de l'IREM. Ils ont participé avec Teddy aux différents séminaires organisés dans ce cadre en 2012/2013. Enfin, Boris et Teddy appartiennent aussi au collectif des professeurs de mathématiques du lycée enseignant en MPS. Ils y intervenaient ensemble en 2010/2011 et avaient déjà collaboré sur l'élaboration de séances MPS. Ainsi pour Boris et Teddy, ce collectif IREM institutionnalisait un collectif informel déjà en place les années précédentes.

III.3.4 - MÉTHODOLOGIE CONÇUE POUR SUIVRE CET ATELIER IREM

Nous voulions analyser le travail réalisé pour concevoir et soutenir des séances MPS fondées sur des DI en portant une attention particulière sur les ressources utilisées et produites et sur le rôle du collectif IREM à ces différentes étapes. Nous avons mis en place une méthodologie inspirée de l'investigation réflexive proposée dans le cadre théorique de l'approche documentaire du didactique (II.2.6) et est proche de celle proposée dans la double approche didactique et ergonomique (II.1.4).

Les séances en classe ont été observées et filmées. Les supports de séances ont été récupérés mais cela ne nous donnait pas accès à toutes les intentions, à tous les ressentis des professeurs. Le travail réalisé hors classe se déroulait le plus souvent au domicile de l'enseignant mais aussi en salle des professeurs et dans bien d'autres lieux. Ce travail de conception ne pouvait être observé ou filmé dans sa continuité en des temps et des lieux différents. Par ailleurs, les ressources utilisées sont parfois fugitives et peu observables : des discussions rapides en salle des professeurs, des souvenirs des séances MPS antérieures... Nous avons donc choisi d'impliquer les professeurs dans l'investigation sur leur propre personne. La méthodologie conçue est proche de l'investigation réflexive (Gueudet et Trouche, 2010), détaillée dans le paragraphe II.2.6, c'est-à-dire que le regard des professeurs sur leur propre activité de préparation et d'enseignement est particulièrement sollicité et qu'il est associé au recueil des données.

Nous avons demandé à chacun d'eux de tenir, pendant toute la durée de préparation de la séance fondée sur une DI, un carnet de bord (nommé journal de bord dans l'investigation réflexive) dans lequel ils devaient décrire leurs types d'activités, les acteurs impliqués, les temps passés, les ressources utilisées et les supports produits, et dans lequel ils pouvaient également ajouter des commentaires.

Nous avons mené des entretiens pendant toute la durée des observations sur un mode semi-directif déjà décrit dans le paragraphe III.2.2. Les entretiens ont eu lieu dans le lycée des enseignants observés, souvent sur une heure de disponibilité qu'ils avaient entre deux cours, et une fois dans la salle où allait se dérouler le séminaire de l'IREM. Chaque séance observée a été filmée et les entretiens ont été enregistrés. Les enseignants ont adopté une posture

réflexive en décrivant leurs pratiques lors d'entretiens avec nous avant et après les séances. Nous avons recueilli dans la mesure du possible les ressources matérielles utilisées et produites dans le travail documentaire. Le suivi s'est prolongé sur une durée assez longue, il s'est passé un semestre entre le premier entretien et le dernier mais l'essentiel des observations et des entretiens s'est tenu en cinq semaines.

Nous avons essayé d'être particulièrement attentive aux apports du travail collectif dans les carnets de bord et lors des entretiens, aussi bien ceux concernant le groupe pluridisciplinaire que ceux concernant le groupe des professeurs de mathématiques impliqués dans l'atelier. Nous n'avons pas demandé aux enseignants de représenter schématiquement leur système de ressources.

III.3.5 - MÉTHODOLOGIE MISE EN ŒUVRE POUR LE SUIVI DE L'ATELIER

IREM

Les enseignants s'étaient engagés dès septembre 2012 à participer à cet atelier mais il était convenu, entre autres pour des contraintes d'emploi du temps, que les séances observées seraient celles du second semestre à partir de la rentrée de janvier (fin janvier à La Réunion). Cette période correspondait au début du second thème « Le son » pour Boris et « Investigation policière » pour Teddy. Les séances de MPS se déroulaient le jeudi après-midi de 13 heures à 15 heures pour Boris et de 15 heures à 17 heures pour Teddy. Les observations se sont déroulées sur une période de cinq semaines. Nous avons filmé trois séances différentes pour Teddy et trois fois la même séance (avec trois groupes d'élèves différents) pour Boris.

Les enseignants ont eu à compléter un questionnaire envoyé en octobre, « MPS dans votre établissement » (annexe5), sur le fonctionnement de MPS dans l'établissement. Un entretien était prévu avec chacun d'eux en décembre, pour faire le point sur le déroulement de MPS sur la première partie de l'année et prévoir de façon précise les observations prévues à la rentrée. Pour des raisons d'emploi du temps, cette réunion n'a pu se mettre en place qu'avec Teddy. Les dernières précisions sur l'organisation et le rôle de chacun ont été apportées lors d'une réunion initiée par le directeur de l'IREM, le 23 janvier 2013.

Au lancement de l'atelier, le 30 janvier 2013, les trois enseignants impliqués ont organisé une réunion, à laquelle j'ai assisté en tant qu'observatrice, sur la DI. Cette réunion sera décrite dans le paragraphe V.4.1. Ensuite, les entretiens et les observations se sont déroulés selon le planning suivant :

TEDDY

Octobre 2012 : Questionnaire « Les MPS dans votre établissement »

7 décembre 2013 : Entretien 1 (Teddy-Chantal)

23 janvier 2013 : Réunion initiée par le Directeur de l'IREM sur les modalités de l'atelier IREM avec les quatre participants (Teddy, Boris, David, Chantal)

30 janvier 2013 : Réunion sur les DI initiée par les trois enseignants (Teddy-Boris-David) observée par Chantal

6 février 2013 : Entretien 2 (Teddy-Chantal)

7 février 2013 : Séance 1

15 février 2013 : Entretien 3 (Teddy-Chantal)

21 février 2013 : Séance 2

27 février 2013 : Entretien 4 (Boris-Teddy-Chantal)

28 février 2013 : Séance 3

11 juin 2013 : Entretien 5 (Teddy-Chantal)
BORIS
Octobre 2012 : Questionnaire « Les MPS dans votre établissement »
23 janvier 2013 : réunion initiée par le Directeur de l'IREM sur les modalités de l'atelier IREM avec les quatre participants (Teddy, Boris, David, Chantal)
30 janvier 2013 : Réunion sur les DI initiée par les trois enseignants (Teddy, Boris, David) observée par Chantal
7 février 2013 : Séance 1
15 février 2013 : Entretien 1 (Boris-Chantal)
21 février 2013 : Séance 2
27 février 2013 : Entretien 2 (Boris-Teddy-Chantal)
28 février 2013 : Séance 3
6 juin 2013 : Entretien 3 (Boris-Chantal)

Illustration 9. Planning des entretiens avec Teddy et Boris

Chaque séance MPS dure environ 110 minutes (2 fois 55 minutes). Les premières minutes sont consacrées à l'accueil des élèves et à l'appel. Pendant l'interclasse de 5 minutes, les élèves sont autorisés à sortir et cela entraîne une légère perte de temps en début de seconde séance. Au tout début de la première séance, il faut quelques minutes pour finir d'installer la caméra. La pause intermédiaire permet de changer la cassette d'enregistrement. Nous disposons au final, pour chacune des six séances MPS, d'environ 100 minutes de film consacrées à des temps d'enseignement. Des indications sur le temps qui s'écoule depuis le début de l'enregistrement seront données dans les descriptions des séances (V.4.2 et V.4.3).

La séance observée se passe dans une salle informatique équipée d'un tableau interactif et d'un tableau blanc. La salle est organisée en « E » face au tableau. La caméra fixe est installée en bas du « E » à gauche. Les élèves, qui proviennent de trois classes, s'installent comme ils le souhaitent sur les tables devant les ordinateurs. Ces conditions restent identiques sur les six séances observées.

III.3.6 - TRANSMISSION DES RESSOURCES : AUTRE COLLECTIF

L'année suivante, Boris ne souhaitait plus participer à l'atelier et Teddy était affecté comme TZR dans un autre établissement. Olivier, lui aussi TZR, et enseignant en MPS dans le lycée pour la quatrième année consécutive a accepté notre présence en tant qu'observatrice. Il savait que notre recherche porte sur les démarches d'investigation mais, contrairement à Boris et Teddy, Olivier ne s'est pas engagé à modifier ses séances dans cet objectif. Ces observations devaient nous permettre de percevoir comment les ressources se transmettaient (ou pas) d'une année à l'autre, d'une équipe à la suivante au sein d'un même établissement. Nous avons aussi rencontré en entretien les professeurs de SVT et SPC du collectif pluridisciplinaire.

La méthodologie conçue pour suivre Olivier est semblable à celle déjà mise en œuvre avec Dominique. Nous avons rencontré Olivier pour un premier entretien afin de préciser nos attentes et pour recueillir des informations générales sur son profil et son expérience des MPS. Lors de cet entretien, nous avons décidé d'un commun accord que les observations porteraient sur toutes les séances MPS menées individuellement par Olivier indépendamment de toute investigation.

Chaque séance serait observée mais non filmée. Elle serait dans la mesure du possible

précédée et suivie d'un entretien pendant lequel l'enseignant adopterait une posture réflexive en décrivant ses pratiques. Ces entretiens seraient enregistrés et auraient lieu dans le lycée d'Olivier sur une heure de disponibilité commune souvent entre deux de ses cours. Les supports de séances ont été récupérés dans la limite du possible. Olivier ne s'est pas engagé à compléter un carnet de bord. Sachant qu'il reproduisait les séances pour la quatrième année consécutive et qu'il les avait déjà soutenues au moins neuf fois, la tenue d'un carnet de bord ne nous semblait pas adaptée. Nous avons essayé d'être particulièrement attentive aux apports du travail collectif lors des entretiens, aussi bien ceux concernant le groupe pluridisciplinaire que ceux concernant le groupe des professeurs de mathématiques.

En fin d'année scolaire, en juin 2014, nous avons demandé des entretiens aux professeurs de sciences impliqués en MPS auprès d'Olivier. Les deux ont accepté. Les entretiens se sont déroulés dans le lycée des enseignants et ont duré environ une heure. Ils ont été enregistrés. Pour cet entretien, il leur avait été demandé, comme à ceux des deux autres établissements, de présenter une des séances MPS qu'ils considéraient représentative de leur travail et qu'ils pensaient correspondre à la tâche prescrite. Le début de l'entretien permettait de prendre des informations sur l'enseignant, son implication volontaire ou imposée en MPS, les thèmes travaillés, les projets communs proposés aux élèves, le travail collectif. Ensuite, l'enseignant devait parler davantage des séances menées individuellement et en particulier, de celle qu'il avait sélectionnée. Ici encore aucun des deux enseignants ne s'est restreint à une séance. Ils ont tous deux décrit plus ou moins succinctement l'ensemble des trois séances menées dans chaque thème. Pour chacune, l'enseignant était interrogé sur les ressources utilisées et conçues, sachant que les réponses se faisaient principalement de mémoire. Ensuite, il leur était explicitement demandé de définir quels étaient selon eux les objectifs principaux des MPS. Lorsque l'ensemble de ces points avaient été abordés, il était proposé à l'enseignant de relire la page du programme MPS avec nous pour identifier à posteriori les objectifs réalisés, ceux oubliés ou volontairement écartés.

L'ensemble de ces informations nous a permis, une fois croisées, d'avoir une idée assez détaillée du travail mené par le collectif pluridisciplinaire d'Olivier sur les deux thèmes traités dans l'année ainsi que celui mis en œuvre dans les séances menées individuellement par Olivier.

III.4 - TABLEAU RÉCAPITULATIF DES SUIVIS D'ENSEIGNANTS

Nous avons ainsi suivi et/ou rencontré différents enseignants de mathématiques et de sciences de quatre établissements différents sur deux années scolaires. Ce que nous synthétisons dans le tableau suivant :

Lycée Année	Saint-Pierre	Le Port	Saint-Paul	Saint-Denis
2012/2013	Tilaga (Maths)	Dominique(Maths) Isabelle (Maths)		Teddy (Maths) Boris (Maths)
2013/2014		Isabelle (Maths) Geneviève (Maths) Caroline (SPC) Matthieu (SVT)	Dominique (Maths) Patricia (SVT)	Olivier (Maths) Valérie (SPC) Philippe (SVT)

Illustration 10. Tableau récapitulatif, Lycées et Professeurs

Avec certains d'entre eux un seul entretien a été réalisé. C'est le cas de Tilaga, Caroline, Matthieu, Patricia, Valérie et Philippe. La méthodologie suivie pour les entretiens menés avec les professeurs de sciences est décrite dans le paragraphe III.2.3. Avec les professeurs de mathématiques, Isabelle et Geneviève, il s'agit de quelques observations de séances précédées et/ou suivies d'entretiens. Voir ici aussi le paragraphe III.2.3.

Dominique a été suivi sur deux années scolaires avec une méthodologie, détaillée dans le paragraphe III.2.2, qui inclut le questionnaire, des observations de séances, des entretiens avant et après les séances observées ainsi que la tenue d'un carnet de bord.

Teddy et Boris ont été suivis sur un semestre dans le cadre de l'atelier IREM, avec une méthodologie décrite dans les paragraphes III.3.4 et III.3.5, qui comprend le questionnaire, des observations de séances filmées, des entretiens avant et après les séances observées ainsi que la tenue d'un carnet de bord.

Olivier a été suivi pendant une année scolaire avec une méthodologie décrite dans le paragraphe III.3.6 qui combine des observations de séances ainsi que des entretiens avant et après les séances.

Ce sont ces suivis différenciés dont nous allons analyser les données recueillies dans le chapitre V après nous être intéressée à l'offre des ressources disponibles dans le chapitre IV.

IV - UNE ÉTUDE SYSTÉMATIQUE DE L'OFFRE DE RESSOURCES SUR UN THÈME CRITIQUE

L'objet de ce chapitre est de lister de la façon la plus complète possible les ressources disponibles pour soutenir cet enseignement d'exploration, quatre ans après sa mise en œuvre, mais en ne gardant que les ressources explicitement affichées MPS. Le choix a été fait de se limiter dans un premier temps au thème « Science et investigation policière » fréquemment choisi par les équipes MPS et qui semble avoir donné naissance à de nombreuses autres ressources d'origines diverses (marchande, recherche, associative, musée...). La méthodologie suivie pour cette recherche documentaire a été explicitée dans le chapitre III. Après avoir détaillé l'offre des ressources disponibles dans la partie IV.1, nous en ferons une analyse dans la partie IV.2 et verrons, dans notre conclusion de ce chapitre IV.3, comment cette analyse apporte des éléments de réponses pour nos questions de recherche.

IV.1 - L'OFFRE DE RESSOURCES, MPS SCIENCE ET INVESTIGATION POLICIÈRE

Cette première partie vise à lister de la façon la plus exhaustive possible les ressources disponibles pour le thème « Science et investigation policière » quatre ans après sa mise en œuvre. Elle est structurée à partir des sites sources identifiés selon la méthodologie explicitée dans la partie III. Ces sites ont été classés selon quatre catégories : institutionnels (IV.1.1), associatifs/collectifs (IV.1.2), personnels/individuels (IV.1.3) et marchands (IV.1.4). Les ressources sont ensuite identifiées à partir des éléments disponibles : le titre, le ou les auteur(s), la date de leur conception, leur type et les disciplines associées, la mise en œuvre de DI, etc. L'ensemble de ces informations est aussi disponible dans les tableaux qui figurent dans les annexes 1 à 4, on y trouve en particulier les adresses de ces ressources. Nous décrivons ci-dessous les ressources trouvées en essayant de montrer leur intérêt pour notre recherche globale. Certains éléments qui éclairent nos écrits, tout en restant secondaires, seront apportés dans des encarts.

IV.1.1 - LES RESSOURCES INSTITUTIONNELLES

Ce paragraphe traite des ressources institutionnelles. Nous commençons par présenter de façon plus détaillée deux ressources qui vont jouer un rôle important par la suite : les actes du séminaire de réflexion des inspecteurs de SVT (IV.1.1.1) et le projet proposé pour ce thème par le document d'accompagnement des programmes (IV.1.1.2). Nous listons ensuite les ressources issues des sites académiques (IV.1.1.3), celles issues des IREM (IV.1.1.4) et enfin celles proposées par certains musées (IV.1.1.5).

IV.1.1.1 - LES ACTES DU SÉMINAIRE DE RÉFLEXION DES CORPS D'INSPECTION DE SVT

Nous présentons dans ce paragraphe les actes du séminaire de réflexion des corps d'inspection, qui s'est tenu les 23 et 24 mars 2010, à Strasbourg. Ce séminaire avait pour objet « Les sciences de la vie et de la Terre et la réforme du lycée ». L'objectif annoncé était de « *déterminer le rôle que peut jouer la discipline dans la réforme des lycées* ».

Les actes du séminaire, qui semblent dater de mai 2010, font 185 pages. Environ 50 pages sont consacrées au nouveau programme de seconde et à ses différents thèmes, 20 pages à l'accompagnement personnalisé et au tutorat, 95 pages à l'EE MPS, et 15 pages aux autres EE (Sciences et laboratoire, Santé et social, Biotechnologies, Créations artistiques, LV3). Ainsi, environ la moitié des actes sont consacrés à l'EE MPS. Ces pages sont l'œuvre d'une réflexion collective issue d'un travail mené dans plusieurs académies par des groupes de professeurs et d'IPR pour élaborer des pistes de travail.

Concernant l'EE MPS, une première page est intitulée « Texte Officiel ». On y retrouve des phrases voire des paragraphes entiers qui reprennent/seront repris dans le programme qui

paraîtra au *Journal officiel* en avril ou dans le document d'accompagnement des programmes, *Ressources pour la classe de seconde MPS*, disponible sur Eduscol à partir de juillet (voir encart ci-dessous). On note qu'au moins trois des IPR ayant participé à la rédaction de ces actes ont aussi contribué à l'élaboration du document d'accompagnement des programmes.

Le premier paragraphe est très proche de celui du programme (BO spécial n°4 du 29 avril 2010) et identique à celui du document d'accompagnement des programmes, *Ressources pour la classe de seconde MPS*, analysés dans la partie I.2.2. :

« L'enseignement d'exploration « Méthodes et pratiques scientifiques » doit permettre aux élèves de découvrir différents domaines des mathématiques, des sciences physiques et chimiques, des sciences de la vie et de la Terre et des sciences de l'ingénieur. C'est aussi l'occasion de montrer l'apport conjoint des disciplines scientifiques pour trouver des réponses aux questions scientifiques soulevées par une société moderne et de renforcer l'intérêt des élèves pour la science en leur offrant des activités passionnantes privilégiant réflexion autonomie et initiative. » (Actes du séminaire de réflexion des corps d'inspection de SVT)

Le second paragraphe n'est pas présent dans le programme mais est identique au second paragraphe du document d'accompagnement des programmes :

« En conséquence, il s'agit de veiller à bien inscrire cet enseignement d'exploration dans une activité de projet mettant en jeu plusieurs disciplines. Cette démarche de projet pluridisciplinaire demande de la part des enseignants une adaptation de leurs pratiques pédagogiques. L'objectif de ce document est de leur fournir des pistes pour l'organisation et la mise en place de cet enseignement et des ressources parmi lesquelles ils pourront puiser afin de concevoir des activités adaptées aux spécificités locales (niveau et centres d'intérêt, des élèves, ressources locales...). » (Actes du séminaire de réflexion des corps d'inspection de SVT).

Enfin, toujours dans la partie « texte officiel » on définit le travail pluridisciplinaire attendu qui doit viser le croisement des disciplines et pas une juxtaposition de connaissances disciplinaires. Ce travail devant se faire dans le cadre d'une démarche de projet choisit par l'équipe et permettant d'aboutir à une production d'élèves :

« La pluridisciplinarité demande de la part de chaque enseignant une réflexion sur l'apport de sa propre discipline et son articulation avec les autres afin de donner cohérence au projet choisi. Elle présente dans son aspect didactique une nouvelle vision de concevoir et de transmettre les connaissances puisqu'elle entraîne le croisement des disciplines et non plus une juxtaposition de connaissances disciplinaires. L'objectif étant de faire acquérir aux élèves une compréhension globale et cohérente de certaines problématiques scientifiques. » (Actes du séminaire de réflexion des corps d'inspection de SVT).

Après cette partie « Texte officiel », les différents thèmes sont abordés de façon plus ou moins détaillée : 7 pages pour « Science et aliments », 54 pages pour « Science et cosmétologie », 9 pages pour « Science et investigation policière », 26 pages pour « Science et œuvres d'art », 9 pages pour « Science et vision du monde » et 6 pages pour « Science et prévention des risques d'origine humaine ». Ainsi, dans cette ressource, ce sont les thèmes

« Science et cosmétologie » et « Science et œuvres d'art » qui sont davantage détaillés.

Le thème « Science et investigation policière » qui nous intéresse plus particulièrement est décliné ici sous deux approches : une étude de cas et une approche historique :

- L'étude de cas propose de partir d'une situation-problème puis d'étudier des indices pour aboutir à un scénario possible du délit. On trouve en particulier l'estimation de l'IPM (intervalle post mortem) par la méthode de Henssge.
- L'approche historique propose de montrer comment les évolutions de la recherche fondamentale et les avancées techniques ont fourni des outils d'investigation policière. Dans cette approche historique, il est aussi envisagé de critiquer la morphopsychologie et de discuter du « mythe du chromosome du crime ».

Pour les deux approches, seules des pistes sont proposées. On ne trouve pour ce thème aucune fiche élève par exemple. Les deux approches sont envisagées comme fondées sur des DI. Dans le programme de SVT, l'approche historique est présentée comme une manière dite *originale* de concevoir une DI (Voir I.2.1).

Il est difficile de savoir si ces actes ont été diffusés tels quels en 2010 et par quels moyens. Ils sont actuellement disponibles sur le site de l'académie de Reims (<http://www.ac-reims.fr/>) (Annexe 1, A42). Par contre, des extraits de ces actes sont présents dans plusieurs ressources accessibles depuis les sites académiques. Ces ressources se présentent comme des supports de stages sous forme de diaporama. Nous disposons, de même, de peu d'informations sur les professeurs invités à suivre ces stages, et en particulier s'ils étaient ouverts à tous les enseignants ou uniquement aux professeurs de SVT.

En conclusion, cette ressource nous semble primordiale à plusieurs niveaux. Elle figure tout d'abord parmi les premières ressources spécifiquement conçues pour cet EE. Certains paragraphes de ce texte se retrouvent aussi dans le programme MPS et dans le document d'accompagnement des programmes montrant une interaction entre les auteurs de ces différentes ressources parues à quelques semaines d'intervalles (entre mars 2010 et juillet/août 2010). Dans la partie consacrée au thème « Science et investigation policière », deux approches sont proposées : une investigation policière et une démarche historique. Dans les deux cas, c'est une démarche de projet fondée sur des démarches d'investigation qui est préconisée. Enfin, ces actes ont conduit à des ressources filles, comme nous le verrons ensuite, sous forme de supports de stages académiques. La spécificité de cette ressource est d'être spécifiquement rattachée à une discipline : les SVT. Dans le paragraphe suivant nous décrivons une autre ressource primordiale le document d'accompagnement des programmes.

IV.1.1.2 - LE DOCUMENT D'ACCOMPAGNEMENT : « RESSOURCES POUR LA CLASSE DE SECONDE, MPS », EDUSCOL (JUILLET 2010)

Nous avons déjà largement abordé la partie « Introduction » de ce texte, dans la partie I.2 dans l'objectif de mieux cerner la tâche prescrite. Nous allons présenter ci-dessous les parties suivantes de ce texte consacrées à chaque thème. Nous détaillerons davantage le thème qui nous intéresse : « Science et investigation policière ». Toujours dans un souci de contraction, nous nommerons cette ressource « document Ressources MPS » comme dans le chapitre I.

Le « document Ressources MPS » est, comme son nom l'indique, spécifiquement conçu pour servir de ressources. Il a été rédigé par des professeurs et par des inspecteurs des différentes disciplines concernées mais celles-ci sont inégalement représentées : 18 personnes en mathématiques, 11 en SVT, 8 en SPC et 1 en SI. Certains concepteurs étaient impliqués dans l'« option Sciences » (I.1.3.1) ; certains projets ont été mis en œuvre en « option Sciences » (« autour de la cristallographie »). D'autres concepteurs ont participé au séminaire de réflexion des corps d'inspection (IV.1.1.1). Le « document Ressources MPS » est disponible depuis juillet/août 2010 à partir du portail Eduscol.

(<http://eduscol.education.fr/cid52256/ressources-methodes-pratiques-scientifiques.html>)

Chaque thème est décliné en deux ou trois projets plus ou moins détaillés. Les projets ne font pas tous intervenir les quatre disciplines, certains se limitent aux maths, SVT et SPC. Parfois des fiches sont proposées souvent rattachées à une seule discipline, parfois seules des pistes sont avancées. (Voir encart suivant)

Pour le thème « Science et aliment » trois projets sont proposés :

- le projet « Autour de l'abricot » (20 pages) : des pistes pour les quatre disciplines mais seulement des fiches pour les mathématiques, juxtaposition d'enseignements disciplinaires, aucune proposition d'organisation ;
- le projet « Autour du raisin » (52 pages et un dossier ZIP) : des pistes pour les quatre disciplines, des fiches disciplinaires, aucune proposition d'organisation ;
- le projet « Autour du yaourt » (16 pages) : des pistes pour trois disciplines (maths, SVT, SPC), des fiches non disciplinaires, quelques mots sur une organisation possible, une évaluation possible.

Pour le thème « Science et cosmétologie » deux projets :

- le projet « Autour du cheveu » (46 pages) : des pistes pour les quatre disciplines mais pas de fiches pour SI, des fiches disciplinaires et bi-disciplinaires dont « mesure de l'épaisseur d'un cheveu », pas de proposition d'organisation ;

Un lien est fait avec le thème « Science et investigation policière » :

Remarque : Mesure de l'épaisseur d'un cheveu : L'activité expérimentale proposée est de type démarche d'investigation avec une présentation sous la forme de résolution d'énigme afin de pouvoir aussi être utilisée dans le thème : Science et investigation policière ;

- le projet « Autour des crèmes solaires » (7 pages) : des pistes pour les quatre disciplines mais seulement une fiche en maths et deux fiches en SVT, juxtaposition d'enseignements disciplinaires, pas de proposition d'organisation.

Pour le thème « Science et œuvres d'art » deux projets :

- le projet « Autour d'un tableau du XVe siècle » (19 pages) : des pistes pour trois disciplines (maths, SVT, SPC), des fiches non disciplinaires, quelques éléments d'organisation possible et d'évaluation possible ;
- le projet « Autour du son musical » (4 pages) : des pistes pour les quatre disciplines mais pas de fiche.

Pour le thème « Science et prévention des risques d'origine humaine » trois projets :

- le projet « Autour de la sécurité routière » (5 pages) : des pistes très succinctes pour les quatre disciplines, une seule fiche maths ;
- le projet « Autour de la sécurité ferroviaire » (10 pages) : des pistes très succinctes pour les quatre disciplines, une seule fiche maths-SPC ;
- le projet « Autour de l'épidémiologie (10 pages) : des pistes très succinctes pour trois disciplines (maths, SVT, SPC), juxtaposition des disciplines, quatre fiche maths, deux fiches SVT.

Dans le thème Science et vision du monde deux projets :

- le projet « Autour de la cristallographie » (38 pages) : des pistes pour les trois disciplines (Maths, SVT, SPC) mais ensuite les fiches proposées ne sont pas rattachées à une ou des disciplines ;
- le projet « Autour de la vision » (9 pages) : des pistes pour les quatre disciplines, une seule fiche maths.

Concernant le thème qui nous intéresse « Science et investigation policière », un seul projet est proposé intitulé « Autour de la disparition de Monsieur X ». Il se présente sous forme d'un dossier thématique et est particulièrement détaillé en 54 pages. Il implique les quatre matières (Maths, SVT, SPC, SI). L'approche proposée est la résolution d'une enquête policière sur la disparition d'une personne en analysant des indices. Il fournit des pistes pour l'organisation et la mise en place d'activités ainsi que des ressources parmi lesquelles les enseignants sont invités à puiser afin de concevoir des séances adaptées aux moyens dont ils disposent.

On y trouve :

- un scénario en deux parties sur la disparition d'une personne retrouvée quelques jours plus tard morte dans un sous-bois. Il est proposé une liste de 11 indices récupérés par la police scientifique : une serrure biométrique, des empreintes digitales, des tâches de sang sur les murs et le sol, un papier froissé en boule sur lequel figure une série de mots incompréhensibles, une pierre arrondie sur le bureau, un mégot de cigarette dans le pot de la plante verte, un verre vide contenant une poudre blanche et un tube de paracétamol à côté, un courriel codé, différentes espèces d'insectes nécrophages recueillis sur le corps, de la terre collée sous les semelles des chaussures ;
- une proposition d'organisation : constitution des groupes, programmation des séances, répartition des indices selon les disciplines, type de salles nécessaire (TP, informatique ...), répartition du travail entre les groupes d'élèves, compétences évaluables à chaque séance ou encore temps de concertations pour les enseignants. L'organisation proposée, une séance de présentation commune puis une répartition des indices entre les disciplines, induit un type de travail pluridisciplinaire comme juxtaposition d'enseignements disciplinaires ;
- pour chaque discipline, sont proposées quatre fiches « indices », et pour chacune d'elles, un exemple détaillé à destination du professeur est disponible. Les fiches sont classées par discipline ;

- en mathématiques, SVT et SPC, chaque fiche est présentée sous forme d'un tableau avec « les objectifs », « la justification des techniques utilisées », « les activités », « les résultats » et « les connaissances et compétences mises en jeu ». En sciences de l'ingénieur la colonne « objectifs » est remplacée par « problématique ». Les compléments pour les professeurs sont aussi présentés sous forme de tableau avec une colonne pour « le matériel et les documents fournis », une autre pour « les activités des élèves », et une dernière avec « commentaires et objectifs ». On fournit aussi les documents distribués aux élèves avec des éléments de correction ;
- enfin, une bibliographie-sitographie est proposée, structurée en 5 parties : Informations générales et techniques de la police scientifique, SVT, Mathématiques, SPC, SI. On y trouve deux DVD de l'émission télé « C'est pas sorcier », des revues scientifiques (*Science et vie junior*, *Science et avenir*, *Tangente*), des manuels scolaires de SVT Terminale S spécialité SVT non précisés, et de nombreux sites : des sites institutionnels (gendarmerie, police nationale...), des dossiers pédagogiques d'expositions, des sites académiques, un site marchand, le site interactif du Centre des sciences de Montréal. Certaines pages ne semblent plus accessibles à ce jour.

En conclusion, le « document Ressource MPS » fournit, pour ce thème, un seul projet, « Autour de la disparition de Monsieur X », très détaillé (scénario, organisation, fiches élève, fiches professeur, compétences évaluables, bibliographie-sitographie). On y trouve par contre peu d'indications concernant les démarches (scientifiques, d'investigation) à mettre en œuvre. Ce projet implique les quatre disciplines. Un complément est même proposé dans le projet « Autour du cheveu ». En comparaison, certains projets pour d'autres thèmes ne font que quelques pages, ne fournissent que des pistes et n'impliquent pas les SI (voir encart ci-dessus). L'organisation proposée, une présentation commune puis une répartition des indices entre les disciplines, induit un type de travail collectif comme juxtaposition d'enseignements disciplinaires. Nous verrons que le projet « Autour de la disparition de Monsieur X » a conduit à de nombreuses ressources filles accessibles en particulier à partir des sites académiques dont les ressources sont détaillées dans le paragraphe suivant.

IV.1.1.3 - LES RESSOURCES INSTITUTIONNELLES ISSUES DE SITES ACADÉMIQUES

Lorsque l'on fait une recherche Internet avec les mots clés « MPS, investigation policière », les ressources issues de sites académiques semblent les plus fréquentes. Une recherche plus précise aboutit à des ressources attendues (le programme MPS ou le « document Ressources MPS »), des liens vers des ressources extérieures (Eduscol, autres sites académiques, lycées, musées, site CultureMATH, ...) et enfin des ressources originales et propres au site (proposées par des enseignants, des formateurs, des IPR de l'académie). C'est ce dernier type de ressources que nous avons particulièrement ciblées. Elles sont globalement peu nombreuses (une cinquantaine pour trente académies) et inégalement réparties entre les académies. Il est à noter que sur certains sites académiques, nous n'avons trouvé aucune ressource originale concernant les MPS. Ces ressources sont listées dans l'annexe 1 (A1 à A51). Nous détaillons ci-dessous leurs principales caractéristiques.

Identification des ressources

Très souvent, des informations manquent pour pouvoir identifier précisément ces ressources : la date de conception, le nom des auteurs, le statut de ces auteurs (enseignants, enseignants impliqués dans la formation, inspecteurs). Concernant les diaporamas, il arrive que l'on ne dispose pas non plus des circonstances pour lesquelles ces diaporamas ont été conçus, ni à qui ils ont été présentés. On trouve aussi peu d'informations sur les disciplines associées.

Granularité des ressources

Les ressources trouvées sont de granularités très différentes allant d'une fiche élève d'une seule page au dossier ZIP contenant une cinquantaine de fichiers ou à un dossier contenant l'ensemble des ressources nécessaires à la mise en œuvre d'une séquence de 12 séances d'une heure trente. Certains diaporamas ne font que quelques pages alors qu'un autre est composé de 185 diapositives.

Dates de conception ou de mise à disposition des ressources

Une grosse majorité (68%) des ressources que l'on a pu dater ont été conçues entre 2010 et 2011 et concernent la première année de mise en œuvre de cet enseignement d'exploration (2010/2011). Les ressources plus récentes, 2013 ou 2014, sont par contre très peu fréquentes. Certaines ressources datent d'avril à juillet 2010 et sont donc antérieures au « document Ressources MPS » d'Eduscol et à la mise en œuvre effective de cet enseignement (rentrée 2010).

Concepteurs

La plupart des ressources sont conçues par un ou plusieurs des enseignants des quatre disciplines impliquées (Maths, SVT, SPC, SI), parfois inscrits dans des collectifs enseignants institutionnels (Travaux académiques mutualisés (TraAM) ou Groupe de réflexion académique). D'autres ressources sont conçues par des inspecteurs ou des enseignants impliqués dans la formation, c'est le cas des supports de stage. Enfin, on trouve aussi quelques rares productions d'élèves.

Types et natures des ressources

Les ressources issues des collectifs institutionnels donnés ci-dessus, constitués dans l'objectif de produire des ressources spécifiquement pour cette EE, sont semblables à celles du projet « Autour de la disparition de Monsieur X » : les trois ressources trouvées de ce type proposent l'analyse de différents indices.

Les inspecteurs de différentes académies ont organisé entre fin 2010 et juin 2011 des séminaires académiques dans lesquels les enseignants engagés en MPS étaient invités à venir présenter et échanger sur leurs pratiques. Les supports conçus pour soutenir ces présentations étaient ensuite mis à disposition sur les sites académiques. Nous disposons ainsi de nombreux comptes rendus de mise en œuvre pour l'année 2010/2011. Ces comptes rendus se présentent souvent sous forme de diaporamas. Ils peuvent être conçus par un seul enseignant sur sa discipline ou encore par l'équipe pluridisciplinaire. Ils concernent alors souvent le projet global traité sur le thème.

Une autre partie importante de ces ressources académiques est composée de supports de

séances conçus par des enseignants impliqués pour soutenir leurs enseignements. Ils sont prévus pour être distribués aux élèves ou projetés en classe : scénario, plans, photos, vidéos, bandes son, fiches élèves, protocoles d'expérimentation. Ils peuvent être accompagnés de fiches professeurs ou de tutoriels d'utilisation de logiciels. Ces ressources sont plus spécifiques à une séance particulière menée dans le thème.

On trouve aussi des supports de stages souvent sous forme de diaporamas. Par contre, on rencontre très peu de productions d'élèves.

Intégration des TICE

Les ressources trouvées mettent en évidence l'utilisation, par les enseignants des différentes disciplines ainsi que par les élèves, de logiciels propres à l'apprentissage des disciplines (en particulier le logiciel de géométrie dynamique GeoGebra) mais aussi de logiciels non initialement créés pour l'enseignement et malgré tout régulièrement utilisés (tableur, logiciel permettant de créer des diaporamas). Toutefois, des logiciels semblent sortir de l'ordinaire pour les enseignants de certaines disciplines (Audacity ou encore Vérifinger), conduisant alors les concepteurs à proposer des tutoriels.

Accès aux ressources :

Comme déjà dit, avec un moteur de recherche et les mots clés « MPS, investigation policière », on obtient de nombreuses ressources issues de sites académiques. Par contre, les moteurs de recherche internes aux sites académiques et/ou aux pages disciplinaires utilisés avec les mots clés « MPS » ou « MPS, investigation policière » se sont souvent montrés peu efficaces. Soit ils ne trouvent aucun résultat, alors que plusieurs ressources existent (Lille), soit ils pointent des ressources non pertinentes, comme toutes les circulaires sur le teMPS partiel (Clermont Ferrand, MPS), ou encore toutes celles avec le mot investigation (Amiens). Au contraire, certains moteurs de recherches se sont montrés plus efficaces (Caen, toutes les ressources pointées étaient pertinentes).

Environ 84 % des ressources trouvées se situent sur les pages disciplinaires (maths, SVT ou SPC), parfois nommées sites disciplinaires ou encore espaces disciplinaires, et en particulier sur les pages disciplinaires SVT. Dans quelques académies comme Grenoble, Lille, Nantes et Rennes on trouve des ressources en dehors des pages disciplinaires, sur le site MPS de l'académie de Grenoble, le site interdisciplinaire MPS de l'académie de Lille, le portail Sciences de l'académie de Rennes ou encore la page des projets interdisciplinaires de culture scientifique dans le cadre du module d'exploration MPS de l'académie de Nantes. Néanmoins, l'existence d'une page interdisciplinaire MPS n'exclut pas la présence d'autres ressources sur les pages disciplinaires. Par exemple sur le site de l'académie Lille, on trouve des ressources MPS investigation policière différentes sur le site disciplinaire SVT, sur le site disciplinaire SPC et sur le site interdisciplinaire MPS alors que le moteur de recherche du site académique n'a quant à lui trouvé aucun résultat ! Sur le site de quelques académies figurent des pages interdisciplinaires mais pas de page MPS alors que figure par exemple une page TPE ou AP en seconde.

Outre le fait que les ressources peuvent se trouver sur différentes pages disciplinaires, elles peuvent aussi être dispersées à l'intérieur de la même page disciplinaire. En effet si le plus souvent les ressources sont classées dans un dossier MPS il arrive aussi qu'elles soient dispersées dans différentes rubriques de la même page : ressources seconde, stages/formations

ou encore TICE. Par exemple, sur le site de l'académie d'Aix Marseille, sur la page disciplinaire des SPC dans le dossier « Ressources pour la classe / lycée voie générale » on trouve un dossier MPS en suivant le chemin « Seconde / Enseignements d'exploration / MPS », un autre dossier MPS en suivant le chemin « Seconde / réforme du lycée/ MPS et SL » mais aussi des ressources pouvant être mises en œuvre en MPS dans le dossier « ressources transversales » et dans le dossier « ressources TICE/ usages pédagogiques de simulations numériques ». De même sur la page disciplinaire des SVT, on trouve des ressources MPS dans le dossier « Pour se former » et d'autres dans le dossier « Pour enseigner ».

Les ressources sont à des niveaux relativement « profonds ». Par exemple pour avoir accès à plusieurs des ressources du site de l'académie de La Réunion il faut suivre le chemin suivant de profondeur 7 depuis la page d'accueil :

« la pédagogie/domaines disciplinaires/sciences/SVT/académiques/Lycée/MPS. »

Sur le site de l'académie de Lille, l'une des ressources trouvées (A 20, Homo Orcus) n'est pas accessible directement. Classée dans un dossier intitulé « ressources partagées » on doit, pour pouvoir y accéder, accepter une charte d'utilisation et attendre des identifiants permettant de consulter et de déposer des fichiers ou des liens. Il est précisé que les personnels de l'académie pourront utiliser leurs adresses académiques.

Enfin, certaines ressources obtenues par un moteur de recherche ne sont pas retrouvées directement sur le site, ou alors, il arrive que les liens donnés par le moteur de recherche soient si profonds qu'ils ne permettent pas de trouver des ressources associées pourtant essentielles (fiche élève/fiche professeur).

Des ressources pour un enseignement pluridisciplinaire

Nous avons porté une attention particulière aux aspects pluridisciplinaires de ces ressources en termes de contenus mais aussi à ce qu'elles nous apprennent du type de travail collectif attendu ou mené.

Concernant les **disciplines impliquées** en MPS, on note d'abord une moindre implication des sciences de l'ingénieur (SI) par rapport aux trois autres disciplines. Les SI n'interviennent qu'à deux reprises, pour des comptes rendus de mises en œuvre. On trouve aussi de façon logique beaucoup moins de ressources issues des pages disciplinaires SI concernant les MPS et aucune sur le thème « Science et investigation policière ». Certaines ressources associent d'autres disciplines comme l'anglais et la philosophie ou encore le professeur documentaliste.

Pour chaque ressource, nous avons cherché quelles sont les **disciplines explicitement associées**. Environ 46% ne concernent qu'une seule discipline. Elles se trouvent alors sur la page disciplinaire correspondante. On note malgré tout deux exceptions, c'est à dire des ressources ne concernant qu'une seule matière et se trouvant sur une autre page disciplinaire. Les autres ressources (54%) associent plusieurs disciplines, de deux à quatre. Comme déjà dit, elles se trouvent majoritairement sur l'une des pages disciplinaires et pas sur les autres. Ainsi, par exemple, un professeur de mathématiques peut trouver des ressources pointées mathématiques sur la page disciplinaire SVT alors qu'il ne les trouvera pas sur la page disciplinaire des mathématiques ! Ce qui ne contribue pas à rendre la ressource accessible. Les autres se trouvent sur le site MPS de Grenoble, le site interdisciplinaire MPS de Lille, le portail Sciences de Rennes ou encore la page des projets interdisciplinaires de culture scientifique dans le cadre du module d'exploration MPS de Nantes.

Si les contenus sont, dans la moitié des cas (54%), affichés pluridisciplinaires, on trouve peu d'informations sur le **type de travail collectif attendu** ou qui a été mis en œuvre par les équipes y compris dans les comptes rendus d'expérimentation. Ce qui semble le plus fréquent c'est une animation commune des premières et/ou dernières séances, puis un travail en parallèle (chaque professeur avec un groupe d'élèves dans des salles séparées), c'est-à-dire une juxtaposition des disciplines dans le temps et dans l'espace. On trouve néanmoins des séances en co-animation, et des organisations que l'on peut imaginer plus souples à partir des informations données mais qui ressemblent davantage à un encadrement type TPE en première. Enfin, il arrive que le contenu soit noté bi-disciplinaire mais assuré par un seul enseignant. Pour les autres ressources, nous ne disposons pas d'informations suffisantes. Il peut être fait mention de l'intervention de personnes extérieures, des professionnels, le plus souvent pour une séance, et en particulier des personnels de la police scientifique de la région.

Ressources mères, ressources filles

Notre questionnaire de départ visait à considérer le projet « Autour de la disparition de Monsieur X » comme ressource mère et d'envisager les ressources trouvées comme des ressources filles possibles.

Comme nous l'avons déjà dit, quelques ressources sont antérieures à juillet 2010 donc au « document Ressources MPS » d'Eduscol accessible seulement en juillet/août 2010. Elles ne peuvent donc pas être considérées comme des ressources filles du projet « Autour de la disparition de Monsieur X ». Il s'agit le plus souvent de supports de stages pouvant par contre être considérés comme des ressources filles des actes du séminaire des inspecteurs de SVT.

Pour les autres ressources, il se pose la question essentielle suivante : quels sont les éléments qui nous permettent de dire qu'une ressource peut être considérée comme une ressource fille du projet « Autour de la disparition de M.X. » ? Rappelons que le projet « Autour de la disparition de Monsieur X » propose de résoudre une enquête policière en analysant des indices. On y trouve un scénario en deux parties sur la disparition d'un homme et puis sur la découverte de son corps quelques jours plus tard ainsi qu'une liste de 11 indices récupérés par la police scientifique (Voir IV.1.1.2). L'organisation proposée est une séance de présentation commune, puis la répartition des indices entre les disciplines.

La grande majorité des ressources trouvées envisage le thème de la même façon, c'est-à-dire comme une enquête policière sur un crime menée en analysant des indices par les moyens scientifiques modernes. Parmi ces ressources deux cas se présentent. Dans le premier cas, le projet est celui de « La disparition de Monsieur X » tronqué le plus souvent de la partie SI et parfois de quelques indices. Dans le second cas le scénario est différent, mais concerne la disparition et/ou le décès d'une personne (le plus souvent un homme) et on retrouve plus ou moins les mêmes indices que dans le projet du « document Ressources MPS », et en particulier la trajectoire de gouttes de sang, un mégot dans un pot de fleur, une poudre blanche dans un verre posé à côté d'un tube de paracétamol. On remarque aussi parfois, dans les supports de séances conçus par les enseignants, des extraits des fiches proposées sur Eduscol. Certains indices qui ne figuraient pas dans le projet Eduscol apparaissent très régulièrement comme les cheveux ou les poils ou encore la détermination de l'heure du décès. On peut noter que la mesure de l'épaisseur d'un cheveu était proposé dans un des deux projets sur le thème « Science et cosmétologie » du « document Ressources MPS » et qu'il était précisé que cela

pouvait correspondre aussi au thème « Science et investigation policière ». La détermination de l'IPM (intervalle post-mortem) par la courbe de décroissance thermique ou le nomogramme de Henssge se trouvait quant à eux dans les actes du séminaire des inspecteurs de SVT.

Dans ces deux premiers cas, nous pouvons avancer l'hypothèse qu'il s'agit de ressources filles du projet « Autour de la disparition de Monsieur X ». Cela est souvent conforté par le travail pluridisciplinaire mis en œuvre : une première séance commune, pendant laquelle on visionne un épisode de la série « C'est pas sorcier » conseillé dans le projet du « document Ressources MPS », suivie d'une répartition des indices entre les disciplines et d'un travail en parallèle.

Dans d'autres cas, nous avons trouvé un autre scénario et surtout d'autres indices, comme des explosifs, des métaux, des poisons, du vinaigre, l'analyse d'une bande vidéo et d'un son, l'analyse d'une encre de stylo, l'analyse de la vitesse et la trajectoire d'une voiture accidentée... Le travail collectif mis en œuvre peut alors être semblable à celui proposé par le projet « Autour de la disparition de Monsieur X » ou différent. Il peut n'impliquer qu'une seule matière, ou proposer des séances en coanimation. Il est alors difficile d'identifier le projet « autour de la disparition de Monsieur X » comme ressource mère.

Enfin, quelques ressources montrent une autre approche de ce thème comme la résolution d'une enquête menée par le seul professeur de mathématiques par des déductions logiques ou encore une enquête archéologique (le projet sur le Homo Orcus, Lille). Une autre ressource aborde la cryptologie (codage-décodage) par l'étude de l'échange d'informations entre les fourmis, les chauves-souris, puis les hommes. Les élèves travaillent par groupe sur des sujets différents à la façon des TPE de première.

En revanche, l'approche historique proposée par les actes du séminaire des inspecteurs de SVT ne semble pas avoir conduit à des ressources filles. En tout cas, nous n'en avons pas identifiées.

En conclusion

Les ressources issues de sites académiques restent les plus nombreuses parmi les ressources institutionnelles. Elles sont souvent difficiles à trouver car dispersées sur des pages disciplinaires et mal identifiées par les moteurs de recherche internes aux sites. Il y manque parfois une partie des informations qui permettaient de les caractériser précisément. Néanmoins, à partir des informations obtenues, il est possible de dégager quelques caractéristiques. Elles datent majoritairement de 2010 ou de 2011 et concernent la première année de mise en œuvre de cet enseignement d'exploration, ce qui semble traduire une volonté d'accompagner l'introduction des MPS. Elles se classent en différentes catégories. Quelques-unes ont été conçues par des collectifs institutionnels constitués dans cet objectif, on trouve aussi des supports de stage, mais l'essentiel de ces ressources est composé de ressources conçues par des enseignants impliqués en MPS. Elles se présentent soit sous forme de comptes rendus de mises en œuvre, soit sous forme de supports de séances prévus pour être projetés ou distribués aux élèves. Ces dernières ressources nous ont permis de mesurer le rôle prépondérant joué par le projet « Autour de la disparition de Monsieur X ». En effet même si des approches différentes coexistent, une partie importante des ressources trouvées peut être identifiée comme ressources filles du projet proposé dans le « document Ressources

MPS ». L'approche historique proposée par les actes du séminaire des inspecteurs semble, quant à elle, avoir été très peu suivie. Par ailleurs, on peut remarquer qu'environ la moitié des supports de séances trouvés ne concernent qu'une seule discipline.

Dans le paragraphe suivant, nous détaillons les ressources issues des recherches menées dans les groupes IREM.

IV.1.1.4 - RESSOURCES INSTITUTIONNELLES ISSUES DES IREM

Après avoir traité des ressources issues de sites académiques dans le paragraphe précédent, nous nous intéressons ici aux ressources issues des IREM qui sont également listées dans l'annexe 1. La recherche menée à partir de la méthodologie explicitée dans la partie III.1 nous a permis d'identifier quatre IREM accueillant un groupe portant spécifiquement sur les MPS. Le travail mené au sein de ces quatre groupes, composés d'enseignants et de chercheurs, est différent d'un groupe à l'autre et conduit à des ressources diverses que nous détaillons ici. De plus, le conseil scientifique (CS) des IREM de décembre 2011 était en partie consacré à cet EE et a aussi conduit à quelques ressources.

L'IREM de Grenoble

Le groupe MPS fonctionne depuis 2010 /2011, sous la responsabilité principale de Michèle Gandit (depuis 2011). En quatre ans plusieurs thèmes ont été abordés : couleurs, avalanches, musique, astronomie, investigation policière. Le but annoncé est de mettre en avant la démarche mathématique liée à la modélisation :

« Notre but a été de montrer aux élèves les mathématiques sous un angle autre que celui des exercices scolaires ou celui des petits jeux mathématiques sans rapport avec la réalité. Nous avons cherché à mettre en avant la démarche mathématique :

- 1) on cherche à comprendre un objet, un phénomène,*
- 2) on modélise l'objet sous forme abstraite d'un objet mathématique,*
- 3) cette forme abstraite permet de mieux le comprendre, mieux le manipuler, d'utiliser des outils mathématiques venant d'autres domaines,*
- 4) éventuellement on repasse des maths au concret pour obtenir des applications pratiques. »* (Rapport d'activité, IREM de Grenoble, 2010/2011, p. 14)

Le travail mis en œuvre est différent d'une année sur l'autre et a conduit à différentes ressources. Le thème « Investigation policière » est traité depuis l'année 2012/2013. Le groupe sur ce thème comprend quatre enseignants du lycée Stendhal de Grenoble, un chercheur du laboratoire S2HEP (Sciences Société Historicité Education Pratiques) de l'université Lyon 1, un étudiant du master HPDS (Histoire Philosophie et Didactique des Sciences) de l'université Lyon 1 ainsi que deux enseignants-chercheurs de l'INSA (Institut National des Sciences Appliquées) de Lyon.

En 2012/2013, l'activité autour de la police scientifique a commencé par la mise en place d'une collaboration avec les enseignants MPS du lycée Stendhal (Grenoble) pour la séance de clôture du thème. Celle-ci a été menée sur deux séances d'une heure et demie, par des formateurs IREM et des chercheurs de l'université de Lyon1 et des enseignants-chercheurs de l'INSA. Les 102 élèves de l'option ont, dans un premier temps été répartis en trois groupes pour confronter leurs connaissances des procédures scientifiques au déroulement d'une

enquête de la série « Les experts » (un épisode différent par groupe). Le but était, pour les chercheurs de Lyon, d'analyser les représentations des pratiques scientifiques induites par ces séries, et pour les enseignants, de vérifier si l'enseignement MPS avait permis, dans une certaine mesure, le développement d'un regard critique vis-à-vis de ces séries, et de l'apport de la science dans la recherche de la vérité en général. Les chercheurs ont clos leur intervention auprès des élèves par une conférence sur la représentation de la science et des scientifiques au cinéma.

En 2013/2014, la collaboration s'est poursuivie avec les enseignants du lycée Stendhal. Les animateurs IREM sont intervenus dès la rentrée pour aider à l'élaboration d'un scénario de meurtre. Les TP dans les 3 matières mathématiques, physique et SVT permettaient d'obtenir des indices. Les élèves devaient ensuite résoudre le meurtre, justifier leur conclusion dans un rapport écrit et une présentation orale. Les membres du groupe IREM ont participé au jury des présentations orales. La venue d'un juge d'instruction spécialisé dans le grand banditisme a conclu l'activité ; ce juge a d'abord expliqué les métiers de la justice, puis, à l'aide d'un exemple concret, précisé la place de la police scientifique dans une enquête.

Les résultats du groupe IREM sur les MPS ont été diffusés de façons diverses : animation d'ateliers aux journées nationales de l'APMEP (Avalanches en 2011 et Astronomie en 2013), animation d'une formation pour les étudiants de Master sur la modélisation (feu de forêt et bouchon dans la circulation), présentation au Comité scientifique des IREM en décembre 2011 (Couleurs et Avalanches). Différents supports conçus pour soutenir les présentations précédentes sont disponibles en ligne sur le site de l'IREM de Grenoble. Elles portent sur les couleurs, les avalanches ou encore l'astronomie mais nous n'avons rien trouvé sur l'investigation policière.

En conclusion, l'IREM de Grenoble accueille depuis quatre ans un groupe spécifiquement consacré aux MPS. Des thèmes différents ont été abordés pendant ces quatre années dont certains que nous trouvons n'avons pas rencontré ailleurs (les avalanches, les couleurs). Le travail sur l'investigation policière a été mené les deux dernières années. L'approche sur ce thème est celle la plus fréquemment rencontrée : une enquête policière et des indices traités dans chaque matière. La première année, la spécificité tient dans l'intervention de chercheurs en fin de projet pour confronter la représentation des pratiques scientifiques induite par les séries télévisées avec celles des élèves. La seconde année l'équipe MPS est intervenue dès le choix du scénario et une approche plus professionnelle et plus concrète a été apportée par un juge d'instruction en fin de projet. La diffusion des travaux menés dans ce groupe MPS s'est faite de manière très diverse, malheureusement rien ne concerne le thème qui nous intéresse. En conséquence, il est difficile de voir si l'intervention du groupe IREM, composé en partie de chercheurs, a induit la seconde année un projet différent de ceux du même type observés dans les autres établissements.

L'IREM de Montpellier

Le groupe « Enseignement Scientifique » de l'IREM de Montpellier mène, depuis 2004, une réflexion sur la pratique du dispositif « option Sciences » (rebaptisé ensuite option « Démarches et culture scientifiques »). L'objectif de ce dispositif expérimenté entre 2004 et 2010 dans quelques lycées de l'académie de Montpellier était de former à la démarche scientifique et de donner aux élèves le goût des sciences. Les travaux menés par ce groupe ont

déjà été abordés dans la première partie (voir I.1.3.1). Ils ont conduit à une brochure (Caussidier *et al*, 2013), éditée en septembre 2013, qui se présente explicitement, sur sa page de couverture, comme une ressource mobilisable pour l'EE MPS vu comme une forme de généralisation des expérimentations précédentes. Cette brochure propose, dans un premier temps, une analyse épistémologique des démarches scientifiques ainsi qu'une réflexion sur la transposition didactique des concepts épistémologiques dégagés dans les pratiques de classe. Elle inclut ensuite trois ressources destinées à travailler les démarches scientifiques en classe, dans chaque discipline scientifique, tout en introduisant une perspective historique et épistémologique à même d'éclaircir ces démarches. Les sujets s'intitulent « La démonstration », « Les mirages » et « Pasteur ».

En résumé, les travaux menés au sein de ce groupe « Enseignement Scientifique » ne se limitent pas aux MPS mais concernent plus généralement les enseignements pluridisciplinaires. Ils s'inscrivent en particulier dans le prolongement de ceux mis en œuvre pour l'« option Sciences ». Ils ne semblent pas axés sur un thème précis mais interrogent directement les démarches scientifiques par une approche épistémologique. Ils proposent aussi une réflexion sur la transposition didactique des concepts épistémologiques dégagés.

L'IREM d'Orléans

Un « Groupe Transdisciplinaire MPS », fonctionne depuis 2011/2012 au sein de l'IREM d'Orléans. Il a pour objectif d'apporter aux enseignants de MPS des progressions et activités transdisciplinaires (mathématiques, physique-chimie et SVT) ainsi que des outils d'évaluation et de suivi des élèves. Le groupe a travaillé sur la plus grande catastrophe française d'origine humaine du vingtième siècle : l'effondrement du barrage de Malpasset. Cette étude s'inclut ainsi dans le thème national « Science et prévention des risques d'origine humaine ». Le travail est planifié en 11 séances d'une heure trente. Pour certaines séances, des fiches élèves et/ou professeur sont accessibles en ligne. Le travail mis en œuvre dans ce groupe est original et riche mais ne concerne pas le thème qui nous intéresse.

L'IREM de Rennes

Le groupe « activités pluridisciplinaires et mathématiques, MPS » de l'IREM de Rennes a fonctionné durant deux ans de 2011 à 2013 avec cinq professeurs de mathématiques de lycée et un enseignant chercheur de l'université de Rennes 1. La seconde année, un professeur de lycée de SVT a rejoint le groupe. L'objectif annoncé était de réfléchir aux méthodes nécessaires pour que le dialogue interdisciplinaire se développe efficacement. En particulier, étudier comment favoriser l'acquisition de compétences transversales par les élèves et évaluer l'acquisition de ces compétences.

Le groupe a effectué, de septembre à décembre 2011, une étude bibliographique et une recherche des ressources disponibles sur l'enseignement MPS en général et sur le thème de l'eau en particulier. Dans le même temps, de septembre à décembre 2011, le groupe a fait une pré-étude sur le thème libre de l'eau avec pour objectif de faire des propositions de sujets, dès janvier 2012, susceptibles de susciter l'adhésion des collègues et de faire émerger des questions scientifiques du quotidien ou de l'environnement géographique proche des élèves.

Au premier semestre 2012, l'équipe pédagogique du lycée Freyssinet à Saint-Brieuc a accepté la proposition d'expérimenter ce projet. Dix sujets de recherche ont été proposés aux élèves sur le thème de l'eau, encadrés par l'ensemble des collègues de mathématiques, de

SPC ou de SVT. Les élèves ont travaillé par équipe de trois ou quatre sur un sujet tiré au sort parmi les dix avec les consignes suivantes : *« faire une recherche documentaire, imaginer des expériences et concevoir des protocoles expérimentaux correspondants permettant de mettre à jour des éléments de réponses sur la question à traiter, choisir de façon critique les expériences et réaliser les expériences, finaliser une présentation orale des résultats et créer le diaporama de l'exposé correspondant, rechercher des informations sur un métier en relation avec le thème et choisi dans une liste de métiers qui était proposée, réaliser une affiche sur ce métier par groupe de deux qui a été présentée et évaluée. »* (Rapport d'activité, IREM de Rennes, 2012-2013)

Concernant la mise en œuvre, organisée par les trois enseignants de l'équipe, les soixante élèves ont été répartis en quatre groupes de quinze. Les groupes ont été encadrés soit par le même professeur pendant six séances soit par deux professeurs, deux séances pour l'un et quatre pour l'autre. Chaque groupe a fait un travail de recherche autonome au Centre de Documentation et Information (CDI) sur un métier en lien avec le thème pendant deux séances. Une séance a été consacrée à la « finalisation ». Les trois dernières séances ont été consacrées aux évaluations. Pour chacun des quatre groupes, une équipe présentait et était évaluée par les autres élèves et les trois enseignants.

La deuxième année était consacrée à l'évaluation par compétences : la conception et l'implémentation d'un dispositif d'évaluation de l'enseignement d'exploration MPS par les élèves, la conception d'un support d'évaluation du suivi des élèves, la conception d'un support d'évaluation des productions des élèves.

Les ressources issues de ce travail résident en deux rapports sous forme de comptes rendus de mises en œuvre disponibles sur le site de l'IREM de Rennes. Les résultats sur l'« évaluation par compétences » ont été présentés au colloque de l'IREM de Rennes.

En définitive, même si le thème « Science et investigation policière » n'a pas été abordé par ce groupe IREM, leur travail retient notre attention sur deux points. En premier lieu, leur recherche documentaire conduit à des conclusions proches des nôtres :

« Les ressources sont logiquement assez peu nombreuses après seulement un an de retour d'expérience sur cet enseignement MPS. Plusieurs sites académiques ne permettent pas - ou pas facilement - d'accéder aux ressources pédagogiques. Par ailleurs, quand les ressources pédagogiques sont disponibles, la recherche avec le mot clé « MPS » a été souvent infructueuse ou pointait vers des articles correspondants à d'autres mots clefs associés (e.g. « temps »). » (Rapport d'activité, IREM de Rennes, 2012-2013)

En second lieu, l'approche envisagée montre une conception de l'EE MPS assez proche des TPE. Des sujets de recherches en lien avec le thème sont proposés aux élèves qui travaillent en groupe. Les groupes sont encadrés par un ou deux enseignants.

L'IREM de La Réunion

Un groupe sur la mise en place de démarches d'investigation en MPS a fonctionné à La Réunion entre 2012/2013 et 2014/2015. L'objectif était d'analyser le travail réalisé par chaque enseignant hors classe pour concevoir les séances sous forme de DI et en classe pour les mettre en œuvre en portant une attention particulière au travail collectif avec les professeurs de SVT et de SPC mais aussi avec les autres professeurs de mathématiques du lycée

impliqués en MPS. Le travail réalisé dans le cadre de ce groupe a conduit à deux ressources. Tout d'abord un article sur le site IREM de La Réunion rédigé par un des enseignants impliqués (<http://irem.univ-reunion.fr/spip.php?article628>). On y trouve trois séances de MPS sur la cryptographie. Ensuite, un article (Tuffery-Rochdi, 2014) dans un hors-série de la revue *Repères-IREM* avec un compte rendu de mise en œuvre et l'analyse des pratiques de l'autre enseignant impliqué dans le groupe IREM dont le travail portait aussi sur la cryptographie. Comme nous avons été à l'initiative de ce groupe IREM, le travail mis en œuvre par ces enseignants sera largement détaillé dans la partie V.3.

Le conseil scientifique (CS) des IREM de décembre 2011

Le CS décide chaque année, en concertation avec l'ADIREM, de thèmes qui feront l'objet d'un travail spécifique au cours de ses séances à partir de contributions d'experts internes ou externes au CS. Ainsi, le CS de décembre 2011 était en partie consacré à l'enseignement d'exploration MPS en seconde. Pour soutenir la réflexion sur ce nouvel enseignement, le CS avait invité Anne Burban, inspectrice générale de mathématiques, qui avait participé à l'élaboration du document d'accompagnement des programmes, *Ressources pour la classe de seconde MPS*, et qui a coordonné une enquête sur cet enseignement, lors de sa première année de fonctionnement, en 2009-2010, pour le ministère de l'Éducation nationale (Burban, 2011). Michèle Gandit a présenté le travail du groupe MPS de l'IREM de Grenoble durant l'année 2010-2011 sur les deux thèmes : la couleur et les avalanches. Michel Fréchet, membre du CS, a présenté le module MPS qu'il a réalisé dans son lycée de Neufchâtel-en-Bray, faisant suite à une mini option-sciences démarrée en 2006. Le travail sur « le bâton de Jacob » (ne relevant d'aucun des six thèmes) a pu être réalisé dans le cadre du thème libre. Quatre ressources liées à ce CS sont accessibles depuis du portail des IREM : un extrait du procès-verbal, le diaporama soutenant la présentation d'Anne Burban, le diaporama soutenant la présentation de Michèle Gandit et un texte de Guy Rumelhard. (<http://www.univ-irem.fr/spip.php?rubrique254>)

En conclusion

Les IREM ont accompagné la réforme du lycée de 2010. De nombreux groupes IREM ont travaillé sur les probabilités/statistiques, l'algorithmique, la démarche d'investigation et dans une moindre mesure l'ISN et la logique. Concernant l'EE MPS nous avons trouvé seulement cinq IREM, sur les 25 existants, qui accueillent un groupe portant spécifiquement sur cet EE. Parmi ces quatre groupes figure celui que nous avons initié. Le contexte de réforme générale du lycée avec l'introduction de nouveaux enseignements, de nouveaux programmes disciplinaires, de nouveaux contenus a induit un partage des groupes sur ces différents sujets peu favorables aux MPS.

Les participants à ces groupes IREM ne sont pas uniquement des professeurs, on y trouve aussi des chercheurs. Le travail mis œuvre et les thèmes abordés dans ces groupes sont très divers. Le CS des IREM de décembre 2011 était aussi consacré à l'EE MPS. L'ensemble conduit à des ressources très diverses mais relativement peu nombreuses. On y trouve des diaporamas soutenant différentes interventions, des comptes rendus de mises en œuvre accompagnées parfois de fiches élèves mais aussi des articles plus généraux sur l'approche épistémologique de la démarche scientifique par exemple (IREM de Montpellier). Certaines ressources abordent des thèmes peu rencontrés par ailleurs : avalanches, catastrophes

d'origine humaine, « bâton de Jacob ». Ces ressources sont dispersées, soit accessibles en ligne, soit sous forme de brochure ou encore comme article dans des revues papier (*Repères-IREM*) qui sont alors payantes. Si on se limite au thème « Science et Investigation policière » on trouve très peu de ressources issues des IREM. (Voir annexe 1, ressources I1, I2). Dans le paragraphe suivant, nous listons d'autres ressources institutionnelles : celles trouvées sur les sites de certains musées.

IV.1.1.5 - LES RESSOURCES INSTITUTIONNELLES ISSUES DES MUSÉES

Nous avons trouvé quatre musées proposant des ressources sur ce thème MPS. L'offre est très diverse selon les musées. Les ressources listées sont aussi détaillées dans l'annexe 1 (Mu 1 à Mu13).

Le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), (Paris)

Le MNHN est un établissement français de recherche et de diffusion de la culture scientifique naturaliste. Ses principaux objectifs sont la conservation de collections scientifiques et la diffusion de la culture scientifique mais aussi la recherche et l'enseignement (Master et doctorat) dans les spécialités propres à l'établissement. Dans la page MPS du site du MNHN, on trouve trois dossiers pour le thème « Science et investigation policière ». Le premier nommé « L'entomologie légale », le deuxième sur l'anthropologie légale intitulé « BONES » et le dernier intitulé « La preuve ADN » (<http://plateforme-depf.mnhn.fr/course/view.php?id=113>).

Chaque dossier comporte plusieurs fichiers téléchargeables au format pdf. Les premiers sont des articles scientifiques dont des aperçus historiques (« histoire de l'entomologie légale », « aperçu historique de la craniométrie », « de la découverte de l'ADN nucléaire à son utilisation par la police scientifique »). Ensuite il y a des fichiers intitulés « ressources » qui sont des propositions d'activités, sous forme de fiche élèves avec corrections intégrées, s'appuyant sur les connaissances apportées par les articles précédents. Les derniers fichiers des deux premiers dossiers proposent une bibliographie et webographie (livres, articles et sites scientifiques). Ces ressources sont conçues par des enseignants (de SPC) et des doctorants MNHN et sont relues par des experts de l'Institut de Recherche Criminelle de la Gendarmerie Nationale (IRCGN). Elles sont disponibles depuis le printemps ou l'été 2012 ; deux d'entre elles ont été modifiées en janvier 2014. Il est précisé les disciplines à qui elles s'adressent et la plupart sont bi-disciplinaires (parmi Maths, SVT, SPC).

En résumé les ressources trouvées sur le site de MNHN sur ce thème se présentent sous forme de trois dossiers thématiques avec des articles scientifiques et des propositions d'activités pour les élèves. Elles sont issues d'un travail collectif entre des enseignants, de jeunes chercheurs et des professionnels et datent de 2012. Parmi les articles scientifiques, on note la présence d'aperçus historiques pour chaque dossier. Les projets prévus pour être mis en œuvre avec les élèves proposent une approche différente de celle du projet « Autour de la disparition de Monsieur X. », en particulier les projets sur « La disparition d'un loup » et « La vénus hottentote ». Il est à remarquer que nous n'avons pas retrouvé de signe d'utilisation de ces projets dans les comptes rendus de mise en œuvre des sites académiques ou des sites de lycées.

La Cité des Sciences et de l'Industrie (Paris)

La « Cité des Sciences et de l'Industrie » est un établissement public de diffusion de la culture scientifique, technique et industrielle située à Paris. Le portail internet « Univers science » (<http://www.universcience.fr/fr/accueil/>) donne accès au site de « La cité des Sciences et de l'Industrie » et au site de du « Palais de la Découverte ». Concernant « La Cité des Sciences et de l'Industrie », on accède aux ressources consacrées aux MPS par le chemin suivant : Ressources en ligne/Enseignant/Ressources pédagogiques/de la seconde à la terminale/ dossier 4 : Science et investigation policière.

Les ressources proposées sont nommées « Documents pédagogiques ». Chaque dossier contient « *une sélection de documents pédagogiques pour les expositions d'Explora, le Planétarium et la Géode* ». Le dossier « Science et investigation policière » contient deux sous dossiers : « Science et investigation policière sur Explora » et « Criminalistique – Activités ».

Dans le sous dossier « Science et investigation policière sur Explora », on trouve deux fichiers. Le premier, « Parcours enseignant sciences et investigation policière sur Explora », est une proposition de parcours sur plusieurs installations de « La Cité des Sciences et de l'Industrie » : la détermination de trajectoires sur l'exposition « Mathématiques », la notion de signatures vocales sur l'exposition « Son », les techniques de laboratoire génétique sur l'exposition « L'homme et les gènes » et la géolocalisation sur l'exposition « Objectif terre ». Ce premier fichier s'adresse aux enseignants de SVT, SPC, mathématiques. Le second fichier est un questionnaire sur le manège inertiel. Il s'adresse aux enseignants de mathématiques et SPC.

Dans le sous dossier « Criminalistique – Activités », on trouve aussi deux fichiers destinés aux enseignants. Le premier est la « Présentation d'une activité d'expertise policière » : retrouver l'origine de l'impact de taches de sang projetées et observées sur une scène de crime en utilisant le logiciel GeoGebra. Le second est intitulé « Programme GeoGebra avec tutoriel ». Le dossier « Criminalistique – Activités » date de 2014, nous n'avons pas trouvé la date du premier, ni le nom des auteurs de ces deux dossiers.

Enfin, un lien fréquemment cité nous a permis de trouver un jeu nommé « Menez l'enquête » lié au dossier de l'exposition « Crime Expo la science enquête » qui a eu lieu en 2009 . Le jeu reste accessible mais nous n'avons pas retrouvé d'accès direct à ce jeu depuis le site de « La Cité des Sciences et de l'Industrie ».

En conclusion, les ressources proposées sur le site de « La Cité des Sciences et de l'Industrie » reposent sur une visite sur place. Il ne s'agit pas d'une nouvelle exposition qui serait créée pour ce thème des MPS, mais plutôt d'une sélection d'activités proposées sur des expositions déjà existantes. Le tout est conçu sous forme d'un parcours. Quelques fiches élèves sont aussi accessibles en ligne. Dans les faits, une exposition sur l'investigation policière avait été mise en place en 2009 mais sans relation avec les MPS. Un jeu lié à cette exposition reste accessible et est régulièrement cité comme ressource par les enseignants.

Le Palais de la Découverte (Paris)

Le « Palais de la Découverte » vise la vulgarisation scientifique de la recherche fondamentale. Il a pour objectif de rendre accessible à tous la science, ses méthodes, ses

résultats grâce à un ensemble d'expériences interactives et de démonstrations spectaculaires. Par le portail internet « Univers science » (<http://www.universcience.fr/fr/accueil/>) on accède au dossier « Enseignements d'exploration Méthodes et pratiques scientifiques (MPS) et Sciences et laboratoire (SL) » par le chemin : Ressources en ligne/Enseignant/Ressources pédagogiques/de la seconde à la terminale/.

Les ressources proposées sont nommées « Dossiers pédagogiques » : « parcours et applications pour préparer une visite des espaces permanents et expositions temporaires avec une classe ». On accède à un dossier « Enseignements d'exploration Méthodes et pratiques scientifiques (MPS) et Sciences et laboratoire (SL) » dans lequel se trouve un sous-dossier « Science et investigation policière » constitué de deux fichiers. Le premier fichier « Au labo de criminalistique » se présente comme une fiche élève, complément à l'exposé au « au labo de criminalistique » de six pages. Le second fichier « Les codes secrets », se présente comme une fiche élève de neuf pages.

Ainsi, au « Palais de la découverte » comme à « La cité des sciences et de l'industrie » les ressources proposées sont directement liées à une visite sur place sur des expositions préexistantes. Les ressources en ligne se limitent à deux fiches élèves.

Le Musée des Arts et Métiers, Paris

Le « Musée de Arts et Métiers » est le musée du CNAM (Conservatoire National des Arts et Métiers). Il conserve des collections scientifiques et techniques : machines, modèles, dessins. La page « MPS » du site du « Musée des Arts et Métiers » (<https://sites.google.com/site/dispositifmam/enseignements-d-exploration/mps>) se présente comme des « phrases ». Trois « phrases » sont rattachées explicitement au thème investigation policière, « Bertillon et les débuts de l'investigation policière », « Informatique », et « Les télégraphes optiques et électriques ». Une dernière « phrase » n'est pas explicitement rattachée à ce thème, « Le cryptage », mais nous l'avons sélectionnée malgré tout car elle correspond aux indices régulièrement étudiés par les équipes enseignantes. En cliquant sur les mots soulignés dans chaque phrase, on accède à des ressources diverses : des fiches élèves, des diaporamas, des dossiers enseignants sous forme de rapports avec des apports de connaissances détaillés en particulier historiques (Voir encart ci-dessous).

La première phrase est : « Bertillon et l'investigation policière : une activité à réaliser en classe sur les mesures anthropomorphiques. Un Power-Point sur la photographie en investigation policière à télécharger. Une histoire du développement du bertillonnage est également disponible » :

- « Bertillon et les débuts de l'investigation policière » donne accès à une fiche élève avec des apports de connaissances sur les mesures anthropomorphiques et des exercices d'applications ;
- « Photographie en investigation policière » est un diaporama sur la photographie judiciaire composée principalement de photos et d'illustrations ;
- en cliquant sur « histoire », on accède à un « dossier de l'enseignant : Bertillon et la police scientifique du 19^e siècle ». Ce dossier de 17 pages apporte les connaissances nécessaires pour présenter le diaporama et compléter la fiche élève.

La deuxième phrase : « Informatique : Dans le thème "science et investigation policière, ce petit journal constitue une ressource pour une activité documentaire autour de l'histoire des ordinateurs, du traitement de l'information. » :

- en cliquant sur « Informatique », on accède à un dossier de 12 pages intitulé « De la pascaline au micro-ordinateur : une histoire de l'informatique » qui relate l'histoire des ordinateurs.

La troisième phrase : « Les télégraphes optiques et électriques : un parcours pour comprendre les débuts de la transmission d'informations à aborder dans le thème "Investigation policière - traitement de l'information". Le corrigé et des informations complémentaires » :

- en cliquant sur « Les télégraphes optiques et électriques », on obtient la fiche élève (apports de connaissances et exercices d'applications) ;
- en cliquant sur « Le corrigé et des informations complémentaires » on obtient ce qui est annoncé.

La quatrième phrase : « Le cryptage : une activité à faire au musée, et des dossiers sur les différents moyens de transmettre l'information depuis le code de césar jusqu'au chiffre de Vernam (téléphone rouge). Le code Chappe à télécharger ici. » :

- « Le cryptage » donne accès à une fiche élève (apports de connaissances sur les méthodes de codage et exercices d'applications) ;
- en cliquant sur « ici » on accède au Code Chappe, code télégraphique.

Finalement, les ressources du dossier MPS du « Musée des Arts et Métiers » ne semblent pas avoir été conçues spécifiquement pour cet EE ; mais nous disposons de trop peu d'informations pour pouvoir l'affirmer. Elles sont principalement orientées vers une approche historique assez cohérente avec la thématique de ce musée. Les ressources proposées abordent des contenus non rencontrés par ailleurs (code Chappe, télégraphes). Ces ressources sont plus ou moins détaillées selon les sujets.

Les jeux interactifs du « Centre des sciences de Montréal » et de « l'Université Simon Fraser » de Vancouver

Le « Centre des sciences de Montréal » est un musée scientifique situé à Montréal, au Québec. Il est voué à la vulgarisation scientifique, à la promotion du savoir et au développement de la culture scientifique et technique. Dans le « document Ressources MPS », un lien permet l'accès à un jeu interactif « Autopsie d'un meurtre » initié par ce musée qui propose de mener l'enquête, relever les indices, visiter les différents laboratoires. (<http://www.montrealsciencecentre.com/static/autopsie/flash.htm>)

Nous avons rencontré, lors de notre recherche documentaire, un autre jeu équivalent au premier et proposé par « l'Université Simon Fraser », Vancouver :

« Ce site vous présente des informations et des activités retraçant le travail des experts médico-légaux. En incarnant l'un de ces experts pour l'enquête, vous explorerez les domaines de l'archéologie medico-légale, de l'anthropologie, de l'entomologie, de la botanique, de l'ADN et des analyses d'isotopes stables. »

En outre, il y a des vidéos d'experts sur chaque discipline, des photographies de la pratique de médecins légistes au travail sur le terrain et en laboratoire et une bibliothèque textuelle détaillée dans la section «Ressources». Les liens pour ces ressources se trouvent à la fin de chaque activité. » (<http://www.sfu.museum/forensics/fra/>).

Conclusion sur les ressources issues de sites de musées

En dehors du MNHN, il est, ici aussi, difficile d'identifier les concepteurs et les dates de conceptions de ces ressources qui sont très différentes selon les musées. Au MNHN, ce sont de véritables dossiers thématiques conçus par des enseignants avec l'appui de doctorants MNHN et parfois relu par des experts. À « La Cité des Sciences et de l'Industrie » et au « Palais de la Découverte » il s'agit plutôt de propositions de parcours sur les différentes expositions, accompagnées de quelques fiches élèves. Au « Musée des Arts et Métiers », il semble que l'on ait regroupé un certain nombre de ressources diverses en lien avec les thèmes MPS. Ces ressources privilégient une approche historique cohérente avec la thématique du musée. Enfin, on trouve trois jeux interactifs sur ce thème conçus par « La Cité des Sciences et de l'Industrie », le « Centre des Sciences de Montréal » et « l'Université Simon Fraser ». Le jeu du « Centre des Sciences de Montréal » faisait partie de la sitographie du « document Ressources MPS » d'Eduscol.

Après les ressources institutionnelles, le paragraphe suivant est consacré aux ressources collectives et associatives.

IV.1.2 - LES RESSOURCES COLLECTIVES ET ASSOCIATIVES

Nous classons dans cette catégorie les ressources issues de sites de lycées (IV.1.2.1) et celles issues des différentes associations de professeurs (IV.1.2.2).

IV.1.2.1 - LES RESSOURCES ISSUES DE SITES DE LYCÉES

Avec la méthodologie mise en œuvre (III.1), nous avons obtenu de nombreuses ressources issues de sites d'établissements. Une recherche plus poussée montre qu'il s'agit souvent de brochures de présentation des enseignements dispensés dans le lycée, et en particulier des enseignements d'exploration. Une fois écartées ces brochures, il ne reste que 13 ressources mais il doit probablement en exister d'autres. Ces ressources sont listées dans l'annexe 2 (L1 à L13).

Les ressources issues de sites de lycées ressemblent à celles conçues par des professeurs impliqués en MPS que l'on a obtenues sur les sites académiques. Le plus souvent ce sont des supports de séances, parfois sous forme de diaporamas, conçus pour la présentation du thème à la classe (intrigue, indices, suspects, organisation, ...). Parfois on trouve seulement les fiches élèves, mais il y a aussi des dossiers plus complets avec un compte rendu de mise en œuvre de chaque séance et l'avancée de l'enquête, voire même un site MPS contenant un ensemble de supports de cours, fiches élève, liens, planning, jeu. On trouve quelques productions d'élèves peu fréquentes sur les sites académiques. La principale différence est que la plupart de ces ressources semblent destinées aux élèves, ceux-ci devant aussi récupérer des documents supplémentaires sur l'ENT (Environnement Numérique de Travail),

contrairement à celles trouvées sur les sites académiques qui sont destinées aux enseignants. Ces ressources semblent aussi servir de vitrine pour attirer les élèves (et leurs parents) dans cet enseignement d'exploration. On trouve ainsi des articles issus de la presse locale relatant la mise en œuvre des MPS dans l'établissement !

IV.1.2.2 - RESSOURCES ISSUES D'ASSOCIATIONS DE PROFESSEURS

Nous listons ci-dessous les ressources issues des différentes associations de professeurs identifiées. Ces ressources sont détaillées dans le tableau de l'annexe 2 (C1 à C49).

L'APMEP : Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public

Sur le site de l'APMEP (www.apmep.fr/), en juin 2010, on propose « *divers liens et documents à télécharger tels qu'ils ont été envoyés par des enseignants courageux et motivés* ». L'objectif est de proposer des pistes pour les MPS. Seules deux ressources concernent l'investigation policière. La première est une liste d'exercices très divers de niveau seconde. La deuxième est une fiche élève sur la cryptographie avec un apport de connaissances et des questions posées. Cette fiche a été conçue pour la spécialité mathématique de la classe de terminale scientifique. Elle est accompagnée de six fichiers Excel associés. D'autres ressources, pour les autres thèmes, sont issues de l'expérimentation de l'« option Sciences » (I.1.3.1), en particulier par les équipes de Montpellier.

Le *Bulletin vert* de l'APMEP consacre dans le n°495, en août 2011, un dossier entier aux MPS avec huit articles dont cinq abordent le thème « Science et investigation policière ». On trouve aussi deux autres articles dans le n°496 de décembre 2011 et le n°497 de février 2012. Au moins trois de ces articles s'appuient sur l'expérimentation de l'« option Sciences ».

Enfin, durant les journées APMEP des ateliers sont consacrés aux MPS mais ils ne donnent pas tous accès à de nouvelles ressources et aucun ne concerne le thème « Sciences et investigation policière ».

Le site CultureMATH (culturemath.ens.fr/)

Dès février 2010, ce site met à disposition des enseignants un « espace de discussion », qui ne semble plus disponible actuellement :

« CultureMATH met à la disposition des enseignants du secondaire, de l'enseignement supérieur, des chercheurs, etc. un espace de discussion sur le thème "Quelles mathématiques pour le module Méthodes et Pratiques Scientifiques - MPS". L'objectif de cet espace de discussion est de mettre en relation les divers acteurs de la communauté "mathématique" et plus généralement "scientifique" sur cette question. L'enjeu est que des membres de cette communauté puissent faire connaître des ressources aux enseignants de mathématiques du secondaire et que des discussions naissent à propos de ces ressources. En proposant ces échanges, l'ambition de CultureMATH est de participer à la réflexion sur la façon dont les mathématiques pourraient être investies par les élèves dans les six thèmes proposés par le projet, en liaison avec les sciences physiques et les sciences de la vie et de la terre ».

Toujours en février 2010, CultureMATH propose un dossier transversal sur les MPS :

« Cette page propose des liens vers les ressources des sites jumeaux ENS/DGESCO en relation avec le module d'exploration "Méthodes et Pratiques Scientifiques" (MPS) du

nouveau programme de la classe de seconde. Il ne s'agit pas de ressources "clé en main" mais d'articles qui pourraient aider à l'élaboration de sujets pluridisciplinaires en rapport avec les six thèmes proposés par le programme. »

Chaque thème y est décliné et une sélection d'articles est proposée. Le dossier « Science et investigation policière » est structuré, comme tous les autres, en quatre sous dossiers : ressources en maths, ressources en chimie, ressources en physique, ressources en biologie. Il n'y a pas de dossier SI.

Enfin, CultureMATH propose une liste des articles, dossiers et hors-séries du magazine *Tangente* pouvant se rattacher aux thèmes 2010 des MPS, et en particulier au thème « Science et investigation policière.

On trouve peu de ressources postérieures à août 2010 sur le site CultureMATH, encore moins quand on ne sélectionne que celles du thème « Science et Investigation Policière » en dehors de la vidéo d'une conférence sur la balistique.

L'APBG : Association de Professeurs de Biologie Géologie

Le bulletin *Biologie Géologie* de l'APBG propose deux articles sur l'EE MPS, en juillet 2012 et avril 2014, mais aucun ne semble être associé à l'investigation policière.

L'UdPPC : L'Union des Professeurs de Physique-Chimie

La revue n°932, *BUP* de l'UdPPC propose deux articles sur l'EE MPS, en juillet 2014 et mars 2011, dont un article sur « Enquête policière », celui de mars 2011.

Le Forum des professeurs de sciences physiques (physiquechimie.forum.free.fr/)

Sur le Forum des professeurs de sciences physiques, un premier échange sur le thème investigation policière est lancé le 19 juillet 2010 mais les premières réponses datent d'août. Par la suite, on trouve sur ce forum de nombreuses ressources. Dans le dossier MPS, il y a 99 « sujets » et 461 « messages » datant de juillet 2010 à juin 2015 (l'étude de ce site a été réalisée en juin 2015 et pas en janvier 2015). Certains « sujets » se présentent sous forme d'un fil de discussion : un des membres a posé une question ou donné son avis sur un sujet précis et les autres membres répondent en joignant parfois des fichiers. Pour les autres « sujets », un membre propose dans un fichier joint une ressource (fiche élève, progression ...) et les autres membres peuvent engager une discussion, ajouter un commentaire, demander des clarifications ou encore apporter des compléments avec d'autres fichiers joints. On trouve des « sujets » généraux sur l'organisation, l'évaluation, le ressenti des élèves et des enseignants et des « sujets » directement liés à un thème. Nous en avons dénombré environ 24 liés au thème investigation policière.

Le Forum National de SVT (forum-svt.ac-toulouse.fr/)

Sur le Forum National de SVT, plusieurs fils de discussions abordent les MPS et plusieurs débutent au premier semestre 2010. Certains fils abordent les problèmes généraux (organisation, évaluation...), d'autres des thèmes particuliers. En juillet 2010, un message intitulé « Ressources MPS » donne le lien vers le « document Ressources MPS » d'Eduscol. À partir du mois d'août, les échanges se poursuivent sur les fils précédents et d'autres apparaissent. On note plusieurs fils de discussions sur le thème qui nous intéresse, qui comptabilisent un nombre important de « vues » très importants.

Des fils de discussions débutent dès janvier 2010 :

- MPS : 101 messages, de janvier 2010 à avril 2010 : 2172 « vues » ;
- Enseignement d'exploration : apport des maths et PC : 42 messages, de février 2010 à avril 2010 : 830 « vues » ;
- MPS science et image : 7 messages, de mars 2010 à juin 2010 : 344 « vues » ;
- Imaginons un serious game en MPS : 12 messages, de mars 2010 à mai 2010 : 534 vues ;
- MPS science et aliment : 14 messages, de mars 2010 à mai 2010 : 718 « vues » ;
- MPS science et cosmétologie : 7 messages, de mai 2010 à avril 2011 : 373 « vues » ;
- MPS art et ... SVT : 20 messages, de juin 2010 à juin 2011 : 904 « vues » ;
- MPS audition et risques auditifs : 16 messages, de juin 2010 à août 2010 : 309 « vues » ;
- MPS seconde : 1 message, en juin 2010 : 287 « vues ».

L'un d'eux concerne le thème investigation policière :

- MPS investigation policière : 106 messages, d'avril 2010 à août 2013 : 3950 « vues ».

En juillet 2010, un message intitulé Ressources MPS donne le lien vers le document Ressources MPS d'Eduscol :

- Ressources MPS : 1 message, en juillet 2010 : 300 « vues ».

A partir du mois d'août, les échanges se poursuivent en particulier celui déjà cité concernant le thème investigation policière qui comptabilise un nombre important de vues tandis que d'autres fils apparaissent dont deux sur le thème investigation policière :

- Evaluation en MPS : 14 messages, de septembre 2010 à février 2011 : 455 « vues » ;
- Mise en place MPS : 9 messages, en septembre 2010 : 355 « vues » ;
- MPS science et vision du monde : 9 messages, de septembre 2010 à janvier 2011 : 373 « vues » ;
- MPS vision du monde le système solaire ... idées ? : 15 messages, en mars 2011 : 183 « vues » ;
- MPS raisin : 2 messages, en octobre 2011 : 145 « vues » ;
- MPS vision du monde : 7 messages, de décembre 2012 à mars 2013 : 224 « vues » ;
- MPS datation de la mort : 4 messages, en octobre 2011 (Renvoi immédiat à MPS investigation policière) : 138 « vues » ;
- MPS entomologie : 8 messages, de septembre 2011 à octobre 2011 : 252 « vues ».

Conclusions sur les ressources issues de sites associatifs

On note une forte implication des associations de professeurs aussi bien avant juillet 2010, qu'à partir de la rentrée 2010. Il apparaît alors un nouveau type de ressources : des fils de discussion comportant de nombreux échanges et un nombre de « vues » encore plus

important. Les échanges entre professeurs montrent les questionnements qu'ils traversent aussi bien sur l'organisation et l'évaluation que sur les contenus envisageables dans les différents thèmes. La recherche de pistes et de ressources est le principal sujet de ces échanges. Les pistes proposées sont issues d'autres dispositifs ou d'autres niveaux enseignements (Option science, spécialité maths en TS). On trouve aussi des articles scientifiques écrits dans un objectif non scolaire mais regroupés dans des dossiers aux noms des différents thèmes MPS. Le thème « Science et investigation policière » est particulièrement abordé (en termes de sujets, de nombres d'échanges, de fichiers échangés, de vues). Les sites des associations (APMEP, APBG, UdPPC) sont accessibles à tous mais spécifiquement rattachés à une discipline. L'accès aux échanges de certains forums (SPC et SVT) peut être soumis à acceptation. Enfin, à partir de 2011, on trouve aussi des articles avec des analyses de pratiques dans des revues associées aux associations mais ces ressources sont payantes. Après 2012, les ressources se font de plus en plus rares.

Le paragraphe suivant est consacré aux sites personnels.

IV.1.3 - LES RESSOURCES ISSUES DE SITES PERSONNELS

Les sites personnels trouvés proposant des ressources pour les MPS sont listés en annexe 3 (P1 à P6). Nous les avons obtenus par l'intermédiaire de moteurs de recherches et/ ou des liens depuis des sites académiques ou des sites de lycées. Ils sont relativement peu nombreux, cependant il en existe probablement d'autres que nous n'avons pas rencontrés au cours de notre recherche. Ils sont tous développés par des professeurs impliqués en MPS et sont parfois dans leur titre explicitement rattachés au lycée dans lequel enseigne ce professeur. Ils s'adressent alors prioritairement aux élèves. Trois des six sites trouvés sont alimentés par un professeur de mathématiques, deux par un enseignant de SVT et le dernier par un professeur de SPC. L'approche du thème reste classique : la résolution d'une enquête par analyse d'indices (liés à la discipline de l'enseignant concepteur). Ces ressources ressemblent à celles déjà obtenues sur les sites académiques ou sur les sites de lycées : il s'agit de supports conçus par les enseignants pour soutenir leurs séances. On trouve aussi des liens vers des logiciels en particulier un qui permet de dresser des portraits robots.

Nous terminons cette partie par un paragraphe réservé aux ressources marchandes.

IV.1.4 - LES RESSOURCES MARCHANDES

Nous recherchons ici aussi les ressources spécifiquement pointées MPS et plus particulièrement « Science et investigation policière ». Les ressources marchandes ainsi obtenues sont détaillées dans le tableau de l'annexe 4.

Certains sites vendant du matériel pédagogique pour l'enseignement des sciences expérimentales proposent ainsi des sélections d'articles classés dans des dossiers MPS. Ces articles sont vendus à l'unité, par lots ou sous forme de kits regroupant l'ensemble du matériel nécessaire à la mise en œuvre d'une activité expérimentale. Ces articles permettent la mise en forme de la scène de crime, le relevé d'empreintes, l'étude de l'ADN, l'étude d'indices comme le sang, les cheveux, les armes... Nous en avons identifié trois, mais il en existe peut-

être d'autres.

- Le site Jeulin a regroupé une quarantaine d'articles de ce type dans un sous dossier « Investigations policières » du dossier « Enseignement d'exploration », dont les prix vont de quelques euros à près de 200€. Le site propose aussi à l'achat un dossier pédagogique : « *Une solution complète imaginée en collaboration avec le Palais de la découverte. Deux scénarios ingénieux incluant progression pédagogique et activités expérimentales. Une approche transdisciplinaire coordonnée entre SVT et PC, élaborée par une équipe de professeurs* ». Par comparaison, les autres sous dossiers qui correspondent à d'autres thèmes sont moins bien fournis : « Sciences et aliments » propose 25 articles, « Sciences et œuvres d'art » ne contient que quatre articles, « Science et vision du monde » n'en propose qu'un seul.
- Le site Sordalab propose une quarantaine d'articles divers vendus à l'unité, en lots ou sous forme de kits allant de quelques euros à presque 200 classés dans des sous dossiers : analyse des chaussures du suspect, analyse du cheveu de la victime, analyses génétiques, analyses sanguines, balistique, détection mise en évidence de sang, entomologie, étude de la scène de crime, protections, relevé d'empreintes digitales. Le site donne accès à deux autres sous-dossiers portant cette fois-ci le nom de l'un des thèmes : Sciences et alimentation (3 articles), Sciences et cosmétologie (3 articles).
- Le site Pierron met en vente environ 25 articles de moins de 100€ dont de nombreux kits (cheveux, fibres, sang, indices divers, cartouches, balles, douilles) du Bluestar (révélateur de sang), des poudres, pinceaux ainsi que quatre épisodes de la série télévisée « C'est pas sorcier ». Des articles sont proposés pour trois autres thèmes : Science et aliments (5 articles), Science et cosmétologie (3 articles), Science et vision du monde (12 articles).

Nous avons aussi rencontré une offre marchande regroupant des revues sur le thème de l'investigation policière. La librairie Archimède propose ainsi un lot de magazines des éditions POLE sur le thème « Science et investigation policière » composé de deux numéros et deux hors-séries de la revue *Tangente* et d'une BD sur la logique. Aucun autre lot n'est proposé sur les autres thèmes dans le dossier MPS.

En conclusion, qu'il s'agisse de matériel divers ou d'articles, le thème « Science et investigation policière » est bien mieux achalandé que les autres. Concernant le matériel proposé, il semble destiné à l'installation d'une scène de crime factice et à l'étude d'indices.

Après avoir listé de la façon la plus exhaustive possible l'offre des ressources disponibles pour ce thème des MPS, nous proposons une analyse de cette offre de ressources dans la seconde partie de ce chapitre.

IV.2 - UNE ANALYSE DE L'OFFRE DE RESSOURCES

Après avoir listé les ressources disponibles de la façon la plus exhaustive possible, nous proposons ci-dessous une analyse globale de cette offre de ressources. Nous les avons tout d'abord classées en quatre catégories que nous détaillons dans le premier paragraphe (IV.2.1) avant de préciser leurs caractéristiques principales dans le second paragraphe (IV.2.2) et d'apporter nos conclusions et des éléments de réponses (IV.2.3).

IV.2.1 - CATÉGORIES DES RESSOURCES (PROPRES, RECYCLÉES, MISES À DISPOSITION PAR DES ENSEIGNANTS IMPLIQUÉS, ANALYSE DE PRATIQUES)

Nous avons classifié ces ressources en quatre catégories que nous explicitons dans ce paragraphe : les ressources « propres », les ressources « recyclées », les ressources conçues par des enseignants impliqués et les analyses de pratiques.

Les ressources propres

Nous proposons de nommer ressources *propres* celles qui ont été spécifiquement conçues dans l'objectif de servir de ressources pour les MPS. Elles constituent un vivier de ressources susceptibles de devenir des ressources mères à condition que les professeurs les utilisent. Nous en avons identifiées cinq principales que nous présentons dans l'ordre chronologique.

- Les actes du séminaire des inspecteurs de SVT qui s'est tenu en mars 2010. Ces actes sont conçus par des inspecteurs et des professeurs de SVT. Ils proposent deux approches pour le thème « Science et investigation policière » : la résolution d'une enquête policière et une approche historique. Les deux reposent sur des démarches d'investigation. Les actes sont accessibles depuis quelques sites académiques et ont donné lieu à plusieurs ressources filles sous forme de diaporamas diffusés lors de stages académiques. Ces diaporamas peuvent aussi être considérés comme des ressources propres.
- Le document d'accompagnement des programmes, « Ressources pour la classe de seconde MPS » est conçu par des inspecteurs et des professeurs des quatre disciplines. Il est accessible depuis juillet/août 2010 par le portail Eduscol. Un seul projet est proposé pour ce thème, intitulé « Autour de la disparition de Monsieur X ». Il propose la résolution d'une enquête policière par analyse des indices par des méthodes scientifiques modernes mais donne peu d'information sur la démarche d'investigation. Cette ressource a conduit à de nombreuses ressources filles mises en œuvre par les enseignants dans les classes.
- Les travaux du groupe de réflexion de l'académie de Versailles mis en ligne en juillet 2010. Ce groupe est composé d'enseignants de lycée, dont les disciplines ne

sont pas spécifiées. L'approche choisie est la résolution d'une enquête policière. On présente une liste d'indices susceptibles d'être analysés mais seulement trois fiches élèves sont proposées : mesure de distances par visée, empreintes, épaisseur d'un cheveu. Les activités proposées sont notées bi-disciplinaires (parmi Mathématiques, SVT, SPC). Les élèves doivent élaborer des protocoles et le travail sur les empreintes commence par une recherche documentaire sur une approche historique.

- Les travaux du TraAM 2010/2011 avaient pour objectif l'intégration des TICE dans l'EE MPS. « *Les TICE sont bien considérées ici comme étant au service de la démarche scientifique poursuivie au travers d'une thématique de l'enseignement de MPS et non l'inverse.* ». Les groupes de l'académie de Rennes et de l'académie de Lille ont travaillé sur le thème « Science et investigation policière » et ont choisi tous les deux l'approche par l'enquête policière. Le groupe de Rennes envisage le travail de la façon suivante : chaque groupe d'élève doit créer un scénario de crime qui sera soumis au final à un autre groupe pour élucidation par analyse des indices. Le groupe de l'académie de Lille propose un scénario complet et trois fiches sur l'heure du décès, le code de César, le code de Vigenère.
- Les travaux du Groupe de réflexion de l'académie de Versailles qui datent cette fois-ci de juillet 2012. Ce groupe est composé d'enseignants de lycée dont une partie avait déjà collaboré au groupe de juillet 2010. Deux activités sont proposées. La première conduit à l'analyse d'une poudre retrouvée au fond d'un verre posé à côté d'une boîte de paracétamol. Cette activité est associée à la discipline SPC. La démarche préconisée repose explicitement sur une DI : énoncer une problématique, proposer une stratégie pour y répondre, concevoir un protocole, interpréter les résultats. La seconde est une activité interdisciplinaire « physique-philosophie » sur la police scientifique et les séries télévisées conçue avec la collaboration d'un professeur de philosophie.
- Les ressources du MNHN datent de 2012. Elles sont conçues par des enseignants et des chercheurs et elles sont relues par des experts de la police scientifique. Elles se présentent sous forme de trois dossiers thématiques composés d'articles scientifiques, de projets, de fiches élèves, de fiches professeurs. Parmi les articles scientifiques figurent des aperçus historiques. Les projets proposés sont différents (La disparition d'un loup, La vénus hottentote). Nous n'avons pas rencontré au cours de notre recherche documentaire de ressources filles de ces deux projets.

Nous n'avons pas trouvé ensuite de nouvelles ressources propres sur ce thème. Ainsi, en l'absence de manuel, les ressources propres sont uniquement institutionnelles, principalement issues de l'Education nationale, et datent de 2010 à 2012. Les ressources propres sont majoritairement pluridisciplinaires et sont accessibles de manière identique pour les professeurs des différentes disciplines. On trouve peu d'indications précises sur la démarche d'investigation et sur le type de travail pluridisciplinaire préconisé. L'approche par résolution d'enquête policière par analyse d'indices par des moyens scientifiques modernes semble privilégiée par rapport à l'approche historique pourtant détaillée dans les actes du séminaire des inspecteurs de SVT.

Les ressources recyclées

Certaines ressources conçues dans d'autres contextes, scolaires ou non scolaires, sont présentées comme des ressources possibles pour soutenir les enseignants qui s'engagent dans l'enseignement d'exploration MPS. Nous proposons de les nommer ressources *recyclées* en relation avec le sens commun du verbe recycler (récupérer, réutiliser, transformer, réinsérer, etc.). Ainsi, les ressources recyclées sont les ressources conçues dans un autre objectif mais proposées comme des ressources susceptibles de devenir des ressources mères pour les MPS. Nous en avons identifié trois sous-catégories.

- Certaines sont des ressources scolaires conçues dans le cadre d'autres dispositifs, comme l'« option Sciences » (I.1.3.1) par exemple, ou pour un programme disciplinaire actuel ou ancien comme la spécialité maths en TS ou encore la première L. Elles sont proposées comme des pistes possibles pour les MPS. Il reste à les adapter. Ce sont des ressources filles dans le sens où elles ont été mises en œuvre en classe dans un autre contexte mais elles sont proposées ici pour servir de ressources mères pour les MPS.
- On y trouve aussi des ressources non scolaires, souvent des articles scientifiques, qui vont être regroupés dans des dossiers correspondants aux différents thèmes MPS. Ces dossiers étant partagés en sous dossiers au nom des disciplines. Ces articles sont souvent présentés comme des sources de connaissances pour les professeurs.
- Enfin, certaines des ressources issues de musées peuvent être classées dans cette catégorie. Ainsi, la « Cité des Sciences et de l'Industrie » ou le « Palais de la Découverte » ont conçu des ressources sous forme de parcours sur des expositions déjà existantes accompagnés de quelques fiches élèves.

En dehors de la dernière sous-catégorie, les ressources recyclées sont principalement issues des sites des associations de professeurs, en particulier de mathématiques, et elles datent du premier semestre 2010. Elles sont proposées pour servir de ressources mères mais elles ne sont pas faciles à identifier comme telles à partir de la seule lecture des ressources conçues par les professeurs impliqués en MPS.

Les ressources conçues par des professeurs impliqués en MPS

Ce sont des ressources conçues par des enseignants impliqués dans l'EE MPS puis mises à disposition de leurs collègues par l'intermédiaire de sites académiques, associatifs, collectifs ou personnels. Elles se classent en trois sous-catégories.

- Des supports de séances projetés ou distribués aux élèves (scénario, organisation, fiche élève, fiche professeur, tutoriel...) conçus par les professeurs impliqués pour soutenir leur enseignement. Les ressources de ce type sont des ressources filles au sens où elles sont le résultat finalisé et mis en œuvre dans une classe à un moment donné. Elles sont ensuite proposées et mises à disposition sur les sites déjà cités (académiques, associatifs) pour servir à leur tour de ressources mères pour d'autres enseignants.
- Des comptes rendus de mises en œuvre, souvent sous forme de diaporamas, conçus par un seul professeur ou encore par l'équipe pluridisciplinaire pour présenter les

activités menées. Ces ressources ont souvent été conçues pour des séminaires/stages d'échanges sur les MPS organisés par les inspecteurs. Les enseignants ont ensuite été invités à déposer les supports conçus pour soutenir ces présentations sur les sites académiques. Ils datent principalement des années 2010 et 2011.

- Des fils de discussion, des échanges sur des forums avec de nombreuses « vues » et parfois des échanges de fichiers. Les forums ne sont pas accessibles par tous.

Les ressources de cette catégorie sont donc conçues par des enseignants impliqués. Les fils de discussions ont pu débiter au premier semestre 2010, pour les deux autres sous catégories elles datent au plus tôt de septembre 2010.

Des analyses de pratiques

A partir de 2011, des articles paraissent contenant des comptes rendus de mises en œuvre et des analyses de pratiques en MPS. Ces articles se trouvent dans la revue *Repères-IREM* ou les revues des sites associatifs (APMEP, UdPPC). Ces ressources sont accessibles à tous mais payantes.

IV.2.2 - PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES RESSOURCES

Ce paragraphe vise à préciser les principales caractéristiques des ressources listées. Ces caractéristiques répondent aux questions posées par le collectif pluridisciplinaire du projet de recherche ReVEA (II.1.4) qui croisent nos propres questions de recherche. Qui sont les concepteurs de ces ressources ? À qui s'adressent-elles ? De quand datent-elles ? De quel type sont-elles ? Quelles sont les disciplines associées ? Comment y a-t-on accès ? Quelle forme de travail pluridisciplinaire induisent-elles ? Peuvent-elles être considérées comme des ressources filles du projet « Autour de la disparition de Monsieur X. » ?

Les concepteurs

Même si l'on ne parvient pas toujours à identifier nominativement les concepteurs de ces différentes ressources, ce sont très majoritairement des enseignants et/ou des inspecteurs. Celles-ci découlent d'un travail individuel ou collectif, avec différents types de collectifs.

Certaines ressources sont issues d'un travail individuel. On peut supposer que c'est le cas des ressources dont le contenu est disciplinaire, qui sont conçues par un professeur de cette même discipline et qui n'associent explicitement ou implicitement aucune autre discipline (par exemple 23 des 51 ressources trouvées sur les sites académiques sont de ce type).

Les autres ressources sont l'œuvre de différents collectifs :

- l'équipe MPS pluridisciplinaire d'un même établissement : c'est le cas de la majorité des comptes rendus de mise en œuvre conçus par l'équipe et relatant un travail collectif sur l'année avec des séances de concertations (pour imaginer le scénario par exemple) ;
- le collectif des professeurs de la même discipline d'un établissement : lorsque l'équipe MPS est constituée de six enseignants, deux de chaque discipline, et qu'un même travail a été mis en œuvre par les professeurs de la même matière on peut supposer qu'il découle d'une concertation entre les deux enseignants de la même matière ;

- des collectifs institutionnels composés d'enseignants et parfois d'inspecteurs : groupes des concepteurs du projet Eduscol et des actes du séminaire des inspecteurs de SVT, groupes TraAM, « groupes de réflexion académiques », expérimentation de l' « option Sciences ». Ces groupes ayant pour objectif principal la conception de ces ressources ;
- des collectifs enseignants/chercheurs/experts : groupes IREM, concepteurs des ressources du Musée National d'Histoire Naturelle ;
- des enseignants impliqués dans la formation des enseignants, en liens avec les inspecteurs : plusieurs supports de stage.

Les autres ressources sont des productions d'élèves. Ces ressources sont principalement destinées à d'autres enseignants, quelques fois aux élèves. On note peu de retours de ces enseignants sur ces ressources en dehors de celles du Forum des professeurs de sciences physiques et de celles du Forum national des SVT. Enfin, certains concepteurs se retrouvent dans plusieurs groupes. (MNHN et UdPPC, Site personnel et *Bulletin vert* de l'APMEP)

La date de leur conception et/ou de leur mise à disposition

- Une partie importante de ces ressources date d'avant août 2010, c'est-à-dire avant la mise en œuvre effective des MPS (rentrée 2010). L'objectif affiché est de proposer des pistes pour cet enseignement. La plupart de ces ressources sont d'origines institutionnelles Éducation nationale (Eduscol, Séminaire de réflexion des corps d'inspection, stages académiques) et sont des ressources propres, conçues spécifiquement pour servir de ressources les MPS. Sur cette période, les autres ressources sont des ressources recyclées, conçues dans le cadre d'un autre dispositif mais susceptibles de fournir des pistes ou d'être adaptées pour l'EE MPS. Elles ont été regroupées par des associations de professeurs, et en particulier celles liées à l'enseignement des mathématiques.

Le site de l'APMEP a regroupé des ressources proposées par des enseignants, dont certains étaient impliqués dans l' « option Sciences », sur une page intitulée « Ressources diverses ». Le site CultureMATH a mis à la disposition des enseignants du secondaire, mais aussi des enseignants de l'enseignement supérieur, des chercheurs, etc. un espace de discussion sur le thème « Quelles mathématiques pour le module Méthodes et Pratiques Scientifiques ? ». On y trouve aussi une sélection d'articles plus anciens pouvant servir de ressources pour chaque thème ainsi qu'une liste des articles, dossiers et hors-séries du magazine *Tangente* pouvant se rattacher aux thèmes 2010 des MPS. Le Forum National de SVT a initié, dès le premier semestre 2010, de nombreux fils de discussions sur les MPS, d'ordres généraux (organisation, évaluation) mais aussi propres à chaque thème dont celui lié à l'investigation policière particulièrement conséquent (MPS investigation policière : 106 messages, d'avril 2010 à août 2013 : 3950 vues).

- Une autre partie importante de ces ressources date du deuxième semestre 2010 et de l'année 2011 et concerne la première année de mise en œuvre (2010/2011). Il s'agit alors souvent de comptes rendus d'expérimentation, de supports de séances, de fiches élèves et/ou professeurs. Ce sont des ressources conçues par les enseignants impliqués en MPS et mises à disposition de leurs collègues via différents sites. On note de nombreux échanges, avec des fichiers joints, sur le Forum des professeurs de sciences physiques.

À partir de juillet 2011, quelques articles avec des analyses de pratiques rédigés par des

enseignants impliqués sont proposés par les revues des associations de professeurs (APMEP, UdPPC).

- Les ressources plus récentes sont moins nombreuses mais y figurent des approches différentes pour ce thème : les ressources du MNHN, sous forme de dossiers thématiques, datent de 2012.

Ressources-mères et Ressources-filles

L'on considère ici la troisième catégorie de ressources, c'est-à-dire celles conçues par des professeurs impliqués en MPS. On remarque que beaucoup d'entre elles présentent la même approche du thème que le projet « Autour de la disparition de Monsieur X » c'est-à-dire une enquête policière sur un crime en analysant des indices par des moyens scientifiques modernes. Elles en ont parfois gardé le titre et/ou une partie du scénario. Elles analysent souvent les mêmes indices (en particulier une poudre blanche au fond d'un verre posé à côté d'un tube de paracétamol, un mégot dans un pot de fleurs, des tâches de sang) et les supports conçus reprennent parfois des extraits des fiches proposées dans le « document Ressources MPS ». Elles ont, de façon quasi-systématique, adopté l'organisation proposée par le projet « Autour de la disparition de Monsieur X » c'est-à-dire une présentation commune du scénario puis une répartition des indices entre les disciplines qui induit un travail collectif en juxtaposition. Même s'il semble difficile de conclure sans avoir interrogé les concepteurs, il est raisonnable d'envisager ces ressources comme des ressources filles du projet « Autour de la disparition de Monsieur X ».

Quelques ressources conçues par des enseignants impliqués en MPS montrent une approche différente et induisent parfois un autre type de travail pluridisciplinaire mais elles restent trop marginales pour être abordées de façon globale.

Cette recherche fait ressortir l'importance d'une autre ressource spécifiquement conçue pour cet EE : la partie consacrée à ce thème dans les actes du séminaire des inspecteurs de SVT. Cette ressource a elle-même conduit à des ressources filles : des extraits de ces actes se trouvent dans les diaporamas ayant servi de supports de stage dans différentes académies. Par ailleurs, la détermination de l'IPM (Intervalle post mortem) par la courbe de décroissance thermique ou encore le monogramme de Henssge se retrouve dans de nombreuses ressources conçues par les professeurs impliqués et cette détermination est souvent confiée aux enseignants de mathématiques. Par contre, l'approche historique proposée dans les actes et reprise dans les supports de stage n'est pas apparue dans les comptes rendus de mises en œuvre conçus par les enseignants impliqués.

La pluridisciplinarité

Certaines ressources ne concernent explicitement qu'une seule discipline. C'est le cas de 46% des ressources qu'on trouve sur les sites académiques. Pour l'IREM, trois des quatre ressources trouvées ne concernent que les mathématiques. Sur le site PHYSCHIM, les deux ressources trouvées ne concernent que la physique chimie. C'est aussi le cas de trois des six ressources trouvées sur les sites personnels. Sur les sites associatifs, directement associés à une discipline et qui parfois limitent leur accès aux enseignants de cette discipline, les ressources sont principalement disciplinaires. Les ressources conçues pour soutenir cet enseignement pluridisciplinaire sont donc mono disciplinaires dans la majorité des cas.

Pour les autres ressources, deux cas se présentent. Soit elles sont pointées pluridisciplinaires et associent au moins deux des autres disciplines habituellement impliquées en MPS (Maths, SVT, SPC, SI). Il arrive que d'autres matières soient aussi associées : anglais, philosophie, recherche documentaire. Soit elles ne sont affectées à aucune discipline en particulier. C'est le cas de certaines des ressources trouvées sur les sites de musées (Musée des Arts et Métiers, Palais de la Découverte).

Accessibilité de ces ressources

Le projet « Autour de la disparition de Monsieur X » issu du « document Ressources MPS » est accessible depuis le portail Eduscol depuis juillet/août 2010. Nous ne disposons pas d'information sur la date d'accessibilité des actes du séminaire des inspecteurs de SVT. Il a été décliné sous forme de diaporamas et diffusé lors de stages académiques en 2010, mais nous ne savons pas quels étaient les enseignants invités à suivre ces stages, et en particulier s'ils étaient réservés aux professeurs de SVT. Les ressources trouvées sur les sites académiques sont dans 84% des cas sur des pages disciplinaires. Les autres sites visités, bien qu'accessibles à tous (sauf le forum des professeurs de sciences physiques et le celui des professeurs de SVT), sont plutôt à destination des professeurs d'une discipline : IREM, APMEP, Culture*MATH* pour les Mathématiques, APBG, Forum national des SVT pour les SVT, UdPPC, PHYSCHIM, forum des professeurs de sciences physiques pour les SPC. Les sites personnels trouvés, tous rédigés par des professeurs semblent aussi orientés vers la discipline du professeur, parfois jusque dans leurs noms (SVT BERBEY, Site Mathématiques Lycée Mangin, Deltoïde Mathématiques au lycée, Aide à la Physique Chimie au lycée).

Seul l'accès aux dossiers ressources des sites de musées n'est pas disciplinaire. Ensuite, comme nous l'avons déjà dit, certains musées choisissent de préciser pour chaque ressource les disciplines auxquelles elles s'adressent, d'autres font le choix de ne cibler aucune discipline. Pour le MNHN, les ressources sont dans un dossier « MPS ». On précise pour chaque ressource les disciplines auxquelles elles s'adressent. Pour « La Cité des Sciences et de l'Industrie », les ressources sont dans le dossier « Science et investigation policière ». Sur certaines ressources sont précisées les disciplines impliquées, sur d'autres pas. Pour « Le Palais de la Découverte », les ressources sont dans un dossier « Enseignements d'exploration Méthodes et pratiques scientifiques (MPS) et Sciences et laboratoire (SL) ». Le sous dossier « Science et investigation policière » contient deux fichiers, aucun n'est spécifiquement destiné à une ou des discipline(s). Pour « Le Musée des Arts et Métiers », les ressources sont dans un dossier « MPS », elles ne sont pas explicitement attachées à une ou plusieurs disciplines.

Ainsi une partie importante de ces ressources, conçues pour un enseignement pluridisciplinaire, sont accessibles par des pages/sites disciplinaires.

Travail pluridisciplinaire induit

On trouve peu d'explications précises sur le travail pluridisciplinaire prévu ou mis en œuvre, on se contente donc d'émettre des hypothèses à partir des informations disponibles. Pour les ressources proposant la même approche que projet « Autour de la disparition de Monsieur X » issu du document ressource Eduscol, c'est-à-dire la résolution d'une enquête criminelle par l'analyse scientifique d'indices, différentes situations semblent se dessiner.

- La concertation des enseignants se limite au choix du thème, on ne propose pas de

scénario par exemple. Ensuite chaque professeur mène des séances en lien avec ce thème mais sans rapport avec celles menées dans les autres disciplines. Le contenu des séances peut être disciplinaire (cryptographie en mathématiques) ou peut déborder des programmes disciplinaires (fichier d’empreintes digitales en mathématiques, heure du décès par la méthode de Henssge).

- La concertation des enseignants conduit à proposer un scénario commun parfois présenté lors d’une séance qui réunit les différents professeurs et tous les élèves. Les indices sont ensuite répartis entre les disciplines et analysés en parallèle pour conduire à la fin à la mise en cause d’un des suspects. Ces séances sont parfois suivies d’une dernière séance en commun (pour clore l’enquête). Il s’agit d’une juxtaposition des enseignements disciplinaires, les professeurs travaillent en parallèle en des lieux et des temps séparés sur des indices différents.

- Dans la situation précédente, il arrive qu’un ou plusieurs indices soient étudiés dans deux disciplines. C’est le cas de la terre, analysée par le professeur de physique-chimie (analyse du PH et des ions) et par le professeur de SVT (pollens). On note alors une forme de complémentarité des approches sur le même indice, mais les interventions des enseignants se font souvent en des lieux et des temps séparés.

- Enfin, quelques rares ressources proposent des séances en co-animation avec 2 ou 3 enseignants.

D’autres ressources montrent une autre approche du thème et parfois aussi un travail pluridisciplinaire différent, mais l’ensemble ressemble alors davantage à des TPE : les élèves travaillent en groupe sur des projets de recherche différents et les enseignants encadrent les recherches menées dans les différents groupes. Les descriptions de pratiques proposées dans les articles de la revue *Bulletin vert* de l’APMEP font par contre à plusieurs reprises allusions à des séances en co-animation. Il est à noter que plusieurs des auteurs de ces articles ont pratiqué l’expérimentation de l’« option Sciences » avant les MPS et que plusieurs d’entre eux font aussi partie des concepteurs du « document ressources MPS ».

Le site *CultureMATH* propose une sélection de ressources pour chaque thème mais ici encore classées dans des sous dossiers disciplinaires (Mathématiques, SVT, SPC) qui semble induire une approche par juxtaposition d’enseignements disciplinaires.

Enfin, on remarque un effort d’ouverture avec les interventions d’autres enseignants (philosophie, anglais), de scientifiques et de professionnels.

Descriptions d’usage

Concernant les ressources conçues par un professeur à destination de ses élèves pour être mises en œuvre en sa présence deux cas se présentent. Soit elles sont mises à disposition des autres professeurs sans ajout d’éléments explicatifs, soit elles sont accompagnées d’indications supplémentaires à destination des autres enseignants concernant les trois niveaux d’une ressource définis précédemment (supports matériels utilisés, contenus mathématiques, organisation didactique), ce que Gueudet et Trouche (2007) appelle des descriptions d’usage.

« L’utilisateur, ou le collectif d’utilisateurs de ressources, construisent des documents dans des processus de genèses documentaires. Ces documents donnent matière à des ressources qui

peuvent être mises à disposition ou transmises au-delà du lecteur, ou du collectif initial. Lorsque l'on comprend le document, selon ce que nous proposons, comme l'association d'un ensemble de ressources et d'un schème d'utilisation de ces ressources, on comprend que ce qui peut donner lieu à mise à disposition ou transmission est simplement la partie visible, c'est-à-dire l'ensemble de ressources et son usage. Le sujet ou le collectif qui met à disposition ou transmet, dans l'espoir de donner accès au document construit, sera peut-être tenté d'associer des descriptions d'usages à sa composition personnelle.» (Gueudet et Trouche, 2007)

Il en est de même pour les comptes rendus de mises en œuvre conçus par des équipes de professeurs impliqués destinés souvent à être projetés sous forme de diaporama lors de séminaires/stages organisés par les inspecteurs et présentés par ces mêmes professeurs.

Intégration des TICE

Parmi les ressources mobilisées par les enseignants, figurent les outils numériques. Dans le programme MPS, l'intégration des TICE semble intervenir à quatre étapes dans la phase de recherche, la phase de production, la présentation des résultats et l'évaluation. Dans les comptes rendus d'expérimentation, il est régulièrement fait allusion à des recherches sur Internet ainsi qu'à des diaporamas de présentations demandés aux élèves. Les élèves sont aussi invités à récupérer des fichiers sur le réseau du lycée ou sur Moodle. Les ressources trouvées montrent aussi l'utilisation, par les enseignants des différentes disciplines ainsi que par les élèves, de logiciels propres à l'apprentissage des disciplines (le logiciel de géométrie dynamique GeoGebra, programmation avec Algodex) mais aussi de logiciels non initialement créés pour l'enseignement mais régulièrement utilisés (tableur, logiciel permettant de créer des diaporamas). Par contre, certains logiciels semblent sortir de l'ordinaire pour les enseignants de certaines disciplines (Audacity, Vérifinger) et conduisent les concepteurs à proposer des tutoriels. Enfin, un TraAM MPS en 2010/2011 visait l'intégration des TICE en MPS. Les TICE y sont considérées comme étant au service de la démarche scientifique. Il y est réfléchi à une utilisation des TICE par les professeurs (pour faciliter la concertation, la mutualisation et pour mettre en œuvre un suivi) et par les élèves (pour mutualiser, comme outil d'apprentissage et pour acquérir des compétences en lien avec des capacités du B2I).

En termes de DI

Il est compliqué à partir de la seule lecture de ces ressources de percevoir si elles soutiennent des séances fondées sur des DI. Certaines y font explicitement référence en précisant que la tâche des élèves consiste à énoncer une problématique, proposer une stratégie pour y répondre, concevoir un protocole, interpréter les résultats. Dans d'autres cas, la problématique semble donnée mais les élèves doivent proposer un protocole expérimental. Enfin, certaines ressources ne font pas du tout référence à une démarche d'investigation et les fiches élèves conçues montrent l'apport de connaissances puis des questions détaillées et progressives. Ce qui nous conduit à émettre l'hypothèse qu'il est peu probable que les séances soutenues par ces supports soient fondées sur des DI. Dans tous les cas c'est l'observation des activités de l'enseignant lors de la séance qui permettrait de confirmer la mise en œuvre d'une DI. Ceci fera l'objet du chapitre V de notre texte.

IV.3 - CONCLUSION DE L'ÉTUDE DE L'OFFRE DE RESSOURCES

Après avoir établi l'offre des ressources dans la première partie, puis en avoir fait une analyse dans la deuxième partie, nous concluons ce chapitre et nous apportons les premiers éléments de réponses à notre questionnaire initial sur les ressources. Dans le paragraphe IV.3.1 nous mettons en évidence le contexte de ressources manquantes en 2010. Notre analyse de l'offre des ressources met également à jour le peu de ressources propres spécifiquement conçues dans l'objectif de servir de ressources pour les MPS qui est expliqué dans le paragraphe IV.3.2. Dans le paragraphe suivant, IV.3.3, nous apportons les premiers éléments de réponses sur les ressources effectivement utilisées par les professeurs et sur celles qu'ils ont développées. À partir des informations disponibles nous inférons les modalités d'interactions entre les disciplines et l'apport des différents collectifs dans le paragraphe IV.3.4. Enfin nous concluons ce chapitre dans le paragraphe IV.3.5.

IV.3.1 - MISE EN ÉVIDENCE DU CONTEXTE DE RESSOURCES MANQUANTES

Le BO publiant la réforme du lycée date d'avril 2010, pour une mise en œuvre quelques mois après, à la rentrée 2010. Il introduit les enseignements d'exploration, dont MPS, mais aussi un nouveau dispositif, l'accompagnement personnalisé, ainsi que de nouveaux programmes disciplinaires. Concernant les MPS, les thèmes ont souvent peu de liens avec les connaissances universitaires des professeurs, en particulier de ceux de mathématiques. La démarche à suivre (pédagogie de projet, pluridisciplinarité, mises en œuvre de séances fondées sur des démarches d'investigation) est aussi éloignée de leurs pratiques habituelles. Les professeurs sont dans une phase de réorganisation de leur système documentaire à la recherche de nouvelles ressources, c'est-à-dire dans un contexte d'incident documentaire (Sabra, 2011), qui dépasse le seul enseignement des MPS. De même, les concepteurs/fournisseurs de ressources (Education nationale, IREM, associations de professeurs) se trouvent confrontés à des demandes nombreuses : nouveaux programmes disciplinaires, nombreux enseignements d'explorations. Par exemple, sur les 25 IREM existant, seulement deux accueillent des groupes travaillant spécifiquement sur les MPS en 2010. Ils seront cinq à partir de 2011 dont celui que nous avons initié.

Concernant les MPS, pendant le premier semestre 2010, les nombreux échanges sur les forums disciplinaires montrent les questionnements des enseignants qui portent aussi bien sur l'organisation et l'évaluation que sur les contenus de cet enseignement. Ces fils de discussion mettent en évidence le manque de ressources ressenti par les enseignants. Toujours en 2010, les sites associatifs ont appelé les professeurs à échanger et à proposer des pistes, et ils ont eux-mêmes participé à cette recherche. Cependant, les ressources ainsi fournies se limitent souvent à des ressources que nous avons choisi de nommer *recyclées* car conçues dans un autre contexte, et qui restent à être adaptées aux MPS par les professeurs. On y trouve aussi des articles scientifiques écrits dans un but non scolaire et présentés comme sources de

connaissances pour les professeurs. Les actes du séminaire des inspecteurs de SVT, qui s'est tenu en mars 2010, ont conduit à des ressources filles sous forme de supports de stages académiques, mais qui ont dû concerner relativement peu de professeurs, principalement de SVT. Même s'il est difficile d'imaginer un manuel scolaire pour les MPS, tout du moins sous sa forme classique, son absence crée aussi un manque comme première interprétation du programme et comme source de savoirs (III.1.2).

Ainsi, en 2010, la principale ressource spécifiquement conçue pour servir de ressources aux MPS et facilement accessible à tous est une ressource institutionnelle : le document d'accompagnement des programmes « Ressources pour la classe de seconde, Méthodes et Pratiques Scientifiques ». Ce document d'accompagnement est disponible depuis le portail Eduscol uniquement à partir de juillet/août 2010, c'est-à-dire à quelques semaines de la mise en œuvre effective de cet EE.

Notre recherche documentaire met en évidence le contexte de ressources manquantes (Chevallard et Cirade, 2010) qui vont faire défaut à la majorité des professeurs en charge de cet enseignement d'exploration. Bien sûr certains enseignants ayant un cursus particulier ou dont les centres d'intérêt rencontrent un des thèmes (son, art, etc.) peuvent se sentir plus à l'aise mais majoritairement les professeurs impliqués expriment alors un sentiment de manque de ressources. Ainsi, le contexte d'incident documentaire se croise, en 2010, avec celui de ressources manquantes.

IV.3.2 - LES RESSOURCES PROPRES DISPONIBLES

Lors de notre recherche documentaire, nous avons porté une attention particulière aux ressources spécifiquement conçues dans l'objectif de servir de ressources aux MPS, que nous nommons ressources *propres*, ainsi qu'à l'approche du thème et aux projets qu'elles proposent.

Dans les actes du séminaire des inspecteurs de SVT, deux approches fondées sur l'investigation sont proposées pour ce thème : la résolution d'une enquête et une approche historique. Dans les deux cas, seules des pistes sont proposées.

Dans le document d'accompagnement des programmes, « Ressources pour la classe de seconde, Méthodes et pratiques scientifiques » un seul projet est proposé pour le thème « Science et investigation policière ». Ce projet intitulé « Autour de la disparition de Monsieur X » reprend l'approche par résolution d'une enquête policière. Il est particulièrement détaillé en 54 pages et implique les quatre disciplines (maths, SVT, SPC, SI). Il fournit des pistes aussi bien sur l'organisation que sur les contenus ou encore l'évaluation. En comparaison, d'autres projets ne font que quatre pages et la plupart d'entre eux ne font pas intervenir les SI. Ceci nous amène à dire que l'Éducation nationale a particulièrement soutenu ce thème et que cela contribue, en partie, à expliquer qu'il ait été choisi par une grande partie des équipes MPS la première année (Burban, 2011). On peut aussi émettre l'hypothèse qu'il correspond à un engouement général pour les séries policières de la télévision et qu'ainsi les notions abordées par les différentes disciplines semblent accessibles aux professeurs des autres matières.

Pendant les deux premières années, seulement deux dispositifs soutiennent une activité

créatrice des professeurs en termes de ressources : un TraAM MPS et TICE est proposé en 2010/2011, un « groupe de réflexion académique » est composé dans l'académie de Versailles pendant deux années consécutives. Les ressources propres issues de ces collectifs institutionnels gardent une approche semblable à celle du projet « Autour de la disparition de Monsieur X ».

Par la suite, on remarque une moindre production de ressources propres spécifiquement conçues pour servir de ressources en dehors des dossiers thématiques du MNHN qui datent de 2012 et qui proposent une approche différente de celle du projet « Autour de la disparition de Monsieur X », peut-être parce qu'elles ont été conçues dans une situation de moindre urgence.

En conclusion, l'offre des ressources propres est limitée en MPS pour diverses raisons : il n'y a pas de manuel, les recherches dans les IREM sont davantage tournées vers les nouveaux contenus disciplinaires que vers les MPS et peu de dispositifs sont mis en place pour soutenir une réelle activité créatrice des enseignants.

IV.3.3 - RESSOURCES UTILISÉES ET CONÇUES PAR LES ENSEIGNANTS

Dans plusieurs académies, les inspecteurs ont invité les enseignants impliqués en MPS à échanger sur leurs pratiques lors de stages/séminaires académiques organisés entre fin 2010 et juin 2011. Les enseignants ont ensuite été incités à partager les supports conçus pour soutenir leurs présentations via les sites académiques. On trouve ainsi, pour cette période, de nombreux comptes rendus de mises en œuvre concernant l'année scolaire 2010/2011 ainsi que des supports de cours : documents projetés, fiches élèves, fiches professeurs, tutoriels. Les échanges se sont par ailleurs poursuivis sur les forums (SPC et SVT) proposant des fils de discussion parfois accompagnés de fichiers joints avec des « vues » très nombreuses. L'analyse de ces différentes ressources nous apporte des éléments de réponses sur les ressources utilisées et conçues et par les enseignants.

On note tout d'abord que les ressources liées au thème « Science et investigation policière » sont particulièrement nombreuses par rapport à celles des autres thèmes. Mais ici encore, à côté de quelques ressources plus originales, l'approche ressemble souvent à celle du projet « Autour de la disparition de Monsieur X ». L'analyse des ressources conçues par les enseignants sur ce thème montre que la majorité d'entre elles peuvent être considérées comme des ressources filles de ce projet : elles présentent la même approche, elles en ont gardé le titre et/ou une partie du scénario, elles analysent les mêmes indices, elles ont adopté une organisation semblable.

À l'inverse, l'approche historique du thème détaillée dans les actes du séminaire des inspecteurs de SVT, bien qu'alimenté par les ressources proposées par certains musées, ne semble pas avoir été mise en œuvre par les professeurs impliqués. De même, les ressources propres conçues plus tardivement, en particulier celles du MNHN qui datent de 2012, ne semblent pas avoir donné de ressources filles. Cela est à modérer par le fait que nous disposons de peu de comptes rendus de mise en œuvre postérieurs à 2012 en particulier parce que les inspecteurs n'ont pas renouvelé les séminaires/stages d'échanges. Il est aussi possible que les enseignants, après avoir passé de nombreuses heures à préparer les projets MPS en 2010/2011, n'aient pas souhaité changer de projet les années suivantes.

IV.3.4 - MODALITÉS D'INTERACTIONS ENTRE LES DISCIPLINES ET APPORT DU OU DES COLLECTIFS

L'organisation proposée par le projet « Autour de la disparition de Monsieur X » et suivie par de nombreuses équipes pédagogiques, une séance de présentation commune puis une répartition des indices entre les disciplines, a induit un type de travail pluridisciplinaire comme juxtaposition d'enseignements disciplinaires. En conséquence, environ la moitié des ressources sont conçues par un seul enseignant et n'impliquent qu'une seule discipline. Certaines ressources sont issues de collectifs mono-disciplinaires (les professeurs d'une même discipline du lycée impliqués en MPS). Les autres sont l'œuvre de collectifs pluridisciplinaires mais il s'agit alors surtout de comptes rendus de mises en œuvre. Par ailleurs ces ressources sont le plus souvent accessibles par l'intermédiaire de sites/pages directement liés à une discipline (académiques, associatifs, personnels). Concernant le développement professionnel des enseignants, les ressources partagées montrent l'acquisition de nouvelles connaissances, l'utilisation de nouveaux logiciels, une prise en compte de l'évaluation par compétence. Par contre on trouve peu d'informations sur la démarche suivie. Sans avoir observé ces séances il est difficile de percevoir si elles étaient fondées ou pas sur une démarche d'investigation. Néanmoins, parfois, la présence de fiches élèves très détaillées avec des questions intermédiaires progressives nous permet d'avancer l'hypothèse qu'une investigation est peu probable.

IV.3.5 - EN CONCLUSION

Ainsi, dans un contexte d'incident documentaire et de ressources manquantes, face à ce dispositif pluridisciplinaire visant à induire un changement de pratiques, et alors qu'une marge de liberté importante était laissée, les professeurs impliqués en MPS à la rentrée 2010 sont majoritairement allés vers la principale, voire la seule ressource disponible, le document d'accompagnement des programmes « Ressources pour la classe de seconde, MPS ». La large plage de liberté laissée n'a été exploitée que par une minorité des professeurs qui produisent alors des projets bien différents. Les ressources propres conçues plus tardivement semblent ensuite peu utilisées. On peut penser que les projets conçus par les équipes la première année ont été repris les années suivantes et qu'un renouvellement total a été assez rare.

Si la recherche documentaire menée nous permet d'avoir une vision globale de l'offre des ressources disponibles, de celles utilisées et de celles conçues, il semble compliqué sans interroger leurs concepteurs, et sans voir leur mise en œuvre de ces supports, d'obtenir davantage d'informations. Ainsi, il convient de nous intéresser aux pratiques dans les classes qui feront l'objet du chapitre suivant.

V - UN FOCUS SUR LES PRATIQUES : RESSOURCES UTILISÉES ET CONÇUES

Ce chapitre est consacré aux pratiques dans les classes. La première partie décrit le travail réalisé avec Dominique lors de notre première année d'observation dans le lycée du Port (V.1). Notre suivi de Dominique s'est prolongé sur une deuxième année scolaire dans un autre lycée, celui de Saint-Paul, avec une autre organisation des MPS et un autre collectif (V.2). La troisième partie est consacrée au suivi des enseignants qui participaient à l'atelier IREM que nous avons initié (V.3). Nous concluons cette partie par des éléments de réponses à notre questionnement (V.4).

V.1 - LE SUIVI D'UN ENSEIGNANT, DOMINIQUE, SUR UNE ANNÉE SCOLAIRE

Dominique est l'un des premiers enseignants ayant accepté nos visites sur la simple demande d'une collègue impliquée dans l'IREM, qui travaillait dans le même lycée que lui mais qui n'avait pas MPS. Les observations débutées dans le lycée du Port en 2012/2013 se sont poursuivies en 2013/2014 dans le lycée de Saint-Paul où Dominique avait été muté suite à une mesure de carte scolaire. Il s'agissait d'observer dans le temps des pratiques de classes ordinaires. Dominique connaissait mon sujet de thèse qui portait sur les DI mises en œuvre en MPS. Comme je ne pouvais pas assister à toutes les séances, il me prévenait quand il considérait que la séance serait fondée sur une DI. La plupart des séances observées ont été accompagnées d'entretiens.

Le premier paragraphe (V.2.1) vise à définir le profil de Dominique et ses ressentis concernant l'EE MPS qu'il a déjà expérimenté en 2010/2011 dans un autre établissement. Dans le deuxième paragraphe (V.2.2) nous décrirons le collectif pluridisciplinaire et les projets menés sur l'année. Ensuite, une fois le projet global décrit nous nous attarderons sur les deux séances conçues et soutenues par Dominique sur les indices attribués aux mathématiques pour le premier thème. Celles-ci seront analysées à partir du modèle ESFI. Nous pourrions en particulier pour la deuxième séance décrite questionner le collectif disciplinaire et la transmission de ressources entre enseignants (V.2.3). Nous poursuivrons en décrivant succinctement les deux séances sur le deuxième thème et en les analysant avec le modèle ESFI pour tenter de mettre à jour les régularités et les variabilités quant aux pratiques de Dominique en MPS sur une année scolaire (V.2.4). Enfin, nous présenterons le projet mené dans un autre groupe MPS du même établissement sur l'art et par un compte rendu des entretiens menés avec un professeur de SVT et un professeur de SPC de cet établissement (V.2.6). Nous concluons cette partie dans le paragraphe (V.2.7).

V.1.1 - LE PROFIL DE L'ENSEIGNANT, SES CONCEPTIONS DES MPS

Nous apportons ici des éléments pour mieux cerner le profil de l'enseignant et ses ressentis sur l'EE MPS suite à une première expérience dans un autre lycée en 2010/2011. Ces éléments ont été recueillis lors d'un premier entretien.

Dominique enseigne les mathématiques depuis 13 ans. Il enseignait jusqu'en juin 2012 à Béziers, en lycée, et a obtenu sa mutation à La Réunion pour la rentrée 2012. Il a déjà enseigné en MPS, à Béziers, en 2010/2011 et n'avait pas souhaité poursuivre cet enseignement en 2011/2012. Quatre professeurs étaient impliqués (Maths, PC, SVT et SI) mais ils travaillaient par équipe de deux : Maths/PC et SVT/SI. Il y avait deux groupes d'élèves qui suivaient pendant un semestre le thème choisi par le couple Maths/PC, « L'optique », et l'autre semestre le thème choisi par le couple SVT/SI, « Evolution du climat ». Les échanges entre professeurs avaient commencé en juin mais sur des « *bases floues* », avec des difficultés pour trouver de la documentation. Dominique exprime le

sentiment de manque de ressources ressenti en 2010 et conforte nos constatations sur les ressources manquantes (IV.3). Dominique pense qu'il n'y avait pas un « *tout cohérent* » mais des projets juxtaposés. De plus, il a l'impression d'avoir fait un peu de mathématiques au début (géométrie, lois de Descartes) mais qu'ensuite son rôle consistait à encadrer les élèves pendant les recherches documentaires en salle informatique, pendant que le professeur de physique surveillait les TP dans la salle à côté, les élèves circulant entre les deux salles. Ceci lui rappelait l'encadrement des TPE. Il a régulièrement précisé qu'il se sentait « *mal à l'aise* » dans cet enseignement « *trop flou* ». Les élèves venaient de diverses classes et n'avaient pas les mêmes enseignants en cours disciplinaires et en MPS. Le cahier MPS des élèves avait été tenu au début puis vite abandonné.

Il n'était pas volontaire pour enseigner en MPS cette année mais, étant nouveau, il n'a pas choisi son service. Il aurait refusé si on le lui avait demandé au vu de son expérience précédente. Il avoue avoir été très inquiet en découvrant MPS en juin dans son service. Le proviseur l'a orienté vers une collègue de mathématiques, Isabelle, à qui il a téléphoné en juin et qui l'a rassuré en lui disant qu'ils réutiliseraient un travail précédent.

En mathématiques, il considère qu'avec les années son enseignement s'est amélioré. À partir des réactions des élèves et de ce qu'il observe en classe, il reprend et modifie ses cours d'une année sur l'autre. Il arrive à anticiper les difficultés des élèves. Par ailleurs, en mathématiques, il parvient facilement et rapidement à concevoir une séance d'enseignement. Ainsi, selon Dominique, ce sont les interactions avec les élèves, leurs retours qui le ressource. En MPS, c'est « *flou* », concevoir les séances lui prend beaucoup de temps, il estime manquer de ressources et moins bien maîtriser les connaissances en jeu, bien qu'ayant fait des études d'ingénieur en électrotechnique. Quand je lui demande s'il met en place des DI dans ses cours disciplinaires, il répond spontanément en utilisant le vocabulaire « *résolution de problèmes* ». Il dit l'avoir expérimenté mais trouve que ce n'est pas évident, cela prend trop de temps, il faut des séances de deux heures. Il cite aussi la contrainte du programme qu'il trouve difficile à boucler en seconde depuis la réforme du lycée. Par contre, il dit donner régulièrement des exercices avec des applications pluridisciplinaires issues de l'électrotechnique, la physique-chimie ou l'économie.

Une fois le profil de l'enseignant esquissé, nous nous intéressons aux projets MPS dans lesquels il est impliqué au sein de son établissement.

V.1.2 - LES PROJETS ET COLLECTIFS PLURIDISCIPLINAIRES

Nous décrivons dans ce paragraphe le fonctionnement des MPS dans l'établissement ainsi que les thèmes et les projets abordés pendant l'année et le travail collectif pluridisciplinaire mis en œuvre.

Le fonctionnement des EE et des MPS dans cet établissement

Dans le lycée de Dominique, situé dans la ville du Port, environ le quart des élèves de seconde ont choisi MPS. Ces élèves sont répartis dans trois classes. Dans les deux premières tous les élèves ont MPS, dans la troisième seule la moitié suit cet EE, les autres ont choisi « Sciences de laboratoires ». Les matières impliquées sont à chaque fois les mathématiques, les SPC et les SVT. Les trois professeurs de mathématiques impliqués en 2012-2013 sont

Dominique, Isabelle et Geneviève. Les deux premières classes, celle de Dominique et celle d'Isabelle, fonctionnent en parallèle sur deux projets à l'année : « Investigation policière » dans le thème du même nom et « Autour du yaourt » dans le thème « Science et aliments ». La troisième, celle de Geneviève, est totalement indépendante, le thème choisi est « Sciences et œuvres d'art » décliné en deux projets : le premier sur la peinture et le second sur l'architecture réunionnaise (voir V.2.6). Sur les six enseignants impliqués pour les deux classes qui fonctionnent en parallèle, deux seulement avaient MPS l'an dernier mais ils ne font pas partie de l'équipe de Dominique mais de celle d'Isabelle (Isabelle et Caroline).

Selon Dominique, les deux autres enseignants de MPS de sa classe étaient volontaires, connaissaient déjà l'établissement mais n'avaient jamais enseigné en MPS. En début d'année scolaire, Dominique qui arrivait dans l'établissement et ne connaissait personne dit avoir eu du mal à identifier les autres professeurs de son équipe pédagogique MPS, ce qui a retardé les premières concertations. L'équipe de Dominique a aussi éprouvé des difficultés pour comprendre le fonctionnement des MPS (3 semaines sur 4 pour les élèves mais l'équivalent de 2 sur 4 pour les enseignants). Selon Dominique, il faudrait au moins un enseignant dans chaque équipe qui fasse le relais d'une année sur l'autre.

Le projet « Investigation policière » du thème du même nom

Pour le premier projet « Investigation policière », choisi en 2010 et reconduit depuis, l'équipe d'Isabelle a donné à celle de Dominique le scénario de l'intrigue sur lequel repose tout le projet. Ce scénario conçu en modifiant celui de l'année précédente est écrit sur quatre pages (illustration 11). Il est basé sur le décès (fictif) d'un professeur de SVT du lycée dont le corps aurait été retrouvé dans le laboratoire de sciences :

SCENARIO	Dans une armoire au nom de GRONDIN:
Assassinat de M. Claude GRONDIN, professeur de SVT au lycée Jean Hinglo du Port, retrouvé mort dans la salle B6 le 1er septembre 2012	Armoire fermée par une chaîne cadenassée sciée Traces de sang (sur le casier et au sol) qui mènent vers un morceau de lame de scie à métaux avec du sang dessus sous le meuble. Une veste avec des poils de chien collés dessus ; dans les poches, un portefeuille et une boîte de Deslanoside. Dans le portefeuille : argent, papiers, cartes, une feuille de papier blanc pliée. Une feuille de Sudoku Un CD ROM avec des empreintes dessus ; Quand on le lit, on trouve un document Word qui nécessite un mot de passe pour être ouvert. Une copie déchirée d'une élève Des autres documents sur la grippe aviaire Agenda avec rendez-vous (dont des RdV à 18h avec « Ch »)
1) Lieu du crime Disposition du lieu du crime et des indices : Sur la paillasse : Une cafetière Un paquet de café neuf juste ouvert Ticket de caisse daté du jour dans la poubelle (30 août 2012, avec achat du paquet de café) Une paire de ciseaux Un paquet de filtres à café contenant 6 filtres Une tasse à moitié vide Un montage de SVT (microscope avec lame d'échantillon de sang) Une sacoche Un ordinateur avec une présentation ouverte Une éprouvette pleine de liquide rouge (sang d'oiseau) Au sol : Un corps (mannequin avec habits) Traces de sang sur la tête et au sol Des gélules de médicaments dans une boîte ouverte et sur la table. Sur le corps : Une clef (de son cadenas) Un long cheveu blond humain sur la chemise. Un téléphone portable Dans la sacoche : Des livres de SVT Un rapport d'inspection Une lettre du proviseur Une lettre de l'institut Pasteur Ordonnance pour son médicament Note sur les réunions parents-profs (date de la réunion : vendredi 2 novembre 2012) Trombinoscope de la classe de T03S Documents divers sur les gripes H1N1 et H5N1	Sur les tables, les poignées de porte, le CD ROM,... disposer des empreintes : Ampère, Gondin, Ramassamy, Coutaye, Chane, Saïd. 2) Scénario: Claude Grondin était malade du cœur et souffrait d'hypertension. Il était traité par un médicament à base de digitaline. Le professeur Grondin aboutissait dans ses recherches sur un médicament antiviral (comme le tamiflu contre la grippe aviaire H5N1 et la grippe porcine H1N1). Il était en contact avec une grosse société (Pasteur) pour déposer un brevet. Mais son collègue, le professeur Serge Coutaye, était au courant de ses recherches et il voulait vendre son brevet à une autre compagnie (Sanofi Aventis). La semaine précédente il a tenté de scier le cadenas du casier de Claude Grondin mais, au moment où le cadenas a cédé, il a cassé la scie à métaux dont il a perdu un bout (retrouvé sous le casier). De plus, il s'est coupé avec la scie, laissant des traces de sang sur le bout de lame. Il a regardé le CD-ROM sans arriver à trouver le mot de passe et il l'a laissé dans l'ordinateur. C'est Mme Chane (l'aide labo de SVT) qui le remettra dans sa boîte en y laissant ses empreintes. Cependant il a trouvé l'ordonnance de Claude Grondin et a découvert le danger que représentait le calcium pour son traitement ! En effet, le calcium entre en interaction mortelle avec la digitaline. Mode opératoire : le paquet de café était neuf ! Le poison a été mis dans les filtres qui étaient imbibés de sel de calcium : il reste 6 filtres dans le

Une lettre de menace écrite au feutre noir Page 1 Serge Coutaye a officiellement un alibi : il était à un conseil pédagogique avec le proviseur adjoint et les professeurs de la seconde 6 mais le meurtrier n'avait nul besoin d'être présent ce soir-là ! 3) <u>Indices pertinents à exploiter :</u> <u>Empreintes digitales :</u> Sur le CD : Coutaye, Grondin et Chane Sur la poignée de porte de salle : Ampère, Grondin, Saïd, Coutaye, Chane, Ramassamy Sur la porte de l'armoire : Grondin, Coutaye, Chane, Ramassamy Sur l'ordinateur : Grondin, Coutaye, Ampère Plus tard, sur le pot de CaCl₂ : Coutaye = coupable <u>Sang :</u> Sur la lame de scie : sang de Coutaye (coupable) A côté du corps et sur sa tête : sang de la victime Dans l'éprouvette : sang d'oiseau (orienté vers le mobile du crime) Plus tard, sur le pot de CaCl₂ : appartient à un homme = le coupable <u>Cheveux et poils :</u> Sur la chemise, cheveu blond : appartient à une femme (Christine, Epouse de Jean Pierre Laurent : fausse piste) Sur la veste, poils blancs : appartiennent à un chien (chien de Melle Ampère : fausse piste) <u>Matériel :</u> Café dans la tasse : surdosage de calcium (mode opératoire du crime) Café et ticket de caisse daté du jour : café non « empoisonné » Filtres : imbibé de CaCl₂ Rapport d'inspection et lettre du proviseur Ramassamy: Claude Grondin utilisait les ressources du labo pour ses recherches personnelles. Il avait l'inspection sur le dos car il délaissait ses élèves et le proviseur le menaçait de révocation, lui signifiant que ça ne pouvait plus durer. (fausse piste) Page 3	paquet et ils sont tous les 6 piégés. Claude Grondin s'est empoisonné régulièrement avec les filtres piégés par Coutaye. Le calcium est entré en interaction avec son médicament et a été responsable d'une crise cardiaque mortelle. Page 2 Copie d'élève à moitié déchirée, avec un 01.5/20. Appréciation de la copie : « Résultats lamentables qui reflètent bien votre niveau » Propriétaire de la copie : Marie Saïd, élève de la classe de terminale S3. Cette élève a déchiré sa copie en classe et est sortie de cours lors de la remise des copies (5 jours avant le crime). Mardi 2 novembre, une réunion parents-professeurs aura lieu, et Claude Grondin avait l'intention de montrer la copie aux parents de Marie. (fausse piste) Explication de la présence d'empreintes de l'élève sur la poignée de porte de la salle : elle a voulu récupérer sa copie, mais la porte était fermée. Papier blanc plié soigneusement. Un message écrit avec de l'encre sympathique y figure ; il s'agit d'un message codé. Message : « On a fouillé dans mes affaires, mais on ne trouvera jamais mon code japonais. » Le code japonais est un sudoku, aboutissant après résolution à un code à 4 chiffres correspondant au mot de passe qui permet d'accéder à un fichier Word du CD ROM pour avoir accès aux travaux de Claude Grondin. (mobile du crime) Médicaments : Cachets (aspirine) pris par Claude Grondin car son cœur lui faisait mal. Les cachets ne sont pas trafiqués, ils ne sont donc pas à l'origine de sa mort. (fausse piste) Diversions et fausses pistes : - l'élève Marie Saïd et sa copie - le proviseur et ses relations orageuses avec la victime - Jean Pierre Laurent et sa femme Christine dont Claude Grondin est l'amant - les poils du chien de la collègue Melle Ampère qui est juste une amie - les empreintes de Mme Chane sur le CD Page 4
--	--

Illustration 11. Scénario global, 2012-2013, Dominique

La première séance MPS commune du premier thème

Pour la toute première séance MPS de l'année, les trois enseignants impliqués en MPS de la classe de Dominique étaient présents, avec la classe entière, en salle banalisée. Pour lancer le thème, les enseignants ont distribué le « faux » article de journal « Un professeur retrouvé mort au lycée Jean Hinglo » (illustration 12) et ont chargé les élèves de mener l'enquête.

Le Quotidien
De La Réunion et de l'Océan Indien

Lundi 3 Septembre 2012

Un professeur retrouvé mort au lycée Jean Hinglo

Un professeur de Sciences de la Vie et de la Terre du lycée général et technologique Jean Hinglo, au Port, M. GRONDIN Claude, a été retrouvé mort samedi 1^{er} septembre matin dans la salle B6.

Le corps du malheureux a été découvert par Mme CHANE, préparatrice de SVT au lycée, lors de son arrivée samedi matin à 07h45.

La victime a été formellement identifiée par cette dernière et par son médecin, M. PAYET Sylvain.

M. Grondin avait pour habitude de travailler tard le soir au lycée après le départ des personnels, ce qui irritait nombre de ses collègues ainsi que la direction de l'établissement scolaire.

Il avait par ailleurs déposé plainte la semaine dernière : le cadenas de son casier avait été scié.

La police scientifique a dépêché sur le lieu du crime, une équipe spéciale afin de relever des indices.

La piste criminelle semble être privilégiée selon les enquêteurs.

Il s'agit maintenant de déterminer le plus rapidement possible, l'arme du crime, le mobile et le coupable.

Laurent Février

PHOTO

Illustration 12. Article journal, 2012-2013, Dominique

La première tâche confiée aux élèves la semaine suivante consiste à analyser la scène du crime et à relever des indices. Les élèves ont listé les actions à suivre sur la scène de crime, ce qu'il fallait faire et ne pas faire. Les idées des élèves étaient très riches, certaines propositions ne seront pas suivies (caméras de surveillances du lycée), de même, certains indices relevés ne seront pas utilisés (croquis de la pièce). La composition des groupes pour la répartition du travail s'est faite ensuite par un tirage au sort. En mathématiques, deux séances seront fondées sur une DI, l'une sur la détermination de l'heure du décès et l'autre sur le décodage d'un code d'accès à un CD. La séance s'est terminée par le visionnage d'une émission télé « C'est pas sorcier » (25min) conseillée par les enseignants de l'année précédente.

Dominique nous donne le compte rendu qu'il a fait de la première séance (illustration 13) qui nous permet de prendre la mesure des idées émises par les élèves et du matériel à préparer pour la scène de crime :

<u>PREMIERE SEANCE</u>	
<u>1) Distribuer le planning et commenter</u>	
<u>2) Explicitation de l'oral</u> (powerpoint , évaluation , préparation aux TPE à venir)	
<u>4) Distribution de l'article</u>	
Connaît-on vraiment le jour du décès ? Non, donc datation du jour du décès en TP Maths. Nous aurons alors besoin du rapport d'autopsie.	
<u>5) Préparation de la séance « découverte de la scène du crime »</u>	
Que faudra-t-il faire ?	
Un élève au tableau liste toutes les tâches à accomplir. (Ici, en vrac)	
1) Délimiter la scène du crime (<i>ruban</i>)	
2) Numéroté les indices et les photographier (<i>feuilles, marqueurs, appareil photo</i>)	
3) Relever les empreintes (<i>poudre + pinceaux + bande adhésive</i>)	
4) Relever les traces de sang éventuelles (<i>coton-tige et fiole</i>)	
5) Relever les indices et les isoler pour les faire analyser au labo (<i>pince à épiler, pochettes zippées</i>).	
6) Observer attentivement le corps mais ne pas le déplacer.	
7) Rechercher les blessures apparentes (cause de la mort ?)	
8) Se renseigner sur les caméras de surveillance placées au lycée.	
9) Marquer le contour du corps (<i>craies</i>)	
10) Voir si la victime a un GSM (<i>carte SIM à prendre – à voir</i>)/ Consulter ses appels via l'opérateur.	
11) Se renseigner sur ses liens d'amitié, sa famille	
12) Imaginer un début de scénario : que s'est-il passé ?	
13) Est-ce vraiment la scène du crime ? le corps a-t-il été déplacé ?	
14) Interroger les témoins (les profs, le personnel du lycée) (<i>Dépositions à fournir</i>)	
15) On parle de cadenas scié (y a-t il eu vol ?) (<i>cadenas</i>)	
16) Avait-il des conflits ?	
17) Découvrir le mobile	
Jalousie de la part de ses collègues (il travaillait beaucoup) ?	
18) Travail en parallèle ?	
19) Faire un croquis de la pièce (<i>laser mètre ou mètre ruban</i>)	
Mesurer la distance des indices par rapport à des référents (notamment corps)	
Ordonner ensuite ces questions par rapport à la chronologie de l'enquête .	
<u>Que faut-il ne pas faire ?</u> Ne pas poser les doigts, rajouter des traces supplémentaires donc :	
sur chaussures/charlotte/gants/ combinaison (BLOUSE obligatoire ! à se procurer auprès de l'association des parents d'élèves – mais à commander – ou au magasin SAE à la Possession. L'élève sans blouse ne participe pas !)	
<u>Répartition des groupes</u> (tirage au sort)	
G1 : Photo	G2 : Prise en charge du corps
G3 : Relevé des objets sur la scène du crime	G4 : relevé des empreintes
G5 : Relevé des traces de sang	G6 : croquis afin de faire un plan de la scène
G7 : Ordinateur (ce groupe tape les relevés des autres groupes)	
<u>Finir par le film « C'est pas sorcier »</u> (environ 20/25 minutes). RV pour la séance suivante (Bât Phys)	

Illustration 13. Compte rendu première séance MPS, 2012-2013, Dominique,

La deuxième séance sera donc consacrée au relevé d'indices sur la scène de crime. Cette scène est conçue et mise en place par les enseignants. Pour les séances suivantes, les élèves

sont en demi-groupes. Les professeurs (mathématiques, SPC et SVT) s'alternent de façon très précise selon le planning ci-dessous (illustration 14). Par exemple, avec le professeur de SPC les élèves découvrent des messages codés écrits à l'encre sympathique sur une feuille blanche, et à la séance suivante, avec le professeur de mathématiques, les messages sont déchiffrés.

Après six séances (deux avec le professeur de mathématiques, deux avec le professeur de SVT et deux avec le professeur de SPC), les élèves pendant deux séances consécutives préparent un diaporama en groupe et la dernière séance est consacrée à la présentation des diaporamas. Pendant les séances de préparation (que nous n'avons pas observées), Dominique dit avoir mis à disposition des élèves la version numérique des supports utilisés et les photos prises pendant le relevé d'indices et avoir laissé les élèves en totale autonomie. Il les a aussi aidés pour l'utilisation du logiciel de diaporama (pour faire des liens sur les diapositives par exemple).

Date	GROUPE 1	GROUPE 2
27/08/12	Réunion entre professeurs encadrants (élèves : Rien)	
03/09/12	Présentation générale, oral, distribution article, constitution des groupes	
10/09/12	Scène de crime et relevé d'indices	
17/09/12		Scène de crime et relevé d'indices
24/09/12	Maths	SVT
01/10/12	SVT	Maths
29/10/12	SPC	SVT
05/11/12	SVT	SPC
12/11/12	SPC	maths
26/11/12	maths	SPC
03/12/12	SVT	Préparation Diaporama
10/12/12	Préparation Diaporama	SVT
28/01/13	Passage oral	Passage oral

Illustration 14. Planning thème 1, 2012-2013, Dominique

Une réunion de l'équipe pluridisciplinaire de la classe entre les deux thèmes

Entre les séances de préparation des diaporamas et celle de présentation, les trois enseignants ont organisé une réunion, à laquelle j'ai été invitée, pour faire le point sur le premier thème et prévoir la séance de présentation des diaporamas. Le professeur de SVT étant absent ce jour-là, seuls Dominique et le professeur de SPC étaient présents. Pendant la séance de présentation, chaque professeur doit faire passer quatre groupes, chaque groupe disposera de 15 minutes pour la présentation et les questions. Dominique préparera un tableau de répartition des groupes qu'il enverra le soir même par mail.

Les deux professeurs présents ont ensuite réfléchi à l'évaluation des élèves pour cette séance de diaporama. Ils ont proposé une première idée inspirée des TPE avec 8 points pour le diaporama et la présentation et 12 points pour les réponses aux questions posées.

Première idée :
 8 points pour le diaporama, et la présentation : présentation claire, qualité de l'exposé oral, bonne utilisation du diaporama, synthèse des 3 matières, faire découvrir le meurtrier.
 12 points sur les questions pour apporter des compléments sur ce qui a été présenté. Les questions devront porter sur les TP faits par le professeur qui interroge mais aussi sur les TP faits dans les autres matières.

Les deux professeurs se sont ensuite dit qu'il serait bon de tenir compte du travail fourni pendant les TP pour l'évaluation. Ce qui les conduit à formuler une seconde idée pour l'évaluation : 6 points pour la présentation orale, 6 points pour les questions, 6 points pour le travail effectué pendant les séances et 2 points pour la synthèse de l'enquête.

Deuxième idée :

6 points pour la présentation orale, 6 points pour les questions, 6 points pour le travail effectué pendant les séances de TP (sur concertation des 3 enseignants), 2 points pour la synthèse de l'enquête.

Dominique dit qu'il prépare une grille (illustration 15) pour la semaine prochaine. Il l'enverra le soir même. La fiche d'évaluation est présentée sous forme de tableau avec le nom des élèves en ligne et les critères en colonnes : Qualité de la présentation : 6 points, Synthèse des trois matières : 2 points, Réponses aux questions : 6 points, Travail pendant les TP : 6 points pour un total de 20 points.

Nom	Prénom	Groupe	Qualité de la présentation / 6	Synthèse des trois matières /2	Réponses aux questions /6	Travail pendant les TP / 6	Total /20

Illustration 15. Grille d'évaluation diaporama, Dominique en 2012-2013

Dans cette configuration, il n'y a pas de temps de présence commune des enseignants sur la séance finale de synthèse. Comme il est prévu que les enseignants posent des questions sur les séances réalisées dans les trois disciplines, cela demande une bonne connaissance du travail fait dans les deux autres matières. À la suite de cette séance de présentation des diaporamas réalisés par les élèves, Dominique prévoit deux régulations. La première est à mettre en œuvre dès le second thème, la seconde concerne davantage l'année suivante. Dominique s'est rendu compte au moment des séances de diaporamas qu'il ne connaissait pas les TP faits par les professeurs de SPC et de SVT car il y avait eu peu d'échanges après la première séance commune. Du coup, comme il ne savait pas ce qui avait été fait dans les autres matières, il n'a pas pu donner des conseils aux élèves lorsqu'ils faisaient leurs diaporamas ni poser des questions précises lors de l'exposé. La régulation prévue pour le second thème consiste à échanger par mail les activités faites dans chaque matière. Par ailleurs, pendant la séance de diaporamas, il s'est rendu compte que la plupart des élèves n'avaient pas réussi à synthétiser les indices découverts dans les trois matières pour en déduire le nom du meurtrier. Il regrette de ne pas avoir fait de synthèse à la fin de chaque séance. L'an prochain, Dominique pense raccourcir la séance sur le codage pour pouvoir prendre un temps de synthèse sur l'enquête et faire un bilan avec les élèves.

La discussion s'est ensuite engagée sur le second projet choisi « Autour du yaourt » qui s'inscrit dans le thème « Science et aliments ». Ce projet s'étale sur 10 séances qui vont du 4 février au lundi 3 juin. L'essentiel du débat a porté sur la nécessité de prévoir ou pas une séance de présentation commune sur ce thème. La crainte exprimée par les enseignants est « *de ne pas tenir 2 heures* ». Ils parlent d'un film sur le yaourt. La décision sera prise après des échanges par mail avec le professeur de SVT dont je n'ai pas copie. Finalement, une séance commune est prévue. Pendant la première heure, il est envisagé un retour sur la précédente séance (présentation des diaporamas), la présentation du film sur le yaourt, la constitution de trois groupes de 11/12 élèves et pendant la deuxième heure des recherches en groupe sur la fabrication industrielle du yaourt en salle informatique, les élèves étant séparés en trois groupes, chaque groupe allant avec un des trois enseignants. Trois salles informatiques ont été réservées par Dominique. Ici aussi, c'est Dominique qui mettra au propre et enverra par mail le planning pour le second thème.

Une sortie avait été envisagée par Dominique pour le second thème, la visite de la

« Sicalait » au Port qui fabrique et conditionne des yaourts. Malheureusement cela n'a pas été possible, leur planning de visite était trop chargé et la visite ne se fait que par petits groupes d'élèves alors que la classe en compte 32. Dominique a fait plusieurs démarches pour visiter une autre usine à Saint-Pierre mais sans réponse. Il prévoit de réfléchir dès le début de l'année et de réserver s'il reprend MPS l'année prochaine.

En conclusion

Dans cet établissement, sur ce premier thème le travail commence dans le cadre d'un collectif pluridisciplinaire large composé de deux équipes MPS. Les enseignants conçoivent une intrigue policière en modifiant légèrement celle utilisée l'année précédente. N'ayant pas assisté à ces premières concertations nous ne sommes pas en mesure de dire dans quelles conditions elles se sont faites. Il semble selon ce qu'en a dit Dominique que certains enseignants déjà impliqués l'année précédente se soient chargés du travail et aient transmis les ressources (scénario, article) aux autres. Les deux équipes MPS ont en tout cas accepté de suivre ce scénario.

L'équipe de Dominique constituée de débutants en MPS a peiné à comprendre le fonctionnement global (trois semaines sur quatre pour les élèves, l'équivalent d'une sur deux pour les enseignants) et la répartition des élèves et des séances entre les professeurs. Ils semblent avoir bénéficié ici aussi de l'accompagnement de l'autre équipe MPS.

Le collectif pluridisciplinaire de la classe semble ensuite avoir pris le relais. En fin du premier thème c'est ce collectif restreint qui se retrouve pour décider d'une grille d'évaluation et pour prévoir le second thème. Nous remarquons à partir des difficultés exprimées par Dominique lors des séances de préparation et de présentation des diaporamas par les élèves que les professeurs ont peu échangé sur le contenu des séances du premier thème menées individuellement. Ces difficultés dues au mode d'évaluation choisi vont conduire les enseignants à échanger davantage pour le second projet afin que chacun soit au courant du contenu des séances menées individuellement. Selon le carnet de bord de Dominique les enseignants ont ainsi fait parvenir à leurs collègues les fiches élèves conçues pour soutenir leurs séances. Si des échanges informels ont eu lieu en salle des professeurs, il n'en est pas fait mention dans le carnet de bord de Dominique. En physique-chimie, le travail porté sur l'influence du PH dans la décomposition du lait en yaourt et en SVT sur l'influence de la température pour la transformation du lait en yaourt. Dominique connaissant mieux ce qui avait été fait dans les autres matières, dit avoir pu donner davantage de conseils aux élèves lorsqu'ils faisaient leurs diaporamas.

Pour le second thème, la réunion de concertation est consacrée à l'organisation globale (constitution et répartition des groupes d'élèves). Cette organisation semble se calquer sur celle mise en place pour le premier thème qui sert de modèle : une séance de présentation commune, deux séances en demi-groupe menées par le professeur de chaque discipline, deux séances de préparation du diaporama, une séance de présentation. Mais, en l'absence de projet collectif du type de l'enquête, la nécessité d'une séance de présentation commune est discutée. Elle sera finalement mise en œuvre. Ceci conforte notre hypothèse sur le fait que l'organisation mise en œuvre pour le premier thème est reproduite pour le second.

En termes de collectif, il s'agit d'une coopération distribuée (Grangeat, 2011) (II.1.6). L'enjeu est bien la compréhension par chacun du rôle qu'occupe son activité dans le travail

global. La nécessité d'une production commune (le diaporama) et d'une évaluation conduit les enseignants à échanger davantage sur les contenus des séances menées individuellement. Les activités mises en œuvre au premier semestre semblent induire chez Dominique un effet constructif. Il prend confiance dans sa capacité à mener un projet commun et s'implique davantage dans le collectif en concevant par exemple les différents tableaux et plannings nécessaires pour l'évaluation des élèves et pour l'organisation du second thème. Les composantes sociales (le collectif MPS) et institutionnelles (la considération portée à cet EE dans ce lycée) confortent la composante personnelle de Dominique qui s'implique davantage et exprime un sentiment de satisfaction alors qu'à la rentrée il émettait des craintes concernant les MPS.

Dans les paragraphes suivants, nous présenterons les séances conçues et soutenues individuellement par Dominique et nous verrons le rôle du collectif disciplinaire : les professeurs de mathématiques qui échangent sur le contenu même des séances menées.

V.1.3 - LES SÉANCES SUR LE PREMIER PROJET : « INVESTIGATION POLICIÈRE »

Sur le premier thème, dans le cadre de l'enquête policière menée, le professeur de mathématique est responsable de deux tâches : la détermination de l'heure du décès et le décryptage du code d'accès à un CD trouvé sur la scène de crime. Nous décrivons dans un premier temps les séances conçues pour déterminer l'heure du décès (V.1.3.1). Ensuite nous analyserons la séance sur le décodage et nous interrogerons alors les échanges de ressources entre professeurs de mathématiques impliqués en MPS (V.1.3.2 et V.1.3.3). Nous terminerons par les régulations à long terme envisagées par Dominique sur ce thème (V.1.3.4).

V.1.3.1 – DÉTERMINATION DE L'HEURE DU DÉCÈS

Deux séances de deux heures chacune seront consacrées à la détermination de l'heure du décès. Nous n'avons assisté qu'à la seconde. La première séance est relatée par le professeur. La deuxième a été observée mais non filmée. Dans ce paragraphe nous présentons le support conçu par Dominique, la description des deux séances (une partie relatée par le professeur, une partie observée), notre analyse de la DI à partir du modèle ESFI, notre analyse du travail documentaire à partir des ressources transmises par Isabelle et du carnet de bord de Dominique.

Description de la séance, supports de cours

Pour la détermination de l'heure du crime, les élèves disposent de deux températures du corps, relevées à trois heures d'écart, au moment de la découverte et pendant l'autopsie. Ces températures n'ont pas pu être relevées sur le mannequin représentant le corps, elles sont donc données directement par l'enseignant.

Dominique a préparé une fiche élève intitulée « TP Maths n°1, l'heure du crime » en A4 recto-verso (illustration 16). Après un résumé des faits dans le premier paragraphe, le second se nomme « Détermination de l'heure de la mort » et propose tout de suite une modélisation par une fonction affine, puis par une fonction polynôme du second degré et enfin deux autres

modélisations utilisant la fonction exponentielle. Pour chaque modélisation, on décompose le travail en questions intermédiaires très détaillées puis les élèves sont invités à utiliser GeoGebra pour obtenir la représentation graphique de la fonction et obtenir l'heure de la mort par lecture graphique de l'antécédent de 37,2. Dominique a distribué le document préparé et photocopié, aux élèves, dès le début de la première séance.

2nd 07-MPS : TP DE MATHS N°1, L'HEURE DU CRIME <u>I) RESUME DES FAITS</u> M. Gondin, un professeur de SVT du lycée Jean Hinglo a été retrouvé mort le vendredi 31 août au matin en salle B6 Une équipe de 17 experts a été dépêchée sur les lieux du crime (voir photo ci-dessous) Photo des élèves en blouses blanches et charlottes Ils ont relevé <u>Sur la paillasse</u> : Une cafetière, un paquet de café neuf juste ouvert, un ticket de caisse daté du jour dans la poubelle, une paire de ciseaux, un paquet de filtres à café, une tasse à moitié vide, un montage de SVT (microscope avec lame d'échantillon de sang), une éprouvette pleine de liquide rouge (sang d'oiseau), des gélules de médicaments dans une boîte ouverte. <u>Au sol</u> : un corps, des traces de sang sur la tête et au sol <u>Sur le corps</u> : une clef, un téléphone portable, une veste avec des poils de chiens collés dessus, un portefeuille dans lequel il y avait : de l'argent, des papiers, des cartes, une feuille de papier blanc pliée, une feuille de Sudoku <u>Dans la sacoche</u> : un rapport d'inspection, une lettre du proviseur, une lettre de l'institut Pasteur, une ordonnance pour son médicament, une note sur une réunion parents-professeurs, le trombinoscope de la classe T03S, des documents divers sur les grippez H1N1 et H5N1, une lettre de menace écrite au feutre noir, un agenda avec rendez-vous (dont des RdV à 18h avec « Ch ») <u>Dans une armoire au nom de Grondin</u> : Des livres de SVT, des traces de sang (sur le casier et au sol) qui mènent vers un morceau de lame de scie à métaux avec du sang dessus (sous le meuble), une boîte de Deslanoside avec sa notice, un CD ROM avec des empreintes dessus, une copie de SVT. 1	Déchirée d'une élève (Marie Said), des autres documents sur la grippe aviaire. <u>II) DETERMINATION DE L'HEURE DE LA MORT</u> : On va essayer de déterminer l'heure de la mort à partir de la température du corps. On a fait les mesures suivantes : à 9h la température du corps était de 32,5°C et à 13h de 31,0°C On considère qu'un corps humain vivant est à la température de 37,2°C 1) <u>Avec une fonction affine donnée</u> On considère dans cette partie que le corps perd environ 0,5°C par heure 1-a Cette estimation vous paraît-elle à peu près cohérente avec les mesures faites ? 1-b Déterminer, à partir de cette estimation, l'heure probable de la mort en heures et minutes. 2) <u>Détermination de la fonction affine</u> On peut chercher à être plus précis, en déterminant de façon précise la fonction affine. On peut alors écrire que la température du corps est $f(x)=ax+b$ où x est l'heure du relevé de la température 2-a Montrer, à partir des mesures faites, que : $9a+b=32,5 \text{ et } 13a+b=31$ 2-b Résoudre le système avec les deux équations ci-dessus et déterminer les valeurs de a et de b 2-c On considère que $f(x)=-0,375x+35,875$. Calculer la valeur x pour laquelle $f(x)=37,2$. Interpréter le résultat trouvé. 2-d Déterminer, à partir de ce modèle, l'heure de la mort en heures et minutes 2-e Tracer la courbe de la fonction f à l'aide du logiciel GeoGebra et lire graphiquement l'heure de mort. Pour cela, entrer dans la zone de saisie en bas à gauche de l'écran la formule : $f(x)=-0,375x+35,875$ puis utiliser le zoom et le quadrillage. Interpréter le résultat trouvé. 2
<u>III Avec une fonction polynôme du second degré</u> Une fonction polynôme du second degré s'écrit sous la forme $f(x)=ax^2+bx+c$ Et une fonction polynôme du troisième degré s'écrit $f(x)=ax^3+bx^2+cx+d$ 3-a Donner un exemple de fonction polynôme du second et un exemple pour le troisième degré (prendre les valeurs que vous voulez pour les nombres a, b, c et d) On considère désormais que la température du corps en fonction de l'heure est donnée par la fonction $f(x)=-0,0008x^2-0,36x+35,8$ 3-b Calculer $f(9)$ et $f(13)$. Cela correspond-il aux mesures faites ? 3-c Entrer dans GeoGebra la formule de $f(x)$, tracer la courbe et lire l'heure approximative du décès. <u>IV Avec une fonction exponentielle</u> Une troisième approche consiste à utiliser les lois de la conduction thermique et de supposer que le flux thermique est proportionnel à la différence de température entre le corps et l'air ambiant. Cette approche permet alors de modéliser la baisse de température par une fonction exponentielle, notée exp : $T_{\text{corps}} - T_{\text{ambiance}} = \exp(-kt)$ le nombre k est un paramètre dépendant de la 37,2 – Tambiant masse M de l'individu. On a $k=1,2815/M^{0,625}-0,0284$. Le nombre t est ici le temps écoulé depuis la mort. 4-a Calculer la valeur de k pour M.Grondin, sachant que sa masse M est de 75 kg 4-b On admet que la température d'ambiance (température de la pièce) était de 25°. Montrer qu'on a alors $T_{\text{corps}} - 25 = \exp(-0,05786t)$ $12,2$ Puis qu'on peut écrire $T_{\text{corps}}=12,2\exp(-0,05786t)+25$ 4-c Entrer cette fonction dans GeoGebra, toujours dans la zone de saisie en bas à gauche, sous la forme $f(x)=12,2*\exp(-0,05786*x)+25$ 4-d Expliquer pourquoi on doit avoir $f(0)=37,2$ 3	4-e Lire sur la courbe la valeur de t pour laquelle on a $f(t)=32,5$ Estimer alors l'heure de la mort 4-f Lire sur la courbe la valeur de t pour laquelle on $f(t)=31$. Donner alors une seconde estimation de l'heure de la mort. 4-g Commentez les résultats obtenus. <u>V La formule de HENSSGE</u> Cependant, cette modélisation ne paraît pas satisfaisante confrontée à l'expérience de la réalité. En effet, on note, sans pouvoir l'expliquer que la baisse de température s'effectue en trois phases. Le docteur Claus Henssge, professeur de médecine légale à l'université d'Essen (Allemagne) a cherché à modéliser la décroissance thermique sous la forme d'une autre fonction exponentielle. Il propose alors la formule suivante : $T_{\text{corps}} - T_{\text{ambiance}} = 1,25 \exp(-kt) - 0,25 \exp(-5kt)$ les notations étant les 37,2 – Tambiant mêmes qu'au paragraphe 4. On montre qu'on a alors : $T_{\text{corps}}=12,2[\exp(-0,05786t) - \exp(-0,2893t)]+25$ 5-a Entrer cette fonction sous GeoGebra, toujours dans la zone de saisie en bas à gauche, sous la forme $f(x)=12,2*[\exp(-0,05786*x) - \exp(-0,2893*x)]+25$ 5-b Expliquer pourquoi on doit avoir $f(0)=37,2$ 5-c Lire sur la courbe la valeur de t pour laquelle on a $f(t)=32,5$ Estimer alors l'heure de la mort 5-d Lire sur la courbe la valeur de t pour laquelle on $f(t)=31$. Donner alors une seconde estimation de l'heure de la mort. 5-e Commenter les résultats obtenus. 4

Illustration 16. Fiche élève n°1, heure du décès, 2012-2103, Dominique

La première séance de deux heures n'a pas été observée, Dominique dit avoir demandé aux élèves de travailler en équipe comme le font les experts dans les séries télé et de s'aider les

uns les autres, en essayant de faire appel à lui le moins possible.

La deuxième séance MPS à laquelle nous assistons se passe en salle informatique avec un groupe de 16 élèves. Les ordinateurs sont disposés le long des trois murs, les élèves tournent le dos au tableau. Plusieurs postes sont en panne. Il y a cinq binômes et 6 élèves qui travaillent seuls. La salle est équipée d'un TBI que l'enseignant n'a pas réussi à mettre en marche. Il y a aussi un tableau blanc à feutres utilisé par l'enseignant. L'activité a été lancée par le rappel de l'objectif : déterminer l'heure du décès à partir des deux mesures de la température du corps dont on dispose, température de $32,5^{\circ}$ à 9 heures et de $31,0^{\circ}$ à 13 heures. Il a aussi été rappelé les calculs faits la séance précédente et l'heure du décès obtenue par ces calculs. Le tout est noté sur le tableau blanc. L'enseignant a aussi rendu les copies des élèves récupérées lors de la première séance et annotées. Ce qui lui a permis de voir que les élèves avaient eu du mal à convertir les dixièmes d'heures en minutes et l'enseignant a expliqué cela au tableau. Les élèves ont repris ensuite la fiche élève photocopiée et distribuée à la séance précédente. Ils reprennent à la question 2e). Il s'agit de tracer, à l'aide du logiciel GeoGebra, la courbe représentative de la fonction affine f obtenue et de lire graphiquement l'heure de la mort. Il est aussi demandé d'interpréter le résultat trouvé.

Pendant toute la séance, les élèves travaillent en autonomie mais communiquent entre eux et s'entraident, soit avec leur binôme, soit avec leur voisin le plus proche. Parfois, un élève se lève et se déplace vers un autre groupe. Ils font régulièrement appel à l'enseignant qui circule d'un groupe à l'autre. Les questions posées par les élèves sont de différentes natures. Les premières montrent une faible maîtrise de GeoGebra qui n'a pas encore été utilisé ni en MPS, ni en mathématiques selon Dominique. Si l'utilisation de la fenêtre de saisie ne pose pas de problème, par contre, les élèves ne savent pas, pour la plupart, ajouter un quadrillage, faire un zoom, changer les graduations sur l'axe des abscisses et des ordonnées. D'autres questions sont liées aux contenus mathématiques du programme de seconde comme « calculer $f(9)$ » alors que le chapitre fonction a été abordé en classe avec le même enseignant. La modélisation dans la partie 4 avec l'utilisation du paramètre k pose beaucoup de questions. Enfin les autres questions montrent que les élèves éprouvent de nombreuses difficultés pour comprendre la modélisation du problème, le lien entre le graphique obtenu et le problème posé, la détermination de l'heure de la mort par lecture de l'antécédent de $37,2^{\circ}$.

A trois reprises, Dominique reprend la parole devant le tableau blanc et demande une écoute de toute la classe. La première intervention, en tout début de séance, intervient rapidement et concerne l'utilisation de GeoGebra. Dominique explique comment changer les graduations sur les axes. Lors de la deuxième prise de parole pour la seconde intervention, Dominique demande aux élèves comment lire l'heure du décès sur le graphique. Deux élèves interviennent pour répondre et Dominique s'appuie sur leurs réponses pour dire que l'heure du décès correspond à une température de $37,2^{\circ}$. Enfin la troisième intervention, en fin de séance, concerne la question 4b) non comprise par les élèves.

Sinon, Dominique circule dans les rangs. Pour les questions portant sur l'utilisation de GeoGebra, il donne directement la réponse. Par contre, pour les autres types de questions, il se contente de faire reformuler la question, de donner des éléments de réponses ou des pistes de réflexion mais sans donner directement la solution. Néanmoins, selon les groupes et pour la même question, il apporte une aide plus ou moins détaillée. Dominique a les élèves aussi en cours de mathématiques, semble bien les connaître et semble adapter les réponses. Les élèves

semblent globalement intéressés et investis dans l'activité.

Bien que les élèves aient utilisé plusieurs modèles de fonctions, ils ont à chaque fois du mal à lire graphiquement l'heure du décès, c'est-à-dire à comprendre qu'il faut rechercher l'antécédent de $37,2^\circ$. Il est vrai que, selon les fonctions modélisant la température d'un corps mort, l'antécédent de $37,2^\circ$ est parfois négatif, ce qui complique les choses pour les élèves. En toute fin de séance, une élève pose la question suivante : « *Pourquoi on continue à chercher l'heure du décès alors qu'on l'a obtenue la dernière fois par le calcul ?* ». Dominique promet que l'on fera un point pendant la séance de maths suivante. La partie 5 n'a pas été abordée par manque de temps.

Travail documentaire

Pour préparer cette séance, Dominique dit avoir utilisé la ressource conçue l'an passé par Isabelle que celle-ci lui a transmise. Cette fiche élève composée de deux pages A4 est intitulée « Utilisation du logiciel GeoGebra pour la datation du décès de Monsieur Grondin » et propose « divers exemples pour l'utilisation de GeoGebra ». Elle est composée de cinq parties. La première « Utilisation d'une fonction affine : conversion degré Celsius et degré Fahrenheit » donne la fonction affine donnant la température y (en Fahrenheit) en fonction de la température x (en degré). Il est demandé de représenter la fonction avec GeoGebra et de comparer des températures en degrés et en Fahrenheit. Le deuxième exercice « Utilisation d'une fonction polynôme de degré 2 : déclin d'une population de bactéries » propose une fonction du second degré donnant la taille de la population en fonction du temps. On demande de calculer des images et des lectures graphiques sur GeoGebra. Le troisième exercice « Autre application : aéronautisme » donne une fonction du second degré qui donne l'altitude d'une fusée en fonction du temps. On demande toujours à partir de la représentation graphique obtenue sur GeoGebra de lire graphiquement l'altitude maximale, le temps mis pour retomber sur le sol, la durée pendant laquelle la fusée reste à une altitude inférieure à 1000 mètres. Le troisième exercice « Utilisation d'une fonction polynôme de degré 3 » donne la vitesse d'expulsion de l'air de la trachée en fonction du rayon de la trachée. On demande de vérifier graphiquement que le rayon correspondant à la vitesse d'expulsion maximum correspond bien aux deux tiers de la valeur du rayon de la trachée au repos. Enfin, le dernier exercice « Calcul de la température d'un corps selon les formules de Henssge » aboutit à la datation du décès souhaitée. (illustration 17)

5) Calcul de la température d'un corps selon les formules de Henssge

Une formule élaborée par le DR Claus Henssge, permet de déterminer l'heure de décès à partir de la température (du foie ou rectale) d'un corps, de la température ambiante, et de la masse de l'organisme :

$$f(t) = T_{\text{corps}} = (37,2 - T_{\text{ambiant}})(1,25 e^{-kt} - e^{-5kt}) + T_{\text{ambiant}}$$

Dans cette formule, k est une variable déterminée grâce à la masse M (en kg) du cadavre :

$$k = 1,2815/M^{0,625} - 0,0284$$

Des corrections peuvent ensuite être apportées pour tenir compte de l'habillement du cadavre, de l'humidité et de la force du vent ... Malgré tout, cette méthode présente quelques défauts :

- Elle n'est valable que pour la fourchette de 3h à 18h
 - En utilisant cette méthode, on présume que la température du corps à la mort de cette personne était de $37,2^\circ\text{C}$, chiffre qui peut varier de façon importante dans le cas par exemple d'une hypothermie ou d'une hyperthermie.
 - Les formules de Henssge supposent que la température ambiante est restée constante. Cela peut poser certains problèmes si le cadavre est retrouvé dans un milieu extérieur où règne un climat variable.
- a) Tracer la courbe de température en fonction du temps
- Remplacer dans la première formule, les variables par les valeurs connues. On fera les calculs

- | |
|--|
| <p>avec une précision à 10^{-4} près.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ouvrir GeoGebra, choisir 4, comme nombre de décimales, et entrer la formule donnant T_{corps} dans la barre de saisie en bas de la fenêtre : e s'écrit $\exp()$ b) A l'aide de la courbe obtenue, dater le décès de la victime, Monsieur Grondin, s'il a eu lieu dans le domaine de validité des formules de Henssge. |
|--|

Illustration 17. Extrait de la ressource transmise par Isabelle à Dominique sur la datation du décès

Dominique dit avoir complètement modifié cette ressource car il ne la trouvait pas assez axée sur la résolution du problème posé. Il a aussi utilisé un site, dont il ne se souvient pas, à partir d'une recherche sur Google pour trouver la modélisation utilisée par les scientifiques. Il pense avoir consacré environ deux demi-journées à la préparation de cette fiche. Par contre, il n'a pas demandé de l'aide aux professeurs de SPC et de SVT.

La ressource fille conçue sous forme d'une fiche élève a été distribuée au début de la séance. On y retrouve les principaux objectifs de la ressource mère (la fiche d'Isabelle) : utiliser le logiciel de géométrie dynamique pour l'étude des fonctions (tracer la représentation graphique, lire graphiquement des images et des antécédents, déterminer des extremums, résoudre graphiquement des inéquations), travailler sur les fonctions affines, les fonctions du second degré, la méthode de Henssge. Mais Dominique a réorienté les questions sur le but de la séance : déterminer l'heure du décès de la victime. Ce qui est retenu de la formule de Henssge semble légèrement différent de celles proposées par Isabelle et semble bien issu de la recherche internet dont Dominique a parlé.

Nous émettons l'hypothèse que les règles d'actions des deux enseignants reposent sur l'idée de faire le lien avec le cours de mathématiques : « faire utiliser le logiciel GeoGebra », « faire utiliser les fonctions affines et les fonctions du second degré ». Pour Dominique qui dit ne pas hésiter à déborder du programme, il y a aussi « introduire la fonction exponentielle ».

Notre analyse de la séance à partir du modèle ESFI

Même si nous n'avons pas assisté à la totalité des deux séances consacrées à la détermination de l'heure du décès la nature du support produit, les commentaires de Dominique lors des entretiens permettent de comprendre la démarche de l'enseignant pendant cette séance qu'il considère fondée sur une DI.

D'après Dominique, ce sont les élèves qui ont remarqué que l'on ne connaissait pas l'heure du décès et qu'il faudrait la déterminer. Concernant la première dimension du modèle ESFI, nous pouvons donc considérer qu'il s'agit du mode 4 : « les élèves construisent un questionnement à partir d'un thème qui dépasse la seule séance en cours ». Mais, toujours selon Dominique, ce sont les professeurs qui ont parlé d'utiliser les températures du corps pour déterminer l'heure du décès. Les nombreuses séries télé portant sur des enquêtes criminelles (Bones, Les experts, Sherlock Holmes, etc.) font que la plupart des élèves connaissent les procédures mises en jeu dans ce type d'enquête. Nous pensons que les élèves étaient tout à fait capables de penser à utiliser la température du corps pour déterminer l'heure du décès, sans que les professeurs aient à donner cette méthode.

À partir de deux mesures, $32,5^\circ$ à 9 h et $31,0^\circ$ à 13 h, et après avoir rappelé que la température d'un corps humain vivant est $37,2^\circ$, la tâche conçue propose différentes modélisations et pour chacune d'entre elles le travail est décomposé en plusieurs étapes sous forme de questions détaillées, et les élèves sont invités à utiliser le logiciel de géométrie

dynamique GeoGebra pour obtenir la représentation graphique de la fonction et lire graphiquement l'heure de la mort. Pour la deuxième dimension du modèle ESFI, il s'agit du mode 1, « L'enseignant propose un protocole à suivre étape par étape » et pour la dimension 3 nous proposons le mode 1 : « L'enseignant met en place les étapes de la DI ».

Pendant les séances, les élèves travaillent par groupe de deux ou trois. L'enseignant circule entre les groupes, il intervient peu, apporte un guidage adapté à l'avancement de chaque groupe et favorise les échanges entre les élèves. Nous considérons donc que pour la quatrième dimension il s'agit d'un mode 3 « chaque groupe ou un nombre significatif d'élèves bénéficient du guidage de l'enseignant ». Le professeur favorise les échanges entre les élèves d'un même groupe, voire de deux groupes, mais fait rarement communiquer à la classe les propositions des élèves. Nous avons choisi le mode 1 « L'enseignant facilite la communication entre les élèves dans les groupes ou la classe ». Enfin, la dernière dimension n'a pas été observée pendant la première séance. Dominique nous a dit avoir « fait le bilan de la séance à propos des savoirs » pendant le cours de mathématiques suivant, ce qui correspond au mode 2.

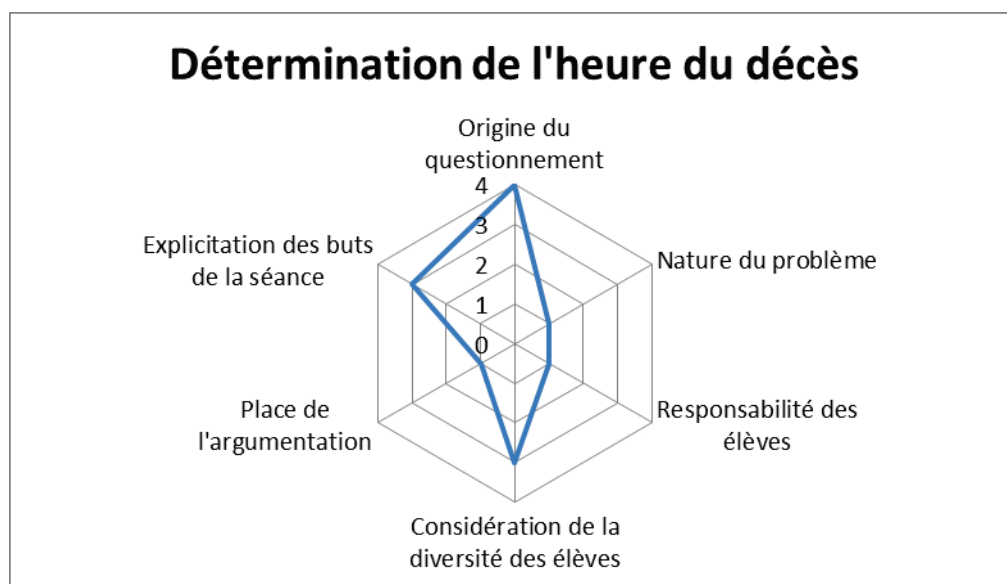


Illustration 18. Constellation modèle ESFI, heure du décès, 2012-2013, Dominique

Toujours, dans le cadre de l'enquête à résoudre pour le thème « Science et investigation policière », les élèves ont trouvé un CD sur le lieu du crime verrouillé par un code d'accès. L'objectif de la séance est de décoder trois messages trouvés sur une feuille blanche écrite à l'encre sympathique et révélés lors d'une séance de physique-chimie qui doit les conduire au code pour ouvrir le CD.

Nous avons observé cette séance menée par Isabelle. Celle-ci a donné les supports qu'elle avait conçus à Dominique qui les utilise comme ressources mères lors de la préparation de sa propre séance. Nous avons aussi observé la séance menée par Dominique. Pour comprendre le travail documentaire mis en œuvre par Dominique, nous allons dans un premier temps décrire la séance conçue et soutenue par Isabelle puis celle conçue et soutenue par Dominique.

V.1.3.2 – LA SÉANCE SUR LE DÉCODAGE CONÇUE ET SOUTENUE PAR ISABELLE

Au cours des entretiens avec Dominique, il a souvent cité Isabelle comme personne relais entre le travail fait les années passées et celui mis en œuvre cette année en MPS mais aussi entre les deux équipes MPS qui travaillent sur ce thème. C'est vers Isabelle qu'il a été orienté en juin par le proviseur du lycée lorsqu'il s'est dit inquiet d'avoir MPS dans son service. Il l'a alors contacté par téléphone. Elle a aussi fourni à Dominique plusieurs ressources en particulier ses supports pour les séances MPS. Isabelle est arrivée dans l'établissement suite à une mesure de carte scolaire en 2010. Elle aurait été volontaire pour les MPS mais cet enseignement était déjà attribué. Elle a remplacé l'année suivante Sophie qui souhaitait arrêter. En 2012 c'est donc sa deuxième année d'enseignement en MPS.

Nous avons observé une seule de ses séances, celle sur le décodage, que nous allons décrire ci-dessous en portant une attention particulière aux supports de cours et à la façon dont ils sont utilisés par le professeur et les élèves. Les supports distribués aux élèves par l'enseignante ne sont pas numérotés. Ils sont de taille et de formats très différents A4 paysage, A5 paysage, A5 portrait, A4 coupé dans la longueur. Certains n'ont pas de titre. Afin de faciliter la lecture du compte rendu, nous avons nommé support 1 le premier distribué, support 2, le deuxième, etc. Ces supports sont ceux qu'elle a transmis à Dominique non numérotés.

La séance, de deux heures consécutives, a lieu dans une salle informatique avec un vidéoprojecteur qui ne sera pas utilisé et un tableau blanc. Plusieurs postes informatiques ne fonctionnent pas. Le groupe ne comporte que huit élèves (seule la moitié de la classe a choisi l'enseignement d'exploration MPS, et le groupe MPS est malgré tout coupé en deux pour ce type de séance).

Isabelle commence par parler du livre « Da Vinci Code » qui a été récupéré sur la scène du crime, par les élèves, lors du relevé d'indices. Certains élèves avaient alors testé les codes utilisés dans l'histoire pour déverrouiller le CD retrouvé près du cadavre mais sans résultat. L'enseignante rappelle aussi, le travail fait avec le professeur de physique-chimie sur un autre indice : la feuille blanche écrite avec de l'encre sympathique. Le message découvert en chauffant était : « Da Vinci code ». Isabelle explique que ce qui aurait dû apparaître sur la feuille blanche, ce sont les trois messages codés du support 1 (format A4 coupé dans la longueur), qu'elle montre à la classe, mais il était trop difficile d'écrire un texte aussi long au jus de citron !

KIU FEBQPU JE HUMT CUIIMWU JNE
34 35 15 33 31 11 43 44 32 15 43 43 11 22 15 52 144 23 15 53 35 15 42 44
3 2 G 0 5 7 Z I 3 2 G 4

Illustration 19. Support 1, Décodage, 2012-2013, Isabelle

Le support 1 est distribué suivi du support 2 (format A5) : une page du « Da Vinci Code », écrit par Dan Brown, qui parle de codage et présente le déchiffrement comme un divertissement intellectuel. Cet extrait est lu par l'enseignante.

102 <i>Da Vinci Code</i>
dramatiquement contredit. Son grand-père gisait assassiné dans son bureau du musée. Et il avait laissé un message codé.

À son intention. Elle en était certaine, même si elle n'en comprenait pas le sens.

Le fait qu'il était crypté était une preuve de plus que c'est à elle que Saunière s'adressait. C'est son grand-père qui lui avait transmis sa passion pour les codes, les textes cryptés, les rébus, les énigmes. *Combien de dimanches avons-nous passés à résoudre ensemble les mots croisés et les cryptogrammes des journaux ?*

À douze ans, elle terminait seule les mots croisés du monde. Son grand-père l'initia alors à ceux de la presse britannique. Puis il lui apprit les jeux mathématiques et les codes chiffrés. Elle savourait tous ces divertissements avec gourmandise. Et c'est cette passion qui lui ait poussée à devenir cryptographe pour la police judiciaire.

Ce soir, la spécialiste des codes ne pouvait qu'admirer l'efficacité de la simple petite phrase qu'avait imaginée son grand-père pour réunir deux êtres qui ne se connaissaient pas – Sophie Neveu et Robert Langdon.

Mais pourquoi ?

Malheureusement, à voir le désarroi de Langdon, elle devinait qu'il ignorait autant qu'elle la raison de cette réunion.

-Vous deviez rencontrer mon grand-père ce soir ? demanda-t-elle à Langdon. C'était à quel sujet ?

La perplexité de l'américain semblait sincère.

- C'est sa secrétaire qui a arrangé le rendez-vous. Sans en donner la raison. Et je ne lui ai pas posé de questions. J'ai pensé que Jacques Saunière avait appris que je donnais une conférence sur l'iconographie païenne des cathédrales françaises, et que, comme le sujet l'intéressait, ça l'amusait de venir en parler avec moi pendant la réception qui devait suivre

Illustration 20. Support 2, Décodage, 2012-2013, Isabelle

Ensuite, Isabelle distribue le support 3 (format A4 paysage) qui comporte trois tableaux d'aide au décodage des trois messages. Ces tableaux seront complétés au fur et à mesure de l'avancée des déchiffrages.

TP2 MPS INVESTIGATION POLICIERE Date :																																																																																																																																	
<i>Vous avez découvert une feuille sur laquelle sont écrits trois messages cryptés.</i> <i>Vous décryptez le premier grâce au DA VINCI CODE</i> <i>La clé correspond à l'énigme suivante :</i> <i>"Rendez-vous quasi hebdomadaire du deuxième jour, à cet instant même"</i>																																																																																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="26">CODAGE STYLE DA VINCI CODE</td> </tr> <tr> <td colspan="26">CLE :</td> </tr> <tr> <td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td><td>G</td><td>H</td><td>I</td><td>J</td><td>K</td><td>L</td><td>M</td><td>N</td><td>O</td><td>P</td><td>Q</td><td>R</td><td>S</td><td>T</td><td>U</td><td>V</td><td>W</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </table>																										CODAGE STYLE DA VINCI CODE																										CLE :																										A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z																										
CODAGE STYLE DA VINCI CODE																																																																																																																																	
CLE :																																																																																																																																	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z																																																																																																								
MESSAGE 1 : <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>K</td><td>I</td><td>U</td><td> </td><td>F</td><td>E</td><td>B</td><td>Q</td><td>P</td><td>U</td><td> </td><td>J</td><td>E</td><td> </td><td>H</td><td>U</td><td>M</td><td>T</td><td> </td><td>C</td><td>U</td><td>I</td><td>I</td><td>M</td><td>W</td><td>U</td><td> </td><td>J</td><td>N</td><td>E</td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </table>																										K	I	U		F	E	B	Q	P	U		J	E		H	U	M	T		C	U	I	I	M	W	U		J	N	E																																																																										
K	I	U		F	E	B	Q	P	U		J	E		H	U	M	T		C	U	I	I	M	W	U		J	N	E																																																																																																				
MESSAGE 2 : <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>34</td><td>35</td><td>15</td><td>33</td><td> </td><td>31</td><td>11</td><td>43</td><td>44</td><td> </td><td>32</td><td>15</td><td>43</td><td>43</td><td>11</td><td>22</td><td>15</td><td> </td><td>52</td><td>1</td><td>44</td><td>23</td><td> </td><td>15</td><td>53</td><td>35</td><td>15</td><td>42</td><td>44</td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </table>																										34	35	15	33		31	11	43	44		32	15	43	43	11	22	15		52	1	44	23		15	53	35	15	42	44																																																																											
34	35	15	33		31	11	43	44		32	15	43	43	11	22	15		52	1	44	23		15	53	35	15	42	44																																																																																																					
MESSAGE 3 : <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>3</td><td> </td><td>2</td><td> </td><td>G</td><td> </td><td>0</td><td> </td><td>5</td><td> </td><td>7</td><td> </td><td>Z</td><td> </td><td>I</td><td> </td><td> </td><td> </td><td>3</td><td> </td><td>2</td><td> </td><td>G</td><td> </td><td>4</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </table>																										3		2		G		0		5		7		Z		I				3		2		G		4																																																																															
3		2		G		0		5		7		Z		I				3		2		G		4																																																																																																									

Illustration 21. Support 3, Décodage, 2012-2013, Isabelle

Isabelle distribue immédiatement le support 4 (format A5, paysage) : un extrait de « La conspiration » de Marc Sinclair qui explique le chiffrage par substitution mono-alphabétique avec l'utilisation d'un mot clé : cardinal. Sur cet extrait figure, en particulier, le tableau

suivant :

Alphabet clair :	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
Alphabet chiffré :	C	A	R	D	I	N	L	M	O	P	Q	S	T	U	V	W	X	Y	Z	B	E	F	G	H	J	K

« Hugo déchira deux feuilles de papier de son agenda. Puis, il me donna la moitié des clés à essayer et tenta de son côté de déchiffrer le message. Après avoir essayé les vingt-cinq possibilités, nous réalismes que le cardinal ne nous avait pas facilité la tâche. Cependant, j'étais persuadé qu'il avait voulu avant tout tester ma motivation. S'il avait vraiment voulu déchiffrer la lettre, il n'y avait aucune chance pour que nous parvenions jamais à en comprendre le sens. -Il est possible qu'il s'agisse d'un chiffrement de substitution, mais plus général, suggéra Hugo. On permute les lettres de l'alphabet selon un ordre aléatoire. Cela permet un bien plus grand nombre de clés différentes. -Combien de possibilités d'après toi ? -Plusieurs millions de milliards de milliards. -Mon Dieu ! -Environ le temps nécessaire pour vider tous les océans de la Terre avec une pipette de laboratoire. -Je vois. -Le problème, c'est la difficulté pour le déchiffrer, y compris pour le destinataire du message. C'est pourquoi on trouve généralement un mot clé ou phrase clé qui indique l'ordre de substitution.	Bien que cette méthode réduise légèrement le nombre de clés disponibles, elle offre l'avantage de se rappeler le mot clé facilement. Par exemple, si on utilise comme mot clé CARDINAL. On commence par supprimer les lettres qui sont répétées, ce qui donne CARDINL. On emploie alors le mot clé au début de l'alphabet chiffré, la suite n'est que la succession normale des lettres à partir de la dernière du mot clé, en omettant les lettres déjà utilisées. Dans mon exemple cela donne : <table><tr><td>Alphabet clair :</td><td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td><td>e</td><td>f</td><td>g</td><td>h</td><td>i</td><td>j</td><td>k</td><td>l</td></tr><tr><td>Alphabet chiffré:</td><td>C</td><td>A</td><td>R</td><td>D</td><td>I</td><td>N</td><td>L</td><td>M</td><td>O</td><td>P</td><td>Q</td><td>S</td></tr><tr><td></td><td>m</td><td>n</td><td>o</td><td>p</td><td>q</td><td>r</td><td>s</td><td>t</td><td>u</td><td>v</td><td>w</td><td>x</td><td>y</td><td>z</td></tr><tr><td></td><td>T</td><td>U</td><td>V</td><td>W</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>B</td><td>E</td><td>F</td><td>G</td><td>H</td><td>J</td><td>K</td></tr></table> -Le mot César se transforme en RIZCY. C'est un chiffre à la fois très simple d'utilisation et extrêmement efficace, conclut Hugo avec la fierté d'un scientifique exposant une démonstration qu'il juge évidente. -Mais alors, d'après toi, comment puis-je déchiffrer la lettre du cardinal ? -Il faut tenter l'analyse de fréquence.	Alphabet clair :	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Alphabet chiffré:	C	A	R	D	I	N	L	M	O	P	Q	S		m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z		T	U	V	W	X	Y	Z	B	E	F	G	H	J	K
Alphabet clair :	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l																																													
Alphabet chiffré:	C	A	R	D	I	N	L	M	O	P	Q	S																																													
	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z																																											
	T	U	V	W	X	Y	Z	B	E	F	G	H	J	K																																											

Illustration 22. Support 4, Décodage, 2012-2013, Isabelle

Isabelle demande aux élèves de lire le support 4. Après quelques minutes, elle demande un volontaire pour expliquer sur le tableau blanc le codage avec le mot clé CARDINAL aux autres élèves. Un élève s'en charge et explique assez bien la méthode avec quelques interventions de l'enseignante qui vérifie que tous les élèves ont compris la méthode de codage. Ensuite, les élèves doivent se mettre en binômes et commencer les décodages en se mettant en compétition avec les autres binômes.

Pour le premier message, il est clairement indiqué et rappelé oralement que le chiffrement est du type précédent, c'est-à-dire mono-alphabétique avec utilisation d'un mot clé. Le travail des élèves consiste à trouver ce mot clé à partir de l'énigme suivante : « Rendez-vous quasi hebdomadaire du deuxième jour, à cet instant même ». Une fois le mot clé trouvé, MPS, l'alphabet codé s'obtient sans difficulté et est noté dans le premier tableau du document 3. Deux groupes trouvent le mot clé, « MPS », sans aide et rapidement. Pour les autres groupes, Isabelle qui circule dans la classe fait détailler les mots de la phrase et vérifie leur compréhension : hebdomadaire, deuxième jour de la semaine, etc. Aux élèves qui ont obtenu l'alphabet codé mais qui se trompent en l'utilisant dans le sens du codage pour décoder, Isabelle dit de faire attention, qu'il faut décoder et non pas coder. Ce qui remet les élèves sur la bonne voie.

Les groupes qui ont réussi à déchiffrer le premier message : « USE POLYBE TO FIND MESSAGE TWO » reçoivent le support 5 (A5, paysage), expliquant le carré de Polybe : on place les 26 lettres de l'alphabet dans un carré 5×5, I et J ensemble, et chaque lettre est repérée par ses coordonnées.

LE CARRE DE POLYBE

Polybe est un historien grec qui vécut environ de -250 av J.-C. jusqu'à -125 av. J.-C. A 40 ans, il est emmené parmi 1000 otages par les Romains suite à la bataille de Pydna en Macédoine et à la victoire de Paul-Emile sur les Grecs. Polybe tomba en admiration devant la civilisation romaine de l'époque, et d'otage il devint ami de la famille de Paul-Emile. Polybe est à l'origine d'une méthode très originale pour chiffrer qui est antérieure au code de César.

Pour transformer un mot en code chiffré : on dispose les lettres dans un tableau 5×5 (le i et le j sont ici identifiés) :

	1	2	3	4	5
1	A	B	C	D	E
2	F	G	H	I J	K
3	L	M	N	O	P
4	Q	R	S	T	U
5	V	W	X	Y	Z

On remplace alors chaque lettre par ses coordonnées dans le tableau : chiffre de la ligne puis de la colonne. Ainsi, le A est remplacé par 11, le B par 12 ...

Illustration 23. Support 5, Décodage, 2012-2013, Isabelle

Le second message est souvent vite décodé : « OPEN LAST MESSAGE WITH EXPERT ». Les élèves reçoivent alors le support 6 (A5 portrait), sur le codage nommé LES EXPERTS :

CODAGE LES EXPERTS :

A chaque caractère, 26 lettres majuscules et 10 chiffres, est associé un nombre entier compris entre 0 et 36.

A ce nombre entier x , on fait correspondre le nombre entier $f(x)$ défini par :

- Si x est un entier pair, $f(x) = x/2$
- Si x est un entier impair, $f(x) = (73-x)/2$

Enfin, le nombre $f(x)$ est retraduit en l'un des 36 caractères à l'aide du même tableau lu à l'envers.

Exemple : Coder le mot BONES

Mot	B	O	N	E	S
x					
$f(x)$					
Mot codé					

Mot codé :

Tableau à compléter grâce à un tableur :

	x	$f(x)$		x	$f(x)$
A			B		
C			D		
E			F		
G			H		
I			J		
K			L		
M			N		
O			P		
Q			R		
S			T		
U			V		
W			X		
Y			Z		
0			1		
2			3		
4			5		
6			7		
8			9		

Illustration 24. Support 6, Décodage, 2012-2013, Isabelle

Selon les groupes, Isabelle donne plus ou moins d'explications en distribuant le support 6. Elle semble s'adapter aux difficultés des élèves. Pour le groupe le plus en retard, elle explique qu'à une lettre on associe un nombre, on calcule l'image de ce nombre par la fonction, image que l'on associera à une autre lettre. Pour tous les groupes, elle parle de travail sur les fonctions, d'image, d'antécédent en précisant qu'ici on va chercher les antécédents.

Isabelle rappelle que les feuilles distribuées devront être collées dans l'ordre sur une copie double intitulée TP2. Isabelle me dit qu'elle a appris au contact des professeurs de SVT que les élèves doivent garder des traces du travail réalisé.

Dans le support 6, les élèves doivent, dans un premier temps, coder « à la main » le mot BONES, avec le codage expert. Certains élèves ont lancé EXCEL et l'utilisent comme une calculatrice. Les groupes les plus rapides sont invités à attendre les autres groupes. Pour le tableau à compléter à l'aide d'un tableur, Isabelle demande l'attention de tout le groupe. L'idée est de refaire le tableau sur EXCEL. Comme les élèves ne sont pas nombreux, Isabelle propose de se mettre directement sur un des postes utilisés par les élèves. Elle montre comment obtenir la liste des impairs à partir de 1 puis en utilisant la formule « =B2+2 », avec la poignée de recopie. Elle donne quelques explications sur $f(x)$ puis laisse les élèves travailler. Excel n'a pas été utilisé en cours de maths cette année mais certains élèves disent l'avoir utilisé au collège en mathématiques et/ou dans d'autres matières.

La sonnerie marquant la fin de la première heure se déclenche mais les élèves ne demandent pas à sortir, un élève dit que le temps passe vite. Isabelle sort une minute pour demander de l'aide à un collègue qui est autorisé à ouvrir le boîtier électrique pour remettre en fonction les ordinateurs. Les élèves en difficulté font alors appel à leurs camarades plus avancés qui ne se contentent pas de donner la solution mais expliquent la méthode. Trois groupes sur les quatre obtiennent rapidement le tableau demandé et peuvent se lancer dans le décodage du dernier message par lecture inverse du tableau. Isabelle aide le groupe de deux filles en retard depuis le début de la séance.

Une fois le dernier message décodé : « MONSIEUR MONK », les élèves sont invités à venir sur le poste informatique situé sur le bureau de l'enseignante, pour ouvrir le CD trouvé sur le lieu du crime avec le dernier code trouvé. Le CD contient la molécule du traitement antiviral de la grippe H1N1.

Pendant les vingt minutes restantes, le professeur propose un travail hors projet MPS, support 7 (A4, paysage), sur le codage affine. Les élèves se lancent avec enthousiasme dans le décodage mais les calculs sont faits à la calculatrice et aucun ne pense à utiliser EXCEL.

Arthur et Wilson sont deux jumeaux qui ont l'habitude de communiquer à l'aide de messages codés. Ils réalisent toujours leur cryptage de façon suivante :
Chaque lettre de l'alphabet munie de son numéro d'ordre n est remplacée par la lettre de l'alphabet munie du numéro d'ordre p ($1 \leq p \leq 26$) obtenu à l'aide de l'algorithme suivant :

Saisir n
Calculer $3n + 7$
Calculer le reste p dans la division euclidienne de $3n + 7$ par 26
Afficher p

1) Par exemple, la forme cryptée de L (rang 12) est Q (rang 17) car $3 \times 12 + 7 = 43$ et $43 = 1 \times 26 + 17$ d'où $p = 17$

lettre	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
p	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$3n+7$																										
Forme cryptée																										
lettre																										

2) Arthur a envoyé un message à Wilson, le décoder :

M	I	J	U	Z		C	Z	R	I		O	J		I	V	R	L	L	H	O	V
---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	--	---	---	--	---	---	---	---	---	---	---	---

3) Wilson désire lui répondre : MERCI

Donner la forme cryptée du message

M	E	R	C	I

A la sonnerie marquant la fin de la seconde heure, trois groupes sur les quatre ont décodé le dernier message de façon artisanale mais autonome. Dans le paragraphe suivant, nous décrivons la séance conçue et soutenue par Dominique sur la même tâche à partir des ressources transmises par Isabelle.

Nous nous intéressons ici à la séance sur le décodage conçue et soutenue par Dominique, séance que nous avons observée. Après avoir décrit la séance, nous en ferons comme précédemment une analyse à partir du modèle ESFI et nous expliciterons le travail documentaire mis en œuvre.

2nde 07 – MPS : TP DE MATHS N° 1, DECRYPTAGE DE MESSAGE CODE	2) <u>Da Vinci Code et code de César</u> : On retrouve aussi des codages de messages dans de célèbres romans d'espionnage. Extrait du roman « Da Vinci Code » : « <i>Son grand-père gisait assassiné, dans son bureau du musée. Et il avait laissé un message codé. A son intention. Elle en était certaine même si elle n'en comprenait pas le sens. Le fait qu'il était crypté était une preuve de plus que c'est à elle que Saunière s'adressait. C'est son grand-père qui lui avait transmis sa passion pour les codes, les textes cryptés, les rébus, les énigmes. Combien de dimanches avons-nous passés à résoudre ensemble les mots croisés et les cryptogrammes des journaux ? ... Son grand-père ... lui avait les jeux mathématiques et les codes chiffrés. Elle savourait tous ces divertissements avec gourmandise.</i> » Extrait de « la conspiration » de Marc Sinclair : « <i>-Comment vas-tu Seth ? Lança-t-il d'un ton joyeux. Toujours à la recherche</i>
---	--

les plus importantes utilisées actuellement est la cryptographie asymétrique qui a été mise au point dans les années 1970. Elle se base sur le principe de deux clés, une publique, permettant le chiffrement, une privée, permettant le déchiffrement. Comme son nom l'indique, la clé publique est mise à la disposition de quiconque désire chiffrer un message. Ce dernier ne pourra être déchiffré qu'avec la clé privée, qui doit être confidentielle.

III) EXEMPLES DE CODAGES :

1) Le carré de Polybe

Polybe est un historien grec qui vécut environ de -250 av J.-C. jusque -125 av J.-C. A 40 ans, il est emmené parmi 1000 otages par les Romains, suite à la bataille de Pydna en Macédoine et à la victoire du Romain Paul-Émile sur les Grecs. Polybe tomba en admiration devant la civilisation romaine de l'époque, et d'otage, il devint ami de la famille de Paul-Émile.

Polybe est à l'origine d'une méthode très originale pour chiffrer les lettres. Pour transformer un mot en code chiffré, on dispose les lettres dans un tableau 5x5 (le i et le j étant la même lettre en latin, langue des Romains) :

	1	2	3	4	5
1	A	B	C	D	E
2	F	G	H	I J	K
3	L	M	N	O	P
4	Q	R	S	T	U
5	V	W	X	Y	Z

On remplace alors la lettre par ses coordonnées dans le tableau, chiffre de ligne puis de la colonne. Ainsi, le A est remplacé par 11, le B par 12.

Coder ainsi votre prénom :

de ton manuscrit ? J'hésitai à lui parler, puis finalement je décidai de lui faire part de l'essentiel de mes découvertes.

J'avoue que j'étais un peu anxieux de savoir comment il réagirait à l'incroyable perspective dévoilée par le cardinal Di San Giovanni, mais à ma grande surprise, Hugo se montra très intéressé par mon récit. Après quelques explications supplémentaires, je lui montrai la lettre contenant le message chiffré du cardinal :

JNEDUTSFOLNSNRNFONDUVNLTRNINPDRFS
DUSFLFSTRNMRFNLTTUJNTRMUWNSSDLSCDUTN
IDLSJNTRNSWFNUYTNKPNJNRPDPVNOFT
IUSMKNNTIUKMLTFJWMJNWNRSJDVMTN

Hugo prit la lettre et l'observa un moment.

-Hmm, ça m'étonnerait que ce soit un chiffre de César. Ce serait trop simple, mais on peut toujours essayer.

-C'est quoi un chiffre de César ? »

Chercher à quoi correspond le chiffre de César ou code de César.

Illustration 26. Support 1, Décodage, 2012-2013, Dominique

L'enseignant commence la séance en demandant aux élèves s'ils ont effectué le travail demandé et s'ils ont cherché sur internet. Un élève explique alors précisément le principe du codage de César par décalage de l'alphabet de trois lettres ou plus et fait le lien avec Jules César. Dominique illustre les explications de l'élève au tableau.

Dominique rappelle le lien avec l'enquête, le CD trouvé sur le lieu du crime dont l'accès est bloqué par un code, ainsi que le papier blanc écrit avec l'encre sympathique vu en physique chimie. Puis il distribue la seconde partie de l'activité (illustration 27) avec pour consigne de lire la partie 4, l'extrait de « La conspiration » de Marc Sinclair qui explique le chiffrement par substitution mono-alphabétique avec l'utilisation d'un mot clé, CARDINAL.

2nde 07 – MPS : TP DE MATHS N° 1, DECRYPTAGE DU MESSAGE CODE

IV) **DECODAGE DU PREMIER MESSAGE :**
Extrait de « la conspiration » de Marc Sinclair :

« Hugo déchira deux feuilles de papier de son agenda. Puis, il me donna la moitié des clés à essayer et tenta de son côté de déchiffrer le message. Après avoir essayé les vingt-cinq possibilités, nous réalisons que le cardinal ne nous avait pas facilité la tâche. Cependant, j'étais persuadé qu'il avait voulu avant tout tester ma motivation. S'il avait vraiment voulu déchiffrer la lettre, il n'y avait aucune chance pour que nous parvenions jamais à en comprendre le sens.

-Il est possible qu'il s'agisse d'un chiffrement de substitution, mais plus général, suggéra Hugo. On permute les lettres de l'alphabet selon un ordre aléatoire. Cela permet un bien plus grand nombre de clés différentes.

-Combien de possibilités d'après toi ?

-Plusieurs millions de milliards de milliards.

-Mon Dieu !

-Environ le temps nécessaire pour vider tous les océans de la Terre avec une pipette de laboratoire.

-Je vois

-Le problème, c'est la difficulté pour le déchiffrer, y compris pour le destinataire du message. C'est pourquoi on trouve généralement un mot clé ou phrase clé qui indique l'ordre de substitution. Bien que cette méthode réduise légèrement le nombre de clés disponibles, elle offre l'avantage de se rappeler le mot clé facilement. Par exemple, si on utilise comme mot clé CARDINAL. On commence par supprimer les lettres qui sont répétées, ce qui donne CARDINL. On emploie alors le mot clé au début de l'alphabet chiffré, la suite n'est que la succession normale des lettres à partir de la dernière du mot clé, en omettant les lettres déjà utilisées. Dans mon exemple cela donne :

Alphabet clair	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
Alphabet chiffré	C	A	R	D	I	N	L	M	O	P	Q	S	T

Alphabet clair	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
Alphabet chiffré	U	V	W	X	Y	Z	B	E	F	G	H	J	K

-Le mot César se transforme en RIZCY.

V) **DECODAGE DU DEUXIEME MESSAGE :**
Utiliser le premier message et les indications données en page 1

Décoder le deuxième message

MESSAGE 1																								
34	35	15	33	31	11	43	44	32	15	43	43	11	22	15	52	24	44	23	15	53	35	15	42	44

VI) **DECODAGE DU TROISIEME MESSAGE :**
Utiliser le deuxième message.

Décoder le troisième message.

MESSAGE 3													
Mot codé	3	2	G	0	5	7	Z	I	3	2	G	4	
f(x)													
x													
Mot décodé													

VII) **CODAGE DIT « EXPERT » :**
A chaque caractère, 26 lettres et 10 chiffres, est associé un nombre entier x compris entre 0 et 36.

A ce nombre entier x, on fait correspondre le nombre entier f(x) défini par :

- si x est un entier pair, $f(x) = x/2$
- si x est un entier impair, $f(x) = (73-x)/2$

Enfin, le nombre f(x) est retraduit en l'un des 36 caractères à l'aide du même tableau à l'envers.

Expliquer pourquoi f(x) est toujours un entier.

Tableau de correspondance caractères / chiffres à compléter grâce à un tableau :
Dans XL il existe une fonction notée ENT qui permet de prendre la partie entière d'un

C'est à la fois très simple d'utilisation et extrêmement efficace, conclut Hugo avec la fierté d'un scientifique exposant une démonstration qu'il juge évidente. »

Pour le message n°1, il s'agit d'un code du type de celui évoqué dans l'extrait ci-dessus.
La clé de l'énigme est la suivante « rendez-vous quasi hebdomadaire du lundi, à cet instant même »

CODAGE																									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z

Decoder le premier message

MESSAGE 1																										
K	I	U	F	E	B	Q	P	U	J	E	V	Y	D	T	C	U	T	I	M	W	U	J	N	E		

nombre. Proposer un test sur la partie entière permettant de savoir si un nombre est pair ou pas.

Aller sur XL et créer le tableau suivant :

	A	B	C
1	Mot décodé	x	f(x)
2	A	1	
3	B	2	
4	C	3	
5	D	4	
26	Y	25	
27	Z	26	
28	0	27	
29	1	28	
30	2	29	
36	8	35	
37	9	36	

Formule à entrer dans la cellule C2 à recopier vers le bas pour obtenir f(x) :

Exemple : coder le mot BONES

Mot	B	O	N	E	S
x					
f(x)					
Mot codé					

Illustration 27. Support 2, Décodage, 2012-2013, Dominique

Après 10 minutes, Dominique demande : Avez-vous lu et compris ? Un élève explique ce qu'il a compris, aidé par d'autres ou à partir des questions des autres. Dominique réexplique au tableau la méthode de codage avec le mot « Cardinal ». Il compare les deux codes, le codage de César et la substitution mono-alphabétique et demande pourquoi il y a 26 possibilités avec le codage de César. Les élèves donnent rapidement la réponse : décalage de 1, 2, ..., 26 crans. Ensuite, Dominique demande pourquoi il y a plus de possibilités avec une clé. Un élève répond que l'on peut mettre n'importe quel mot clé.

Le support distribué précise bien que, pour le message numéro 1, il s'agit d'un code du type de celui évoqué dans l'extrait et que la clé de l'énigme est la suivante : « rendez-vous quasi hebdomadaire du lundi, à cet instant même ». La réflexion se fait en classe entière, un élève trouve le mot clé MPS et le donne à voix haute. Il y a ensuite un premier tableau à compléter permettant le codage de l'alphabet puis un second avec le message à décoder. Les élèves se lancent dans le codage de l'alphabet avec le mot clé MPS puis à partir du tableau obtenu dans le décodage du message 1. Ils sont un peu perturbés car le texte est en anglais. La classe adhère totalement à la recherche, les élèves veulent aller jusqu'au bout sans que les plus rapides dévoilent le message. L'enseignant est très sollicité par 5 ou 6 élèves mais il va aussi voir les élèves plus discrets. Il précise à certains élèves qui se trompent qu'il faut décoder le message et donc utiliser la grille du haut vers le bas.

Le message décodé donne la méthode de décodage du second, le carré de Polybe : « USE

POLYBE TO FIND MESSAGE TWO ». La plupart des élèves reprennent alors la première partie de l'activité à lire à la maison qui expliquait cette méthode de codage, montrant qu'ils avaient fait le travail demandé par l'enseignant. La méthode est vite comprise par les élèves qui travaillent de façon très indépendante. Certains demandent malgré tout l'aide de leurs camarades. Le second message décodé « OPEN LAST MESSAGE WITH EXPERT » oriente les élèves vers le codage expert expliqué dans la partie VII du support n°2.

À chaque caractère, 26 lettres et 10 chiffres, est associé un nombre entier x compris entre 0 et 36. A ce nombre entier x , on fait correspondre le nombre entier $f(x)$ défini par :

- si x est un entier pair, $f(x) = x/2$
- si x est un entier impair, $f(x) = (73-x)/2$

Enfin, le nombre $f(x)$ est retraduit en l'un des 36 caractères à l'aide du même tableau à l'envers.

Cette méthode de codage est plus compliquée à comprendre pour les élèves qui se posent plus de questions entre eux et au professeur qui reprend assez vite la parole au tableau et explicite la méthode avec quelques exemples. Il pose aussi le problème du résultat entier de $f(x)$ que les élèves n'avaient pas soulevé mais auquel la plupart réfléchissent. Le travail des élèves consiste d'abord à comprendre la méthode. Certains élèves se lancent ensuite dans les calculs à la main avant que le professeur ne leur demande de refaire le tableau sur Excel. C'est l'enseignant qui impose l'outil à utiliser, le tableur. La fin de l'heure interrompt l'activité.

La poursuite de l'activité se fait sur une deuxième heure de mathématiques en demi-groupe. La séance a lieu dans une toute petite salle informatique toute en longueur avec 16 postes informatiques le long des murs, sans table au milieu, juste un couloir pour la circulation du professeur, un tableau blanc et une table simple faisant office de bureau pour l'enseignant. Il n'y a pas de vidéoprojecteur.

Dominique commence par faire rappeler aux élèves le travail réalisé la séance précédente puis tente de faire émerger la formule à utiliser sur le tableur :

D : je rappelle de ce qui a été fait la dernière fois, on devait décoder un message codé qui permettait d'ouvrir le CD codé trouvé sur le mort, M. Grondin.

On avait essayé de comprendre comment le message a été codé. À chaque lettre on associe un nombre x et à chaque x on associe $f(x)$ défini par $f(x) = x/2$ si x est pair, $f(x) = (73 - x)/2$ si x est impair.

Qui pourrait rappeler pourquoi le résultat est toujours entier ?

E : Quand il est pair, on divise par 2 et le résultat est entier

D : Comment caractérise-t-on les nombres pairs ?

E : divisibles par 2

D : divisibles par 2 ou multiples de 2

On a vu aussi que si on fait la différence de deux nombres impairs, alors le résultat est pair et donc divisible par deux.

On avait créé un tableau Excel, on cherchait un test pour savoir si le nombre est pair.

Dans Excel, il y a la fonction ENT qui permet de prendre la partie entière.

Par exemple, $ENT(3,5)=3$ et $ENT(3)=3$.

Elle permet de retenir la partie avant la virgule, la partie entière et d'éliminer la partie décimale.

Il faut essayer de pouvoir distinguer lequel est pair et lequel est impair. Je vous conseille avec ENT mais vous pouvez essayer autre chose.

E : on peut essayer de diviser par 2

D : $1/2 = 0,5$ $2/2 = 1$ $3/2 = 1,5$ $4/2 = 2$ $5/2 = 2,5$

Même E : quand c'est pair, le résultat est entier et quand c'est impair, le résultat est décimal.

Autre élève (Hugo) : on remplace le chiffre par x et on divise par 2

Dominique reprend alors au tableau :

$1/2 = 0,5$ Partent($1/2$)=0

$2/2 = 1$ Partent ($2/2$)=1

$3/2 = 1,5$ Partent($3/2$)=1

$4/2 = 2$ Partent($4/2$)=2

Qu'est ce qui se passe quand un nombre est pair ? et quand un nombre est impair ?

Elève (Hugo) : le chiffre se répète

D : on cherche un test

Entre les deux calculs y a-t-il une différence quand le nombre est pair ou impair ?

Elève (Raima) : si on compare les deux colonnes, si le nombre est impair, le résultat change, si le nombre est pair, le résultat ne change pas.

D : c'est ce qui va nous permettre de distinguer les pairs des impairs

On va voir la formule qu'on va entrer :

Si $x/2 = ENT(x/2)$ alors x est pair,

Sinon x est impair.

Comment faire ça dans Excel ?

Pour entrer une formule, il faut mettre le =

= SI($B2/2 = ENT(B2/2)$; $B2/2$; $(73-B2)/2$)

Est-ce que ça va ?

E : Non monsieur

L'enseignant répète l'explication de la formule.

D : Une fois rentré cette formule, sélectionner la cellule avec une croix noire, tirer la formule vers le bas.

Illustration 28. Transcription n°1, Décodage, 2012-2013, Dominique

Les élèves reprennent le tableur sur leur ordinateur et posent beaucoup de questions à Dominique qui circule dans l'allée centrale : ils ne savent pas s'ils doivent reprendre le travail de la séance précédente ou partir sur une nouvelle feuille Excel, que garder, qu'effacer, si on doit utiliser des lettres majuscules ou des minuscules...

	A	B	C	D
1	mot décodé	x	f(x)	Mot codé
2	A	1		
3	B	2		

37	9	36		

Illustration 29. Feuille de calcul Excel, Décodage, 2012-2013, Dominique

Dominique répond aux questions de ceux qui n'ont pas réussi et dit à ceux qui ont fini d'ajouter une colonne avec le caractère codé (sans formule, à la main). Le message est alors décodé facilement : « MONSIEUR MONK ». Le professeur prête alors le CD trouvé sur le lieu du crime et les élèves peuvent l'ouvrir ; ils trouvent alors la molécule de l'antiviral.

Notre analyse de la séance de Dominique à partir du modèle ESFI

Nous analysons la séance conçue et soutenue par Dominique en deux heures (deux séances d'une heure non consécutives) et considérée par l'enseignant comme fondée sur une DI à partir du modèle ESFI. L'objectif de la séance est de décoder trois messages trouvés sur une feuille blanche écrite à l'encre sympathique et révélés lors d'une séance de physique-chimie. Les trois messages sont courts, quelques mots chacun. Ces trois messages conduiront au code permettant l'accès au CD trouvé sur le lieu du crime. Le questionnement s'est imposé naturellement à partir de l'avancée du projet MPS. Nous hésitons pour la dimension 1 entre le mode 1 (l'enseignant apporte le questionnement initial) et le mode 2 (l'enseignant propose un questionnement initial en lien avec l'expérience des élèves), nous prenons donc 1,5.

Les élèves n'ont à émettre aucune conjecture et ne se lancent pas dans des investigations. On leur expose des méthodes de codage qu'ils doivent comprendre et appliquer sur quelques exemples avant de les utiliser pour décoder les trois messages. On ne s'appuie pas sur des connaissances antérieures que les élèves pourraient avoir sur le codage. On réutilise quelques notions vues en cours de mathématiques dans un autre contexte : les notions de fonction, d'image, d'antécédent. Le choix du tableur comme outil revient à l'enseignant. Pour les dimensions 2 et 3, nous choisissons le mode 1 (l'enseignant propose un protocole à suivre étape par étape et met en place les étapes de la démarche d'investigation).

Par contre, la séance favorise les échanges entre élèves, qui sont souvent en conflits sur la compréhension de la méthode de codage, sur la façon d'utiliser un tableau de codage, sur l'utilisation de formules avec Excel, etc. S'ils se trompent, les élèves sont directement confrontés à des incohérences qui les conduisent à reprendre leur travail. Dominique circule entre les groupes et apporte une aide ciblée adaptée à l'avancée du travail de chacun. Nous prenons les modes 3 (Chaque groupe ou un nombre significatif d'élèves bénéficie du guidage de l'enseignant et les élèves sont encouragés à prendre en compte les arguments d'autrui).

Dominique essaie, à chaque étape de rester rigoureux dans la partie mathématique, nombres de solutions de chaque méthode de codage, caractère entier des résultats, etc., soulevant des problèmes que les élèves ne se sont pas posés mais auxquels ils acceptent de réfléchir. Un temps conséquent est consacré à la question posée par le professeur : « Expliquer pourquoi $f(x)$ est toujours un entier » ainsi qu'à la partie sur tableur et en particulier trouver la formule à entrer : $:=SI(B2/2=ENT(B2/2);B2/2;(73-B2)/2)$. L'enseignant fait le bilan de la séance à propos des savoirs (mode 2).

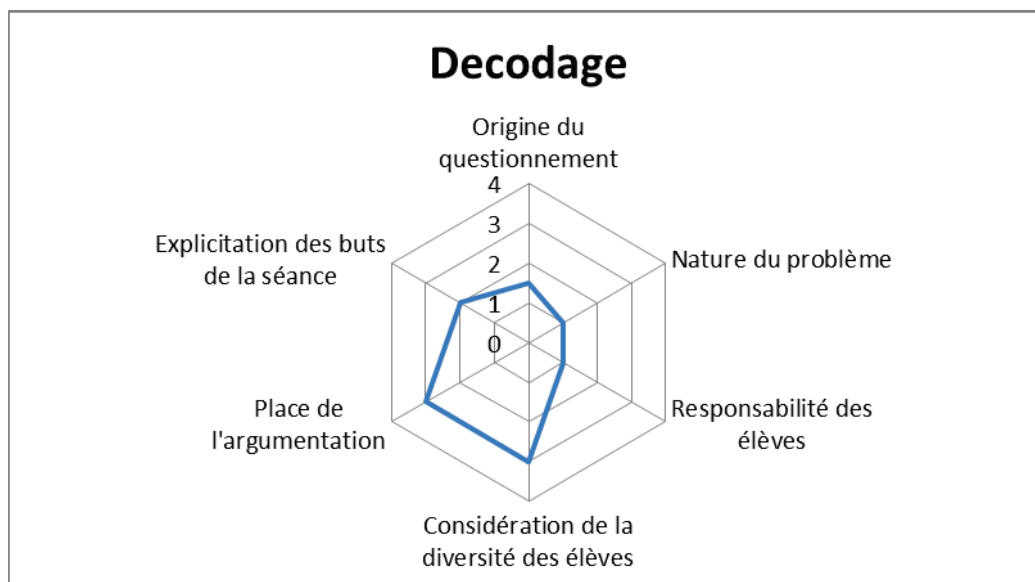


Illustration 30. Constellation modèle ESFI, Décodage, 2012-2013, Dominique

Travail documentaire

On retrouve dans les supports conçus par Dominique, les six ressources transmises par Isabelle. La partie III.1 sur le carré de Polybe du support de Dominique est la copie exacte du support 5 d'Isabelle. L'extrait du « Da Vinci Code » donné dans la partie III.2 de Dominique est une partie de l'extrait donné par Isabelle (support 2). Dominique cite aussi un court extrait de « La conspiration » de Marc Sinclair également transmis par Isabelle mais qu'elle ne semble plus utiliser. La partie IV de Dominique est la copie d'un autre extrait de « La conspiration » de Marc Sinclair donné en classe par Isabelle (support 4). Les deux tableaux ressemblent beaucoup à ceux du support 3 d'Isabelle. La partie V de Dominique est semblable au tableau donné par Isabelle dans son support 3. Les parties VI et VII sont constituées à partir du support 6 d'Isabelle. Dominique a recombinaison les ressources transmises par Isabelle en deux fiches élèves. Il a aussi ajouté des questions sur le nombre de codages possibles, sur le caractère entier des résultats et a compliqué le travail sur Excel.

Les supports distribués par Isabelle ne sont pas numérotés, ils sont sur des bouts de feuilles aux formats divers adaptés au texte. Le fait de donner les photocopies une par une, au fur et à mesure de l'avancée du travail, induit une gestion très dynamique de la part de l'enseignante. Elle reste très attentive aux élèves, circule entre les groupes, vérifie que chacun a compris les méthodes, apporte de l'aide aux élèves en difficultés, adapte la distribution des feuilles à l'avancée de chaque groupe. Elle fait expliquer le premier codage par l'un d'eux au tableau. Elle ne répond pas directement aux questions posées mais relance le travail, en faisant reformuler et en apportant une aide ponctuelle et ciblée adaptée aux besoins de chaque élève.

Dominique a conçu l'activité en deux temps, une première partie, à chercher à la maison, a été distribuée aux élèves pendant une séance de mathématiques. Elle demande peu de travail personnel, un peu de lecture, la compréhension de la méthode de codage de Polybe et la recherche sur internet du code de César très simple à comprendre. Le travail demandé semble avoir été réalisé par la plupart des élèves. La seconde partie est distribuée au début de la séance. Dominique anime la séance, vérifie l'avancée du travail, intervient régulièrement au tableau pour apporter des explications à tout le groupe. Il circule aussi dans les rangs. Certains

groupes avancent plus vite et poursuivent le travail demandé sur la fiche distribuée.

Afin de comprendre comment Dominique avait conçu sa séance, nous nous sommes tournée vers son journal de bord. La séance est prévue le 21 novembre. Le point de départ est une conversation avec Isabelle datant du 7 novembre. Celle-ci lui a donné les documents qu'elle utilisait : *« Ce matin, j'ai eu une conversation avec Isabelle qui a déjà traité le même thème l'année dernière. Elle m'a expliqué le sens des codages et m'a donné les textes avec lesquels elle a travaillé. »*

L'après-midi même, pendant environ deux heures trente, Dominique commence la préparation de la séance : *« J'ai commencé à taper un texte qui résume différentes méthodes de codage. Je n'ai utilisé, pour le moment, que les textes d'Isabelle. Je suis aussi allé sur les sites Wikipédia et bibmath.net pour y apporter des compléments. »*. Il prévoit dès ce moment le découpage du travail en deux temps, le texte préparé sera à lire à la maison. Il envoie aussi un message au professeur de SPC pour vérifier que le message a bien été découvert en TP écrit à l'encre sympathique sur feuille blanche.

Le 10 novembre, Dominique nous envoie le fichier Word élaboré et un fichier Excel avec le tableau de conversion. La partie à faire à la maison est déjà celle qui sera distribuée (voir illustration 26). La seconde partie n'est pas encore la ressource fille qui sera mise en œuvre lors de la séance du 21 novembre. Il explique : *« Il me reste à appeler Isabelle pour lui demander des explications complémentaires sur le code du 1er message car je n'arrive pas à le décoder. Il me faudra peut être ensuite modifier le paragraphe IV de la page 3 »*. Il dit avoir passé 1h30 à *« terminer les textes, tester les différents codes et le tableau de conversion que les élèves devront faire sur XL »*. Pour la partie à lire à la maison et la recherche sur le code de César demandée à la fin, Dominique a fait lui-même une recherche sur Google et précise *« l'explication est très bien faite sur bibmath.net qui apparaît en deuxième position lorsque l'on tape « code de César » dans Google »*. On ne sait pas si Dominique a réussi à joindre Isabelle au téléphone.

Le 19 novembre, Dominique dit avoir à nouveau travaillé environ deux heures sur la préparation de la séance : environ une heure trente pour compléter et modifier le texte initial et une demi-heure sur le décodage du troisième message : *« J'ai passé une bonne demi-heure à décrypter le troisième message. Je ne suis toujours pas certain de son sens. J'ai donc envoyé un mail à Isabelle pour qu'elle m'éclaire un peu. »*. Il ne nous transmet pas la ressource intermédiaire conçue préférant attendre la réponse d'Isabelle. Le 20 novembre, Dominique nous fait parvenir les ressources filles conçues (illustrations 26 et 27) qu'il utilisera le lendemain.

En entretien après la séance, Dominique dira avoir trouvé stressante la préparation des séances MPS en particulier celle-ci en raison des *« documents donnés en vrac par Isabelle auxquels il ne comprenait rien »*. À partir d'un ensemble de ressources (les supports fournis par les enseignants de l'année précédente ou par les collègues de l'année, le site Eduscol, des activités antérieures faites en seconde et en TL) qu'elle a sélectionnées, modifiées, recombinaisonnées, Isabelle a conçu une ressource fille. Nous pouvons identifier les trois niveaux constitutifs de cette ressource (II.2.3). Le niveau des supports matériel est composé de feuilles non numérotées, de formats variés et de contenus divers (fiches élèves, extraits de livres, messages codés). Les contenus mathématiques abordés sont des méthodes de codage plus ou

moins connues (substitution mono-alphabétique avec un mot clé, carré de Polybe, codage dit « expert », codage affine). Enfin, l'organisation didactique est très précise. Isabelle anime la séance : elle distribue les feuilles au fur et à mesure, elle alterne les phases de travail en commun à la classe en envoyant parfois un élève au tableau et les phases où les élèves travaillent en groupe, elle s'adapte alors à l'avancée de chaque groupe.

Lorsqu'Isabelle a transmis cette ressource à Dominique, elle lui a donné « *en vrac* » les supports conçus et a essayé de lui expliquer oralement les contenus mathématiques et l'organisation didactique, mais ces explications données lors d'une discussion en salle des professeurs ne semblent pas avoir suffi à Dominique. Confronté à des ressources transmises avec d'insuffisantes descriptions d'usage (Gueudet et Trouche, 2007), Dominique a ressenti le besoin de chercher et sélectionner d'autres ressources (les sites Wikipédia et bibmath.net). Il les a ensuite recombinaisonnées et modifiées pour créer ses propres ressources avec son mode d'organisation didactique : une partie en recherche à la maison et une partie en classe.

Il nous semble que pour ce type de séance MPS, encore davantage que pour une séance de mathématiques, la transmission des ressources ne peut se limiter au niveau des supports matériels. En effet, comme nous l'avons déjà dit, dans ce contexte pluridisciplinaire, les contenus mathématiques débordent souvent des connaissances universitaires des professeurs. La gestion de ce type de séance est aussi bien particulière : les élèves travaillent en groupe, le professeur apporte un guidage adapté tout en favorisant l'autonomie et la prise d'initiative.

Pour cette séance, comme pour la précédente, les règles d'actions que nous inférons pour Dominique reposent sur l'idée de « Faire le lien avec le programme de mathématiques de seconde » et en particulier ici : « Faire travailler les élèves sur le tableur », « Travailler l'algorithmique », « Utiliser l'instruction conditionnelle Si-Alors-Sinon ». On observe aussi une volonté de rester rigoureux du point de vue mathématique. Dominique soulève ainsi des questions que les élèves ne s'étaient pas posées (pourquoi le résultat obtenu avec la méthode dite experte est-il toujours entier ?).

Après ces deux premières séances, menées dans le cadre du premier thème, nous avons revu Dominique en entretien pour faire un premier bilan. Cet entretien est l'objet du paragraphe suivant.

V.1.3.4 – RÉGULATIONS À LONG TERME ENVISAGÉES POUR LE PREMIER THÈME

Lors d'un entretien effectué à la fin du thème, Dominique envisage les modifications à apporter l'année suivante sur ce thème. Ces régulations à long terme sont l'objet de ce paragraphe.

Pour le premier TP sur la détermination de l'heure de la mort, Dominique dit vouloir faire « *plus court, uniquement avec les fonctions affines, en laissant plus de temps sur la démarche personnelle, en laissant les élèves partir dans tous les sens, les laisser chercher pendant une heure, ou une demi-heure, être moins directif, puis les amener s'ils n'y sont pas arrivés seuls vers les fonctions affines* ». Il pense reprendre la démarche adoptée avec sa seconde de l'année précédente pour la résolution de problèmes. Les élèves sont en groupe, on les laisse réfléchir et patager, et à la fin chaque groupe passe présenter sa méthode au reste de la

classe. Le professeur circule de groupe en groupe. Il envisage aussi éventuellement de leur faire utiliser la fonction exponentielle qui permet une meilleure approximation.

Pour le second TP de cryptographie, Dominique souhaite le maintenir tel quel, il trouve très intéressant le test à utiliser « si, alors, sinon » avec Excel. Par contre, l'année prochaine, il essaiera de faire de l'algorithmique dans la partie mathématiques avant, de telle façon que les élèves aient déjà abordé les instructions conditionnelles « si, alors, sinon » et que pour le TP MPS, ils soient plus à même de chercher seul. En fait, cette année c'est l'inverse qui s'est produit : les élèves ont utilisé « si, alors, sinon » pour résoudre le problème de décodage en MPS puis ils ont vu l'instruction conditionnelle « si, alors, sinon » la semaine suivante en mathématiques, en algorithmique.

Dominique ne pas se sentir totalement à l'aise, il n'a pas assez d'expérience en MPS, la préparation des séances le « stresse énormément ». En mathématiques, il maîtrise, il n'avait pas le même stress en débutant. Malgré sa formation pluridisciplinaire, en MPS il dit ne pas avoir assez de recul, ne pas voir la finalité. En mathématiques, il connaît l'objectif, les différents programmes de première. Il reconnaît avoir peu mis en place de démarche de recherche pour le premier thème et se donne pour objectif de favoriser cette démarche au second thème. Il dit que l'on peut mettre cette démarche en place en dehors de MPS, en résolution de problème en cours de mathématiques. Il l'a déjà fait avec un professeur d'économie sur des statistiques en seconde.

Le deuxième projet choisi est intitulé « Autour du yaourt », nous allons nous contenter de décrire succinctement les deux séances menées par Dominique et les analyser avec le modèle ESFI.

V.1.4 - LES SÉANCES SUR LE SECOND PROJET : « AUTOUR DU YAOURT »

Ce paragraphe est consacré au second thème abordé pendant l'année : « Science et aliments ». Le projet choisi est intitulé « Autour du Yaourt ». Un projet du même nom était proposé dans le « document Ressources MPS ». Dominique a conçu et soutenu deux séances pour ce thème. La première vise à modéliser l'évolution du nombre de bactéries dans le yaourt (V.1.4.1). La seconde tente de minimiser la surface d'un pot de yaourt dont le volume est fixé (V.1.4.2). Comme pour le premier thème, Dominique envisage ensuite des modifications à apporter à ces séances pour l'année suivante (V.1.4.3).

V.1.4.1 – LA PREMIÈRE SÉANCE : MODÉLISATION DU NOMBRE DE BACTÉRIES

Nous décrivons ici la première séance individuelle conçue par Dominique dans le cadre du projet « Autour du yaourt ». Cette séance est intitulée « Modéliser l'évolution des bactéries dans le yaourt ». Après une description rapide de la séance et de la fiche élève conçue, nous ferons une analyse de la séance à partir du modèle ESFI et nous apporterons quelques informations sur le travail documentaire de l'enseignant.

Description rapide de la séance à partir de la ressource fille conçue

La séance se déroule en salle informatique. Cette salle est équipée d'un vidéoprojecteur qui

ne sera pas utilisé, d'un tableau blanc et d'ordinateurs placés le long des murs avec des tables au milieu. Il y a 15 élèves présents et 2 absents. L'enseignant demande la constitution de groupes de 2 ou 3 élèves qui devront fonctionner jusqu'à la séance de présentation en juin. Dominique distribue ensuite les fiches élèves conçues qui font quatre pages (illustration 31).

Page 1 Autour du yaourt TP MATHS N°1 MODELISER L'EVOLUTION DES BACTERIES DANS LE YAOURT I) INTRODUCTION. On a vu, lors de la séance de présentation du thème, que pour fabriquer du yaourt, il est nécessaire d'ajouter des bactéries au lait. Comment s'appellent les bactéries du yaourt ? Ces bactéries se reproduisent à grande vitesse. Pour cela, elles se divisent sans cesse en deux. La rapidité de leur multiplication dépend cependant des conditions du milieu dans lequel elles se trouvent, en particulier de la température. Photo : bactéries du yaourt Le but de ce T.P. est de prévoir l'évolution du nombre de bactéries présentes dans 1 gramme de préparation pour yaourt à partir de premières mesures faites pendant 4 heures. II) ETUDE DE DIFFERENTS TYPES DE MODELES. On étudie l'évolution dans le temps de l'effectif d'une population de bactéries dans une préparation pour yaourt. Cette population est estimée en milliers d'individus et le temps est exprimé en heures. Dans la suite, on appellera n, le nombre d'heures écoulées depuis la première mesure à 15h et B_n, le nombre de bactéries en milliers présentes dans la préparation au bout de n heures. PARTIE A : mesures Les premiers relevés permettent de dresser le tableau suivant : <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th>heure</th> <th>15h</th> <th>16h</th> <th>17h</th> <th>18h</th> <th>19h</th> </tr> <tr> <td>n (nombre d'heures écoulées depuis 15h)</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>B_n (nombre de bactéries en milliers)</td> <td>6,9</td> <td>8,1</td> <td>9,6</td> <td>11,1</td> <td>12,7</td> </tr> </table> Page 3	heure	15h	16h	17h	18h	19h	n (nombre d'heures écoulées depuis 15h)	0	1	2	3	4	B_n (nombre de bactéries en milliers)	6,9	8,1	9,6	11,1	12,7	Page 2 Autour du yaourt TP MATHS N°1 1) Combien y a-t-il de bactéries au bout de 3 h ? 2) Avec les notations choisies dans le tableau, que représente B_4 ? 3) Placer ci-dessous les points correspondant aux mesures faites : 4) Proposer une méthode pour prévoir le nombre de bactéries à 23h et à 7h le lendemain. PARTIE B : premier modèle On va essayer maintenant de prévoir l'évolution du nombre de bactéries après 19 h à l'aide d'un modèle. Ce modèle sera étudié grâce au logiciel XL. Si on appelle B_n le nombre de bactéries au bout de n heures (après la première mesure), $B_{(n-1)}$ sera le nombre de bactéries au bout de $n - 1$ heures, c'est-à-dire 1 heure avant qu'on ait B_n Dans ce modèle, on garde le nombre de bactéries mesuré à 15 h, c'est-à-dire $B_0 = 6,9$. On suppose cependant que pour toutes les valeurs de n supérieures ou égales à 1 on a : $B_n = B_{(n-1)} + 1,4$. Page 4																																																																																																																																																																																																																																																																																	
heure	15h	16h	17h	18h	19h																																																																																																																																																																																																																																																																																															
n (nombre d'heures écoulées depuis 15h)	0	1	2	3	4																																																																																																																																																																																																																																																																																															
B_n (nombre de bactéries en milliers)	6,9	8,1	9,6	11,1	12,7																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Page 3 Autour du yaourt TP MATHS N°1 1) Calculer alors B_1, B_2 et B_3 : 2) Comment évolue le nombre de bactéries à chaque heure ? 3) Créer sur XL le tableau suivant : <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td>Mesures</td> <td>1^{er} modèle</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Heure</td> <td>Durée</td> <td>B_n</td> <td>B_n</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>15 h</td> <td>0</td> <td>6,9</td> <td>6,9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>16 h</td> <td>1</td> <td>8,1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>17 h</td> <td>2</td> <td>9,6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>18 h</td> <td>3</td> <td>11,1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>19 h</td> <td>4</td> <td>12,7</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>20 h</td> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>21 h</td> <td>6</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>22 h</td> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>23 h</td> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>24 h</td> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>1 h</td> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>2 h</td> <td>11</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>3 h</td> <td>12</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>4 h</td> <td>13</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>5 h</td> <td>14</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>6 h</td> <td>15</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>7 h</td> <td>16</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>8 h</td> <td>17</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>21</td> <td>9 h</td> <td>18</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>22</td> <td>10 h</td> <td>19</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> 4) Quelle formule saisir dans la cellule D4 pour obtenir, en recopiant vers le bas, les différentes valeurs de B_n ? 5) D'autres mesures faites donnent les résultats suivants : <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th>heure</th> <th>7 h</th> <th>8 h</th> <th>9 h</th> <th>10 h</th> </tr> <tr> <td>n (nombre d'heures écoulées depuis 15h)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B_n (nombre de bactéries en milliers)</td> <td>51</td> <td>62</td> <td>68</td> <td>79</td> </tr> </table> Compléter le tableau ci-dessus et commenter les résultats obtenus par le premier modèle. 		A	B	C	D	E	1			Mesures	1 ^{er} modèle		2	Heure	Durée	B_n	B_n		3	15 h	0	6,9	6,9		4	16 h	1	8,1			5	17 h	2	9,6			6	18 h	3	11,1			7	19 h	4	12,7			8	20 h	5				9	21 h	6				10	22 h	7				11	23 h	8				12	24 h	9				13	1 h	10				14	2 h	11				15	3 h	12				16	4 h	13				17	5 h	14				18	6 h	15				19	7 h	16				20	8 h	17				21	9 h	18				22	10 h	19				heure	7 h	8 h	9 h	10 h	n (nombre d'heures écoulées depuis 15h)					B_n (nombre de bactéries en milliers)	51	62	68	79	Page 4 Autour du yaourt TP MATHS N°1 PARTIE C : deuxième modèle Dans ce modèle, on garde le nombre de bactéries mesuré à 15 h, c'est-à-dire, $B_0 = 6,9$. On suppose que pour toutes les valeurs de $n \geq 1$ on a : $B_n = B_{(n-1)} * 1,136$ 1) Calculer alors B_1, B_2 et B_3 (arrondir à 1 décimale) : 2) Compléter le tableau sur XL de la partie B de la façon suivante : <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td>Mesures</td> <td>1^{er} modèle</td> <td>2^e modèle</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Heure</td> <td>Durée</td> <td>B_n</td> <td>B_n</td> <td>B_n</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>15 h</td> <td>0</td> <td>6,9</td> <td>6,9</td> <td>6,9</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>16 h</td> <td>1</td> <td>8,1</td> <td>8,3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>17 h</td> <td>2</td> <td>9,6</td> <td>9,7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>18 h</td> <td>3</td> <td>11,1</td> <td>11,1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>19 h</td> <td>4</td> <td>12,7</td> <td>12,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>20 h</td> <td>5</td> <td></td> <td>13,9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>21 h</td> <td>6</td> <td></td> <td>15,3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>22 h</td> <td>7</td> <td></td> <td>16,7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>23 h</td> <td>8</td> <td></td> <td>18,1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>24 h</td> <td>9</td> <td></td> <td>19,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>1 h</td> <td>10</td> <td></td> <td>20,9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>2 h</td> <td>11</td> <td></td> <td>22,3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>3 h</td> <td>12</td> <td></td> <td>23,7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>4 h</td> <td>13</td> <td></td> <td>25,1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>5 h</td> <td>14</td> <td></td> <td>26,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>6 h</td> <td>15</td> <td></td> <td>27,9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>7 h</td> <td>16</td> <td>51</td> <td>29,3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>8 h</td> <td>17</td> <td>62</td> <td>30,7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>21</td> <td>9 h</td> <td>18</td> <td>68</td> <td>32,1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>22</td> <td>10 h</td> <td>19</td> <td>79</td> <td>33,5</td> <td></td> </tr> </table> 3) Quelle formule saisir dans la cellule E4 pour obtenir, en recopiant vers le bas, les différentes valeurs de B_n avec le second modèle ? CONCLUSION : comparer les trois méthodes de prévision d'évolution des bactéries : votre modèle proposé à la partie A, les modèles des parties B et C. 		A	B	C	D	E	1			Mesures	1 ^{er} modèle	2 ^e modèle	2	Heure	Durée	B_n	B_n	B_n	3	15 h	0	6,9	6,9	6,9	4	16 h	1	8,1	8,3		5	17 h	2	9,6	9,7		6	18 h	3	11,1	11,1		7	19 h	4	12,7	12,5		8	20 h	5		13,9		9	21 h	6		15,3		10	22 h	7		16,7		11	23 h	8		18,1		12	24 h	9		19,5		13	1 h	10		20,9		14	2 h	11		22,3		15	3 h	12		23,7		16	4 h	13		25,1		17	5 h	14		26,5		18	6 h	15		27,9		19	7 h	16	51	29,3		20	8 h	17	62	30,7		21	9 h	18	68	32,1		22	10 h	19	79	33,5	
	A	B	C	D	E																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1			Mesures	1 ^{er} modèle																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2	Heure	Durée	B_n	B_n																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3	15 h	0	6,9	6,9																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4	16 h	1	8,1																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	17 h	2	9,6																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
6	18 h	3	11,1																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
7	19 h	4	12,7																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
8	20 h	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
9	21 h	6																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
10	22 h	7																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
11	23 h	8																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
12	24 h	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
13	1 h	10																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
14	2 h	11																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
15	3 h	12																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
16	4 h	13																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
17	5 h	14																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
18	6 h	15																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
19	7 h	16																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
20	8 h	17																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
21	9 h	18																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
22	10 h	19																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
heure	7 h	8 h	9 h	10 h																																																																																																																																																																																																																																																																																																
n (nombre d'heures écoulées depuis 15h)																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
B_n (nombre de bactéries en milliers)	51	62	68	79																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	A	B	C	D	E																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1			Mesures	1 ^{er} modèle	2 ^e modèle																																																																																																																																																																																																																																																																																															
2	Heure	Durée	B_n	B_n	B_n																																																																																																																																																																																																																																																																																															
3	15 h	0	6,9	6,9	6,9																																																																																																																																																																																																																																																																																															
4	16 h	1	8,1	8,3																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5	17 h	2	9,6	9,7																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6	18 h	3	11,1	11,1																																																																																																																																																																																																																																																																																																
7	19 h	4	12,7	12,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																
8	20 h	5		13,9																																																																																																																																																																																																																																																																																																
9	21 h	6		15,3																																																																																																																																																																																																																																																																																																
10	22 h	7		16,7																																																																																																																																																																																																																																																																																																
11	23 h	8		18,1																																																																																																																																																																																																																																																																																																
12	24 h	9		19,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																
13	1 h	10		20,9																																																																																																																																																																																																																																																																																																
14	2 h	11		22,3																																																																																																																																																																																																																																																																																																
15	3 h	12		23,7																																																																																																																																																																																																																																																																																																
16	4 h	13		25,1																																																																																																																																																																																																																																																																																																
17	5 h	14		26,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																
18	6 h	15		27,9																																																																																																																																																																																																																																																																																																
19	7 h	16	51	29,3																																																																																																																																																																																																																																																																																																
20	8 h	17	62	30,7																																																																																																																																																																																																																																																																																																
21	9 h	18	68	32,1																																																																																																																																																																																																																																																																																																
22	10 h	19	79	33,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																

Le premier paragraphe, nommé « Introduction », rappelle que pour fabriquer du yaourt il est nécessaire d'ajouter des bactéries au lait et pose comme question « *comment s'appellent les bactéries du yaourt ?* ». Les élèves font des recherches rapides sur internet pour répondre à la question. Ensuite, l'objectif est clairement énoncé : « *le but de ce TP et de prévoir l'évolution du nombre de bactéries présentes dans 1 g de préparation pour yaourt à partir de premières mesures faites pendant 4 heures.* ».

Dans le deuxième paragraphe, « Etude de différents types de modèles », on donne, dans la partie A, un tableau avec le nombre de bactéries en milliers présentes dans la préparation à 15 heures puis au bout d'une heure, de deux heures, de trois heures et de quatre heures. Des questions permettant de vérifier la compréhension du tableau par les élèves puis on demande de placer les points correspondants aux mesures faites dans un graphique donné dont les axes sont déjà gradués. La question 4 est : « *proposer une méthode pour prévoir le nombre de bactéries à 23 heures et à 7 heures le lendemain* ». Plusieurs méthodes sont proposées par les différents groupes qui seront détaillées lors de l'analyse de la séance par le modèle ESFI. La partie B, intitulée premier modèle, propose une modélisation par une suite arithmétique (non nommée) et on demande de créer une feuille de calcul Excel. De nouvelles mesures faites plus tardivement permettent d'invalidier le premier modèle et on propose alors dans la partie C une modélisation par une suite géométrique (non nommée) qui est aussi à étudier au tableur. Enfin, dans la partie conclusion, on demande aux élèves de comparer les trois modélisations : la leur, avec la suite arithmétique, avec la suite géométrique.

Par ailleurs, Dominique a prévu une poursuite du travail pour les élèves les plus rapides : faire tracer les nuages de points obtenus à partir des deux modèles.

Analyse de la séance à partir du modèle ESFI

Le but du TP est clairement énoncé : « *le but de ce TP et de prévoir l'évolution du nombre de bactéries présentes dans 1 g de préparation pour yaourt à partir de premières mesures faites pendant 4 heures* ». Pour la dimension 1, nous proposons le mode 2 : « l'enseignant propose le questionnement initial en lien avec l'expérience des élèves ».

On donne, dans un tableau, les résultats des premières mesures faites pendant 4 heures et les élèves doivent placer les points correspondants dans un repère. Les élèves sont ensuite amenés à proposer des méthodes pour prévoir le nombre de bactéries à 23 h et à 7 h le lendemain. Malgré la première question, contrairement à ce à quoi s'attendait l'enseignant, aucune modélisation graphique n'est envisagée. Par contre, après avoir calculé les augmentations entre deux mesures successives (1,2 1,5 1,5 1,6), des discussions entre les élèves se sont engagées et plusieurs méthodes ont été proposées : prendre comme augmentation la moyenne des quatre valeurs, la moyenne entre les valeurs extrêmes, ou encore choisir 1,5 car il apparaissait deux fois. Enfin, un groupe a remarqué que le nombre de bactéries doublait toutes les quatre heures. Les 30 minutes prévues pour cette question dans le carnet de bord de Dominique rempli avant la séance sont respectées. Nous considérons que nous sommes dans le mode 2 de la dimension 2 : « L'enseignant propose une situation connue permettant aux élèves de concevoir un protocole » même si la suite de la tâche est très guidée.

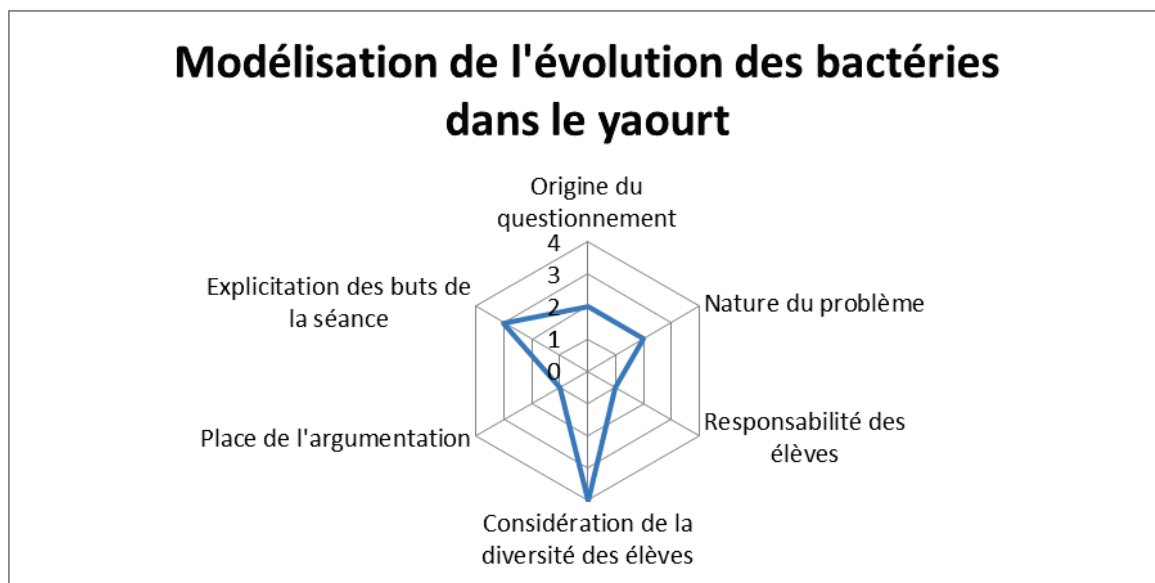
On propose aux élèves une modélisation par une suite arithmétique de raison 1,4. Puis, on leur donne d'autres mesures à confronter aux résultats obtenus avec la suite arithmétique pour voir leur divergence. Ce qui permet à l'enseignant de proposer une seconde modélisation avec une suite géométrique. L'utilisation du tableur est explicitement demandée. La séance sera terminée en deux heures comme prévu. Pour la dimension 3, nous proposons le mode 1 : « L'enseignant met en place les étapes de la DI ».

Pendant la séance, les élèves travaillent par groupe de deux ou trois. L'enseignant circule entre les groupes, il intervient peu, apporte un guidage adapté à l'avancement de chaque groupe et favorise les échanges entre les élèves. De plus, Dominique avait anticipé le fait que certains élèves n'auraient pas le temps d'aborder la modélisation géométrique et pour les plus rapides, il avait prévu de faire prolonger le travail par le tracé de courbes sur tableur : nous nous situons donc dans le mode 4 « certains élèves, ayant des besoins spécifiques, bénéficient d'une adaptation de la situation ».

L'enseignant favorise les échanges entre les élèves d'un même groupe, voire de deux groupes, mais fait rarement communiquer à la classe les propositions des élèves. Nous avons choisi le mode 1 « L'enseignant facilite la communication entre les élèves dans les groupes ou la classe ».

Nous avons observé qu'en circulant, l'enseignant faisait un bilan groupe par groupe en respectant l'avancée de chacun. De plus, à la fin du thème, chaque groupe d'élèves doit concevoir et présenter un diaporama, ce qui peut se rapprocher du mode 3 « les élèves expliquent ce qu'ils ont appris durant la séance ».

Cette analyse à partir du modèle ESFI permet d'obtenir la constellation suivante :



*Illustration 32. Constellation modèle ESFI, bactéries du yaourt, 2012-2013,
Dominique*

Travail documentaire

Un projet du même nom « Autour du yaourt » est proposé dans le « document Ressources MPS » (IV.1.1.2). Le projet fait 16 pages et implique les trois disciplines (mathématiques, SVT et SPC) mais pas les SI. Trois « sujets d'étude » sont proposés associés à une ou des

disciplines : la compréhension des transformations (mathématiques, SVT et SPC), l'influence des différents paramètres et conservation du yaourt (SVT et SPC) et le conditionnement du yaourt (mathématiques). Les ressources associées sont plus ou moins détaillées. Nous nous intéresserons à celle sur le conditionnement pour l'analyse de la seconde séance conçue par Dominique. Concernant cette première séance observée, il ne semble pas que le projet issu du « document Ressources MPS » puisse jouer un rôle de ressource mère conséquent.

Ici encore ce sont les ressources transmises par Isabelle qui vont jouer ce rôle. La fiche élève conçue par Dominique est très proche de celle d'Isabelle. On retrouve les points à placer dans un repère, les modélisations par une suite arithmétique et une suite géométrique, l'utilisation du tableur. Néanmoins, Dominique a ajouté deux questions : celle dans laquelle il demande aux élèves de proposer une méthode pour prévoir le nombre de bactéries et celle où il demande de comparer les trois modèles. Or, ce sont les questions sur lesquelles repose l'investigation. Ce qui nous amène à avancer l'hypothèse d'un développement de compétences de la part de Dominique concernant la compréhension et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI.

Les règles d'action que nous inférons pour cette séance reposent à nouveau sur les connaissances mathématiques mises en jeu en lien avec le programme de seconde (placer des points dans un repère) ou en anticipant sur celui de première (suites arithmétiques et géométriques) ainsi que sur l'utilisation du tableur.

A la fin de la séance, que nous avons observée, Dominique liste rapidement les difficultés rencontrées par les élèves qu'il a remarquées en circulant et qu'il n'avait pas anticipées (difficultés pour placer les points sur le graphique, difficultés sur la notation indicée, difficultés sur la notion de modélisation). Il envisage oralement des remédiations à moyen terme pour la séance avec le second groupe. Comme les photocopies sont déjà réalisées, il ne pense pas modifier la fiche élève distribuée qui est déjà photocopiée mais il prévoit de donner davantage d'informations oralement.

Le paragraphe suivant concerne la seconde séance conçue sur ce projet qui concerne le conditionnement du yaourt.

V.1.4.2 – LA DEUXIÈME SÉANCE : LA FORME DU POT DE YAOURT

La deuxième séance vise à optimiser la forme d'un pot de yaourt dont le volume est fixé. Après une succincte description de la séance et de la fiche élève conçue nous ferons une rapide analyse de la séance et du travail documentaire de l'enseignant.

Description de la séance

La séance a lieu en salle informatique équipée d'un vidéoprojecteur qui ne sera pas utilisé, d'un tableau blanc, et d'ordinateurs placés le long des murs. Il y a 17 élèves dans le groupe. Dominique a conçu une fiche élève de quatre pages (illustration 33) qu'il distribue dès le début de la séance. Il invite les élèves à se mettre en groupe (ceux déjà constitués) et leur demande d'allumer les ordinateurs.

« Autour du yaourt »
TP MATHS N°2

page 1

FORME OPTIMALE POUR LE CONDITIONNEMENT DU YAOURT

I) INTRODUCTION.

On souhaite conditionner les yaourts dans des pots dont le volume est 125 cm³. Pour des raisons économiques, on souhaite minimiser la quantité de matériau utilisée pour la fabrication d'un pot. En considérant l'épaisseur constante, on ramène le problème à l'étude de l'aire extérieure du contenant.

Deux modèles sont proposés ; un pot cylindrique et un pot conique (voir ci-contre). Ici, nous n'étudierons que le pot cylindrique.

II) GENERALITES SUR L'ETUDE DU POT CYLINDRIQUE

On appelle r , le rayon des parties inférieures et supérieures et h , la hauteur du cylindre.

- 1) Chercher une formule donnant l'aire du pot de yaourt
- 2) Chercher une formule donnant l'aire latérale du pot de yaourt

3) Chercher une formule donnant le volume du cylindre en fonction de h et de r . Expliquer alors pourquoi, si h et r sont exprimés en cm, doit avoir : $\pi r^2 \times h = 125$.

4) Devra-t-on jouer sur h ou sur r pour minimiser l'aire extérieure du pot ? Justifier votre réponse.

« Autour du yaourt »
TP MATHS N°2

page 2

III) ON FAIT VARIER LA VALEUR DE r .

On choisit de prendre la valeur du rayon r comme variable

1) Construire sur XL la feuille de calcul suivante :

	A	B	C	D	E	F
1	Volume	rayon	Aire du fond	hauteur	Aire latérale	Aire totale
2	125	0,5				
3	125	1				
4	125	1,5				

- 1) Quelle formule, à recopier vers le bas, doit-on entrer en C2 pour obtenir l'aire du fond?
- 2) Quelles formules, à recopier vers le bas, doit-on entrer en D2, E2 et F2 pour obtenir la hauteur, l'aire latérale et enfin l'aire totale ?
- 3) Quelles doivent être les dimensions du pot pour avoir une utilisation minimale de matériau ?
- 4) Illustrer votre résultat avec une courbe (éventuellement obtenue avec XL).
- 5) Montrer que la fonction $A(r)$ qui donne l'aire extérieure du pot en fonction de r est telle que $A(r) = \pi r^2 + 250/r$. Tracer la courbe de cette fonction sur la calculatrice pour r variant de 0,5 à 10 et affiner la valeur du minimum

IV) ON FAIT VARIER LA VALEUR DE h .

Cette fois, choisit de prendre la valeur de la hauteur h comme variable.

1) Construire sur XL la feuille de calcul suivante :

	A	B	C	D	E	F
1	Volume	hauteur	rayon	Aire du fond	Aire latérale	Aire totale
2	125	0,5				
3	125	1				
4	125	1,5				

- 2) Quelle formule, à recopier vers le bas, doit-on entrer en C2 pour obtenir la valeur du rayon?
- 3) Quelles formules, à recopier vers le bas, doit-on entrer en D2, E2 et F2 ?
- 4) Quelles dimensions obtient-on ici pour une surface totale minimale ?
- 5) On montre que la fonction $A(h)$ qui donne l'aire extérieure du pot en fonction de la hauteur h est $A(h) = 125/h + 10\sqrt{5\pi h}$. Trouver le minimum de cette fonction avec la calculatrice ou GeoGebra.

Illustration 33. Fiche élève, pot de yaourt, 2012-2013, Dominique,

La partie 1, introduction, pose explicitement le problème. : « On souhaite conditionner les yaourts dans des pots dont le volume est 125 cm³. Pour des raisons économiques, on souhaite minimiser la quantité de matériaux utilisée pour la fabrication d'un pot. En considérant l'épaisseur constante, on ramène le problème à l'étude de l'aire extérieure du contenant. Deux modèles sont proposés, un pot cylindrique et un pot conique. Ici nous n'étudierons que le pot cylindrique. ». Ensuite, les questions sont détaillées et conçues pour amener progressivement vers la réponse. L'utilisation du tableur est aussi très guidée.

Les élèves sont chargés de lire et de répondre aux questions. Dominique circule de groupe en groupe. Les élèves ont du mal à se lancer dans les activités et semblent davantage

préoccupés par les derniers devoirs de mathématiques, la moyenne du trimestre, le conseil de classe qui va décider de leur orientation en première. Après trente minutes, Dominique intervient pour rappeler que chaque pot doit contenir 125 cm^3 de yaourt, que la question consiste à minimiser la surface du pot de yaourt mais avec l'impératif du volume. Beaucoup de recherches menées par les élèves sur Internet aboutissent à d'anciens TP (MPS ou bien TPE) déjà résolus sur la même question. Parmi ceux-ci figure la fiche proposée dans le « document Ressource MPS ». Certains élèves essaient de copier les réponses sans réellement les comprendre. Le travail se poursuit de façon diverse selon les groupes, certains avancent avec l'aide ponctuelle de Dominique et montrent une bonne maîtrise du tableur et une bonne compréhension du problème. D'autres groupes semblent peu impliqués et ne progressent pas. Ils montrent des difficultés sur l'utilisation du tableur (oublient le signe égal avant les formules, ne savent pas mettre au carré, ne savent pas utiliser la poignée de recopie). Ils éprouvent aussi des difficultés pour faire le lien avec l'activité mathématique.

Travail documentaire de l'enseignant

Les élèves doivent déterminer la forme optimale d'un pot de yaourt cylindrique de volume 125 cm^3 en minimisant l'aire extérieure. Isabelle ne semble pas avoir traité ce problème. Dans les ressources transmises à Dominique, après la fiche « Modéliser l'évolution des bactéries », venait une fiche élève intitulée « Contrôle de qualité, échantillonnage et simulation », et une autre visant à « Minimiser un trajet ».

Cette tâche figure par contre dans le projet « Autour du yaourt » proposé pour le thème « Science et aliments » du « document ressource MPS » (IV.1.1.2) et elle est associée explicitement aux mathématiques. Le premier paragraphe déjà cité y figure mot pour mot : « *On souhaite conditionner les yaourts dans des pots dont le volume est de 125 cm^3 . Pour des raisons économiques, on souhaite minimiser la quantité de matériau utilisée pour la fabrication d'un pot. En considérant l'épaisseur constante, on ramène le problème à l'étude de l'aire extérieure du contenant.* ». Dans le « document Ressources MPS » les deux modèles sont étudiés : le pot cylindrique et le pot conique. Dominique restreint la tâche au pot cylindrique en justifiant son choix dans son carnet de bord : « *j'avais prévu une étude sur le dimensionnement d'un pot cylindrique et une autre sur un pot conique (comme sur Eduscol), mais j'ai réalisé que la partie sur le pot conique serait trop compliquée pour mes élèves.* ». Ensuite le « document Ressources MPS » se contente de donner des pistes. Il est ainsi suggéré d'utiliser le tableur pour minimiser et de laisser les élèves partir avec les deux variables possibles : le rayon du cylindre et la hauteur du pot. Ce sont ces suggestions que Dominique suit en décomposant la tâche en questions détaillées. Il n'utilise pas d'autres pistes proposées : conception de patrons, de figures dynamiques avec des logiciels de géométrie dynamique.

On note, pour la première fois de l'année, une prise de distance de la part de Dominique par rapport aux ressources transmises par Isabelle. Dominique délaisse les propositions de séances d'Isabelle (« Contrôle de qualité, échantillonnage et simulation » et « minimiser un trajet » à l'aide d'un algorithme de plus court chemin dans un graphe) au profit d'une des séances proposées pour ce projet dans le « document Ressources MPS ».

Notre analyse de la séance

La séance ne semble pas conçue comme fondée sur une DI : le problème est explicitement posé dans la première question, la démarche est imposée, il y a les questions intermédiaires de

difficultés graduées qui conduisent à la solution. L'outil utilisé, le tableur est aussi choisi par l'enseignant et encore une fois les questions sont graduées et détaillées. Il est vrai que le projet du « document Ressources MPS » ne donnait aucune indication quant à une démarche d'investigation. Il semble peu pertinent d'utiliser le modèle ESFI ici.

Concernant la gestion de la séance, les groupes doivent se constituer tout de suite et allumer les ordinateurs. Les photocopies sont distribuées et les élèves doivent travailler seul dès le départ. Il n'y a pas de phase d'appropriation du problème par les élèves. L'enseignant ne vérifie pas que les questions sont correctement comprises. Les élèves ont, pour la plupart, du mal à se lancer dans l'activité, leur esprit est occupé par d'autres problèmes liés au dernier devoir de mathématiques, à la moyenne du trimestre. L'appropriation du problème et la dévolution du problème ne se font pas facilement et contrairement aux autres séances. Deux groupes d'élèves ne réussiront pas à entrer dans l'activité. A la fin de la séance, Dominique semble conscient de ce manque d'appropriation et de compréhension du problème et envisage une régulation à moyen terme pour la séance suivante et en particulier de mieux expliquer que le volume est fixé à 125 cm^3 . Il dit néanmoins être satisfait par le travail des élèves.

Dominique dit avoir eu peu de temps pour préparer ce TP. Il a aussi perdu du temps pour la mise en forme du document distribué, et en particulier pour les figures, un cylindre et un cône. À la fin de cette séance, Dominique nous informe qu'il est soumis à une mesure de carte scolaire car son poste est supprimé l'année prochaine. Il est inquiet de se retrouver dans un collège et souhaiterait rester en lycée.

Pendant cette séance, les composantes sociale et personnelle sont particulières. Les élèves semblent inquiets pour leurs moyennes et le conseil de classe qui va décider de leur orientation en première. Dominique est aussi inquiet. La mesure de carte scolaire dont il est l'objet induit un risque fort de changement d'établissement et il craint de se retrouver en collège. Malgré ce doute, Dominique envisage malgré tout des régulations à long terme sur ce thème qui font l'objet du paragraphe suivant.

V.1.4.3 – RÉGULATIONS À LONG TERME ENVISAGÉES POUR LE SECOND THÈME

Rencontré en fin de thème, Dominique nous a fait part des modifications qu'il envisageait d'apporter aux séances conçues pour ce projet « Autour du yaourt » s'il le conservait l'année prochaine.

Dominique compte garder le TP sur l'évolution du nombre de bactéries par contre, il pense remplacer le TP sur la forme du pot de yaourt par un TP sur les échantillons réalisés par Isabelle sur ce thème. En mathématiques, il s'est rendu compte que la notion d'échantillon qui lui paraissait simple est en fait compliquée pour les élèves. La notion d'échantillon est au programme de seconde en statistiques. Nous retrouvons une des règles d'action déjà plusieurs fois rencontrée « faire le lien avec le programme de seconde ».

Concernant la séance sur l'évolution du nombre de bactéries, Dominique dit que la partie la plus intéressante était la question où les élèves devaient imaginer eux-mêmes une modélisation pour l'évolution du nombre de bactéries. L'année prochaine il pense donner une première série de mesures, laisser les élèves imaginer une modélisation, puis donner une

seconde série de mesures. Les élèves pourraient ainsi se rendre compte par eux-mêmes que la modélisation choisie (majoritairement sous forme d'une suite arithmétique de raison 1,4), qui semblait convenir au début, diverge des mesures obtenues par la suite. Les élèves qui avaient remarqué que la quantité de bactéries doublait toutes les 4 heures pourraient se rendre compte qu'il n'y a pas d'étapes intermédiaires, qu'il manque des choix. Après constatation que leur modèle ne convient pas, Dominique pourrait amener le modèle géométrique.

V.1.5 - CONCLUSIONS SUR LA PREMIÈRE ANNÉE D'OBSERVATION, ÉLÉMENTS DE RÉPONSES À NOS QUESTIONS DE RECHERCHE

Après la première année d'observation nous faisons un point sur les éléments de notre recherche à partir des cadres théoriques mobilisés : les tâches perçue et redéfinie, l'analyse des pratiques à partir des cinq composantes, la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI, le travail documentaire en lien avec les collectifs ou encore le développement de compétences professionnelles.

Tâches perçue et redéfinie

Pour tenter de cerner les tâches perçue et redéfinie, nous croisons nos observations avec les informations obtenues lors des entretiens. Interrogé, en fin d'année, sur les objectifs principaux des MPS, Dominique a dressé spontanément une liste de quatre objectifs :

- faire des choses que l'on n'a pas le temps de voir pendant le cours de mathématiques, comme la fonction exponentielle, des fonctions compliquées, une première approche sur les suites, l'utilisation de la fonction minimum de la calculatrice ;
- mettre en application sur des cas concrets des choses vues pendant le cours de mathématiques, comme une utilisation des fonctions affines ;
- réfléchir à une démarche sans que l'on donne quoi que ce soit aux élèves, prendre un temps de recherche que l'on n'a pas en mathématiques sauf peut-être les rares fois où l'on fait des problèmes ouverts ;
- faire la synthèse entre SPC, SVT, et mathématiques, mais il ajoute que ce n'est pas évident.

L'ensemble de ces réponses semblent en adéquation avec les règles d'actions que nous avons inférées : « il faut réutiliser les connaissances du collège », « il faut faire le lien avec le programme de mathématiques de seconde », « il faut utiliser la calculatrice, le tableur, GeoGebra », « il faut introduire de nouvelles notions qui seront vues les années suivantes » ou encore « il faut laisser un temps de recherche ».

Ensuite, en réponse à nos questions, Dominique précise qu'il est important qu'il y ait un apport de connaissances nouvelles. Il dit faire la même chose en mathématiques : ne pas hésiter à déborder du programme si l'occasion se présente et à parler de choses que les élèves verront les années suivantes comme le schéma de Bernoulli.

Selon Dominique, l'utilisation des TICE n'est pas un objectif spécifique des MPS. Il les considère davantage comme des outils que l'on utilise aussi en mathématiques. Il répond que dans cet établissement, il est très facile d'obtenir une salle informatique. Il utilise donc les

ordinateurs de façon très régulière en mathématiques ainsi que la calculatrice.

Le travail de groupe des élèves doit être un des objectifs de MPS mais Dominique dit qu'il n'y a pas réfléchi. Il considère que le véritable travail de groupe se fait au moment du travail de synthèse pour préparer le diaporama et la présentation orale. Pendant les séances de TP les élèves travaillent à deux ou trois, comme ils pourraient le faire aussi en mathématiques avec leur voisin de table. Il dit régulièrement inciter les élèves à faire appel à leurs voisins pour expliquer quelque chose qu'ils n'ont pas compris en mathématiques, il reste attentif à la façon dont le voisin explique avec ses propres mots. Il pense faire travailler régulièrement les élèves en groupe mais d'une manière non formalisée.

En réponse à ma remarque selon laquelle, contrairement à ce que j'ai observé dans les autres classes, les élèves ne passent jamais au tableau pendant ses séances pour expliquer à leurs camarades l'avancée de leur travail. Il dit ne pas y avoir pensé et qu'en plus il n'y a pas trop le temps. Il pense que ces séances sont construites en deux phases, une phase où les élèves se débrouillent seuls, une phase où l'enseignant apporte un outil, une méthode, une démarche.

Dominique rappelle aussi l'importance pour lui d'avoir les élèves de MPS en cours de mathématiques. Cela lui permet d'envisager un travail différent en MPS pour chaque groupe en fonction de sa connaissance des élèves. Et cela lui permet de faire régulièrement référence en mathématiques à ce qui a été fait en MPS.

À partir de nos observations et des réponses obtenues en entretiens, nous inférons que Dominique considère tout d'abord les MPS comme un temps supplémentaire pour faire des mathématiques : réutiliser des connaissances de collège, mobiliser des connaissances du programme de seconde, introduire de nouvelles connaissances qui seront vues en première et en terminale ou encore travailler avec les TICE. Pour réaliser cela, il s'appuie sur ses connaissances professionnelles des différents programmes, mais également des difficultés rencontrées par les élèves à leur entrée en seconde, aussi bien sur les contenus disciplinaires que sur l'utilisation des TICE (tableur, GeoGebra, etc.). Dominique connaît aussi les attentes de l'institution concernant la mise en œuvre de résolution de problèmes et d'applications pluridisciplinaires mais il considère manquer de temps pour cela dans ses cours disciplinaires (séances trop courtes, programme à terminer). Ainsi, dans la tâche perçue par Dominique en MPS figure la mise en œuvre de séances fondées sur des DI, c'est d'ailleurs à cette requête qu'il a répondu en acceptant nos visites (voir III.2). Néanmoins, Dominique assimile, au moins dans ses réponses orales, la résolution de problème, les problèmes ouverts et les démarches d'investigation. Il conçoit leur mise en œuvre comme un temps de recherche de la part des élèves pendant lequel ils se débrouillent seuls, suivi d'un temps où l'enseignant apporte de nouvelles connaissances ou une nouvelle méthode. Dans le cas de Dominique, malgré nos nombreux entretiens, nous ne parvenons toutefois pas à différencier la tâche perçue de la tâche redéfinie au bout de cette première année.

Les pratiques à partir des cinq composantes

Pour Dominique, la composante cognitive semble essentielle en relation avec son objectif d'utiliser et d'acquérir des connaissances en lien avec les programmes de mathématiques de collège et de lycée. On remarque aussi une volonté de rigueur le conduisant à soulever des questions que les élèves ne s'étaient pas posées (pourquoi la différence entre deux impairs est-

elle paire ?). Chaque séance conduit à utiliser les TICE (tableur, GeoGebra et dans une moindre mesure la calculatrice) mais toujours en lien avec le programme de seconde (algorithmique, fonctions, etc.).

Nous reviendrons sur la composante médiative dans le paragraphe suivant mais nous notons ici aussi une régularité dans la gestion des séances menées individuellement. Celles-ci reposent à chaque fois sur une fiche élève de plusieurs pages conçue par Dominique, puis photocopiée, et distribuée dès le début de la séance. Pendant toute la séance, les élèves travaillent en autonomie (certes guidés par la fiche élève détaillée), soit seuls, soit par petits groupes. Ils ont aussi la liberté de se déplacer. Le professeur circule en permanence d'un groupe à l'autre guidant les élèves sans apporter directement la réponse. À quelques reprises, pendant la séance, il reprend la parole et demande l'attention de toute la classe. Il utilise alors le plus souvent le tableau blanc de la classe pour noter les informations données. Si, pendant ces rares interventions en classe entière, Dominique encourage les élèves à partager oralement l'avancée de leurs réflexions, ils ne sont cependant jamais invités à passer au tableau.

Dans cet établissement, on note une certaine considération portée à cet enseignement d'exploration probablement corrélée à la présence de projets initiés par des équipes, et ce depuis la création des MPS en 2010 (voir V.I.6) et dans le même temps des professeurs volontaires pour s'y engager (Isabelle, Caroline, Geneviève). Les équipes pédagogiques disposent de moyens pour acheter du matériel ou envisager des sorties. En cas de besoin il est aussi facile de trouver une salle informatique disponible sur simple demande auprès de l'administration. Concernant la composante sociale, Dominique est satisfait d'avoir les mêmes élèves en MPS et en mathématiques et le formule régulièrement. Il dit aussi que ses échanges avec Isabelle, en juin, l'ont rassuré sur son implication en MPS et il utilise de façon quasi-systématique les ressources qu'elle lui a transmises. Enfin, même s'il dit éprouver des difficultés pour concevoir des séances MPS, Dominique reconnaît que ses études d'ingénieurs sont un atout et qu'il donne déjà régulièrement des exercices avec des applications pluridisciplinaires issues de l'électrotechnique, la physique-chimie ou l'économie.

Conception et mise en œuvre de séances fondées sur des DI

Dominique connaissait notre sujet de recherche et il était convenu qu'il nous préviendrait lorsque la séance était fondée sur une DI (voir méthodologie III. 2). Nous avons ainsi assisté à quatre séances considérées par l'enseignant qui les a conçues comme fondées sur une DI : détermination de l'heure du décès (V.1.3.1), décodage (V.1.3.3), modélisation du nombre de bactéries dans le yaourt (V.1.4.1), forme d'un pot de yaourt (V.1.4.2). Selon nous, la dernière de ces séances ne répondait pas aux critères d'une investigation (voir V.1.4.2), il reste donc trois séances que nous avons observées et analysées avec le modèle ESFI.

Les séances reposent bien sur un questionnement initial, soulevé par les élèves pour la détermination de l'heure du décès, et amené par l'enseignant pour le décodage et le nombre de bactéries dans le yaourt. Ce questionnement s'inscrit à chaque fois dans un projet, un thème, qui dépasse la seule séance en cours.

Pour les deux premières séances, la phase des conjectures est absente. Pour la détermination de l'heure du décès, l'utilisation de la température du corps est imposée par le professeur. À partir des deux mesures connues, des modélisations sont proposées et pour chacune d'elles le travail est décomposé en étapes détaillées. Pour la séance sur le décodage,

les élèves se contentent de comprendre et appliquer différentes méthodes de codage données ici aussi par l'enseignant. Cette phase est mieux prise en compte pour la séance sur le nombre de bactéries dans le yaourt. On observe une phase de recherche conséquente, de trente minutes, pendant laquelle les élèves, par groupes, peuvent proposer des méthodes. Néanmoins, l'enseignant reprend ensuite la direction de la séance en donnant ses propres modèles et en guidant les élèves par des questions détaillées et progressives, même lorsqu'il s'agit de réutiliser des connaissances antérieures. Pour chacune des trois séances, c'est à chaque fois l'enseignant qui met en place les étapes de la DI. Le choix d'utiliser le tableur ou encore GeoGebra revient aussi toujours au professeur.

Les élèves travaillent en groupes de deux ou trois. L'enseignant favorise les échanges entre les élèves d'un même groupe mais fait rarement communiquer à la classe les propositions des différents groupes. La place de l'argumentation est ainsi limitée au groupe, sauf le jour de la synthèse finale. L'enseignant circule et apporte un guidage adapté à l'avancement de chaque groupe. On note une bonne gestion de la diversité des élèves certainement due aux années d'expérience de l'enseignant et au fait qu'il connaît bien les élèves qu'il a aussi en cours de mathématiques.

L'enseignant fait régulièrement le bilan de l'avancée du travail, soit au tableau pour la classe entière, soit en circulant entre les groupes. Par ailleurs, les élèves doivent concevoir en fin de thème un diaporama de synthèse qui sera présenté devant la classe.

Ainsi, l'analyse des séances observées, considérées par l'enseignant qui les a conçues comme fondées sur une DI, aboutit à des constellations (illustrations 18, 30, 32) à partir du modèle ESFI dont certaines branches sont atrophiées, celles concernant la nature du problème, la responsabilité des élèves et la place de l'argumentation. Ces premières observations semblent correspondre aux résultats obtenus en physique-chimie (Mathé, 2010), où, dans les DI mises en place par les enseignants, les moments de formulation d'hypothèses et de conception de protocoles étaient souvent absents, l'expérimentation se réduisant à une phase de manipulation pendant laquelle les élèves suivaient un protocole commun à toute la classe. De façon semblable, en mathématiques, il semble que les phases de conjectures et de mises en place de démarches soient sous la responsabilité de l'enseignant.

À cette étape de notre travail, notre hypothèse est que, pour mettre en œuvre des DI, la phase des conjectures est la plus complexe à anticiper et à gérer et que les enseignants laissent peu de responsabilités aux élèves à ce moment crucial de la DI. Peut-être afin d'éviter les imprévus didactiques, comme se retrouver face à des conjectures ou des méthodes non anticipées.

Développement professionnel concernant les DI

Concernant le développement de compétences professionnelles liées à la conception et à la soutenance de séances fondées sur des DI nous remarquons que, pour les séances mises en place pour le second thème, Dominique a beaucoup mieux anticipé la durée nécessaire pour chaque séance. Lors du premier thème, les tâches proposées étaient beaucoup trop longues pour être traitées en deux heures. De plus, on note une meilleure prise en compte de la diversité des élèves. L'enseignant prévoit à la fois les difficultés de certains et une poursuite de l'activité, donnée oralement, aux groupes les plus rapides.

Pour la séance sur la modélisation du nombre de bactéries dans le yaourt, même si le

professeur reprend la main rapidement, il y a une phase de recherche conséquente, de trente minutes, pendant laquelle les élèves, par groupe, peuvent proposer des méthodes. Ceci permet d'atteindre le mode 2 pour la dimension sur la nature du problème. Cette phase de recherche n'était pas présente dans les ressources transmises par Isabelle et qui ont pourtant servi de ressource-mère. Elle a été ajoutée par Dominique, montrant une meilleure prise en compte de l'investigation lors de la conception des séances. Ensuite, en fin de séance, les élèves sont amenés à réfléchir sur les trois modélisations mises en œuvre.

Par ailleurs, lors de la détermination de l'heure du décès, les différentes modélisations se suivaient sans que les élèves aient pris conscience de l'inefficacité de la précédente. Par contre, sur la modélisation du nombre de bactéries, le second modèle n'est donné qu'après que les élèves ont remarqué que le premier était inadéquat. Même si c'est toujours l'enseignant qui met en place les étapes de la DI, les élèves sont amenés à mieux en percevoir les différentes étapes.

Le travail documentaire en lien avec les collectifs

Les ressources citées sont principalement celles des autres collègues impliqués en MPS. Elles concernent aussi bien le projet global que les séances menées individuellement mais ce ne sont pas les mêmes collectifs qui interviennent. Pour le premier thème, le scénario soutenant l'intrigue sur laquelle repose tout le projet est conçu par un travail collectif restreint entre des professeurs des deux équipes pluridisciplinaires réunies. Ceux qui participent sont principalement ceux qui étaient déjà impliqués l'année précédente. Le scénario est ensuite partagé et suivi par tous. Pour les séances menées individuellement, les ressources sont alors transmises par l'autre professeur de mathématiques. Mais Isabelle transmet les ressources sans les accompagner de descriptions d'usages suffisantes (Gueudet et Trouche, 2007). Ce qui rend leur appropriation par Dominique compliquée. C'est ici un autre collectif qui intervient celui des professeurs de mathématiques du lycée impliqué en MPS.

Ainsi, Dominique est impliqué dans un double collectif. Celui de l'équipe pluridisciplinaire (mathématiques, SVT et SPC) et celui disciplinaire des professeurs de mathématiques du lycée impliqués en MPS. C'est au sein de ce dernier collectif que le professeur de mathématiques va trouver les ressources pour les séances menées individuellement. Celui pluridisciplinaire conduit à des ressources liées au projet plus global ou encore à l'évaluation.

Nous observons par ailleurs une prise d'initiative progressive de la part de Dominique. En début d'année, il se laisse davantage porter par le collectif pluridisciplinaire large composé des deux équipes pédagogiques MPS. À la fin du premier semestre, quand il s'agit d'évaluer les élèves et de prévoir le second thème, le collectif pluridisciplinaire se restreint à l'équipe pédagogique MPS de la classe. On observe, à ce moment-là, une prise de responsabilités de la part de Dominique qui prend en charge la mise en forme des ressources conçues pour soutenir le projet collectif, grilles d'évaluation et planning, qu'il transmet ensuite par mail à ses collègues. Enfin, pour la dernière séance, il se détache pour la première fois des ressources transmises par Isabelle et choisit un tout autre contenu. Il se tourne alors vers le « document Ressources MPS ».

Afin d'apporter un autre éclairage, nous proposons dans le paragraphe suivant de nous intéresser au groupe MPS du même établissement et qui fonctionne de façon indépendante sur

le thème « Science et œuvres d'art ».

V.1.6 - UN AUTRE COLLECTIF MPS SUR LE THÈME DE L'ART

L'année suivante, en 2013-2014, nous avons pu observer quelques séances conçues et soutenues par Geneviève, l'enseignante de mathématiques du lycée impliquée depuis la première année en MPS mais qui a initié, avec Caroline sa collègue de SPC, des projets différents dans le thème « Science et œuvres d'art ». Nous présentons ci-dessous les projets et le travail du collectif pluridisciplinaire, puis le travail réalisé pendant les séances menées individuellement par Geneviève (V.1.6.1). Nous ferons ensuite les comptes rendus d'entretiens menés avec les professeurs de SPC (V.1.6.2) et SVT (V.1.6.3) qui interviennent avec elle sur ces projets avant d'apporter nos conclusions sur ce collectif MPS (V.1.6.4).

V.1.6.1 – LE PROFESSEUR DE MATHÉMATIQUES : GENEVIÈVE

Geneviève enseigne les mathématiques et est impliquée en MPS depuis son lancement en 2010. La première année, les deux thèmes traités par son groupe MPS étaient « Science et œuvres d'art » et « Science et investigation policière ». À partir de la deuxième année, le thème « Science et investigation policière » a été abandonné sur son initiative et celle de Caroline, le professeur de SPC, au profit d'un projet sur « L'habitat réunionnais sous toutes ses formes ». L'autre enseignant impliqué depuis 2011 est un professeur de SVT nommé Matthieu. L'équipe est donc restée stable ces deux dernières années.

Geneviève justifie le choix de « Science et œuvres d'art » par le fait qu'elle-même peint, dessine, aime l'art et que les élèves ont quant à eux peu de connaissances sur ce sujet. Geneviève veut apporter aux élèves un éclairage sur la peinture, leur dire qu'il n'est pas nécessaire d'avoir de grandes connaissances pour pouvoir visiter un musée. Elle souhaite rester sur la découverte, donner le goût de l'art.

Pour la première séance sur le thème « Science et œuvres d'art », tous les professeurs et tous les élèves de la classe sont présents. Les professeurs proposent une mini-exposition aux élèves avec des reproductions de tableaux qui appartiennent à Geneviève. Les élèves regardent, donnent leurs impressions, leurs émotions. L'objectif est de montrer aux élèves que l'on peut réagir face à des peintures même sans être connaisseurs. On leur demande ensuite de classer ces peintures sans préciser de quelles façons. Plusieurs méthodes sont envisagées par les élèves : paysage/personnage, différents styles de peintures (aquarelle, pastels secs ou gras), mouvements différents (impressionnisme, pointillisme...), différentes perspectives (point de fuite, cavalière), etc. Comme le lycée a acheté du matériel (peinture, pigments...) à la fin de la séance, on laisse les élèves essayer, faire des mélanges et peindre.

Pour la deuxième séance du thème, une visite au musée Léon Dierx (musée d'art situé à Saint-Denis) est organisée. Les élèves sont guidés par le conservateur du musée qui sélectionne les toiles en fonction de la demande de Geneviève mais qui peut aussi répondre aux questions des élèves sur d'autres toiles. Une visite dans la villa créole située en face du musée permet aussi de visiter une exposition d'un artiste contemporain et d'anticiper sur le projet suivant sur l'architecture créole.

Ensuite, les élèves sont répartis en demi-groupes avec un seul professeur. Pendant les séances MPS, Geneviève est dans la salle banalisée équipée d'un grand tableau noir avec un écran blanc qui se déroule et d'un vidéoprojecteur. Il s'agit de la salle dans laquelle elle enseigne les mathématiques habituellement. Les deux séances qu'elle anime individuellement portent sur la perspective. Lors de la première séance, les élèves regardent des reproductions de peinture et des photos projetées sur l'écran blanc. Ces reproductions sont choisies en rapport avec la perspective. Geneviève s'appuie sur les connaissances des élèves (du collège et de la visite du musée) pour dégager les notions principales : la ligne d'horizon, les points de fuite, etc. Elle apporte aussi des connaissances historiques sur la perspective qui se met en place à la Renaissance. Ensuite, les élèves dessinent un cube sous différents points de vue, ce qui permet de poser les bases théoriques. Les élèves visionnent à nouveau des tableaux dans lesquels les règles de perspectives ne sont pas respectées et terminent la séance en représentant au crayon noir le conservatoire des Mascarins (vieille case créole) avec deux points de fuite à partir d'une photo projetée dans laquelle on voit deux faces.

Lors de la deuxième séance menée par Geneviève, les élèves dessinent un dallage et posent un cube dessus. Ils apprennent à accentuer l'effet de perspective par le jeu des couleurs. La mise en couleur se fait à partir d'aquarelles. Geneviève apporte aussi des connaissances sur le travail de l'aquarelle, le cercle chromatique.

Pendant deux ans, Geneviève a travaillé avec un artiste en résidence au lycée qui est intervenu pour donner aux élèves la technique de la perspective avec les couleurs (foncé devant, clair derrière) ainsi qu'une approche philosophique et historique de la perspective. Une année, elle avait fait travailler les élèves sur Léonard de Vinci, les proportions, le nombre d'or mais en restant davantage sur la pratique que sur le point de vue mathématiques. En fin de projet, les élèves sont invités à créer des productions personnelles qui sont ensuite affichées au CDI.

Le second projet est « L'architecture réunionnaise sous toutes ses formes ». Geneviève justifie le choix du sujet suite à un stage sur l'architecture réunionnaise organisée par la DACOI (Direction des Affaires Culturelles de l'Océan Indien). Par ailleurs, sa fille est élève en école d'architecture qui est située dans la même ville que le lycée, et, sur les fiches d'orientations remplies par les élèves, elle a vu que certains d'entre eux étaient motivés pour des études d'architecture. Le projet commence par la visite du « Conservatoire national botanique des Mascarins » situé dans les hauts de Saint-Leu. La visite est guidée par un des médiateurs.

Le travail réalisé en groupe pendant les séances suivantes repose sur la perspective cavalière traitée de manière différente qu'en peinture. Geneviève donne aux élèves les vues de face, de dos, de côté d'une petite case créole et les élèves doivent la représenter en perspective cavalière (deux faces au choix), en respectant les distances, les mesures. Ils peuvent aussi en faire une maquette. Elle fait ensuite travailler les élèves sur les lambrequins (petites frises en bois ou en tôle qui décorent les maisons créoles) avec une partie théorique sur les frises. Elle cite pour ce travail une ressource trouvée sur le site de l'IREM (Tournès, 1996).

Aucune séance commune n'est prévue en fin de projet et aucune évaluation du travail des élèves n'est envisagée. Ainsi, rien n'apparaît sur le bulletin de l'élève concernant les MPS. La production est artistique : peintures, dessins, maquettes.

Les élèves viennent tous de la même classe et Geneviève a cette même seconde en mathématiques. Elle dit préférer cette situation, elle les connaît et en même temps elle découvre les élèves dans un contexte différent lors des sorties. Par ailleurs, elle trouve que l'art permet de travailler de manière différente et enrichissante pour l'élève, que même les élèves peu intéressés se réveillent et se révèlent. En ayant les élèves en mathématiques, elle peut aussi « *glisser un mot sur les MPS* » en mathématiques ou le contraire.

Travail documentaire

En termes de préparation, Geneviève passe de longues heures sur Internet. Le temps de préparation est « *fou* » selon elle. Elle a du mal à identifier précisément ses ressources et même d'où lui viennent les idées de départ. Elle cite dans le désordre ses connaissances de la peinture, les échanges avec sa fille, les stages auxquels elle participe parfois avec Caroline, des visites effectuées lors d'un voyage scolaire en Espagne, des séances mises en œuvre en première L avec d'anciens programmes, le site de l'IREM de La Réunion, ses échanges avec l'artiste en résidence au lycée, des visites d'expositions, etc. Selon Geneviève, c'est un gros investissement mais aussi un renouveau.

Parmi les ressources citées par Geneviève figure le « document Ressources MPS » (IV.1.1.2) et en particulier le projet « Autour d'un tableau du XV^e siècle » issu du thème « Science et œuvres d'art ». Ce projet fait 19 pages. La problématique suggérée est : « En quoi la science a-t-elle fait évoluer l'art à la Renaissance ? ». Les sujets d'étude proposés sont associés à des disciplines. Trois sujets portent sur l'apport de la peinture à l'huile : « Thixotropie et autres comportements surprenants (SPC) », « maîtriser la couleur (SPC, SVT) », « séchage (SPC, SVT) ». Les autres sujets concernent « la conservation et protection des œuvres (SVT) », « l'émergence des représentations anatomiques (SVT, Maths) », « la lecture scientifique d'une œuvre (SPC, Maths) ». Enfin, on trouve un sujet sur « l'apport de la perspective centrale (SPC, Maths) ». Concernant la perspective cinq activités sont proposées. La première activité propose de dégager les règles de la perspective centrale de façon empirique par l'observation de reproductions de tableaux dans lesquels la perspective est respectée et d'autres dans lesquels elle ne l'est pas. La deuxième activité suggère la réalisation du perspectographe de Dürer et de dessiner la perspective à la façon de Dürer en dégageant les règles (points de fuite, ligne d'horizon) puis de représenter trois figures : un damier dessiné sur le sol, un cube posé sur le sol, un cercle dessiné sur le sol. La troisième activité intitulée « Des droites parallèles qui sont concourantes ? » vise à modéliser la situation à l'aide de GeoSpace et GeoGebra. La quatrième activité propose de représenter en perspective des pavages à partir de modèles. La dernière activité dont le titre est « Enquêtes sur un tableau » utilise les connaissances acquises pour chercher sur le tableau le maximum d'informations sur la position du peintre, de la lumière, etc. On trouve aussi une fiche technique sur comment insérer une image dans une figure géométrique avec le logiciel GeoGebra.

Cette ressource est citée rapidement par Geneviève comme ressource-mère en 2010 mais elle dit qu'après la première année elle s'en est détachée parce qu'elle l'a trouvée trop mathématique et qu'elle voulait « *rester sur une écriture artistique* ». Elle continue malgré tout à utiliser les tableaux suggérés dans le « document Ressources MPS » dont « La vierge du Chancelier Rolin » et « Les époux Arnolfini » de Jan Van Eyck (1390-1441) ou encore « Le Prêteur et sa femme » de Quentin Metsys (1465/1466-1530). Elle a aussi gardé une

partie des activités proposées par le « document Ressources MPS » comme dégager les règles de la perspective centrale de façon empirique par l'observation de reproductions de tableaux dans lesquels la perspective est respectée et d'autres dans lesquels elle ne l'est pas, ou encore dessiner la perspective en dégageant les règles (points de fuite, ligne d'horizon) puis représenter un damier dessiné sur le sol avec un cube posé dessus. Ainsi, même si Geneviève a choisi de ne pas suivre totalement l'approche mathématique présente dans le « document Ressources MPS » ses séances reprennent certaines activités proposées dans le document d'accompagnement des programmes.

A partir de ces différentes ressources, Geneviève conçoit ses séances. La première repose sur un support numérique projeté sur l'écran avec les différents tableaux cités et des photos. Pour cette séance, Geneviève distribue aussi aux élèves un texte photocopié avec des apports historiques sur la perspective. Pour la dernière séance de l'année, elle distribue aussi le plan détaillé avec toutes les mesures de chaque façade de la petite case créole qui est à représenter en perspective cavalière. Sauf erreur, Geneviève ne distribue aucun autre support qu'elle aurait conçu. Par contre, à chaque séance elle fournit du matériel aux élèves : des feuilles blanches, des crayons noirs, de la peinture aquarelle... Elle utilise aussi régulièrement le tableau noir et des craies de couleurs pour accompagner le travail des élèves sur le dessin du conservatoire des Mascarins, le dallage, la case créole. Ainsi, Geneviève distribue très peu de photocopies aux élèves en MPS. Ses séances reposent sur peu de supports. Les informations sont apportées oralement. Un dialogue s'engage entre le professeur et les élèves sous forme de questions/réponses. Les élèves dessinent beaucoup et Geneviève les accompagne en produisant un travail similaire au tableau. Elle circule aussi beaucoup dans les rangs et apporte une aide ciblée à chaque élève.

La tâche perçue et redéfinie

Interrogée sur ses objectifs comparativement à ceux du programme MPS, Geneviève reconnaît avoir au fil des ans volontairement redéfini la tâche prescrite. Après la première année pendant laquelle elle avait voulu mettre davantage de théorie, elle s'est recentrée sur une approche davantage artistique : l'apport des mathématiques n'apportant alors qu'un éclairage supplémentaire sur la perspective. *« Toute la partie raisonner, argumenter, etc., toute la partie mathématique je l'ai éliminé de mon champ d'action de manière consciente. En fait, oui, je crois que je me refusais à parler d'art de manière théorique et uniquement mathématique, l'éclairage à mon avis était suffisant, ce n'est pas possible de parler de peinture sans s'y mettre, c'est frustrant sinon. »*

De même, l'initiation à la démarche scientifique n'est pas oubliée mais volontairement laissée aux professeurs de sciences. Pour Geneviève ce qui prime c'est la dimension culturelle : *« Je trouve que cette dimension culturelle pour les élèves n'est jamais apportée vraiment, si au collège un petit peu, mais sans l'ouverture d'esprit qu'ils ont au lycée avec l'envie de découvrir et de voir un peu les choses. »*. Nous inférons une règle d'action certainement liée au contexte de l'établissement : « faire découvrir l'art à des élèves qui fréquentent peu les musées ».

Développement de compétences

Geneviève reconnaît mettre en œuvre très peu de séances fondées sur l'investigation pendant ses cours de mathématiques ou alors de façon ponctuelle : *« toute l'approche de la*

démonstration, du choix de la forme la mieux adaptée pour pouvoir effectuer un calcul ou une démonstration, savoir choisir quel outil pour résoudre un problème, si, si on en fait bon après pas de façon systématique mais régulièrement par petite dose comme ça à gauche à droite ». Elle dit ne pas le faire en seconde et en filière ES mais uniquement en première S. Comme elle n'en met pas en œuvre en MPS non plus, le développement professionnel induit par son implication en MPS ne peut pas concerner la conception et la mise en œuvre de DI.

Selon elle, son engagement dans cet EE lui a donné envie de s'ouvrir à d'autres domaines. Avant, elle ne suivait que des stages en mathématiques maintenant, elle s'inscrit à des stages transversaux comme enseigner les mathématiques en anglais. Avec Caroline, le professeur de SPC, elles viennent de suivre un stage de danse et aimeraient concevoir un nouveau projet MPS sur la danse. Caroline semble aussi impliquée que Geneviève dans le choix de ce thème sur l'art. Nous l'avons rencontré en juin 2013 pour un entretien d'une heure environ.

V.1.6.2 – LE PROFESSEUR DE SPC : CAROLINE

Caroline enseigne en MPS depuis 2010. Elle semble porter cet EE en SPC. En effet, en 2010/2011 elle intervenait dans les trois classes MPS, en 2011/2012 dans deux classes sur trois et en 2012/2013 à nouveau dans les trois classes MPS. Elle enseigne donc dans le groupe d'Isabelle et Mathieu sur le thème « Science et œuvres d'art » mais aussi avec les groupes qui travaillent sur « Investigation policière » et, selon les années, sur le projet « Autour du yaourt » ou « Autour du raisin ». Elle dit que c'est le thème avec Geneviève qui lui tient à cœur car c'est celui qui correspond à ses goûts.

Son objectif sur le thème « Science et œuvres d'art » est « *d'ouvrir les élèves à la peinture* », de découvrir différentes façons de peindre, de compléter leurs connaissances acquises au collège en histoire des arts. Lors de la première séance menée individuellement elle demande aux élèves de fabriquer une peinture. Ils doivent se documenter sur internet. Caroline a fait des recherches préalables et a préparé avec les techniciens du laboratoire des ingrédients naturels (lait, farine, huile, craie, etc.) ainsi que d'autres ingrédients plus classiques issus du laboratoire (oxydes de fer, etc.). Pour ce thème, le laboratoire a aussi fait l'acquisition de cinq couleurs de pigments. Le matériel du laboratoire est aussi mis à disposition. À partir des protocoles trouvés sur Internet, et des ingrédients et du matériel disponibles les élèves réalisent leur peinture. En fonction des résultats obtenus des questions sont soulevées (à quoi sert un liant, quelle est la différence entre pigment et colorant, quels étaient les pigments utilisés dans l'ancien temps).

Pour la deuxième séance menée individuellement, Caroline propose le questionnaire suivant : « *Quand on éclaire un tableau avec de la lumière blanche, pourquoi il renvoie du bleu, du blanc, etc. ?* ». À partir de cette remarque simple, elle développe la décomposition de la lumière blanche et la synthèse additive de la lumière (quand on mélange des faisceaux lumineux des trois couleurs rouge, vert et bleu on obtient une lumière proche du blanc). Dans le cas de la peinture, il s'agit de synthèse soustractive (chaque pigment absorbe un ensemble de fréquences du spectre lumineux et le mélange des pigments de cyan, de magenta et de jaune conduit à une couleur proche du noir). Pour cette partie, le travail est organisé sous forme de travaux pratiques très directifs avec des protocoles à suivre.

Enfin, Caroline aborde le pointillisme à partir d'une vidéo du peintre Georges Seurat

(1859-1891). Les élèves peuvent prendre des cotons tiges ou des petits bouts de bambous. Ils ont les trois couleurs primaires et peuvent tester la méthode qui consiste à utiliser de petites touches de couleurs primaires juxtaposées. Lorsque le tableau est regardé à une certaine distance, les points de couleur ne peuvent être distingués les uns des autres et se fondent optiquement en créant des jeux de couleurs.

Sur le second thème, l'habitat réunionnais, la première séance menée individuellement porte sur les plantes réunionnaises. Caroline prépare des tests olfactifs sur des petites bandelettes avec des huiles essentielles de géranium, ylang-ylang, etc. Le travail se poursuit avec des tests gustatifs avec des tisanes de citronnelle, romarin, thym aussi préparées par Caroline. Les élèves doivent retrouver les photos et le nom des plantes. Ils peuvent s'aider d'un site internet sur les plantes de La Réunion. Caroline avait déjà mis en œuvre cette séance dans le cadre de l'ancien programme de seconde générale. Ensuite, les élèves réalisent l'extraction d'huile essentielle des plantes (écorces d'orange ou clous de girofle) par électro-distillation. Ils doivent suivre un protocole. La méthode mise en œuvre est comparée avec celle utilisée dans la distillerie du Maïdo qui extrait de l'huile essentielle de géranium. Pour Caroline, c'est une autre façon d'introduire les espèces chimiques.

La seconde problématique traitée dans ce thème est : « *comment faire pour ne pas avoir trop chaud dans les maisons à La Réunion ?* » Caroline dit partir des constats de la vie de tous les jours pour introduire les transferts thermiques, la conduction, la convection. Les élèves doivent répondre à des questions, ils font des pronostics. Caroline a préparé dans la classe trois ou quatre postes avec du matériel pour réaliser des expériences. C'est elle qui les réalise, les élèves observent en se déplaçant de poste en poste. Ensuite, on revient sur les hypothèses émises. La séance peut se poursuivre par des recherches sur internet sur les maisons à basse consommation d'énergie mais l'essentiel des ressources trouvées concernent les pays froids.

Comme ressource-mère pour la conception de cette séance, Caroline cite une ressource donnée par un collègue en mathématiques-sciences qui travaille avec des classes de STI sur la conduction. Sinon, de façon générale elle a du mal à identifier précisément ses ressources. Elle dit « *partir de ses idées* » puis faire des recherches complémentaires sur internet. Elle mobilise aussi des séances conçues dans un autre dispositif et celles demandées à d'autres collègues, en particulier Matthieu.

Caroline dit travailler différemment en MPS que dans ses cours disciplinaires. Cette méthode qui consiste à poser une question et laisser les élèves chercher est propre aux MPS dans sa pratique. Elle considère manquer de temps pour en mettre en œuvre dans le cadre d'un programme à terminer. Elle préfère alors que ce soit « *un peu plus structuré* » mais pas forcément avec un protocole à suivre. Ce qu'elle trouve difficile dans une DI c'est la phase de structuration des connaissances : « *c'est la structuration qui est pas facile, le compte rendu, qu'est-ce que tu y mets, c'est ça qui n'est pas évident* ».

Sur les trois classes dans lesquelles elle intervient en MPS, Caroline en a deux en physique-chimie. Elle trouve plus facile de travailler en MPS avec ces deux-là. Elle connaît les élèves depuis la rentrée. Ils connaissent ses exigences comme arriver à l'heure avec le matériel. Avec la troisième classe, elle ressent son autorité régulièrement remise en cause, du coup elle est moins détendue et prend moins de plaisir à enseigner les MPS.

Le troisième enseignant impliqué depuis 2011 est Matthieu, le professeur de SVT, que

nous avons aussi rencontré en entretien.

V.1.6.3 – LE PROFESSEUR DE SVT : MATTHIEU

Matthieu est arrivé dans l'établissement il y a deux ans, et enseigne en MPS depuis. La première année il n'a pas vraiment choisi : *« tu arrives et tu découvres dans ton emploi du temps que tu es en MPS »*. Avant il dit avoir fait beaucoup de remplacements en lycées mais n'avait jamais eu à enseigner en MPS.

Selon lui, l'avantage des MPS c'est que l'on peut sortir du programme, du BO et se faire plaisir sur quelque chose qui n'est pas au programme. C'est comme cela qu'il ressent le projet de Geneviève et Caroline mais reconnaît qu'il ne connaissait pas du tout ce domaine de l'art. Il considère que sa discipline lui permet d'intervenir dans tous les projets. Celui-ci lui a permis de se plonger dans un domaine dans lequel il ne se serait jamais lancé seul. Il a trouvé que c'était une découverte intéressante et est prêt à recommencer sur la danse. Il dit être ouvert à ce que Geneviève et Caroline proposent aussi parce qu'ils s'entendent bien.

Comme objectifs des MPS, Matthieu cite spontanément le fait de sortir du cadre officiel du programme, de faire manipuler les élèves, de voir les élèves autrement, et de travailler en équipe avec les autres professeurs.

Quant au projet sur l'art et la peinture, il a travaillé deux choses totalement différentes : l'extraction de pigments pour synthétiser des peintures naturelles et la vision. À partir de la question *« comment fabriquer de la peinture naturelle ? »*, il conduit les élèves à parler de charbon (préhistoire), de roches (craies, différentes couleurs de sol), de végétaux, d'animaux (encre de seiche). Ensuite, le travail est ciblé sur les végétaux. *« La démarche consistait à dire les feuilles sont vertes, est-ce qu'on va extraire la couleur verte ? C'est une fausse idée en fait, ils font leur extraction et on voit qu'une feuille est verte parce qu'elle va utiliser les longueurs d'ondes que sont le rouge et le bleu et elle va rejeter le vert »*. Avant l'extraction les élèves s'attendent tous à trouver du vert.

Matthieu et Caroline ont essayé de fonctionner différemment sur cette partie, sur les deux séances précises : « synthèse de peinture naturelle » et « synthèse de peinture chimique ». Au lieu de refaire deux fois la même séance avec les deux demi-groupes, ils ont essayé de prendre en charge la séance de l'autre. Ils ont tenté l'expérience mais Caroline a rencontré des problèmes de matériel. Son laboratoire disposait de la verrerie mais pas des solvants nécessaires pour faire l'extraction. Le groupe d'élèves avec Caroline n'a pas réussi à aboutir sur l'extraction des pigments. On remarque ici un type de travail pluridisciplinaire proche de l'enseignement intégré des sciences et de la technologie au collège (I.1.2.7).

La deuxième séance sur le projet peinture porte sur la vision à partir d'illusions optiques. Les élèves ne perçoivent pas la même chose (couleur, etc.). On va de l'image jusqu'à l'œil et le cerveau. Les élèves réalisent une dissection de l'œil. L'image projetée au fond de l'œil est inversée. Les élèves sont très surpris. Sur l'autre projet, l'architecture réunionnaise, Matthieu a travaillé sur l'organisation d'un jardin créole, la botanique, et les plantes à fleurs.

Parmi les ressources citées par Matthieu on note des séances faites dans le cadre d'autres programmes (première L), des recherches sur des livres ou sur internet, des échanges avec d'autres collègues, en particulier Geneviève et Caroline parce qu'il ne maîtrisait pas le thème

sur l'art. La démarche suivie par Matthieu pour concevoir ses séances est toujours la même « *On a une idée, on regarde le protocole, on va voir si on a le matériel* ». Matthieu dit ne pas avoir utilisé les ressources du « document Ressources MPS ». Quand il est arrivé en 2011 les projets étaient déjà « *ficelés* » et ses ressources principales ont été celles fournies par ses collègues déjà impliqués l'année précédente.

Pour Matthieu la présence du projet « Autour de la disparition de Monsieur X » dans le « document Ressources MPS » a un peu trop figé et uniformisé les pratiques même s'il reconnaît que pour les enseignants qui ne connaissaient pas du tout cela pouvait être nécessaire et rassurant de se raccrocher à quelque chose. Comme le projet « Autour de la disparition de Monsieur X » était très détaillé, il trouve que les professeurs n'ont pas eu la démarche de se demander ce qu'ils pouvaient concevoir d'original sur le sujet.

Matthieu dit mettre de plus en plus en place des séances fondées sur des DI dans ses cours disciplinaires en particulier depuis les épreuves pratiques au bac. La différence en MPS c'est qu'il est moins pressé par le temps, par un programme à terminer et par l'évaluation. Cela lui permet de laisser plus de temps pour les phases d'échanges avec les élèves.

V.1.6.4 – NOS CONCLUSIONS SUR LE PROJET SUR L'ART

Dans ce lycée il y a trois groupes MPS chacun lié à une classe de seconde. Deux groupes fonctionnent en parallèle sur les projets « Investigation policière » et selon les années « Autour du yaourt » ou « Autour du raisin ». Le troisième groupe, celui de Geneviève, Caroline et Mathieu, a choisi pour thème « Science et œuvres d'art » décliné en deux projets. Le premier est lié à la peinture, le second à l'architecture réunionnaise. Geneviève et Caroline ont initié ces projets. Mathieu a rejoint le groupe la seconde année et semble avoir trouvé sa place. Il considère que sa discipline lui permet de s'adapter à tout sujet. Le projet sur l'art lui a permis de plonger dans un domaine qu'il ne connaissait pas du tout et dans lequel il ne se serait jamais lancé seul. Il a trouvé que c'était une découverte intéressante. Ce qui semble important pour Matthieu c'est la composante sociale : « *ça me plait parce que je m'entends bien avec les collègues* ». Ce groupe pluridisciplinaire s'est construit par adhésion autour d'un projet lié au centre d'intérêt de deux des enseignants. Le groupe semble stable et envisage de construire un nouveau projet fondé sur la danse pour l'année suivante.

Le travail pluridisciplinaire se met en œuvre lors de la première séance menée en commun et lors des sorties (une en début de chaque projet). Pour les trois enseignants, il est important d'avoir les élèves dans leurs cours disciplinaires. MPS est un moyen supplémentaire pour mieux les connaître et les découvrir sous un nouveau jour. Ici aussi la composante sociale est mise en avant. Au moins pour Caroline et Geneviève, nous inférons des règles d'actions propres à leur passion mais aussi au contexte de l'établissement avec des élèves peu habitués à fréquenter les musées et qui sortent peu de leur ville : « faire découvrir l'art aux élèves », « les faire sortir de leur quartier », « leur montrer qu'il n'est pas nécessaire d'être connaisseur pour apprécier la peinture et visiter un musée ». A partir de ces règles d'action, Geneviève a consciemment redéfini la tâche prescrite en l'orientant vers une approche davantage artistique dans laquelle les mathématiques apportent un éclairage sur la perspective.

Les trois enseignants échangent aussi sur le contenu des séances menées individuellement. Ceci a conduit les deux enseignants de sciences à tenter une collaboration à la façon des EIST

de collège (I.1.2.7) qui consiste à prendre en charge la séance conçue par son collègue. Des problèmes de matériel ont compromis la réussite de cet échange. Caroline dit mettre en œuvre en MPS des séances fondées sur des DI alors qu'elle en pratique peu dans ses cours disciplinaires. Les séances MPS de Matthieu semblent, quant à elles, fondées sur des DI visant à renverser des conceptions erronées. Ses pratiques en MPS semblent proches de celles de ses cours disciplinaires avec une dose de liberté supplémentaire par rapport au programme.

Quand on interroge Geneviève et Caroline, on comprend que les tâches proposées aux élèves changent d'une année sur l'autre parce qu'elles ont plein d'idées et qu'elles s'adaptent aux ressources disponibles. Elles ont des difficultés pour expliquer les sources précises de ces idées et les ressources utilisées. Le choix de ce thème provient de leur passion partagée pour l'art et en particulier la peinture. Elles parlent de voyages scolaires en Espagne, de stages suivis ensemble (danse), de personnes de leur entourage familial (une fille en école d'architecture pour Geneviève), de visites de musées et d'expositions, de regard différent porté sur la nature pour pouvoir la peindre, d'échanges avec des collègues d'autres disciplines (Maths-Sciences) ou avec des artistes en résidence, de participation à des concours (d'architecture), de recherches sur internet, d'anciennes ressources filles mises en œuvre dans d'autres contextes (ancien programme de seconde, première L), de ressources trouvées sur le site de l'IREM de La Réunion (pour Geneviève). Matthieu cite principalement des ressources transmises par des collègues impliqués en MPS et des ressources liées à des programmes disciplinaires (première L).

Les autres groupes MPS n'ont pas souhaité les suivre sur ce thème et ont préféré les projets « Investigation policière » et « Autour du yaourt » ou « Autour du raisin ». Selon Matthieu, les raisons invoquées par ses collègues de SVT étaient qu'ils ne connaissaient pas ce domaine et qu'ils n'avaient pas de support la dessus alors que les autres projets choisis sont beaucoup plus classiques. Matthieu dit qu'il y a aussi parfois des tensions entre les collègues et que c'est pour cela que certains ne veulent pas s'impliquer dans une équipe MPS. Il trouve que le fait que le projet « Autour de la disparition de Monsieur X » soit très détaillé n'a pas incité les enseignants à concevoir des séances originales sur le thème de l'investigation policière.

Dominique ayant changé d'établissement, nous avons poursuivi nos observations dans le cadre d'une autre organisation des EE avec un autre collectif MPS. Ceci est le sujet de la partie suivante.

V.2 - LE SUIVI DU MÊME ENSEIGNANT, DOMINIQUE UNE SECONDE ANNÉE : AUTRE LYCÉE, AUTRE COLLECTIF, TRANSFERT DES RESSOURCES

La seconde année, Dominique change de lycée. Confronté à une autre organisation des EE et à un autre fonctionnement des MPS, il va dans un premier temps tenter de s'adapter puis va réussir à convaincre ses collègues de modifier leur pratique des MPS. Nous verrons comment Dominique devient l'initiateur d'un nouveau projet pluridisciplinaire (V.2.1). Dominique réinvestit ses ressources conçues l'année scolaire précédente pour concevoir deux séances. La première porte sur la détermination de l'heure de la mort (V.2.2). La deuxième vise à déchiffrer un code (V.2.3). Il conçoit aussi une séance sur la trajectoire d'une pierre (V.2.4). Chacune de ces séances sera rapidement décrite, nous décrirons le travail documentaire de l'enseignant à partir de son carnet de bord et nous proposerons notre analyse de la séance. Le professeur de SVT, Patricia, a accepté de nous accorder un entretien (V.2.5) mais le professeur de SPC n'a pas répondu à notre demande. Enfin, nous apporterons nos conclusions à cette deuxième année d'observation (V.2.6).

V.2.1 - LE PROJET ET LE COLLECTIF PLURIDISCIPLINAIRE

Au lycée de Saint-Paul, les EE sont organisés sur un système semestriel que nous n'avons pas rencontré ailleurs. Les élèves suivent un des deux EE (Sciences économiques et sociales) sur l'année comme prévu. Par contre, ils découvrent deux autres EE, un pendant le premier semestre (d'août à décembre) et un autre pendant le second semestre (de janvier à juin). Les professeurs font MPS sur les deux semestres mais avec des élèves différents et ils ont fait le choix de traiter deux fois le même thème. Il y a une seule équipe de professeurs constituée d'un professeur de SVT, d'un professeur de SPC et d'un professeur de mathématiques. Jusqu'à cette année les professeurs de mathématiques n'intervenaient pas en MPS, seuls les enseignants de SPC et SVT étaient impliqués dans cet enseignement. Le collectif des professeurs de mathématiques d'un même établissement enseignants en MPS n'existe donc pas dans ce lycée. Avec cette organisation Dominique ne connaît pas les élèves qu'il a en MPS contrairement à ce qui se passait l'année scolaire précédente et qu'il appréciait particulièrement. Cette année, Dominique n'a pas de classe de seconde en mathématiques. Par contre, il intervient en accompagnement personnalisé. Pour cela, il communique avec ses collègues de mathématiques qui adoptent une progression commune en seconde.

En 2013/2014, les enseignants de mathématiques et de SVT sont nouveaux dans l'établissement. Dominique vient d'être affecté au lycée, suite à mesure de carte scolaire. Le professeur de SVT est de plus à cheval sur deux lycées et elle a aussi MPS dans l'autre établissement alors que jusqu'alors elle n'avait jamais eu cet EE. Le professeur de SPC avait

lui déjà enseigné en MPS il y a deux ans sous forme de TPE. Dans un premier temps, il a proposé de continuer à fonctionner ainsi cette année. Dominique pensait s'intégrer dans une équipe déjà constituée, qui avait l'habitude de fonctionner comme ça et ne souhaitait pas « *tout chambouler* ». Il a donc accepté dans un premier temps. Après s'être rendu compte du peu d'expérience de ses collègues dans cet EE, Dominique a changé d'avis et a proposé de fonctionner sous une forme plus proche de celle du lycée du Port. Le professeur de SVT a aussi préféré cette seconde solution plus proche de celle choisie dans son autre lycée. Le professeur de SPC a accepté d'abandonner la forme TPE. Ils se sont mis d'accord sur le thème « Science et investigation policière ». Dominique préférait ce thème car selon lui on peut y faire des activités intéressantes et les élèves avaient bien accroché l'année précédente. Le professeur de SVT était elle-même d'accord car il s'agit aussi du thème choisi dans l'autre lycée où elle est affectée. Ils ont alors redéfini ensemble la façon de fonctionner en MPS à partir des propositions de Dominique. Ce fonctionnement est proche de celui mis en place dans le lycée du Port : une première séance commune avec présentation d'une enquête policière sur un décès, une répartition des indices entre les disciplines, la préparation par les élèves d'un diaporama retraçant l'enquête, la présentation orale de ce diaporama. La séance de relevé des indices a été supprimée. Chaque enseignant anime trois séances individuellement contre deux dans le lycée précédent.

Dominique exprime des difficultés pour réunir le collectif MPS. La première semaine il n'a pu rencontrer que le professeur de SPC et a eu du mal à contacter le professeur de SVT qu'il ne connaissait pas et qui était sur deux lycées. Il a dû passer par d'autres collègues de SVT et ne l'a vue que la deuxième semaine. De façon générale, ils se voient le jeudi matin sur des heures où ils sont libres tous les trois, pas forcément sur les heures MPS, et se retrouvent en salle des professeurs avant chaque séance MPS. Les rencontres sont plus régulières que dans le lycée du Port où chacun était dans son bâtiment, les professeurs de SPC et SVT venant peu en salle des professeurs, préférant rester dans leurs labos.

Dominique dit avoir imaginé le scénario en s'inspirant du celui de l'année précédente et de la ressource propre (identifiée partie IV) issue du document d'accompagnement des programmes « Autour de la disparition de Monsieur X ». Les photos, les acteurs choisis, les noms qui commencent par A, B, C, etc. pour mémoriser ont été choisis par Dominique. L'idée qu'à chaque TP on élimine un suspect est aussi de Dominique. Ensuite, les professeurs en ont parlé ensemble, chacun a choisi le TP qu'il souhaitait faire et ils ont discuté du suspect qui serait éliminé.

Dominique dit dans son carnet de bord avoir consacré trois bonnes demi-journées de travail pour l'élaboration du scénario de l'enquête policière, du calendrier élève et de l'articulation des différents TP dans le but de résoudre l'enquête. Il y a cinq suspects au départ et le but des différents TP est d'éliminer des suspects au fur et à mesure. Les TP des trois matières doivent faire converger les soupçons vers deux suspects principaux et aboutir à l'élimination des trois autres.

Le fait que le scénario et les différentes séances de TP aient été choisis ensemble a pour avantage que Dominique est mieux au courant de ce que les élèves feront dans les deux autres matières. Ce qui, selon lui, lui avait beaucoup manqué l'année précédente. Dominique a conçu différentes ressources. La première sera distribuée aux élèves (illustration 34). Il s'agit du scénario de la mort de M. Fontaine, avec la liste des indices relevés, accompagné d'une

liste des suspects. La deuxième est réservée aux professeurs (illustration 35). Elle permet le lien entre les TP et l'enquête, chaque TP conduisant à l'élimination d'un suspect. Enfin la troisième ressource est un planning pour les élèves et les professeurs (non reproduit ici).

SCENARIO DE LA MORT DE M. FONTAINE		Les suspects
Le jeudi 17 janvier 2014, à 7h30 du matin, on a retrouvé M. Fontaine, mort dans son bureau du laboratoire de chimie de l'université de Saint-Denis de la Réunion. M. Fontaine était le directeur redouté et peu apprécié de ce laboratoire de chimie. C'est la femme de ménage qui a découvert le corps et qui a appelé la police. Après une analyse de la scène de crime, des indices, qui vont s'avérer capitaux pour l'enquête, ont été relevés : - Indice 1 : des taches qui semblent être des traces de sang. - Indice 2 : un mégot de cigarette est retrouvé près du cadavre. - Indice 3 : un verre sur lequel on retrouve des traces d'une substance inconnue. - Indice 4 : des fibres textiles sont relevées sur la scène de crime. - Indice 5 : un CD, dont l'emballage a été brisé, est retrouvé au milieu de ce qui semble être des traces de sang. A côté, une feuille froissée sur laquelle est écrit ce qui semble être un code. Elle porte aussi des traces de sang. - Indice 6 : une pierre qui a atterri sur son bureau et qui semble avoir été lancée depuis le jardin, en bas de l'immeuble de son bureau. Une vitre du bureau porte les traces de l'impact de cette pierre lancée. - Indice 7 : des traces de boue dans le bureau où a été retrouvé M. Fontaine. Très rapidement, la police oriente son enquête vers cinq proches de la victime. Il s'agit de M. Abel, de Mme Bélouve, de M. Célimène, de M. Défacto et de Mme Emmanuelle.		Photo M. Abel : est un collègue de M. Fontaine, avec qui il a eu une violente dispute le matin de la veille de la découverte du cadavre. Juste après cette dispute, M. Abel a pris l'avion de 13h30 pour se rendre à un congrès de chimie à l'île Maurice. Quelques jours auparavant, M. Fontaine avait fait une publication dans une revue scientifique en s'attribuant les découvertes de M. Abel. Ce qui serait à l'origine de la dispute. Certains auraient entendu M. Abel déclarer : « tu vas le payer ! »
		photo Mme Bélouve : est la compagne de M. Fontaine. Elle ne travaille pas parce qu'elle a hérité de la fortune colossale de ses parents et vit de ses rentes. Beaucoup l'ont entendu se plaindre de M. Fontaine parce qu'il passait trop de temps dans son laboratoire et la négligeait. D'autre part, la police apprend que M. Fontaine avait pillé une partie de son compte en banque pour financer ses recherches
		photo M. Célimène : est un collègue de M. Fontaine qui lui en voulait parce qu'il était l'ancien compagnon de Mme Bélouve. Elle lui finançait de belles voitures ... Il déclare avoir passé la nuit dans le jardin, en bas de l'immeuble où a été retrouvé le corps, pour, a-t-il déclaré « réfléchir à une formule de chimie »... Des témoins confirment cette déclaration.
		photo M. Défacto : est aussi un collègue de M. Fontaine qui avait convoité le poste de directeur du laboratoire et avait considéré comme « frauduleuse » la nomination de M. Fontaine. Selon plusieurs témoins, il avait menacé de se venger de l'humiliation subie après le rejet de sa candidature au poste de directeur. M. Fontaine, pour le calmer, l'avait nommé sous-directeur du laboratoire, mais cela n'avait fait qu'augmenter son ressentiment.
		photo Mme Emmanuelle : est la cousine de M. Défacto. Elle travaille aussi au laboratoire comme secrétaire de direction. Elle accusait souvent M. Fontaine de harcèlement moral et leurs rapports étaient très tendus.

Illustration 34. Scénario distribué aux élèves, 2013-2014, Dominique

LIENS ENTRE LES TP ET L'ENQUETE				
TP	Travail autonome	Travail guidé	conclusions	Suspects à éliminer ou restant
Maths 1	Comment trouver l'heure de la mort à partir de deux mesures	Déterminer les coefficients d'une fonction affine. Lecture graphique sur GeoGebra	M. Fontaine est mort à 20h30	M. Abel éliminé comme suspect car il ne l'a vu que le matin
Maths 2	Recherches sur les différentes façons de coder	Algorithme pour la recherche de la parité d'un nombre	Le CD codé contenait une formule de chimie, c'est donc un collègue	Mme Bélouve éliminée comme suspecte car c'est sa compagne mais pas sa collègue (fausse piste)
Maths 3	Comment savoir d'où vient la pierre ?	Déterminer une parabole à partir de trois points	La pierre n'a pas été lancée du jardin	M. Célimène est éliminé comme suspect car il a passé la nuit dans le jardin
PC1	Analyse de la substance retrouvée dans le verre. Recherche à partir d'une banque de documents tels que :			

	• Le site interactif de Montréal qui permettait aux élèves d'utiliser deux techniques : la chromatographie et la spectographie de masse • Des fiches sur la chromatographie sur couche mince • Des fiches sur la spectométrie de masse		
PC2	Réalisation de la chromatographie de notre fameuse substance	La victime a été droguée. Une des substances présentes dans le verre était dans l'armoire à produits chimiques fermée à clé	Le suspect restant est M. Défacto
PC3	Spectométrie		
SVT 1	Découverte de la présence de cellules buccales dans la salive par réalisation d'une préparation microscopique et localisation de l'ADN dans le noyau par coloration		
SVT 2	Découverte de la molécule avec le logiciel de modélisation moléculaire Rastop		
SVT 3	Technique des empreintes génétiques : Electrophorèse de l'ADN : soit à réaliser, soit à découvrir sur documents Comparaison de l'ADN du sang retrouvé et de différentes personnes suspectées (famille, collègue, etc.)		L'ADN est celui de Mme Emmanuelle

Conclusion générale : après tous les TP il reste deux suspects qui sont M. Défacto et sa cousine Mme Emmanuelle.

Rebondissement : au moment de la rédaction de la synthèse, on apporte une information complémentaire. Mme Emmanuelle était la maîtresse de M. Fontaine qui venait de la quitter. La police a retrouvé un échange de mails explicites à ce sujet où celle-ci le menace clairement de mort. Ces mails ont été enregistrés sur le CD codé.

Les élèves devront imaginer une technique d'investigation scientifique pour savoir si ce crime est vraiment un drame passionnel et si Mme Emmanuelle est la coupable.

Illustration 35. Liens entre les TP et l'intrigue, ressource non divulguée aux élèves, 2013-2014, Dominique

Le thème commence par une séance de présentation commune qui se passe dans une grande salle qui est à réserver à l'avance. Les trois professeurs et la cinquantaine d'élèves provenant de différentes classes sont présents. Les objectifs de la séance listés par Dominique sont : la présentation de l'EE MPS, la distribution à chaque élève du calendrier (planning des séances), la présentation du scénario et de la liste des suspects (illustration n°34) fournit aux élèves en format papier, le visionnage du film « C'est pas sorcier » sur les enquêtes policières, la constitution des trinômes, la réflexion en trinôme sur ce qui sera nécessaire pour mener l'enquête, la mise en commun des réflexions.

Lors de la séance de présentation du second semestre, la seule à laquelle nous ayons assisté, le professeur de SVT était absent. En dehors des objectifs listés ci-dessus, les deux professeurs présents ont insisté sur la tenue du carnet de bord pour garder des traces utiles lors de la préparation du diaporama. L'organisation est celle du lycée de l'année précédente : une présentation commune, trois séances par matières au lieu de deux, deux séances de préparation de diaporama puis une dernière séance de présentation orale par groupe. Ici il n'y a pas de séance consacrée au relevé des indices sur la scène de crime. Dominique avait trouvé cela compliqué à mettre en place, les indices seront directement donnés. L'énigme a été modifiée par Dominique et l'organisation globale prévoit l'élimination des suspects en fonction de l'avancée de l'enquête.

Dominique doit mener trois séances MPS de façon individuelle. Dans le cadre de l'enquête, il doit déterminer l'heure de la mort, décoder un message et étudier les trajectoires possibles d'une pierre retrouvée sur la scène de crime. Pendant le premier semestre, pendant la phase de conception des séances et les premières mises en œuvre, Dominique a tenu son

carnet de bord. Nous avons observé les séances du second semestre. Nous analysons ces séances et le travail documentaire dans les paragraphes suivants.

V.2.2 - LA SÉANCE SUR LA DÉTERMINATION DE L'HEURE DU DÉCÈS

Nous abordons dans ce paragraphe, le travail sur la détermination de l'heure de la mort. Nous décrivons la séance observée au second semestre (V.2.2.1) puis nous analyserons le travail documentaire de l'enseignant pour concevoir cette séance à partir des informations notées par Dominique dans son carnet de bord (V.2.2.2), avant de proposer notre analyse (V.2.2.3).

V.2.2.1- LA DESCRIPTION DE LA SÉANCE OBSERVÉE AU SECOND SEMESTRE

La séance que nous observons a lieu le 30 janvier. C'est la quatrième fois que Dominique la soutient. La séance se passe dans une petite salle avec des ordinateurs portables le long des murs. Elle est équipée d'un grand tableau blanc et d'un vidéoprojecteur. Il y a 14 élèves présents, plusieurs sont absents.

Après l'appel, Dominique demande aux élèves de prendre leur cahier de MPS et de noter le titre du TP : « Détermination de l'heure de la mort ». Il demande ensuite un rappel de l'enquête : victime, suspects, méthodes utilisées dans le film visionné lors de la séance de présentation. Il demande aux élèves les méthodes retenues pour déterminer l'heure du décès d'une personne. Dominique précise que l'on va utiliser la température du corps. Il fait rappeler la température d'un corps vivant puis note les informations suivantes au tableau :

TP 1 : Détermination de l'heure de la mort

1) Détermination d'une méthode personnelle :

Personne vivante, température du corps : 37,2°C

À 9 h le corps de M. Fontaine avait une température de 32,5°C

À 13 h le corps de M. Fontaine avait une température de 31°C

Dominique dit ensuite aux élèves qu'ils sont les enquêteurs et qu'ils sont chargés de déterminer l'heure de la mort en heures et en minutes. Les élèves cherchent par triplet (ceux constitués lors de la séance de présentation). Le professeur circule dans les rangs de groupe en groupe. Il se fait expliquer les résultats obtenus et les méthodes utilisées. Il ne donne pas d'indication sur la validité de la méthode mais insiste sur la précision attendue (37,2°C et pas 37°C) et corrige certaines erreurs (entre 9 h et 13 h il n'y a pas 3 h, ni 5 h). Après une vingtaine de minutes, il fait une mise en commun en exposant au tableau les méthodes observées en circulant. La plupart des élèves ont dit qu'en 4 heures on perdait 1,5°C ce qui permet d'obtenir 37°C à 21 h. Mais Dominique précise qu'il faudrait obtenir 37,2°.

Le reste de la séance est consacré à la détermination plus précise de l'heure du décès. Un élève propose d'utiliser la proportionnalité. Une première méthode est proposée en calculant le coefficient de proportionnalité. Le calcul est reproduit avec un produit en croix puis en résolvant une équation du premier degré. Dominique propose ensuite d'utiliser une fonction affine $f(x) = ax + b$. Les coefficients a et b sont obtenus par résolution d'un système de deux

équations à deux inconnues puis les élèves sont invités à utiliser GeoGebra quelques minutes avant la sonnerie. Pendant cette partie, Dominique est au tableau et anime la séance. Il pose les questions et les élèves y répondent à tour de rôle. Par moment l'un d'eux est invité à passer au tableau. Lors de la séance suivante, le travail est repris sur GeoGebra et l'heure de la mort est obtenue d'abord par lecture graphique de l'antécédent de 37,2 puis par le calcul en résolvant une équation du premier degré.

V.2.2.2 – LE TRAVAIL DOCUMENTAIRE

La séance a été conçue au premier semestre et reproduite trois fois sur trois semaines consécutives avec trois groupes différents. Pendant cette période, Dominique a complété son carnet de bord. Dominique dit en entretien ne pas avoir cherché de nouvelles ressources. La ressource-mère principale est la ressource-fille conçue et mise en œuvre l'année précédente. Dominique l'a « remaniée » suite aux difficultés rencontrées par les élèves l'année d'avant et en raison de la contrainte du temps. Pour le premier groupe, Dominique envisage de commencer par une recherche sur internet sur les méthodes utilisées pour déterminer l'heure de la mort. Il pense poursuivre en demandant aux élèves de proposer une méthode personnelle pour trouver l'heure de la mort à partir de deux mesures de températures à deux heures différentes. Ensuite, il prévoit de terminer la séance par la modélisation par une fonction affine donnant la température du corps en fonction de l'heure puis d'obtenir la représentation graphique de la fonction affine avec Géogebra et l'heure de la mort comme l'antécédent de 37,2.

Mais, selon le carnet de bord de Dominique (illustration 36), les élèves passent plus d'une heure sur Internet. Ils obtiennent des modélisations par des fonctions avec des exponentielles auxquelles ils ne comprennent rien et Dominique est amené à donner des explications complémentaires. Ensuite ils ont du mal à « décrocher » de l'ordinateur pour se mettre à une recherche plus personnelle et plus classique avec un crayon, du papier et une calculatrice. Du coup, le travail sur GeoGebra prévu n'est quasiment pas abordé. Dominique envisage alors des régulations à moyen terme et décide pour la séance avec le deuxième groupe de reporter la recherche sur Internet à la fin de la séance.

dates	Activités	Commentaires
12/09	1ère séance du TP de maths n°1 : détermination de l'heure de la mort. Il s'agit d'un TP déjà fait et récupéré du Lycée Hinglo. Il a été remanié face aux difficultés rencontrées par les élèves l'année d'avant (contrainte de temps). But du TP : éliminer un des suspects qui était à l'île Maurice au moment de la mort. - Rappel du scénario et des propositions faites pour l'enquête par les élèves lors de la séance de présentation. - Recherche sur Internet des méthodes utilisées pour déterminer l'heure de la mort. - Détermination d'une méthode personnelle de l'heure de la mort à partir de 2 mesures de températures à deux heures différentes. - Utilisation d'une fonction affine donnant la température du corps en fonction de l'heure. Utilisation de Géogebra et de la notion d'antécédent.	Les élèves passent trop de temps (plus d'une heure) sur Internet, en particulier sur Wikipédia qui donne des fonctions avec des exponentielles auxquelles ils ne comprennent rien. Il faut donc leur donner quelques explications complémentaires. De plus, ils ont du mal à « décrocher » de l'ordinateur pour se mettre à une recherche plus personnelle et plus classique avec un crayon, du papier et une calculatrice. Le travail sur GeoGebra n'est quasiment pas abordé. Je décide donc de prévoir la recherche sur Internet en fin de séance.

Illustration 36. Extrait 1 du carnet de bord de Dominique, 2013-2014

Pour le deuxième groupe, le travail des élèves est donc organisé différemment. La partie

recherche personnelle est positionnée en début de séance et celle sur internet en fin de séance. Selon le carnet de bord de Dominique (illustration 37) les élèves passent alors plus de temps sur la recherche d'une méthode personnelle de l'heure de la mort à partir de deux mesures. Tous envisagent une méthode qui consiste à chercher combien de degrés sont perdus en 1 h, en 1 mn, etc. Le travail sur GeoGebra est plus approfondi et la notion d'antécédent mieux précisée. La recherche sur Internet se fait en 15 à 20 minutes et conduit aux mêmes explications sur la notion d'exponentielle que lors de la séance avec le premier groupe.

19/09	2ème séance du TP de maths n°1. La recherche sur Internet est prévue en fin de séance après la recherche personnelle et l'utilisation de la fonction affine et de la notion d'antécédent sur GeoGebra. Le début de la séance est consacré à une mise au point sur l'évolution de l'enquête afin de mieux coordonner les recherches faites en maths, SVT en physique.	Les élèves passent plus de temps sur la recherche d'une méthode personnelle de l'heure de la mort à partir de 2 mesures. Ils y consacrent environ 1h. Tous envisagent une méthode qui consiste à chercher combien de degrés sont perdus en 1h, en 1mn, etc. Le travail sur GeoGebra est plus approfondi et la notion d'antécédent mieux précisée. La recherche sur Internet se fait en 15/20 mn et conduit aux mêmes explications sur la notion d'exponentielle que lors de la 1 ère séance.
-------	---	---

Illustration 37. Extrait 2 du carnet de bord de Dominique, 2013-2014

Cette organisation semble satisfaire Dominique qui la reproduit pour le troisième groupe de façon semblable. Dominique a conçu une fiche élève distribuée sous la forme ci-dessous aux deux derniers groupes (illustration 38).

2 nde MPS : TP DE MATHS N°1 : DETERMINATION DE L'HEURE DE LA MORT. Rappel des faits : Phase de travaux dirigés : On va essayer de déterminer l'heure de la mort à partir de la température du corps. On a fait les mesures suivantes : à 9h la température du corps était de 32,5°C et à 13h de 31,0°C. On considère qu'un corps humain vivant est à la température de 37,2°C. A. <u>Détermination d'une méthode simple.</u> Proposer une méthode simple pour déterminer l'heure de la mort. B. <u>Détermination avec une fonction affine.</u> On peut considérer qu'après le décès de M. Fontaine, la température de son corps évolue suivant une fonction affine. On peut alors écrire que la température du corps à l'heure x (après le décès) est $f(x) = ax + b$. 1) Donner une méthode qui permette de trouver cette fonction affine à partir des deux mesures de températures faites. 2) On considère dans la suite que $f(x) = -0.375x + 35.875$. Calculer la valeur de x pour laquelle $f(x) = 37,2$. Interpréter le résultat trouvé et déterminer, à partir de ce modèle, l'heure de la mort en heures et minutes. 3) Tracer la courbe de la fonction f à l'aide du logiciel GeoGebra. Pour cela, entrer dans la zone de saisie en bas à gauche de l'écran la formule : $f(x) = -0.375x + 35.875$ Proposer au professeur une méthode pour lire graphiquement l'heure de la mort de M. Fontaine. Lire cette heure et interpréter le résultat trouvé. Conclusions pour l'enquête : Cette mesure de l'heure de la mort permet-elle de faire évoluer l'enquête ? Rédiger votre rapport d'enquêteur. Phase de recherche personnelle : Chercher les différentes utilisées pour dater l'heure de la mort et en particulier celles qui font intervenir la température du corps. Les comparer avec les méthodes de la phase de travaux dirigés (la vôtre et celle de la fonction affine).
--

Illustration 38. Fiche élève, heure du décès, semestre 1, 2013-2014, Dominique

Les modifications apportées par rapport à l'année scolaire précédente correspondent à celles envisagées alors (V.1.3.4). Dominique disait vouloir faire « *plus court , uniquement avec les fonctions affines, en laissant plus de temps sur la démarche personnelle, en laissant les élèves partir dans tous les sens, les laisser chercher pendant une heure, ou une demi-heure, être moins directif, puis les amener s'ils n'y sont pas arrivés seuls vers les fonctions affines* ». Il envisageait aussi éventuellement de leur faire utiliser la fonction exponentielle qui permet une meilleure approximation.

Il est à noter que lors de la séance que nous observons (celle du premier groupe du second semestre et donc la quatrième soutenu sur ce sujet par Dominique) aucune fiche élève n'est distribuée. Dominique dit en entretien avoir préféré cette méthode qui permet à tout le groupe de progresser ensemble et favorise la prise de notes sur leur cahier de recherche MPS. Avec la fiche élève, une fois trouvée leur réponse, les élèves passaient à la suite et participaient peu à la phase d'échanges au moment du bilan sur leurs méthodes personnelles. Il reconnaît avoir passé beaucoup de temps sur la résolution de système sur la séance observée mais trouve que depuis les nouveaux programmes (de collège) les élèves maîtrisent moins bien cette résolution.

Par rapport à l'année scolaire précédente, Dominique dit consacrer du temps, en début de séance, pour faire le point avec les élèves sur l'avancée de l'enquête, le travail réalisé avec les autres professeurs. Ce qui faisait partie des régulations envisagées dès la fin du premier thème de l'année scolaire précédente.

V.2.2.3 – NOTRE ANALYSE DE LA SÉANCE

En termes de ressources

La ressource-mère réside dans la ressource-fille conçue pour l'année scolaire précédente. Au premier semestre Dominique distribue une fiche élève qu'il doit modifier d'un groupe d'élèves au suivant en laissant la recherche sur Internet pour la fin. Nous disposons seulement de la dernière mouture. Pour le second semestre, Dominique se détache de cette ressource-fille, il ne la distribue plus aux élèves. L'essentiel est noté au tableau et les élèves doivent recopier. Dominique dit préférer que ceux-ci prennent des notes sur leur cahier de recherche. Ainsi, d'une fiche-élève de plusieurs pages distribuée aux élèves la première année d'observation, Dominique passe à une fiche élève d'une page pour le premier semestre de la seconde année d'observation et ne distribue plus rien pour le second semestre. Nous inférons ici de la part de Dominique une prise de confiance pour gérer cette séance.

En termes de DI

La partie investigation est bien présente, comme envisagée lors de la précédente année scolaire. Même si la problématique est donnée, les élèves doivent dans un premier temps proposer des méthodes. Mais toutes celles proposées à partir de deux mesures, sans accès à Internet, se résument à une approche linéaire de la courbe de décroissance de température. La phase de bilan est conduite par Dominique qui dit rapporter la méthode observée en circulant. Ensuite la séance se transforme. Dominique amène les élèves à déterminer plus précisément l'heure de la mort en utilisant la proportionnalité puis les fonctions affines. Les contenus mathématiques travaillés sont la proportionnalité, le coefficient de proportionnalité, le produit

en croix, la résolution d'un système de deux équations à deux inconnues, les fonctions affines, la lecture graphique d'antécédents, la résolution des équations du premier degré, l'utilisation de GeoGebra. Les règles d'action inférées la première année : « il faut utiliser les connaissances acquises au collège », « il faut faire le lien avec le cours de seconde en mathématiques », « il faut utiliser GeoGebra » semblent ici prépondérantes. Sur la séance observée, les élèves n'effectuent pas de recherche sur Internet pour trouver la méthode réellement utilisée par le médecin légiste. La détermination déborde par ailleurs sur la séance suivante. Dominique semble avoir du mal à gérer le temps.

Le deuxième indice dévolu aux mathématiques réside dans un mot de passe à découvrir. Les activités mises en œuvre pour répondre à cette tâche sont décrites dans le paragraphe suivant.

V.2.3 - LA SÉANCE SUR LE DÉCODAGE

Le second indice confié à l'enseignant de mathématiques est un CD verrouillé par un code d'accès. La séance conçue vise à trouver ce code d'accès. Après une description rapide de la séance (V.2.3.1), nous analyserons le travail documentaire de l'enseignant (V.2.3.2) et la séance conçue (V.2.3.3).

V.2.3.1 – UNE DESCRIPTION RAPIDE DE LA SÉANCE OBSERVÉE

La séance se passe avec le même groupe et dans la même salle que pour la détermination de l'heure de la mort. Après des rappels sur l'enquête et la fin du travail sur les fonctions affines avec GeoGebra débutée la semaine précédente, la partie consacrée au décodage débute par la distribution de la fiche élève conçue par Dominique (illustration 39).

2nde MPS : TP DE MATHS N°2 : **DÉCODAGE**

Rappel des faits :

On a retrouvé, dans le bureau de M. Fontaine un CD. L'emballage de ce CD a été brisé et retrouvé au milieu de ce qui semble être des traces de sang. A côté, une feuille froissée sur laquelle est écrit ce qui semble être un code.

Indice supplémentaire :

Le code indiqué sur la feuille froissée est : **3 2 G 0 5 7 Z I 3 2 G 4**

On a retrouvé dans les affaires de M. Fontaine l'algorithme suivant :

Saisir un nombre N Si partie entière de $(N/2) - N/2 = 0$ Alors afficher « oui » Sinon afficher « non ». Fin Si

Phase de travaux dirigés :

Analyse de l'algorithme.

Rappel : la partie entière d'un nombre positif est la partie avant la virgule.

Par exemple : partie entière(1,2) = 1 et partie entière(1) = 1.

(N.B. : pour un réel x quelconque, la partie entière de x sera l'unique entier n tel que $n \leq x < n + 1$)

1) On suppose qu'au début de l'algorithme on saisit 2 comme nombre N.

Que vaudra alors : partie entière($N/2$) – $N/2$?

Que va afficher l'algorithme à la fin ?

2) On suppose qu'au début de l'algorithme on saisit 3 comme nombre N.

Que vaudra alors : partie entière($N/2$) – $N/2$?

Que va afficher l'algorithme à la fin ?

- 3) Reprendre les questions précédentes pour N = 4, 5, 6, 7 etc.
4) A quoi sert cet algorithme ?

Illustration 39. Fiche élève, Décodage, 2013-2014, Dominique

Dominique propose aux élèves de lire ensemble l'algorithme puis il leur demande de répondre aux questions 1, 2, 3 et 4 pour essayer de comprendre comment il fonctionne. Dominique circule et répond aux nombreuses questions des élèves en particulier sur la « partie entière ». Après une vingtaine de minutes, il propose une correction au tableau pour N=2 et N=3. Dominique demande ensuite aux élèves de continuer ce processus pour N=4 N=5, N=6 et N=7. À ceux qui ont fini et compris l'utilité de l'algorithme, il demande d'ouvrir une feuille de calcul sur Excel mais les élèves rencontrent des difficultés pour accéder au serveur du lycée. La séance se termine par l'énonciation de l'objet de cet algorithme : « *faire le tri entre les entiers pairs et les impairs* ».

Lors de la séance suivante, Dominique projette au vidéoprojecteur une feuille de calcul Excel (illustration 40).

	A	B	C	A
1	caractère décodé	x	f(x)	caractère codé
2	A	1		
3	B	2		
4	C	3		
5	D	4		
	...	...	...	...
26	Y	25		
27	Z	26		
28	0	27		
29	1	28		
30	2	29		
	...	...	...	...
36	8	35		
37	9	36		

Illustration 40. Feuille de calcul EXCEL, Décodage, 2013-2014, Dominique

Dominique rappelle ce qui a été trouvé la fois précédente : un algorithme qui permet de voir si un nombre est pair ou impair. Il explique la méthode de codage de M. Fontaine. Il associe à chacune des 26 lettres de l'alphabet et aux dix chiffres un nombre, compris entre 1 et 36. Puis, il utilise une fonction définie différemment si le numéro est pair ou impair. (Si x est impair $f(x) = (73 - x)/2$; Si x est pair $f(x) = x/2$). La formule entrée dans la colonne « C » est alors la suivante : =SI (ENT(B2/2)-B2/2=0, B2/2, (73-B2)/2). À chaque nombre est alors à nouveau associé une lettre ou un chiffre. Finalement, avec ce tableau le mot de passe décodé est MONSIEUR MONK. Dominique montre et explique en même temps en projetant au tableau les élèves se contentent de suivre.

Un élève est appelé au tableau pour ouvrir le fichier retrouvé sur le CD à partir du mot de code trouvé. Il apparaît une molécule avec le titre : « nouvelle molécule contre la douleur, brevet à déposer ». Dominique demande alors aux élèves de faire le lien avec l'enquête.

V.2.3.2 – LE TRAVAIL DOCUMENTAIRE

La séance a été conçue au premier semestre à partir de la séance mise en œuvre l'année scolaire précédente. Dominique a retiré le code de César et le chiffrement conçu à partir du carré de Polybe « *parce qu'ils n'apportaient rien d'un point de vue mathématique* ». Il a par contre gardé la méthode de codage dite « experte » basée sur la parité. Il a souhaité inclure un

algorithme inspiré de ceux présents dans les sujets de bac. Ses collègues de mathématiques lui ont par ailleurs demandé de travailler l'algorithmique en accompagnement personnalisé mais il trouve qu'il manque de temps. Ensuite, il veut faire utiliser le tableur pour montrer la formule utilisée : l'instruction conditionnelle en ligne. Le compte rendu de la première séance de l'année sur le décodage est relaté dans le carnet de bord de Dominique (illustration 41).

Date	Activités	commentaires
03/10	<u>1ère séance du TP de maths n°2</u> : décodage du mot de passe d'un CD. Il s'agit d'un TP récupéré au Lycée Hinglo mais remanié en grande partie notamment pour y aborder la notion d'algorithme. Le but de ce TP est de découvrir un fichier contenant la formule d'une molécule à breveter et de conduire les élèves vers la piste d'un meurtrier dans l'entourage professionnel. Un autre fichier contenant des mails confidentiels ne pourra pas être ouvert par les élèves car son mot de passe est différent. - Bilan de l'évolution de l'enquête. - Etude d'un algorithme déterminant si un nombre est pair ou pas. - Utilisation de XL pour établir un tableau de codage et de décodage. L'algorithme vu en début de séance est utilisé dans une formule de XL. - Décodage du mot de passe et lecture du CD avec les fichiers protégés.	<i>Le travail sur l'algorithme impressionne certains élèves car il s'agit de quelque chose de totalement nouveau pour eux.</i> <i>Finalement, l'analyse de l'algorithme se passe bien.</i> <i>Les élèves ont par contre beaucoup de mal avec le tableau XL. Il faut les guider pour faire le lien entre l'algorithme et la formule entrée dans XL (langage très différent de celui utilisé pour l'algorithme puisque tout est écrit en une seule ligne sur XL).</i> <i>Difficulté aussi pour comprendre le sens du tableau sur XL.</i> <i>Finalement, tout le monde arrive à trouver le mot de passe. Les élèves ont été très motivés à la fin de la séance car le décodage du mot de passe a pour eux un côté ludique.</i>

Illustration 41. Extrait du carnet de bord de Dominique, Décodage, 2013-2014

Cette séance sera peu modifiée pour les autres groupes du premier et du second semestre. La fiche élève conçue au premier semestre est réutilisée au second.

À la fin de la première année d'observation, Dominique avait envisagé des modifications à apporter à cette séance (V.1.3.4) mais il disait avoir trouvé très intéressant le test à utiliser « si, alors, sinon » avec Excel. Ses modifications semblent cohérentes avec ce qu'il pensait faire alors, recentrer la séance sur l'algorithmique.

V.2.3.3 – NOTRE ANALYSE DE LA SÉANCE

Ici encore la ressource fille conçue l'année scolaire précédente joue un rôle de ressource-mère ainsi que les réactions des élèves d'alors. Les supports conçus se résument à une fiche élève d'une page alors qu'elle faisait plusieurs pages l'année précédente. Par contre, la partie investigation est inexistante. La séance est recentrée sur l'algorithmique. L'algorithme est inspiré de ceux trouvés dans les sujets de bac. Dominique envisage encore une fois les séances MPS comme une occasion de travailler les mathématiques, ici l'algorithmique. Même si Dominique n'a pas d'élève de seconde cette année il assure des séances d'accompagnement personnalisé et semble autant impliqué sur la réussite de ses élèves en mathématiques.

Le troisième indice pris en charge par Dominique est une pierre retrouvée sur le lieu du crime dont il s'agit d'analyser la trajectoire.

V.2.4 - LA SÉANCE SUR LA TRAJECTOIRE DE LA PIERRE

Le dernier indice à étudier pendant les séances menées individuellement par Dominique est une pierre retrouvée près du corps, lancée de l'extérieur et qui a brisé la vitre. La question vise à savoir d'où elle a pu être lancée. Comme pour les précédentes séances, nous ferons une

rapide description de la séance (V.2.4.1), puis nous analyserons le travail documentaire de l'enseignant (V.2.4.2) et la séance menée (V.2.4.3).

V.2.4.1 – UNE DESCRIPTION RAPIDE DE LA SÉANCE OBSERVÉE

Dominique annonce que l'on va passer à l'indice suivant et distribue la fiche élève (illustration 42) ci-dessous puis il projette au tableau le plan des deux immeubles aussi présent sur la fiche élève.

MPS TP DE MATHS N°3 : TRAJECTOIRE DE LA PIERRE

Rappel des faits : On a retrouvé, dans le bureau de M. Fontaine une pierre (indice n° 6) qui a atterri sur son bureau et qui semble avoir été lancée depuis le jardin, en bas de l'immeuble de son bureau. Une vitre du bureau porte les traces de l'impact de cette pierre lancée.

Phase de recherches :

A. Plan de situation.

Le schéma suivant donne un aperçu du plan de la situation. Le point C représente l'endroit où était assis M. Célimène la nuit du meurtre, le point I représente l'endroit de l'impact de la pierre dans la vitre et le point B, l'endroit où la pierre a été retrouvée sur le bureau.

On admet que la modification de trajectoire de la pierre suite à son impact sur la vitre est négligeable. Il n'y a aucun impact de pierre sur le plafond.

Immeuble d'habitations

App. de M. Défacto
App. de Mme Emmanuelle
App. de M. Fontaine

Mur de clôture

Immeuble du laboratoire de chimie

Bureau de M. Fontaine

C = position de M. Célimène

B = endroit où a été retrouvée la pierre

I = Impact de la pierre

B. Proposition d'étude personnelle.

Quelle peut être la trajectoire d'un objet lancé dans l'air ? Quelle est la forme de l'équation de cette trajectoire ? Proposer une méthode pour étudier la trajectoire de la pierre, si elle a été lancée par M. Célimène.

Illustration 42. D'après fiche élève, Trajectoire de la pierre, 2013-2014, Dominique

Dominique lit la fiche avec les élèves puis décrit le plan distribué à partir de celui projeté au tableau. La question est posée. En admettant que son impact sur la vitre n'a pas modifié la trajectoire de la pierre et qu'il n'y a aucun impact sur le plafond, est-il possible que M. Célimène ait lancé la pierre depuis sa position.

Les élèves sont lancés dans une phase de recherche. Ils sont libres d'utiliser internet, la calculatrice, l'ordinateur et peuvent aussi poser des questions à Dominique. Les questions des élèves portent sur les dimensions qui manquent sur le plan. Dominique y répond et complète au fur et à mesure sur le plan projeté sur le tableau blanc. Certaines dimensions sont laissées à calculer, Dominique suggère alors d'utiliser le théorème de Pythagore. Après environ un quart d'heure de recherche, Dominique propose de taper dans un moteur de recherche : « trajectoire

d'un lancer de pierre ». Un groupe envisage de mettre des axes sur la figure et Dominique dit que c'est une bonne idée. Tous font la recherche demandée et aboutissent à des paraboles.

Après un autre quart d'heure, Dominique propose une synthèse mais les élèves demandent un peu plus de temps. Des élèves suggèrent que Monsieur Célimène a pu monter sur le mur de clôture. Dominique répond que l'on peut l'admettre même si c'est un mur lisse de 2m de haut. Dominique revient sur la trajectoire qui est une parabole et demande aux élèves de poursuivre les recherches sur internet sur les paraboles du point de vue mathématiques et comment cela se caractérise. Des élèves avancent l'équation $E : y = ax^2 + bx + c$. La suite se passe sous forme de questions/réponses animées par Dominique : choix d'un repère (d'origine C), détermination des coordonnées des points I, B et C.

La parabole devant passer par les points C(0 ; 0), I(1 ; 6,5) et B(3 ; 6) on aboutit aux trois équations suivantes qui permettraient d'obtenir a, b et c.

$$0 = a \times 0^2 + b \times 0 + c \text{ (pour C)}$$

$$6,5 = a \times 1^2 + b \times 1 + c \text{ (pour I)}$$

$$6 = a \times 3^2 + b \times 3 + c \text{ (pour B)}$$

Dominique précise que l'on pourrait résoudre ce système mais propose une méthode plus rapide à partir de GeoGebra. Il demande aux élèves de récupérer un fichier sur le réseau du lycée mais les élèves rencontrent des problèmes. Dominique leur suggère alors de reproduire rapidement le plan directement sur GeoGebra. Avec ce logiciel de géométrie dynamique il est possible de faire tracer une parabole passant par trois points. La parabole obtenue en passant par les points I, C et B touche le plafond. Ce qui innocent Monsieur Célimène. Avant la fin de la séance, de nombreuses autres possibilités sont testées par les différents groupes : depuis le haut du mur, depuis le haut de l'autre immeuble, depuis les autres appartements.

V.2.4.1 – LE TRAVAIL DOCUMENTAIRE

Cet indice n'était pas étudié l'année scolaire précédente. Dominique nous dit qu'il a pris l'idée dans le projet « Autour de la disparition de Monsieur X » issu du « document Ressources MPS ». Cet indice y fait l'objet de deux fiches. La première est associée aux SPC. L'objectif est de modéliser la trajectoire sous la forme d'une parabole. La démarche préconisée est expérimentale (Acquisition d'une vidéo du lancer d'une balle de tennis, traitement à l'aide du logiciel AVIMECA par pointage des différentes positions, modélisation de la trajectoire avec le logiciel REGRESSI). On propose aussi d'étudier l'influence de différents paramètres sur l'allure de la trajectoire (masse du projectile, vitesse initiale, etc.). La seconde fiche est associée aux mathématiques. L'objectif est de déterminer si la pierre a été envoyée depuis le jardin. On propose une modélisation à l'aide d'un logiciel de géométrie dynamique de la trajectoire possible à partir de toutes les dimensions connues ou bien une recherche à l'aide d'un tableur d'une trajectoire (courbe de tendance). Il est aussi suggéré de vérifier la validité des coefficients trouvés avec l'équation donnée par la physique. Pour cette fiche seules ces pistes sont proposées et ne sont pas accompagnées d'informations supplémentaires.

Dominique dit en entretien qu'il a regardé le document d'accompagnement mais qu'il a trouvé cela trop compliqué. Il dit dans son carnet de bord : « *Il s'agit d'un TP totalement*

inventé par moi. » peut-être dans le sens où celui-ci ne repose pas sur des ressources transmises par Isabelle (illustration 43). La séance avec le premier groupe n'a pas eu lieu en raison d'une absence de l'enseignant.

date	Activités	Commentaires
14/11	2ème séance du TP de maths n°3 : étude de la trajectoire d'une pierre. Le but de ce TP est de conclure que la pierre n'a pu être lancée que par 2 des 5 suspects, les mêmes qui ont été retenus en physique (analyse des fibres textiles de leurs vêtements) et en SVT (ADN). Il s'agit d'un TP totalement inventé par moi. - Bilan de l'enquête. - Recherche sur Internet de la trajectoire d'un objet lancé dans l'air. - Tentatives de détermination de la trajectoire de la pierre à partir d'un simple plan de situation et de trois points par lesquels la pierre est passée. - Utilisation d'un repère, d'une équation du type $y = ax^2 + bx + c$ et d'un système. - Utilisation de GeoGebra et enfin de XL pour déterminer les trajectoires possibles de la pierre. - Disculpation d'un des suspects qui semblait avoir lancé la pierre et étude d'autres trajectoires possibles.	<i>Limitation volontaire du temps de recherche sur Internet.</i> <i>Les élèves travaillent seuls pendant un certain temps sur un simple plan de situation et cherchent à déterminer la trajectoire de la pierre sachant qu'elle est passée par 3 points donnés : position du lanceur; impact sur une vitre et point où la pierre a atterri. Ils sont rapidement amenés à constater qu'ils ont besoin de mesures mais aucun n'évoque la nécessité d'un repère.</i> <i>Après plusieurs propositions faites par les élèves mais dont aucune n'aboutit, un repère leur est alors proposé.</i> <i>Mise au point sur l'équation d'une parabole. Ils tentent alors de tracer la parabole sur GeoGebra de façon empirique. On en profite pour constater que la parabole n'est tournée vers le bas que si le coefficient de x^2 est négatif.</i> <i>Après de nombreux échecs, un travail guidé est fait avec les élèves pour aboutir à un système de 2 équations à 2 inconnues pour déterminer l'équation d'une parabole qui passe par l'origine du repère et deux autres points. Il est demandé à ceux qui peuvent le faire d'essayer de résoudre le système.</i> <i>Finalement on utilise la fonction « courbe tendance » de XL pour déterminer l'équation de la parabole.</i> <i>Les élèves voient que la trajectoire de la pierre lancée par le principal suspect est impossible car la pierre aurait heurté le plafond du bureau où elle a été retrouvée.</i> <i>En fin de séance, ils sont très motivés pour étudier d'autres trajectoires car les logiciel font le travail de calcul (XL) et de tracer (GeoGebra).</i> <i>En plus, ils sont contents d'avoir de nombreuses trajectoires après avoir beaucoup pataugé en début de séance. Le schéma de départ s'est beaucoup enrichi : ajout d'un repère et de paraboles diverses.</i>

Illustration 43. Extrait du carnet de bord, Trajectoire de la pierre, 2013-2104, Dominique

Pour cette séance, Dominique a conçu plusieurs supports : tout d'abord la fiche élève distribuée, le plan destiné à être projeté et un fichier GeoGebra à récupérer sur le réseau.

V.2.4.3 NOTRE ANALYSE DE LA SÉANCE

Cette séance est totalement nouvelle par rapport à celles de l'année précédente. Dominique ne dispose pas de ressources transmises par Isabelle. Des pistes sont suggérées dans le projet « Autour de la disparition de Monsieur X » mais rien de précis n'est proposé sur cet indice. C'est peut-être ce qui conduit Dominique à dire qu'il s'agit d'un TP totalement inventé par lui.

La phase d'investigation est bien présente à partir d'un questionnement donné qui s'inscrit dans le projet global (mode 2 de la dimension 1). Les élèves sont responsables de l'investigation et disposent d'un matériel libre pour répondre à la question (mode 4 de la dimension 2). Ils sont conduits à rechercher des informations supplémentaires auprès de

l'enseignant (mesures) et sur Internet (trajectoire d'un objet lancé, parabole). Ils sont responsables de l'investigation (mode3 de la dimension 3) Le professeur circule et chaque groupe bénéficie du guidage de l'enseignant (mode 3 de la dimension 4). Le professeur fait communiquer à la classe les propositions des élèves (mode 2 de la dimension 5). Après un temps de recherche conséquent l'enseignant reprend la direction de la séance, fait le bilan de l'avancée de la recherche (mode 2 de la dimension 6). Comme les élèves seront ensuite conduits à expliquer le travail réalisé dans un diaporama (mode 3 de la dimension 6), nous positionnons le curseur de la dimension 6 à 3. Le professeur propose ensuite l'utilisation de GeoGebra pour obtenir le tracé de la parabole passant par trois points donnés. Ensuite la phase de recherche reprend. L'outil proposé est vite pris en main par les élèves et il conduit à des tentatives nombreuses. Les élèves sont amenés à prendre des initiatives et à apporter les conclusions attendues concernant l'enquête policière menée. L'ensemble nous amène à la constellation suivante obtenue avec le modèle ESFI.

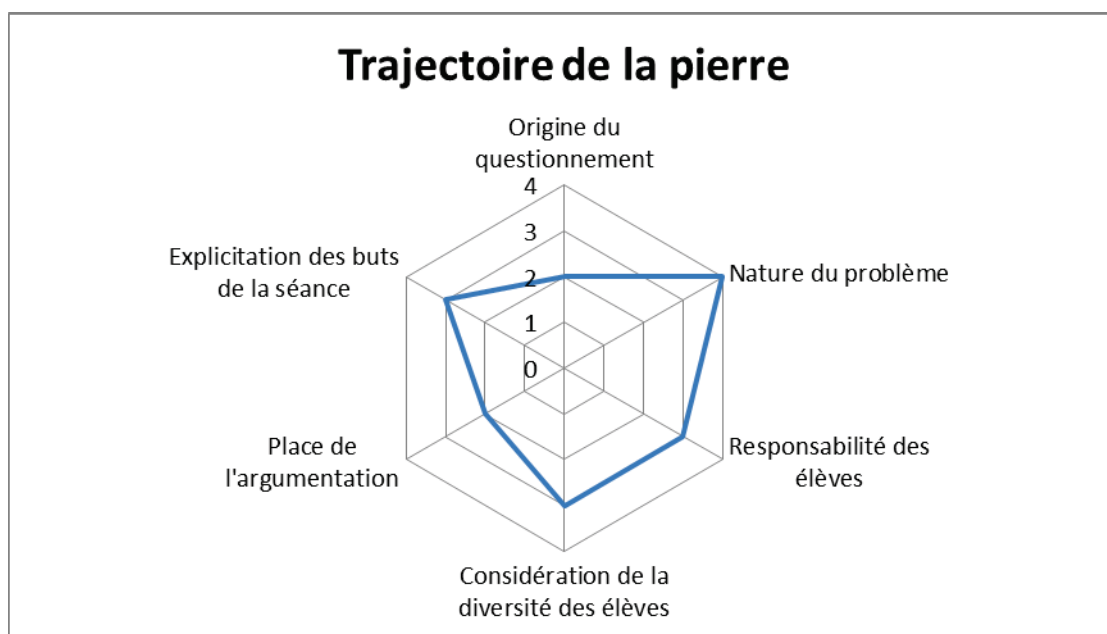


Illustration 44. Constellation modèle ESFI, Trajectoire de la pierre, 2013-2014, Dominique

Les ressources conçues par Dominique sont peu nombreuses : la fiche élève, une version à projeter du plan et le fichier GeoGebra. Ici encore la volonté affichée de travailler sur les fonctions du second degré et les paraboles qui sont au programme de seconde montre la volonté de Dominique de travailler les contenus du cours de mathématiques de seconde avec les élèves.

Nous avons souhaité rencontrer les deux autres professeurs encadrant les MPS. Celui de SVT a accepté, celui de SPC n'a jamais répondu à notre demande. Nous résumons ci-dessous l'entretien mené avec le professeur de SVT.

V.2.5 - LE PROFESSEUR DE SVT : PATRICIA

Nous avons contacté Patricia par mail pour une demande entretien. Elle a répondu toujours par mail qu'elle acceptait l'entretien mais a prévenu qu'elle n'est pas satisfaite de son

implication en MPS « *Je tiens toutefois à vous dire que, contrairement à Dominique, je dresse un bilan plutôt négatif de mon année en MPS (je n'en suis pas du tout satisfaite).* »

Patricia enseigne depuis 18 ans. Elle a débuté au primaire puis a enseigné au collège et maintenant en lycée. Cette année elle intervient sur deux lycées : Saint-Paul et Plateau Cailloux. Elle a MPS dans les deux établissements sans l'avoir choisi. Elle dit « *c'est ce qui reste qui est imposé au dernier arrivé* » car les autres collègues ne sont pas volontaires. Elle a fini par s'intégrer dans le projet de Dominique parce qu'« *il fallait le faire* ».

Patricia précise que le projet a été amené par Dominique. Avec du recul elle choisirait peut-être un autre thème. Patricia pense que « *le travail pluridisciplinaire est intéressant* », on montre aux élèves que « *chaque discipline n'est pas cloisonnée* », « *qu'il y a des liens* ». Mais elle considère qu'il « *manque des heures de concertation* » d'autant plus qu'elle se retrouve « *face à des [collègues] inconnus à chaque fois* ». Lors de ces moments de concertation, par manque de temps les professeurs parlaient juste de l'organisation des MPS : gestion du temps, répartition des groupes et des séances et aussi de l'avancée de l'enquête. Ils ne parlaient jamais du contenu précis des séances menées individuellement et des démarches suivies pour analyser les indices. Malgré tout, elle reconnaît que cela s'est bien passé avec ses collègues finalement.

Elle dit aussi avoir manqué de temps pour préparer ses séances ainsi que de matériel pour pouvoir les mettre en œuvre. Du coup, le manque de moyen et d'anticipation fait que cela se réduit pour les élèves à des recherches sur internet. Elle dit aussi : « *je préfère passer du temps sur la préparation des heures de cours sur lesquelles on va me demander des comptes* » c'est-à-dire sur les séances disciplinaires. Les MPS c'est du travail en plus et « *on ne s'investit que si on sait que ça va servir sur plusieurs années* ».

Dans le cadre de l'enquête, elle a été en charge de deux indices : l'ADN et les empreintes digitales. Pour l'ADN, elle a dû « *se débrouiller avec les moyens du bord* » et elle a ressenti une frustration car elle n'arrivait pas à ce qu'elle voulait. Pour extraire l'ADN, la police a des méthodes très sophistiquées et il y a une « *distance entre nos pratiques et celles de la police* ». Les élèves ont fait l'extraction de l'ADN de leur salive. Les élèves avaient un protocole à suivre que Patricia avait projeté au tableau. Ensuite ils ont observé au microscope. Par contre, ils ont eu du mal faire le lien avec l'enquête. Patricia dit que ce n'est pas comme ça que la police procède, et que ce qu'elle a fait avec les élèves a un côté « *artificiel* ».

Pour la séance sur les empreintes, Patricia a utilisé de la poudre de craie et du scotch. Ensuite les élèves ont appris à comparer les empreintes digitales à partir de sites Internet. Ce qui ne satisfait pas non plus Patricia vu que la police utilise des logiciels.

Patricia pense que pour l'enquête, les enseignants auraient dû organiser une scène de crime, une salle avec un mannequin, et qu'alors peut-être que les élèves auraient peut-être mieux participé. Selon elle, « *le problème, c'est que c'est une matière non notée, qui ne compte pas pour le passage, et les élèves le savent* ». Néanmoins, elle précise que « *les élèves sont gentils, ils veulent faire des choses* ». Pendant la présentation des diaporamas, elle s'est rendu compte que les élèves avaient joué le jeu. Ils se sont intéressés au projet, ont montré le travail réalisé dans chaque discipline et ont plutôt dans l'ensemble fait le lien avec l'enquête.

Ressources utilisées

La principale ressource citée est le projet « Autour de la disparition de Monsieur X » issu du « Document Ressources MPS ». Patricia cite aussi des recherches sur internet sur les méthodes de la police. Par contre, elle dit ne pas avoir réutilisé des ressources conçues pour ses autres enseignements.

Objectifs en MPS

En MPS, Patricia dit qu'elle a travaillé « *pour sa chapelle* » c'est-à-dire pour sa discipline les SVT. Par exemple, l'ADN est au programme de SVT mais pas son extraction ou l'utilisation de logiciel pour comparer. Elle dit : « *J'ai utilisé les MPS pour compléter le programme de SVT* » ou encore « *j'ai utilisé les MPS pour montrer des choses que l'on n'a pas le temps de faire en classe mais qui pourraient être utiles* ».

Démarche scientifique

Interrogée sur la démarche scientifique, Patricia la définit de la façon suivante : « *faire un constat, émettre des hypothèses, expérimenter pour les vérifier, confirmer ou infirmer* ». Elle dit qu'elle l'a pratiquée davantage en SVT parce qu'en MPS « *c'est trop décousu* ». Il faudrait que « *les élèves émettent des hypothèses une semaine et demandent des outils et du matériel* » qui leur seraient fournis la semaine suivante mais selon Patricia « *ça demande beaucoup de moyens* ».

En conclusion

Patricia a MPS dans les deux lycées où elle intervient sans l'avoir demandé parce qu'aucun de ses collègues n'est volontaire. Elle dit avoir besoin de beaucoup d'anticipation pour préparer ses cours. Elle s'est trouvée prise de cours à la rentrée sans avoir réellement le choix du thème et du projet. Elle exprime un besoin de davantage de séances de concertations. Elle reconnaît néanmoins que cela s'est bien passé avec ses collègues. Les séances qu'elle a mises en œuvre sur l'ADN et les empreintes digitales ne la satisfont pas car ses méthodes étaient trop éloignées de celles de la police scientifique et ce par manque de moyens. Elle pense avoir déçu les élèves mais dans le même temps elle s'est rendu compte lors des séances de présentation que ceux-ci s'étaient intéressés au projet et en avaient compris l'essentiel.

La composante personnelle s'exprime pleinement dans les paroles de Patricia. L'absence de choix sur son implication et les thèmes choisis, le manque de temps pour préparer ses cours alors qu'elle a besoin d'anticipation, le manque de moyens ressentis impactent fortement son sentiment de satisfaction. Par ailleurs, Patricia attribue un manque de reconnaissance de cet EE par l'institution, peut-être parce qu'il n'y a pas de notes, peut-être aussi parce qu'aucun de ses collègues n'est volontaire sur deux établissements. De fait, elle préfère s'impliquer dans ses cours disciplinaires pour lesquels on va « *lui demander des comptes* ». De même, comme elle n'est pas sûre d'être à nouveau impliquée l'année suivante elle trouve que la préparation demande un gros investissement en temps et précise que l'on ne s'investit que si cela sert sur plusieurs années.

Patricia montre une idée assez précise de ce qu'est une séance fondée sur l'investigation et dit en pratiquer pendant ses cours disciplinaires mais pas en MPS toujours par manque d'anticipation et de moyens. En l'absence de ressources transmises par ses collègues de SVT, elle cite le projet « Autour de la disparition de Monsieur X » comme ressource principale.

Le professeur de SPC de cet établissement n'a pas répondu à nos demandes d'entretiens.

V.2.6 - NOS CONCLUSIONS SUR CETTE DEUXIÈME ANNÉE, ÉLÉMENTS DE RÉPONSES APPORTÉES À NOS QUESTIONS

Nous avons suivi Dominique pendant deux années consécutives dans deux lycées différents. Un premier bilan a été fait à l'issue de la première année d'observation (V.1.5). Nous le complétons ici après la deuxième année de suivi. Cela nous permet d'apporter des éléments de réponses à nos questions de recherche sur les tâches perçue et redéfinie, la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI, le travail documentaire, le rôle du collectif ou encore le développement de compétences professionnelles.

Nouvel établissement, nouveau collectif, changement de posture

Lorsque nous avons rencontré Dominique, en septembre 2012, il venait d'être nommé dans le lycée du Port. Il avait déjà enseigné en MPS en 2010-2011 sous forme de mini-TPE et n'aurait pas été volontaire pour prendre à nouveau cet enseignement en charge s'il avait eu le choix. À la rentrée 2013, nommé par mesure de carte scolaire dans un nouvel établissement, Dominique a dit être volontaire pour enseigner en MPS. Ce qui montre déjà un changement d'attitude par rapport à l'année précédente. Il se trouve alors intégré dans une équipe pédagogique MPS qui ne comportait pas, jusqu'à cette date, de professeur de mathématiques. Si nous avons bien compris, dans cet établissement, les MPS fonctionnaient jusqu'à l'arrivée de Dominique davantage sous la forme de mini-TPE encadrés par les seuls professeurs de sciences.

Son expérience des MPS dans sa précédente académie, qu'il ne souhaitait pas reproduire, et sa pratique des MPS dans le lycée du Port, sous forme de projets, ont conduit Dominique à induire un changement de pratiques des MPS au lycée de Saint-Paul. C'est la première fois que nous observons cela dans un établissement. En principe, on note une reproduction des pratiques : même fonctionnement, même thème, même projet, etc.

Le collectif pluridisciplinaire est particulier. Dominique est volontaire et impliqué. Le professeur de SPC semble davantage détaché mais adhère au projet. Comme nous ne l'avons rencontré que de façon informelle lors de la séance de présentation de l'enquête aux élèves et lors de nos passages en salle des professeurs il semble compliqué d'en dire plus. Le professeur de SVT est contraint de s'impliquer et l'exprime ainsi (V.2.5). Pour les professeurs de SVT et SPC, cela ressemble à une adhésion un peu forcée mais acceptée au projet proposé par Dominique.

Dominique après avoir initié le changement de fonctionnement va prendre en charge l'essentiel du projet collectif. Il crée un scénario nouveau (autre lieu, autre contexte, autres suspects) mais garde des éléments de celui mis en œuvre dans l'autre établissement (indices). Il choisit le nom des personnages pour que ceux-ci commencent par les lettres A, B, C... Il fait surtout en sorte que chaque indice disculpe un des suspects pour qu'il n'en reste que deux à la fin. Il prévoit aussi un planning très détaillé de façon que chaque élève sache de semaine en semaine dans quelle salle il se trouve et avec quel professeur. Cette implication comme leader du groupe MPS est un complet changement d'attitude par rapport à l'année précédente

où le scénario avait été fourni par une autre équipe. On avait cependant déjà noté un changement d'attitude de cette sorte en fin du premier semestre de l'année scolaire précédente.

La prise en compte du projet global par Dominique est renforcée. Il s'est inquiété de la répartition des indices avec ses collègues et a une meilleure idée du travail réalisé par chacun. Il fait aussi à chaque début de séance le point sur l'avancée de l'enquête avec les élèves. Son expérience dans lycée précédent lui a montré l'importance de ce point régulier pour les élèves et pour lui-même, afin qu'il soit en mesure d'encadrer les séances de préparation et de présentation des exposés.

Travail documentaire

Les séances menées individuellement sont au nombre de trois contre deux l'année précédente. Pour les deux premières, Dominique reprend les indices déjà traités. Les ressources transmises par Isabelle gardent le rôle de ressources-mères mais s'y ajoutent les ressources filles mises en œuvre par Dominique l'année précédente qui avaient déjà été remaniées par rapport à celles d'Isabelle. Dominique tient aussi compte des réactions des élèves de l'année précédente. Lors de notre toute première rencontre, Dominique nous avait dit qu'il modifiait ses cours de mathématiques à partir des réactions des élèves. Ces échanges avec les élèves semblent être une ressource importante pour Dominique. Les séances conçues sur ces indices déjà traités montrent une appropriation supérieure de la part de Dominique. Si celui-ci garde des éléments présents dans les ressources d'Isabelle, il en supprime aussi beaucoup. Il se détache aussi de ses supports de cours. De fiches élèves de plusieurs pages, avec des espaces pour les réponses, conçues la première année il passe à des fiches d'une page, et parfois même ne distribue aucun support, se contentant de noter les informations au tableau. Nous inférons ici une prise de confiance de Dominique pour gérer ce type de séances. On note des régulations à long terme (d'une année sur l'autre) ainsi que des régulations à moyen termes (d'une séance à la suivante). La séance nouvellement conçue, sur la trajectoire de la pierre, l'est à partir de pistes trouvées dans le projet « Autour de la disparition de Monsieur X » du « document Ressource MPS ».

Si le projet collectif pluridisciplinaire est beaucoup mieux pris en compte la seconde année les contenus des séances menées individuellement par Dominique se recentrent sur les mathématiques de façon consciente et volontaire. Les règles d'actions inférées la première année sont confortées « il faut faire le lien avec le cours de mathématiques », « travailler les connaissances acquises au collège ou en seconde », « utiliser le tableur ou GeoGebra », « travailler l'algorithmique ». Il est à noter que cela reste vrai alors même que Dominique n'est pas en charge de classe de seconde cette année. Il reste néanmoins impliqué en accompagnement personnalisé et communique avec ses collègues de mathématiques sur la progression commune. Cette implication en accompagnement personnalisé lui permet de bien comprendre les difficultés rencontrées par les élèves.

Conception et mise en œuvre de séances fondées sur des DI

Concernant la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI, nous notons une moindre évolution. Seules deux des trois séances menées comportent une phase d'investigation. Dominique dit avoir conçu chaque séance de la même façon en trois phases : une recherche sur Internet, une phase de recherche où les élèves « *se débrouillent* » et une

phase davantage guidée par l'enseignant. Dominique dit en entretien avoir fait des choix. Il considère que les phases de recherche sur Internet ou les phases de travail en autonomie prennent trop de temps. Il préfère concevoir des séances MPS qui permettent de travailler des points du programme de mathématiques (fonctions affines, GeoGebra, algorithme, parabole, Excel).

Néanmoins, la dernière séance observée que nous considérons conçue et menée sous forme d'investigation aboutit à une constellation à partir du modèle ESFI sans branche atrophiée (illustration 44). Ce qui n'était pas le cas des constellations de la première année. Nous inférons le développement de compétences professionnelles liées à la conception et à la gestion de séances fondées sur des DI : une meilleure gestion des différentes étapes de la DI, davantage d'autonomie et de responsabilités laissées aux élèves, une place plus importante laissée à l'argumentation ainsi qu'un meilleur niveau d'explicitation des savoirs ou encore la conception de ressources favorisant l'investigation.

Les cinq composantes

La composante cognitive reste essentielle pour Dominique mais il se recentre sur l'utilisation de connaissances mathématiques acquises au collège ou du programme de seconde. Les élèves ne sont plus amenés à acquérir de nouvelles connaissances (comme la fonction exponentielle ou encore les suites en première année). La séance sur la détermination sur l'heure du décès se restreint à une modélisation par une fonction affine, la séance sur le décodage est axée sur l'algorithmique, celle sur la trajectoire de la pierre conduit à travailler les fonctions du second degré. On note toujours l'utilisation régulière du tableur et de GeoGebra.

La composante médiative a aussi subi des modifications par rapport à la première année. Dominique se détache des supports, pendant les séances menées individuellement, dans le sens où il ne distribue plus de fiches élèves de plusieurs pages en début de séances. Même si des temps de recherche en groupe et en autonomie persistent, les moments de réflexion en classe entière sont beaucoup plus présents lors de la seconde année. Pendant ces moments, les élèves sont régulièrement invités à passer au tableau contrairement à ce que nous avons observé la première année.

Nous avons peu d'information sur la composante institutionnelle dans ce lycée en dehors du fait que les enseignements d'explorations sont organisés de manière différente, chaque élève en découvrant trois dans l'année contre deux dans les autres établissements. La composante sociale a changé. Dominique n'enseigne plus en seconde et n'a de fait pas les élèves en cours de mathématiques. Il en connaît quelques-uns qu'il suit en accompagnement personnalisé mais ne verra les autres que pour trois séances dans l'année. Bien qu'ayant à plusieurs reprises exprimé sa satisfaction sur le mode de fonctionnement du lycée précédent, il ne semble pas cette année perturbé par cette nouvelle situation et reste malgré tout toujours autant impliqué dans l'acquisition du programme de mathématiques de seconde par les élèves. Nous avons déjà décrit le collectif pluridisciplinaire, celui composé des enseignants de mathématiques est inexistant dans ce lycée puisqu'un seul groupe MPS existe et que les professeurs de mathématiques n'étaient jusqu'alors pas impliqués.

En conclusion

On note des régularités mais aussi des variabilités entre les deux années d'observation. La

tâche redéfinie nous semble recentrée vers l'utilisation et l'acquisition de connaissances ou de compétences disciplinaires spécifiques à l'année de seconde. Les temps de recherche des élèves sont réduits au profit du premier objectif. Ce choix est volontaire de la part de l'enseignant qui considère que les phases de recherche sur Internet ou les phases de travail en autonomie prennent trop de temps et qui préfère travailler des points du programme de mathématiques. Si durant la première année nous n'avions pas réussi à différencier les tâches perçue et redéfinie il nous semble qu'ici la distinction est plus visible. Ces séances sont soutenues par des supports différents de ceux conçus et soutenus la première année. Elles sont aussi gérées différemment, les temps de recherche en autonomie sont réduits au profit d'échanges en classe entière avec passage des élèves au tableau.

L'enseignant fait aussi la distinction entre le projet global et les séances menées individuellement. Pour le projet commun, on note le développement de compétences professionnelles qui conduisent Dominique à des prises d'initiatives et de responsabilités au sein du collectif pluridisciplinaire et à une meilleure prise en compte du travail réalisé par ses collègues de sciences. Enfin, la dernière séance conçue et menée sous forme d'investigation aboutie à une constellation (illustration 44) sans branche atrophiée montrant le développement de compétences professionnelle concernant la conception et la gestion de séances fondées sur des DI.

V.3 - MISE EN ŒUVRE DE DÉMARCHES D'INVESTIGATION EN MPS ET RÔLE DU COLLECTIF, ÉTUDE DANS LE CADRE D'UN ATELIER IREM

Nous avons suivi le travail effectué par trois enseignants d'un même lycée au sein d'un atelier IREM dont l'objectif était de mettre en œuvre des séances fondées sur des DI en MPS. Deux de ces enseignants, Teddy et Boris, avaient MPS dans leurs services, le troisième, David, amenait son expertise sur les séances fondées sur les DI. Nous décrirons d'abord une réunion organisée par les trois enseignants impliqués dans l'atelier qui visait à situer les DI par rapport à d'autres demandes institutionnelles et à détailler chaque étape des DI (V.3.1). Dans un deuxième temps, nous analyserons trois séances consécutives conçues et mises en œuvre par Teddy portant sur la cryptographie (V.3.2). Ensuite, nous nous intéresserons à Boris qui a reproduit trois fois la même séance avec trois groupes d'élèves différents sur un thème intitulé par l'équipe enseignante « Le son » (V.3.3). Nous conclurons par un bilan sur l'atelier IREM concernant les DI (V.3.4). Dans le dernier paragraphe (V.3.5), nous questionnerons la transmission des ressources au sein de cet établissement en prolongeant le suivi à un autre enseignant, Olivier, l'année suivante.

V.3.1 - LE COLLECTIF CONSTITUÉ PAR L'ATELIER IREM, SITUER LES DI PAR RAPPORT À D'AUTRES DEMANDES INSTITUTIONNELLES

Ce paragraphe présente les premières démarches des enseignants impliqués dans l'atelier IREM : la recherche de ressources sur les DI et la tenue d'une réunion pour en comprendre les spécificités par rapport à d'autres demandes institutionnelles et les différentes étapes.

Le collectif des participants à l'atelier IREM s'est constitué par adhésion des trois enseignants au projet que nous avons initié : concevoir et mettre en œuvre des séances fondées sur des DI en MPS. Le travail collectif attendu entre Boris et Teddy correspondait à une *collaboration* (Grangeat, 2011), les deux professeurs avaient MPS dans leurs services, des compétences semblables et ils partageaient la même tâche prescrite. Entre David et les deux autres professeurs, il s'agissait plutôt d'une *coopération distribuée* (Grangeat, 2011), David n'avait pas à enseigner en MPS, mais devait apporter son expertise sur les séances fondées sur des DI. Les tâches de Boris et Teddy d'un côté et de David de l'autre étaient différentes, mais leurs activités convergeaient vers l'atteinte d'un même objectif, la réussite de l'atelier.

Ces enseignants étaient affectés dans le même lycée, celui de Saint-Denis, ce qui favorisait les rencontres informelles en salle des professeurs. De plus, Boris et Teddy intervenaient déjà en MPS en 2010/2011. Teddy avait alors collaboré avec un autre enseignant de mathématiques, Olivier, à l'élaboration des séances MPS sur le thème de l'investigation

policière. Les ressources conçues avaient été transmises à Boris. En 2011/2012 Boris, Olivier et un troisième enseignant avaient conçu une fiche d'autoévaluation par compétences en MPS à la demande de l'inspecteur de mathématiques. Ainsi pour Boris et Teddy, ce collectif IREM institutionnalisait un collectif informel déjà en place les années précédentes, celui des professeurs de mathématiques impliqués en MPS. Ce collectif possédait ainsi, avant notre arrivée, un système de ressources communes : les ressources conçues par Teddy et Olivier en 2010 sur le thème investigation policière puis transmises à Boris et aussi la fiche d'autoévaluation par compétences conçue par Boris, Olivier et un troisième collègue en 2011-2012. Le thème sur le son ne semblait pas avoir conduit à notre connaissance à des échanges de ressources.

Boris et Teddy avaient déjà enseigné en MPS sur les mêmes thèmes, mais sans mettre en œuvre de séances fondées sur des DI, DI qu'ils ne pratiquaient pas non plus dans leurs autres cours. La tâche qui leur était prescrite en participant à l'atelier étant de concevoir et soutenir des séances fondées sur des DI en MPS. Ces deux professeurs se sont alors trouvés dans un contexte d'incident documentaire (Sabra, 2011) qui les a conduit à rechercher de nouvelles ressources.

Boris et Teddy ont, dans un premier temps, ressenti le besoin de mieux comprendre ce que l'on attendait d'eux. Les premières actions notées dans les carnets de bord par Boris et Teddy sont des recherches de ressources sur les DI dans les textes officiels. Teddy écrit dans son carnet de bord : « *Pour préparer ma première séance, je m'appuie sur mes documents des séances faites il y a deux ans. Je m'aperçois que je ne suis pas vraiment dans la situation d'une DI. Je relis les BO sur les MPS (BO spécial n°4 du 29 avril 2010).* » Boris, quant à lui, liste une série de documents ou d'extraits de documents, récupérés sur internet, principalement issus de sites académiques, qu'il regroupe dans un dossier nommé « *Prise de notes sur la DI* ». Parmi ces documents, se trouve l'introduction commune aux programmes de sciences du collège (Mathématiques, SVT, Physique-Chimie, Technologie) qui présente la DI sous forme d'un canevas en sept étapes (BO spécial n°6 du 28 août 2008).

Les trois collègues impliqués dans l'atelier ont organisé une réunion un mercredi après-midi, à laquelle j'ai assisté en tant qu'observatrice. Les premiers échanges visaient à tenter de situer la DI par rapport à d'autres demandes institutionnelles que sont les problèmes ouverts (Pineau-Choquet, 2014), les situations problèmes, les narrations de recherche (Bonafé et al, 2002), les tâches complexes, ou encore l'évaluation par compétences. David a fait part de son point de vue à partir de ses connaissances théoriques et son expérience (Michel, 2011).

Les échanges se sont faits ensuite à partir d'un diaporama préparé par David qui reprenait le canevas en sept étapes de la DI mentionné ci-dessus (BO spécial n°6 du 28 août 2008). Les enseignants ont beaucoup discuté la première étape de la DI, le choix de la situation-problème. Le problème proposé aux élèves doit-il être issu de la vie courante, partir d'une situation concrète, être scénarisé ? Qui doit être à l'origine du questionnement, est-ce à l'enseignant d'apporter la question ou aux élèves de dégager des problématiques à partir de la situation proposée ? Dans ce cas, doit-on alors étudier chaque problématique soulevée ou en cibler certaines, et qui fait alors ce choix ? L'enseignant doit-il connaître la solution du problème, le problème peut-il ne pas avoir de solution connue ou avoir plusieurs solutions ?

Chaque étape de la DI proposée par le canevas ci-dessus a ensuite été discutée. David a

insisté sur le fait de mettre l'élève au cœur du travail à toutes les phases, de laisser les élèves soulever la question attendue, chercher et proposer des outils, se répartir le travail, réfléchir et répondre aux questions posées par l'un d'entre eux, s'autoévaluer. Il a aussi rappelé que l'activité doit être adaptée aux différents niveaux des élèves.

David a aussi parlé du rôle du professeur. En amont, l'enseignant doit fixer les objectifs de la séance, lister les connaissances nécessaires et, si elles ne sont pas connues des élèves, prévoir l'aide à apporter, qui peut être une aide indirecte (CDI, internet) ou partielle. Le professeur doit aussi essayer d'anticiper toutes les questions possibles des élèves. Pendant la séance, le rôle de l'enseignant est de mettre les élèves en action à toutes les étapes de la DI, y compris lors de la phase de structuration des connaissances.

Concernant l'organisation de la séance, David a présenté celle qu'il mettait en place les années précédentes avec ses classes de collège : d'abord un temps de recherche individuel pendant lequel l'élève note la totalité de ses idées, comme pour une narration de recherche, puis un temps d'échange en classe entière, ensuite une reprise de la recherche par groupes de trois ou quatre élèves qui s'accompagne à nouveau de prises de notes, enfin une phase de bilan fait par les élèves, mais animée par l'enseignant.

Teddy a dit en entretien que *« le partage de ses idées avec David, qui lui donne son point de vue sur les MPS, lui a permis de se diriger pour la suite. »*. Boris a résumé la discussion sur son carnet de bord par *« un but : l'autonomie des élèves »*.

L'un des enjeux du travail collectif en collaboration étant de parvenir à élaborer un système de représentations et de savoirs communs (Grangeat, 2011), nous émettons l'hypothèse que cette réunion visait cet objectif.

Ensuite, les deux enseignants ne travaillant pas sur le même thème, les séances ont été conçues individuellement par chacun d'eux. Les entretiens ont aussi été menés séparément, excepté l'un d'eux pendant lequel les deux professeurs étaient présents mais sont intervenus l'un après l'autre. Lors de ces entretiens, les professeurs ont parfois fait allusion à des discussions rapides et informelles qu'ils ont eues entre eux, en salle des professeurs, entre deux cours par exemple, mais on en trouve peu de traces sur leurs carnets de bord.

Dans le prochain paragraphe, nous décrivons dans un premier temps le travail mis en œuvre par Teddy.

V.3.2 - TEDDY

Dans cette partie consacrée à Teddy, nous commençons par un compte rendu d'un entretien mené en décembre, avant le début de l'atelier IREM, qui nous permet de dégager ses premiers ressentis sur les DI (V.3.2.1). Nous présenterons rapidement les fiches élèves conçues en 2010/2011 par Teddy et Olivier, un autre professeur de mathématiques impliqué, pour les séances MPS sur le même thème qui serviront par la suite de ressources mères (V.3.2.2). Nous poursuivons avec la description de chaque séance observée et filmée suivie d'une brève analyse de cette séance à partir des anticipations ou des retours du professeur obtenus lors des entretiens menés (avant et/ou après et/ou entre les séances) (V.3.2.3 à V.3.2.9). Dans le dernier paragraphe, nous proposons notre analyse de ces séances au vu de nos questions de

V.3.2.1 – TEDDY, PREMIERS RESENTIS SUR LES DI

Nous avons rencontré Teddy pour un premier entretien en décembre avant le début de l'atelier qui ne devait débiter qu'à la rentrée de janvier. Cette prise de contact, nous a permis d'obtenir quelques informations sur le profil de l'enseignant et de recueillir ses premières impressions sur les DI qu'il avait essayé de mettre en œuvre dès le premier semestre.

Teddy est titulaire remplaçant affecté dans cet établissement depuis plusieurs années. Il a déjà enseigné en MPS en 2010/2011 mais n'était pas impliqué en 2011/2012. À nouveau en charge de cet enseignement en 2012/2013 il a accepté de participer à l'atelier. Quand on lui demande s'il est volontaire pour MPS il répond : « *pas vraiment* » et ajoute « *Je constate que les MPS n'attirent pas beaucoup les enseignants titulaires du poste de l'établissement. Alors généralement ce sont toujours les TZR sur place qui en ont la charge ... ce qui est mon cas* »

Teddy a essayé de concevoir et soutenir des séances fondées sur des DI dès le premier thème alors que l'atelier ne devait commencer qu'à la rentrée de janvier, au moment où débutait le second thème. Lors de cet entretien, nous avons fait le point avec lui sur cette première tentative. Il dit avoir trouvé difficile de préparer les séances sous forme de DI et qu'il lui était plus facile de concevoir, comme avant, un TD avec des questions graduées.

Les séances préparées étaient toujours trop longues, les élèves n'arrivant pas au bout du problème en deux heures. Teddy pense vouloir faire aborder trop de choses et il trouve que, sous forme de DI, le travail des élèves est aussi beaucoup plus lent. Lorsqu'il a laissé les élèves rechercher des méthodes qui n'aboutissaient pas, il a ressenti une impression de perte de temps.

Par ailleurs, la mise en place de la DI en classe lui a paru complexe. Les élèves étaient peu habitués à fonctionner ainsi, beaucoup ne connaissaient pas le mot « conjecture », ils demandaient à être guidés. De plus, certaines notions étaient trop compliquées et au début, Teddy pensait que les élèves devaient tout trouver seuls. Néanmoins, sur les trois séances consécutives, Teddy note une évolution positive des élèves, certains semblent avoir compris la démarche, ont gagné en efficacité et travaillent de façon plus autonome.

Enfin, il dit ne jamais savoir comment cela ça va se passer, parfois on a des conjectures intéressantes, parfois rien ne vient. Il dit aussi avoir observé des solutions et des erreurs inattendues.

Le paragraphe suivant décrit les séances conçues sous forme de TD et mises en œuvre en 2010 sur le même thème dont Teddy parle plus haut.

V.3.2.2 – UNE DESCRIPTION RAPIDE DES SÉANCES CONÇUES EN 2010/2011

Ce paragraphe décrit les séances conçues par Teddy et Olivier en 2010/2011 sur le même thème. Nous ne les avons pas observées, Teddy nous les a décrites de mémoire en nous remettant les fiches élèves qui les soutenaient. Nous verrons par la suite qu'elles jouent un rôle important dans le travail documentaire de Teddy en servant de ressources mères lors de la conception des séances de cette année.

Teddy avait déjà enseigné en MPS, il y a deux ans sur le même thème, « Science et investigation policière ». Les séances portaient sur la cryptographie et avaient été conçues avec un autre professeur de mathématiques, Olivier, impliqué cette année-là.

Les séances étaient construites comme des travaux dirigés avec des questions graduées en difficultés. Lors de la première séance, Teddy présentait le thème et faisait visionner des petites vidéos sur les métiers de la police scientifique pendant environ une heure puis faisait travailler les élèves sur le code de César à partir d'une fiche élève (illustration 45). Le code de César qui était présenté comme un décalage de l'alphabet. Un exemple était donné : le codage du mot « MATHEMATIQUES » avec un décalage de trois lettres, chaque lettre étant codée par la lettre située trois rangs plus loin dans l'alphabet, ce qui donne « PDWKHPDWLTXHV ». Ensuite, les élèves devaient résoudre plusieurs exercices visant, dans l'ordre, à coder une phrase et en décoder une autre avec un décalage de trois lettres, à trouver la clé connaissant le message clair et le message codé obtenu, à décoder une phrase sans connaître le décalage utilisé mais en sachant qu'un mot y figurait, à décrypter deux phrases sans connaître les décalages utilisés, la seconde phrase étant donnée sans espaces entre les mots. Le travail était organisé sur une fiche élève photocopiée et distribuée aux élèves, qui était aussi projetée au tableau.

Méthodes et Pratiques Scientifiques
Investigation policière
Séance 01
Le code de César

Le code de César : le principe

Le code de César est la méthode de cryptographie la plus ancienne communément admise par l'histoire. Il consiste en une substitution mono-alphabétique, où la substitution est définie par un décalage de lettres. Par exemple, si on remplace A par D, on remplace B par E, C par F, D par G, etc..

Donnons un exemple à partir de ce décalage de 3 lettres (on dit que la clé de cryptage est de 3) :

Texte Clair	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
Texte codé	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C

Le mot « MATHEMATIQUES » est codé par le mot : « PDWKHPDWLTXHV » :

Applications :

- 1) Coder avec un décalage de 3 la phrase suivante : « J'AIME LA CRYPTOGRAPHIE »
- 2) Expliquer comment, connaissant le nombre de décalage, on sait aussi décrypter un message.
- 3) En déduire le texte en clair du message codé (avec un décalage de 3) suivant :
« OD YUDLH IDXWH HVW FHOOH TX'RQ QH FRUULJH SDV »
- 4) Combien de façons différentes peut-on coder un message avec cette technique ?

Exercice 1 : Décrypter le texte suivant sachant que la clé de cryptage est 10 : « ebqoxd ovswsxob vk mslvo ».

Exercice 2 : Sachant que le texte en clair suivant : « rendez vous rue de la paix » donne :
« mziyzu qjpn mpz yz gv kvds »
Déterminer la clé de cryptage.

Exercice 3 : Décrypter le texte suivant en supposant que le mot « ennemi » y figure :
« stywj jssjrn ij ytzotzwx jxy ij wjytw »

Exercice 4 : Décrypter le texte suivant dans lequel les espaces entre les mots ont été supprimés
« rggfivqqrwfidlevjvtivkvtdvddvgivmlvkevqgjmvevqgrjergfcztv »

Illustration 45. Fiche élève n°1, Code de César, 2010/2011, Teddy

Cette fiche était faite en une heure. À ma remarque sur le fait que je trouvais cela long pour

une heure Teddy explique que c'est le choix du travail en TD et la nécessité de finir la fiche pour pouvoir respecter le programme fixé sur plusieurs semaines qui le poussaient peut-être à aller trop vite : « *Peut-être qu'on corrigeait un peu trop vite, mais ça c'est le style du TD, c'est-à-dire tu fais le truc, tu as envie d'enchaîner, tu ne laisses peut-être pas suffisamment de temps contrairement à ce que j'ai fait cette année, j'ai cette feuille je sais que je dois faire cette feuille, peut être que j'en ai trop prévu, peut être que j'aurai du laisser plus de temps. Exercice 1, je laisse du temps, cinq minutes après bon alors, il y en a un qui a commencé à répondre, un qui peine, un qui a pas trop envie, tu corriges. [...] C'est un peu comme si je m'étais fixé un objectif de faire ça, ça et ça, un programme, j'ai trois séances je dois faire ça, ça, et ça, si je ne termine pas ça va être chaud pour les autres séances* ».

La deuxième séance de deux heures se poursuivait avec l'analyse fréquentielle. Teddy expliquait son principe en affichant le tableau de répartition en pourcentage des lettres dans un texte français. Ce tableau était seulement projeté et ne figurait pas sur la fiche distribuée aux élèves (illustration 46).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
7,68	0,8	3,32	3,6	17,8	0,6	1,1	0,64	7,23	0,19	0	5,89	2,72

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
7,61	5,34	3,24	1,34	6,81	8,23	7,3	6,05	1,27	0	0,54	0,21	0,07

Illustration 46. Support projeté, analyse fréquentielle, 2010-2011, Teddy

Ensuite, il y avait une fiche élève composée d'exercices de difficultés graduées (illustration 47).

L'analyse fréquentielle ou comment casser César																																																																		
Définition L'analyse fréquentielle part du principe qu'un message chiffré selon le code de César conserve la trace du message clair original en gardant les fréquences d'apparitions des lettres. Fréquence d'apparition des lettres On peut constater que selon la langue, un texte comportera une répartition particulière des fréquences de lettres. Par exemple en français les lettres les plus fréquentes, c'est-à-dire les lettres que l'on trouve le plus souvent, sont le E, suivi du A, du I et du S .. Exercice 1 : Choisir 5 lignes de texte dans votre livre de Français et en comptant le nombre d'occurrences de chacune des lettres, remplir au crayon le tableau suivant : <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 10%;">Lettre</td> <td style="width: 5%;">A</td><td style="width: 5%;">B</td><td style="width: 5%;">C</td><td style="width: 5%;">D</td><td style="width: 5%;">E</td><td style="width: 5%;">F</td><td style="width: 5%;">G</td><td style="width: 5%;">H</td><td style="width: 5%;">I</td><td style="width: 5%;">J</td><td style="width: 5%;">K</td><td style="width: 5%;">L</td><td style="width: 5%;">M</td></tr> <tr> <td>fréquence</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 5%;">N</td><td style="width: 5%;">O</td><td style="width: 5%;">P</td><td style="width: 5%;">Q</td><td style="width: 5%;">R</td><td style="width: 5%;">S</td><td style="width: 5%;">T</td><td style="width: 5%;">U</td><td style="width: 5%;">V</td><td style="width: 5%;">W</td><td style="width: 5%;">X</td><td style="width: 5%;">Y</td><td style="width: 5%;">Z</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> Cette répartition des fréquences des lettres n'est qu'approximative, cela dépend de nombreux paramètres tels que le niveau de langue du texte, ainsi que du style d'écriture (Par exemple un message militaire utilisera souvent de nombreuses abréviations). Exercice 2 : Utilisez l'analyse fréquentielle pour décoder le message de César Exercice 3 : Des poèmes à décoder grâce à l'analyse fréquentielle <u>Poème 1</u> JUAR LSMX J'MWU EUMKSSU XUTVU LRHXUDU SUX PRQYWX ARMWKX													Lettre	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	fréquence														N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z													
Lettre	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M																																																					
fréquence																																																																		
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z																																																						

XYKH UZ DRZKW, SR IHKXU UXZ EHRKTVU, VUSRX !

SUX IURMN AYMXX XYWZ EKWKX !

ZVUYLVKSU PRMZKUH

Poème 2

WD UDTMZT SNGR YLG ILMZ ILYYT

WD UDTMP RMZ DN AWDDT ;

HMTDDT TRP ITTPT DNGOMTMZ

HMW UTGTPZT YLG ILMZ ?

UNMD ATZDNWGT

Exercice 4 : Comment améliorer le code de César pour que l'analyse fréquentielle ne soit plus possible.

Exercice 5 : Décoder le message retrouvé sur un papier froissé trouvé dans la corbeille à côté du bureau de Gérard Manfin :

HI WHK DS WFMRRXK DK ZMYKVKXK KEL JMIVC

Illustration 47. Fiche élève n°2, Analyse fréquentielle, 2010/2011, Teddy,

Le premier exercice visait à vérifier la fréquence d'apparition de chaque lettre de l'alphabet à partir d'un échantillon de 5 lignes choisies par chaque élève dans le livre de français.

L'exercice 2 avait pour objet le décodage d'un message de César en utilisant l'analyse fréquentielle, le message (illustration 48) était projeté au tableau mais ne figurait pas non plus sur la fiche élève ou alors il était distribué sur une autre fiche. Les souvenirs de Teddy ne sont pas précis sur ce point.

Message de César :

ZU CU IKYI CYI Q DK

QK REHT TU BQ WHQDTU RBUKU

Z'QY CYI CED SEUKH Q DK

UJ YB QLQYJ TUI RBUKI

Illustration 48. Support projeté, Message de César à Cléopâtre 2010-2011, Teddy

L'exercice 3 proposait de la même façon le décodage de deux poèmes en utilisant l'analyse fréquentielle. L'exercice 4 posait une question sur une amélioration possible du code de César pour que l'analyse fréquentielle ne soit plus possible. Teddy définit cette question comme « *plus ouverte pour pouvoir faire un peu de débat* ». La fiche se terminait par le décodage « *d'un message retrouvé sur un papier froissé trouvé dans la corbeille à côté du bureau* » d'un certain Gérard Manfin qui trouvait sa place dans l'énigme mise en place en 2010/2011 : une histoire de disparition. Le décryptage aboutissait à une phrase du type « *la clé de Vigenère est piano* » et permettait d'introduire la troisième séance sur le code de Vigenère. Le travail sur le thème se terminait par du codage sur le code de César à partir d'Algobox.

Intéressons-nous maintenant aux séances conçues et soutenues dans le cadre de l'atelier IREM à partir des entretiens menés et des observations faites.

V.3.2.3 – ENTRETIEN AVEC TEDDY AVANT LA SÉANCE 1

La première séance devant se tenir le 7 février 2013, nous avons mené un entretien le 6 février, la veille. Ce paragraphe retranscrit cette rencontre et en particulier les questionnements de l'enseignant.

Pendant la phase de conception de la première séance fondée sur une DI, Teddy a complété son carnet de bord et l'a commenté lors de l'entretien. Pour préparer la séance, Teddy dit qu'il est parti de l'activité sur le codage de César conçue il y a deux ans et décrite ci-dessus

(illustration 45). Il a gardé la méthode de codage, le chiffrement César et y a ajouté le chiffrement affine. Il a fait quelques recherches sur le net, mais écrit dans son carnet de bord : « *Les documents trouvés sur le net sont tous du type TP, ils ne constituent que des idées pour moi.* ». Il a tenu compte de son expérience du premier semestre et rappelle en entretien que les séances conçues étaient beaucoup trop longues. Il dit essayer de mieux prévoir le temps nécessaire aux élèves.

La première difficulté exprimée par Teddy est « *comment mettre en place la situation ?* », avec un réel souci que les élèves s'approprient le problème rapidement. Il dit chercher un moyen d'impliquer les élèves dès le début et pense que pour cela, il faut stimuler leur curiosité. Il se demande donc « *comment rendre le projet intéressant ?* ».

Finalement, il fait le choix de proposer aux élèves une situation scénarisée avec une petite histoire « *pour intéresser les élèves au problème* » et de laisser le soin aux élèves de dégager une problématique « *pour que le problème devienne le leur* ».

Teddy tient compte de la diversité des élèves, il écrit dans son carnet de bord : « *Le choix d'une diversité de situations et d'approches tient compte du fait qu'on s'adresse à des élèves dont les profils et les choix d'orientation sont très variés, il est important que tous les élèves soient concernés* ».

Les connaissances mises en jeu sont relativement modestes en dehors de la division euclidienne (la congruence modulo 26 sera utilisée, mais sans excès de technicité ou d'utilisation de vocabulaire spécifique). Teddy prévoit aussi d'utiliser le tableur. Les acquis initiaux des élèves, sont difficiles à anticiper pour Teddy car il ne connaît pas bien ces élèves qu'il ne voit qu'en MPS quelques semaines par semestre. Concernant le tableur, il craint par expérience que les élèves ne maîtrisent pas bien le logiciel pour l'avoir peu utilisé. Une autre crainte, exprimée par Teddy avant la séance, est que certains élèves soient redoublants, aient déjà fait ce type d'activités en MPS l'an dernier, en gardent des souvenirs, et trouvent tout de suite. Il est aussi possible que certains élèves aient certaines connaissances en cryptographie, acquises par des lectures ou des films.

Interrogé sur les objectifs de la séance, Teddy dit que le principal est de mettre en œuvre une DI. Il ajoute qu'il veut aussi développer la prise d'initiative et l'autonomie des élèves, changer le statut de l'erreur et favoriser la communication orale. Enfin, il dit que l'un des buts est aussi de faire travailler les élèves sur la cryptographie.

Avant la séance avec les élèves, Teddy se pose beaucoup de questions : « *Comment vont réagir les élèves ?* », « *Est-ce que les élèves sont capables de découvrir seuls telles ou telles notions ?* », « *Est-ce qu'ils vont y arriver ?* ». Il essaie d'anticiper les difficultés de certains élèves : « *Quand je prépare ma séance, je prévois à côté une feuille qui ressemble plus à un TP pour les élèves qui seront en difficultés... Je pense la donner quand l'élève est vraiment bloqué et pas entièrement, pas toute la feuille, seulement une partie.* ».

V.3.2.4 – UNE DESCRIPTION DE LA SÉANCE 1 DE TEDDY (7 FÉVRIER 2013)

La séance dure environ 110 minutes (2 fois 55 minutes). Les premières minutes sont consacrées à l'accueil des élèves et à l'appel. Pendant l'interclasse de cinq minutes, les élèves sont autorisés à sortir et cela entraîne une légère perte de temps en début de seconde séance.

Cette pause nous permet de changer la cassette d'enregistrement. Nous disposons au final d'environ 100 minutes de film consacrées à des temps d'enseignement. Des indications sur le temps qui s'écoule depuis le début de l'enregistrement sont données après le symbole⊕.

La séance observée se passe dans une salle informatique équipée d'un tableau interactif et d'un tableau blanc. La salle est organisée en « E » face au tableau. La caméra fixe est installée en bas du « E » à gauche. Les élèves, qui proviennent de trois classes que Teddy n'a pas en mathématiques, s'installent comme ils le souhaitent sur les tables devant les ordinateurs. Ces conditions restent identiques sur les trois séances.

⊕ : 1 min

Teddy commence par projeter sur le tableau « NBUIFNBUJRVFT » et demande aux élèves ce qu'ils en pensent. Une élève, se souvenant du travail fait au premier semestre, dit qu'il faut extraire une problématique. Les élèves travaillent seuls dans un premier temps et doivent écrire, dans leur cahier de recherche MPS, une ou plusieurs problématiques. Teddy circule sans intervenir.

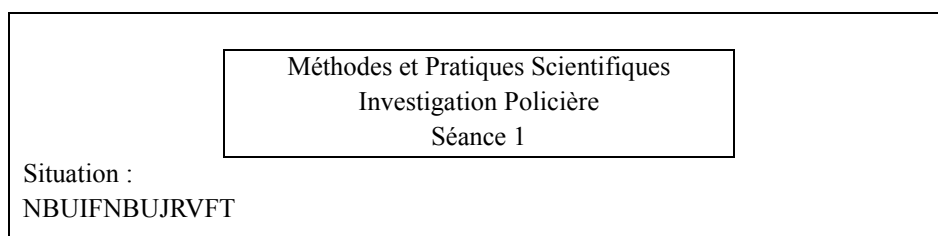


Illustration 49. Support projeté n°1, Séance 1, 2012/2013, Teddy

⊕ : 5 min

Après environ cinq minutes, il propose une mise en commun rapide et plusieurs élèves prennent la parole pour donner leurs problématiques à tour de rôle. On retrouve les mêmes idées dans toutes les propositions : messages codés, décodage, chiffrement. Les élèves doivent ensuite poursuivre leurs recherches à deux pour déchiffrer ce mot et doivent noter dans leurs cahiers les pistes suivies, qu'elles aboutissent ou pas. Tous les outils sont autorisés sauf Internet.

⊕ : 10 min

Après environ cinq autres minutes, l'enseignant fait à nouveau un point au tableau sur les méthodes obtenues. Les élèves interviennent d'abord librement puis Teddy, qui, en circulant, a remarqué des réponses intéressantes et différentes de celles déjà données, demande explicitement à certains élèves de proposer leurs méthodes. Chaque piste est discutée par la classe et ce sont les élèves qui invalident les méthodes de leurs camarades. Le mot ne peut pas être une anagramme, car il n'y aurait pas assez de voyelles. Une lettre ne peut pas représenter un mot commençant par cette lettre car de nombreux mots seraient codés de la même façon et la personne qui recevrait le message ne saurait pas le déchiffrer. D'autres idées sont émises, une forme de stéganographie, prendre trois lettres puis en supprimer trois, on pose aussi la question de savoir si le mot existe et s'il est en français. Teddy intervient alors et précise qu'il s'agit d'un mot, en français et qu'il ne faut pas supprimer de lettres, ni changer l'ordre des lettres. Un élève repère aussi la répétition de trois lettres : NBU. Un nouveau temps de recherche est laissé aux élèves. Finalement, une élève trouve le mot caché :

« MATHEMATIQUES » et on explicite la méthode : remplacer chaque lettre par la précédente dans l'alphabet. La méthode de codage consistait donc à faire un décalage d'une lettre. Le tout a pris une quinzaine de minutes.

⊕ : 16 min

La situation proposée est projetée au tableau (illustration 50). Teddy demande aux élèves de lire puis d'écrire leurs idées pour décoder sur leur cahier de recherche et de voir si elles fonctionnent.

Nous sommes en 46 avant J.-C. Vous venez de capturer un esclave Romain appartenant à l'armée de César. Sur son crâne, sous ses cheveux, est inscrit un message crypté. Après une torture en règle l'esclave avoue que ce message est destiné à Cléopâtre, reine d'Egypte et amour de César. Malheureusement, aucune torture ne délia la langue du prisonnier concernant la façon de déchiffrer le message.

Voici ce qui est écrit :

ZU CU IKYI CYI Q DK

QK REHT TU BQ WHQDTU RBUKU

Z'QY CYI CED SEUKH Q DK

UJ YB QLQYJ TUI RBUKI

Saurez-vous le décrypter ?

Remarque : ce n'est pas le message original de César mais sa traduction en français.

Illustration 50. Support projeté n°2, Séance 1, 2012/2013, Teddy

⊕ : 18 min

Le travail de recherche en groupe reprend, le professeur circule, il repère les différentes démarches. Certains élèves ont testé plusieurs décalages. Le travail est fastidieux. Teddy leur parle alors du cadran d'Alberti sans expliquer de quoi il s'agit exactement. Il propose une feuille (illustration 51) sur laquelle sont tracés deux disques de rayons différents divisés en 26 secteurs identiques, ainsi que quelques instructions de construction, et il propose aux élèves d'imaginer un outil qui pourrait faciliter le travail.

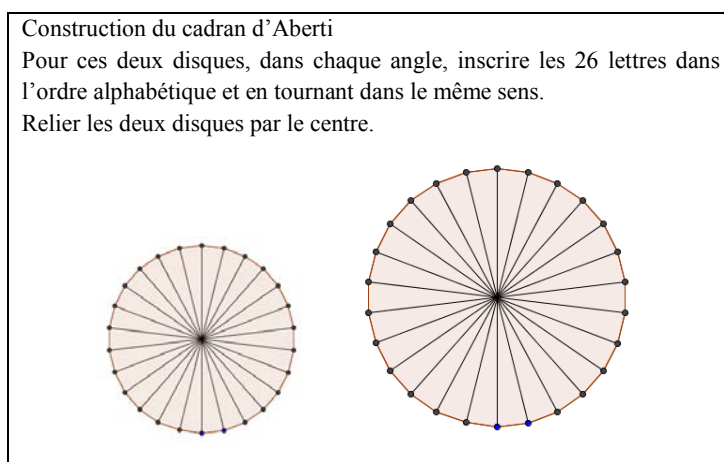


Illustration 51. Fiche élève n°1, Séance 1, 2012/2013, Teddy

Des discussions s'engagent entre les élèves sur l'utilisation de ces disques, mais ils imaginent vite l'outil à construire. Le cadran d'Alberti (1404-1472) est constitué de deux disques de même centre mais de rayons différents, le plus grand disque est fixe, l'autre mobile, chacun est divisé en 26 secteurs dans lesquels on peut écrire les lettres de l'alphabet (illustration 52) L'utilisation du cadran permet de tester très rapidement les différents

décalages possibles.



Illustration 52. Disque d'Alberti, Séance 1, 2012-2013, Teddy

D'autres groupes s'en sortent plus rapidement. Un élève en observant le texte a vu Z'QY, ce qui lui a fait penser à J'AI et lui a permis de trouver le bon décalage. Un autre tente JE à la place de ZU du début et trouve ainsi le décalage.

Cette fois-ci, lors de la mise en commun, le professeur gère l'ordre d'intervention des élèves en fonction de ce qu'il a observé en circulant. Tous les élèves demanderont malgré tout à construire le cadran d'Alberti. Pour les élèves ayant déjà terminé, Teddy propose les exercices conçus l'an passé pour patienter. Avant de poursuivre le travail, Teddy demande à une élève de passer au tableau pour expliquer la construction de son cadran et son utilisation pour décoder le message affiché au tableau.

⌚ : 60 min

Teddy demande ensuite de combien de manières différentes on peut coder avec un décalage de César. La réponse, de 25 façons différentes, vient rapidement mais la classe prend le temps d'invalider deux réponses erronées données par des élèves. Tout d'abord, le fait de décaler l'alphabet vers la droite ou vers la gauche ne donne pas davantage de codages, le fait d'avancer de deux lettres revenant à reculer de 24. Ensuite, avancer de 5 et reculer de trois revient à avancer de deux et donc ne complique pas le codage.

⌚ : 70 min

Teddy enchaîne en demandant quelle pourrait être la suite de l'activité ? Des élèves parlent alors d'autres manières de codages possibles et Teddy interpelle une élève qui avait proposé une autre méthode précédemment, associer un nombre à chaque lettre A : 0, B : 1, etc. Teddy donne alors le second questionnaire de la séance :

Situation						
A	B	C	D	...	...	Z
0	1	2	3	...	...	...

Quelle est la lettre au rang 298 ?

Illustration 53. Support projeté n°3, Séance 1, 2012/2013, Teddy

Comme précédemment, les élèves cherchent par deux et Teddy les incite à noter toute trace de recherche dans leurs cahiers de recherche MPS. Après sept minutes de recherche, les élèves sont invités à échanger sur les méthodes :

Première méthode proposée :

$298/25=11,92$

261

L'élève hésite entre la onzième lettre et la douzième, mais un autre élève intervient pour dire que, comme le résultat est plus proche de 12, on prend la douzième lettre de l'alphabet. Teddy demande aux élèves ce qu'ils en pensent. Beaucoup d'élèves semblent dubitatifs mais ne parviennent pas à expliquer pourquoi.

Un autre élève propose sa méthode :

$$298/25=11,92$$

$$25 \times 11 = 275$$

$$298 - 275 = 23$$

On prend la 23e lettre. Cette méthode semble convenir à tout le monde ! Teddy demande à deux élèves de donner leur méthode, elles avaient divisé par 26 et pas par 25, mais elles disent s'être trompées et que c'est la méthode donnée au tableau qui est juste.

Après quelques hésitations, Teddy propose de vérifier la démarche pour le rang 26 qui doit coder A puisque 25 code Z. Evidemment, en utilisant la méthode écrite au tableau, fausse mais considérée juste par la classe, et en divisant par 25 on obtient que 26 code B et les élèves prennent conscience qu'ils se sont trompés et qu'il faut diviser par 26. Teddy essaie de faire dire aux élèves qu'il s'agit de la division euclidienne, mais personne ne semble s'en souvenir et les mots « reste » et « division euclidienne » finissent par sortir au milieu d'éléments de vocabulaires divers comme « produit en croix », « quotient » !

⊕ : 90 min

Les dix dernières minutes de la séance sont consacrées à remplir la fiche d'autoévaluation (illustration 54). Cette fiche a été conçue l'année précédente, suite à une sollicitation de l'inspecteur de mathématiques, par les professeurs de mathématiques du lycée impliqués en MPS, dont Boris faisait déjà partie mais pas Teddy. Elle a été reprise sans changement cette année et n'a pas été rediscutée par les enseignants. Les élèves notent la date puis doivent faire un bilan, un résumé personnel de la séance en quelques lignes. Ils doivent ensuite compléter la grille d'évaluation avec l'aide du professeur puis s'autoévaluer sur cinq compétences. La grille est projetée sur le tableau et complétée par le professeur à partir des interactions des élèves.

Pour la première compétence, « Utiliser et enrichir ses connaissances », les élèves listent les connaissances utilisées pendant la séance : la division euclidienne, le reste, comment coder et décoder par décalage de lettres. La seconde compétence, « Pratiquer une démarche scientifique », est scindée en deux parties, « Exploiter l'information utile » et « Pratiquer une technique ou une démarche. Reasonner, argumenter ». Teddy note et explique que la démarche utilisée est une démarche d'investigation. Teddy dit, en entretien, avoir présenté la DI aux élèves au premier semestre comme la transposition didactique de la démarche scientifique : « *Se poser des questions, rechercher, échouer, conjecturer, expérimenter, répondre ou pas, chercher, se tromper, comprendre qu'ils se sont trompés...* ». La troisième compétence concerne l'utilisation des TIC, ici la calculatrice. Les élèves doivent aussi autoévaluer leur niveau de communication (cahier de recherche ou oral), leur attitude (autonomie, initiative, implication) pendant les phases de recherches personnelles et de travail de groupe. Ils ont le choix entre quatre niveaux (j'ai réussi tout seul, j'ai réussi avec de l'aide, je n'ai pas bien réussi malgré l'aide, non abordé lors de cette séance). Les élèves doivent ensuite coller la fiche complétée dans leur cahier de recherche MPS.

Compétences scientifiques et transversales	Indicateurs (Connaissances, Capacités, Attitudes, ...)	Critères de la séance	Autoévaluation			
			J'ai réussi tout seul	J'ai réussi avec de l'aide	Je n'ai pas bien réussi malgré l'aide	Non abordé lors de la séance
Connaissances	Utiliser et enrichir ses connaissances	La division euclidienne, coder et décoder par décalage de lettres				
Pratiquer une démarche scientifique	Exploiter l'information utile	Alphabet				
	Pratiquer une technique ou une démarche. Raisonner, argumenter	Démarche d'investigation				
TIC	Utilisation	Calculatrice				
Communiquer	Cahier de recherche					
	Oral					
Autonomie, Initiative Implication	Travail de groupe ou personnel					

Illustration 54. Fiche autoévaluation par compétence, Séance 1, 2012/2013, Teddy,

V.3.2.5 – UNE PREMIERE ANALYSE DE LA SÉANCE 1 DE TEDDY (7 FÉVRIER)

Nous avons rencontré Teddy pour un entretien le 15 février entre la séance 1 (7 février) et la séance 2 (21 février). Dans ce paragraphe, nous abordons seulement la séance 1 et décrivons en particulier l'organisation de la séance, la gestion de Teddy en particulier lors des imprévus didactiques.

L'organisation des séances est celle suggérée par David, lors de la réunion du collectif, d'abord un temps de recherche individuel suivi d'une mise en commun des premières idées. Ensuite un travail par groupe de deux ou trois élèves. Un temps conséquent est réservé aux phases de recherches en groupes. Très régulièrement, sont prévus des temps de mises en commun avec tous les élèves. Ces moments sont animés par l'enseignant qui organise les prises de parole des élèves en fonction de ce qu'il a observé en circulant et les fait intervenir dans un ordre cohérent. Teddy n'hésite pas à orienter les activités des élèves vers l'objectif à atteindre en précisant le problème, comme par exemple en début d'activité (un mot en français, il ne faut pas changer l'ordre des lettres ni en supprimer). De même, lorsque les discussions entre élèves conduisent à valider un résultat faux (reste modulo 25), Teddy intervient. Il ne dit pas que c'est faux mais propose aux élèves un moyen de vérification de la méthode proposée. Face à cet imprévu didactique, il doit improviser et réfléchir rapidement à une méthode pour faire invalider la démarche par les élèves eux-mêmes. Enfin, en circulant Teddy s'assure de la progression de tous les groupes.

Teddy regarde régulièrement sa montre. Il dira, lors de l'entretien après la séance, que la gestion du temps est une difficulté. Il veut laisser un temps de recherche aux élèves, mais souhaite malgré tout aborder un certain nombre de notions. Il doit aussi garder, en fin de séance, un temps raisonnable (10 à 15 minutes) pour faire compléter la fiche d'autoévaluation par les élèves.

Lorsque les élèves posent des questions, Teddy ne répond pas directement. Il dirige les élèves vers les autres membres du groupe, ou les incite à utiliser le matériel à leur disposition (« *Est-ce que tu sais que tu as devant toi plusieurs outils ?* »), à se tourner vers les camarades de son groupe ou encore répond par une autre question (« *Est-ce que cela te semble cohérent ? Pourquoi ne pas tester ?* »).

Teddy incite les élèves à noter sur leur cahier toute trace de recherche, y compris celles n'ayant pas abouti, un peu à la manière d'une narration de recherche mais le terme n'est pas utilisé en classe par le professeur.

La structuration des connaissances se fait en deux temps, d'abord dans les moments d'échanges en classe entière. Teddy fait le point sur l'avancée du travail de façon régulière avant d'aborder un nouveau questionnement. Ensuite, en fin de séance, un temps conséquent est consacré à remplir la grille d'autoévaluation complétée par les élèves avec l'aide de l'enseignant. On liste les connaissances mises en jeu dans l'activité et les outils utilisés, en particulier les TIC. Ces fiches doivent être collées par les élèves dans leur cahier de recherche MPS. En entretien Teddy se dit peu satisfait de la façon dont il a mené l'utilisation de la grille de compétences lors de la première séance : « *l'évaluation je ne suis pas trop content de mon truc ce n'est pas très simple. J'espère faire mieux la semaine prochaine* ».

Le cahier de recherche sera récupéré par l'enseignant à la fin de chaque thème et sera pris en compte au moment de remplir les observations dans les bulletins, aucune note n'étant mise pour les enseignements d'exploration.

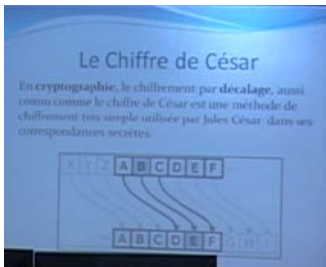
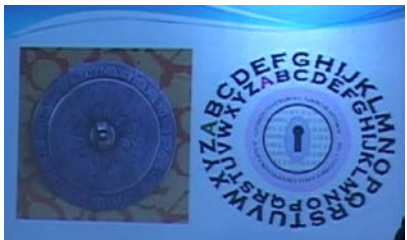
Nous reviendrons sur ce qui a été dit sur la séance 2 lors de cet entretien dans le paragraphe V.4.2.6 après la description de la séance 2 dans le paragraphe suivant.

V.3.2.6 – DESCRIPTION DE LA SÉANCE 2 DE TEDDY (21 FEVRIER 2013)

Les conditions restent identiques à celles de la séance précédente (voir V.3.2.4)

🕒 : 4 min

Teddy demande d'abord aux élèves de rappeler ce qui a été fait la fois précédente. Ceux-ci s'en souviennent assez bien. Teddy projette ensuite un petit diaporama pour rappeler le travail réalisé : le code de César par décalage de l'alphabet, le cadran d'Alberti qui permet de faciliter la tâche, le peu de robustesse de ce code (illustration 55).

Diapo 1 Séance 2, MPS, 2012-2013	Diapo 2 Illustration du Codage de César par décalage de l'alphabet 	Diapo 3 Deux illustrations du cadran d'Alberti 
--	--	--

Diapo 4 Caractéristiques : mono-alphabétique, lettres gardent la même position, nombre réduit de clés, codage peu sûr	Diapo 5 Une question : D'autres manières de crypter ?
--	---

Illustration 55. D'après support projeté n°1, Séance 2, 2012/2013

Il demande ensuite aux élèves s'ils connaissent d'autres manières de crypter. Un élève qui participe à « Maths en Jeans » parle de codage avec des nombres, de code ASCII, de matrices sans trop détailler. Une autre élève propose d'utiliser des symboles.

🕒 : 11 min

Teddy reprend alors le second questionnaire arrivé à la fin de la séance précédente et le projette au tableau. Il distribue une fiche photocopiée aux élèves qui reprend ce qui est projeté puis laisse un temps de recherche (illustration 56).

Méthodes et Pratiques Scientifiques Investigation Policière Séance 2 Le chiffrement affine <u>Lors de cette séance on évaluera :</u> - La pratique d'une démarche scientifique - la communication - l'autonomie - la prise d'initiative - l'implication Situation <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>...</td><td>...</td><td>Z</td></tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td></tr> </table> Quelle est la lettre au rang 241 ? Vos pistes de recherche : <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; height: 40px; vertical-align: top;">Je pense ...</td> <td style="width: 50%; height: 40px; vertical-align: top;">J'essaye d'appliquer mon idée ...</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="height: 40px; vertical-align: top;">Conclusion sur mes recherches</td> </tr> </table>							A	B	C	D	...	...	Z	0	1	2	3	...	...	...	Je pense ...	J'essaye d'appliquer mon idée ...	Conclusion sur mes recherches	
A	B	C	D	...	...	Z																		
0	1	2	3	...	...	...																		
Je pense ...	J'essaye d'appliquer mon idée ...																							
Conclusion sur mes recherches																								

Illustration 56. Support projeté n°2, Fiche élève n°1, Séance 2, 2012/2013, Teddy

🕒 : 30 min

Teddy reprend au tableau la méthode de la division euclidienne par 26. Bien que déjà cherché lors de la séance précédente (avec 298 au lieu de 241), cette partie prend malgré tout une vingtaine de minutes. Il est vrai que plusieurs élèves étaient absents la fois précédente. Teddy propose ensuite d'utiliser le tableur Excel, projette une feuille de calcul et montre comment obtenir, sur Excel, le reste de la division euclidienne de 241 par 26 avec la formule : `=MOD(241 ; 26)`

⌚ : 35 min

Teddy projette la situation suivante au tableau et distribue la même chose en photocopie (illustration 57) puis il demande aux élèves de soulever une problématique (transcription 1).

<u>Situation</u> En utilisant la fonction affine $y = 15x + 3$ La lettre O est codée par la lettre F	
Problématique	
Je pense que	J'essaye d'appliquer mon idée
Conclusion sur mes recherches	

Illustration 57. Support projeté n°3, Fiche élève n°2, Séance 2, 2012/2013, Teddy

Teddy : *Regardez, lisez la situation*

(Quelques minutes de silence)

Vous avez lu, alors levez la main et dites-moi ce que vous en pensez là, je n'ai pas posé de question mais d'après vous quelle problématique on pourrait soulever ?

E1 : *comment calculer x ?*

Teddy : *comment calculer x ? quoi d'autre comme problématique après on va réfléchir à tout ça ?*

E2 : *y est égal à quoi ?*

Teddy : *y est égal à quoi, tout à l'heure c'était comment calculer x, y est égal à quoi, d'accord*

E3 : *y c'est O et x c'est F*

Teddy : *y c'est O et x c'est F, c'est une bonne idée, alors réfléchissez et essayez de me dire comment cela fonctionne, pourquoi y ce serait O et x ce serait F ou peut être le contraire ?*

Transcription n°1, Séance 2, 2012/2013, Teddy

⌚ : 38 min

Il suit une période de recherche individuelle pendant laquelle Teddy circule et demande aux élèves de compléter le cadre sur la problématique « *la problématique, une question, en ayant cet énoncé quelle question on pourrait se poser ?* »

⌚ : 50 min

Teddy propose aux élèves de faire un point. Un élève prend la parole, aidé par les questions de l'enseignant et aboutit après quelques hésitations au résultat suivant :

<i>La problématique : comment en utilisant la fonction affine, la lettre O est codée par la lettre F ?</i>
<i>F est la sixième lettre de l'alphabet</i>
$15 \times 6 = 90$
<i>90/26 environ égal à 3</i>

$26 \times 3 = 78$
 $90 - 78 = 12$
 $12 + 3 = 15$
O est la quinzième lettre

Transcription n°2, Séance 2, 2012/2013, Teddy

Teddy est confronté à un nouvel imprévu didactique, l'élève a interverti le rôle des deux lettres, il a conduit des calculs mathématiquement corrects qui semblent aboutir ! Teddy sourit, marque un moment d'hésitation et revient sur les notions de fonction affine, d'image, d'antécédent, hésite, se trompe, et fini par « influencer » les élèves en leur donnant la méthode.

T : vous voyez ici on a une fonction affine, c'est écrit, donc $y = 15x + 3$. Si je demande par exemple l'image de 2

E : 33

T : l'image de 2 est 33, comment vous avez fait ?

E : $15 \times 2 + 33$

T : donc on remplace x par 2, l'image de 2 est 33 par la fonction affine f .

Ici je veux, si je regarde la phrase écrite là : la lettre O est codée par la lettre F.

(Teddy écrit au tableau blanc sous l'image de 2 est 33, la phrase la lettre O est codée par la lettre F)

D'après vous, si j'essaie de faire une similitude entre ces deux phrases-là, qui est l'image ?

E(s) : O

T : l'image serait O, heu ... , non, l'image ce serait, c'est mal dit

E : F alors ?

T : rire, ah oui, il y a que deux lettres donc on n'a pas le choix.

Quand on dit l'image de 2 est 33, vous avez remplacé le 2 par x , vous êtes d'accord, pour trouver le y , ça tout le monde est clair, quand on dit que la lettre O est codée par F finalement, je vais remplacer le O par x et avoir F en Y.

Votre camarade a fait des calculs, c'est très bien il trouvé une méthode qui donne finalement une lettre F et O codé mais en fait, tu as mélangé l'image et l'antécédent, tu as fait l'inverse.

Allez, si on essaye de regarder, je vais vous influencer la-dessus comme ça on passera à la suite, si on essaye de regarder cette fois-ci on prend pour x la lettre O. La lettre O qui est la quinzième lettre de l'alphabet, vous êtes sûrs vous avez vérifié ?

Certains élèves disent oui, d'autres non qu'il s'agit de la quatorzième, ce qui induit un nouveau et conduit Teddy à vérifier à l'aide du tableur.

Teddy : La lettre O est 14 donc tout à l'heure tu n'avais pas réussi alors, mais ce n'est pas grave, ce n'est pas grave, tu avais quand même une bonne idée.

Donc on prend 14, on retourne sur notre exercice je remplace x par 14 et je fais le calcul.

Je fais $y = 15 \times 14 + 3$, je trouve 213.

Ensuite je cherche comme il a fait tout à l'heure et comme on a fait tout à l'heure dans la

première question le reste de 213 par 26 avec le tableur ...

On obtient 5, est-ce que c'est notre lettre F ?

E : ben non

Teddy : ben si 5 (en montrant sur le tableur projeté au TBI)

Donc en fait tout à l'heure tu avais pris 6 et tu avais trouvé 15 parce que tu avais commencé à 1, c'est ça.

Est-ce que tout le monde a compris comment ça fonctionne ? Très bien.

Transcription n°3, Séance 2, 2012/2013, Teddy

🕒 : 60 min

La tâche suivante consiste à obtenir le codage de chaque lettre de l'alphabet par cette méthode avec le tableur Excel. Teddy a créé une feuille de calcul déposée dans le dossier personnel de l'élève sur le réseau du lycée qui reste à compléter (illustration 58).

	A	B	C	D	E	F	G
1	Lettre non codée x	A	B	C	D	E	F
2	Le rang de x						
3	$15x + 3$						
4	La rang de y						
5	Lettre cryptée						

Illustration 58. Support projeté n°4, Séance 2, 2012/2013, Teddy

🕒 : 85 min

Teddy projette une autre situation (illustration 59). Il s'agit d'un diagramme en bâtons avec les fréquences d'apparition de chaque lettre de l'alphabet français et une seule consigne : Faites parler ce document. Il en discute quelques minutes avec les élèves, puis précise que ce sera le sujet de la prochaine séance.

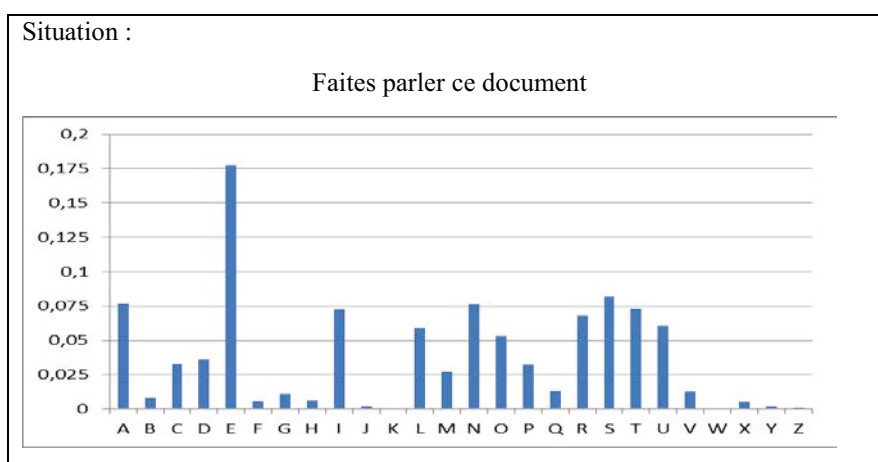


Illustration 59. Support projeté n°5, Séance 2, 2012-2013, Teddy

🕒 : 95 min

Il distribue la fiche d'auto-évaluation et identifie rapidement avec les élèves les

compétences travaillées pendant la séance, quelques élèves interviennent pour participer, Teddy tient compte de leurs remarques mais semble avoir déjà réfléchi aux critères à compléter (voir illustration 60) :

			Autoévaluation			
Compétences scientifiques et transversales	Indicateurs (Connaissances, Capacités, Attitudes, ...)	Critères de la séance	J'ai réussi tout seul	J'ai réussi avec de l'aide	Je n'ai pas bien réussi malgré l'aide	Non abordé lors de la séance
Connaissances	Utiliser et enrichir ses connaissances	J'ai réutilisé mes connaissances (division euclidienne, fonctions affines), je connais maintenant ce qu'est le modulo				
Pratiquer une démarche scientifique	Exploiter l'information utile	Rien				
	Pratiquer une technique ou une démarche. Raisonner, argumenter	J'ai évoqué clairement mes idée, mes pistes, mes protocoles de réalisation				
TIC	Utilisation	Tableur				
Communiquer	Cahier de recherche	J'ai rédigé mon carnet de bord, j'ai exposé mes idées, mes problématiques				
	Oral					
Autonomie, Initiative Implication	Travail de groupe ou personnel	J'ai travaillé en équipe.				

Illustration 60. Fiche autoévaluation, Séance 2, 2012/2013, Teddy

Dans le paragraphe suivant, nous décrivons comment cette séance avait été anticipée par Teddy lors de l'entretien du 15 février.

V.3.2.7 – UNE PREMIÈRE ANALYSE DE LA SÉANCE 2 DE TEDDY

La seconde séance semble avoir été autant préparée par Teddy que la première. Rencontré en entretien le 15 février, l'enseignant avait déjà tout prévu. Sachant que deux semaines se seraient passées entre les deux séances il envisageait de faire rappeler aux élèves les notions vues lors de la première. Il avait noté des questions à poser au cas où les élèves n'auraient pas d'idée, mais cela n'a pas été nécessaire. Il avait aussi préparé le petit diaporama permettant de visualiser le codage de César ainsi que le cadran d'Alberti et qui se termine par le fait que le codage de César est peu robuste.

Ayant remarqué que certains cahiers de recherche des élèves étaient « *brouillon* », Teddy a préparé pour chaque situation de la séance une feuille photocopiée que les élèves doivent coller dans leur cahier et qui structure leur travail dans laquelle « *les étapes sont bien visibles* » avec la problématique, leur idée, les tentatives faites, la conclusion.

Pour la partie sur tableur, il a préparé une feuille de calcul avec le tableau qu'il suffit de compléter. Cette feuille de calcul a été déposée avant la séance sur le réseau du lycée pour que chaque élève y ait accès au moment voulu.

Il se pose lors de l'entretien avant la séance beaucoup de questions sur la formulation des

questions écrites pour chaque situation : *« faire parler ce document ou présenter ce document, je ne sais pas trop encore comment dire, je verrai après, faire parler c'est peut-être bien aussi »*.

Enfin, Teddy s'était dit peu satisfait de la façon dont il avait mené l'utilisation de la grille de compétences lors de la première séance et espérait mieux faire. Pour cette seconde séance il a visiblement réfléchi en amont aux compétences travaillées : celles-ci apparaissent rapidement et déjà formulées devant les élèves. Par contre, il s'éloigne ainsi de la méthode attendue à cette étape : construire la fiche avec les élèves.

Teddy reconnaît que cette préparation lui prend beaucoup de temps et que ma présence l'incite peut-être à en faire plus : *« je vais te montrer ce que j'ai commencé à ... [préparer pour la prochaine séance] ça prend vraiment beaucoup de temps, peut-être parce que là j'en fais plus, peut-être que si je n'étais pas avec toi j'en ferais pas autant. »*

Pendant la séance, Teddy utilise le TBI pour projeter les documents préparés : le diaporama, les fiches élèves avec les situations, la feuille de calcul Excel. Il s'en sert aussi à un moment comme d'un tableau blanc. Il utilise aussi à certains moments le petit tableau blanc positionné à côté de l'écran du TBI. Les élèves utilisent le tableur sur l'ordinateur, récupèrent des fichiers sur le réseau du lycée et utilisent leur calculatrice ou celle virtuelle installée sur les postes de la salle (salle informatique réservée aux mathématiques).

La seule partie non anticipée concerne l'imprévu didactique qui survient à la cinquantième minute d'enregistrement. L'élève qui doit expliquer comment la lettre O est codée en F par le codage affine donné par $y = 15x + 3$ cumule les erreurs : il a numéroté les lettres depuis 1 et pas depuis 0 comme demandé, il a interverti le rôle des deux lettres, a conduit des calculs mathématiquement corrects mais a calculé le reste de la division euclidienne par 26 avant d'ajouter 3. Il aboutit malgré tout au rang de la lettre O. Teddy sourit et marque un moment d'hésitation. Il se positionne sur le tableau blanc et revient sur la fonction affine, la notion d'image, d'antécédent, en faisant calculer l'image de 3. Au moment de faire la similitude avec le codage affine il reprend une réponse fautive donnée par un élève, hésite, se trompe : *« l'image serait O, heu ..., non, l'image ce serait, c'est mal dit »*. Déstabilisé, ses explications deviennent confuses : *« Quand on dit l'image de 2 est 33, **vous avez remplacé le 2 par x**, vous êtes d'accord, pour trouver le y, ça tout le monde est clair »*. Il décide alors de trancher en donnant la méthode : *« Allez, si on essaye de regarder, **je vais vous influencer là-dessus comme ça on passera à la suite.** »*. Mais au moment de trouver le rang de la lettre O les élèves sont en désaccord entre eux ce qui induit un nouveau doute chez Teddy, le conduit à vérifier puis à conclure rapidement : *« Donc on prend 14, on retourne sur notre exercice je remplace x par 14 et je fais le calcul. Je fais $y = 15 \times 14 + 3$, je trouve 213. Ensuite je cherche comme il a fait tout à l'heure et comme on a fait tout à l'heure dans la première question le reste de 213 par 26 avec le tableur ... On obtient 5, est-ce que c'est notre lettre F ? »*. Il conclut sans vraiment laisser le temps aux élèves de répondre : *« Est-ce que tout le monde a compris comment ça fonctionne ? Très bien. »*.

Ainsi, déstabilisé, Teddy montre une difficulté pour gérer la complexité introduite par l'élève. Il reprend vite la direction de la séance, donne la méthode de codage rapidement et lance les élèves sur l'activité sur tableur à partir d'une feuille de calcul à compléter.

Nous enchaînons avec la description de la troisième séance.

V.3.2.7 – LA SÉANCE 3 DE TEDDY (28 FÉVRIER 2013)

Les conditions restent identiques à celles des deux séances précédentes (voir V.3.2.3)

⌚ : 5 min

Teddy projette la même situation que la fois précédente (illustration 61), et fait rappeler ce qui a été dit lors de la séance précédente : fréquence d'apparition de chaque lettre de l'alphabet dans un texte en français.

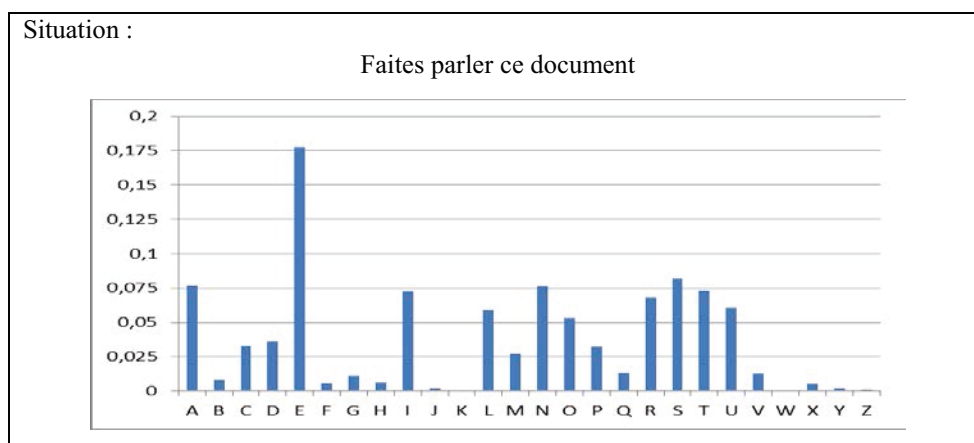
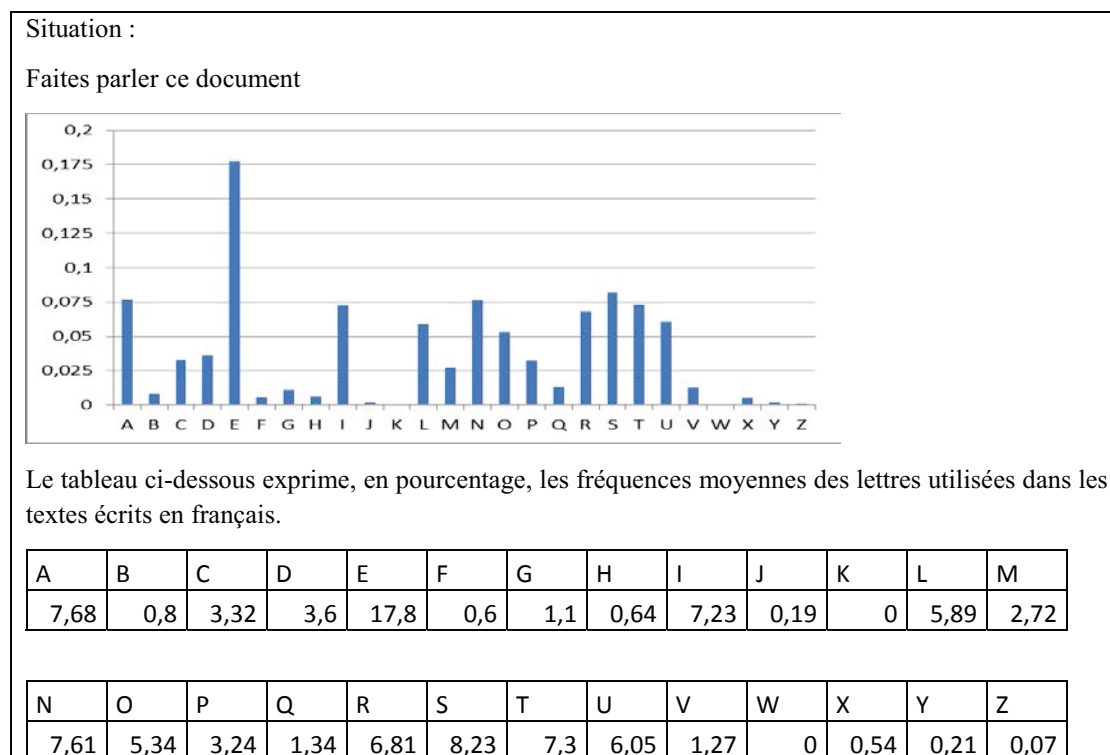


Illustration 61. Support projeté n°1, Séance 3, 2012-2013, Teddy

⌚ : 8 min

Teddy demande si quelqu'un a une idée de ce que l'on va faire avec ce graphique. Un élève propose de créer un texte qui respecte les fréquences d'apparition de chaque lettre. Aucune autre idée n'est proposée par la classe. Teddy projette la suite du document (illustration 62), distribue la fiche élève identique à ce qui est projeté, et laisse les élèves lire la feuille.



L'analyse fréquentielle, ou analyse des fréquences, est une méthode de **cryptanalyse** découverte par Al-Kindi au IX^e siècle. Elle consiste à examiner la fréquence des lettres dans un message chiffré.

L'analyse fréquentielle est basée sur le fait que, dans chaque langue, certaines lettres ou combinaison de lettres apparaissent avec une certaine fréquence. Par exemple, en français le « E » est la lettre la plus utilisée suivie du « A ».

Situation

Décrypter ce message

UDQPFT, QHFWTIITX OTLSQHIHBJTX, OTITLHZZFQJLPOJHGX
DXXFDGQLTX ... XHQO CTX XTLOTFGX PFJ HKKGTQO CT
QHZUGTZXTX YHXXJUJIJOTX DFE TITWTX PFJ DJZTQO ITX
ZDOSTZDOJPFTX TO HUOJTQQTQO CT UHQX GTXFIODOX CDQX
LTOOT ZDOJTD.

Illustration 62. Fiche élève n°1, Support projeté n°2, Séance 3, 2012-2013, Teddy

⊕ : 12 min

Teddy repose la question « à quoi va nous servir ce graphique ? ». Une élève propose « à *décrypter ce message* ». Teddy les incite à se mettre au travail et leur donne la possibilité de travailler à deux. Il circule dans la classe pour observer le travail des élèves mais n'intervient pas. Certains élèves utilisent la calculatrice ou celle virtuelle installée sur les postes mais aucun ne semble utiliser le tableur.

⊕ : 24 min

La plupart des élèves ne trouvent pas comment faire. Teddy essaie de leur apporter une aide en repartant du décalage d'une lettre sur le mot MATHEMATIQUE codé NBUIFNBUJRVF et fait remarquer que la fréquence d'apparition de la lettre A dans le mot MATHEMATIQUE est la même que la fréquence d'apparition de la lettre B dans le mot codé NBUIFNBUJRVF.

⊕ : 30 min

Les élèves sont invités à reprendre le travail. Teddy circule et intervient auprès des élèves. L'aide apportée à l'étape précédente permet à certains d'avancer, d'autres sont toujours bloqués et Teddy réexplique ce qui a été fait sur le mot MATHEMATIQUE.

⊕ : 40 min

Teddy précise qu'il faudrait arriver à un tableau de ce type-là, et prévient qu'il est disponible dans le dossier de l'élève sur le réseau, qu'il est prêt et qu'il reste à le remplir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	UDQPFT, QHFWTIITX OTLSQHIHBJTX, OTITLHZZFQJLPOJHGX DXXFDGQLTX ... XHQO CTX XTLOTFGX																									
2																										
3	Lettres																									
4	Effectifs																									
5	Fréquences																									

Illustration 63. Feuille de calcul Excel, Support projeté n°3, Séance 3, 2012/2013, Teddy

⊕ : 44 min

Teddy propose une formule pour faire compter le nombre d'apparitions de la lettre « U » du texte entré dans la cellule A1 :

=NBCAR(A1)-NBCAR(SUBSTITUE(A1 ;"U" ;" "))

⊕ : 60 min

Teddy projette la feuille de calcul avec le tableau complété, fait énoncer les formules entrées pour calculer la somme dans la cellule AB4 (=SOMME(B4 : AA4), puis la fréquence de lettre A (=B4 /\$AB\$4), il rappelle brièvement le rôle des \$ pour bloquer la cellule.

⊕ : 70 min

Teddy propose aux élèves de faire apparaître le diagramme en bâtons avec les fréquences d'apparition de chaque lettre dans le message codé, puis leur demande comment utiliser les résultats trouvés pour décrypter le message. Une élève explique que comme la lettre T est la lettre la plus fréquente dans le message crypté alors elle doit coder la lettre E. La même élève donne un ou deux autres exemples puis, à la demande de Teddy, lit le texte que son groupe a réussi à décoder.

⊕ : 75 min

Teddy projette un extrait de quelques lignes du livre « La disparition » de Georges Perec qu'il laisse lire aux élèves (illustration 64). Il demande ensuite ce que l'on peut dire de l'analyse fréquentielle avec le roman de Pérec. Une élève remarque qu'il n'y a pas de lettre E. Teddy explique qu'il s'agit d'un roman entier sans utilisation de la lettre E.

Un extrait

« La disparition » de Georges Perec

Anton Voyle n'arrivait pas à dormir. Il alluma. Son Jaz marquait minuit vingt. Il poussa un profond soupir, s'assit dans son lit, s'appuyant sur son polochon. Il prit un roman, il l'ouvrit, il le lut, mais il n'y saisisait qu'un imbroglio confus, il butait à tout instant sur un mot dont il ignorait la signification.

Il abandonna son roman sur son lit. Il alla à son lavabo, il mouilla un gant qu'il passa sur son front, sur son cou.

Son pouls battait trop fort. Il avait chaud. Il ouvrit son vasistas, scruta la nuit. Il faisait doux, un bruit indistinct montait du faubourg. Un carillon plus lourd qu'un glas, plus sourd qu'un tocsin, plus profond qu'un bourdon, au loin, sonna trois coups. Du canal Saint Martin, un clapotis plaintif signalait un chaland qui passait.

Sur l'abatant du vasistas, un animal au thorax indigo, à l'aiguillon safran, ni un cafard, ni un charançon mais plutôt un artisan, s'avavançait trainant un brin d'alpha. Il s'approcha, voulant l'aplatir d'un coup vif, mais l'animal prit son vol, disparaissant dans la nuit avant qu'il ait pu l'assaillir.

Illustration 64. Support projeté n°4, 2012/2013, Teddy, Séance 3

⊕ : 80 min

Teddy distribue la fiche d'autoévaluation des compétences mises en jeu et complète, au début avec l'intervention des élèves puis seul, la colonne « Critères de la séance » (illustration 65). Par rapport aux tableaux précédents, Teddy a ajouté le « pourquoi » dans l'avant-dernière colonne et demande aux élèves d'expliquer, s'ils cochent cette colonne, pourquoi selon eux ils n'ont pas réussi malgré l'aide.

Compétences scientifiques et transversales	Indicateurs (Connaissances, Capacités, Attitudes, ...)	Critères de la séance	Autoévaluation			
			J'ai réussi tout seul	J'ai réussi avec de l'aide	Je n'ai pas bien réussi malgré l'aide	Non abordé lors de la séance
Connaissances	Utiliser et enrichir ses connaissances	Calcul des fréquences J'ai appris une nouvelle façon de décrypter par l'analyse fréquentielle			Pourquoi ?	
Pratiquer une démarche scientifique	Exploiter l'information utile	Savoir comparer deux graphiques			Pourquoi ?	
	Pratiquer une technique ou une démarche. Raisonner, argumenter	Utilisation des formules dans un tableur (adapter)			Pourquoi ?	
TIC	Utilisation	Tableur J'ai appris à utiliser les % somme			Pourquoi ?	
Communiquer	Cahier de recherche	Tenue du carnet de bord			Pourquoi ?	
	Oral	J'ai exprimé et partagé mes idées			Pourquoi ?	
Autonomie, Initiative Implication	Travail de groupe po personnel	Partage de tâches Travail personnel			Pourquoi ?	

Illustration 65. Fiche autoévaluation, Séance 3, 2012/2013, Teddy

V.3.2.9 – UNE PREMIÈRE ANALYSE DE LA SÉANCE 3 DE TEDDY

Cette troisième séance a été préparée plus tardivement que les autres. Lors de l'entretien mené la veille, Teddy n'avait pas beaucoup avancé : *« dans la préparation de la 3^e, je n'ai encore rien fait, rire, c'est pour demain, c'est vrai que je suis un peu en retard, j'ai eu pas mal de choses à faire »*. Néanmoins, s'il n'avait rien d'écrit, il savait déjà ce qu'il allait faire, repartir du diagramme en bâtons avec les fréquences d'apparition de chaque lettre dans un texte écrit en français et laisser les élèves décoder un message.

Teddy attend que les élèves pensent à utiliser le tableur : *« j'imagine que là il y en a beaucoup qui vont prendre leur stylo et puis faire à la main, donc à un moment donné, j'espère qu'il y en a un qui va penser à prendre le tableur parce que pour compter le nombre de lettres c'est assez fatigant de compter le nombre de A, le nombre de B, et puis c'est très lourd, très long. »*. Nous retrouvons ainsi un des objectifs de la DI identifié par Teddy et dont il a parlé dans un entretien : proposer une situation non pas pour découvrir une nouvelle notion mais pour que les élèves aient l'initiative d'utiliser tel outil (calculatrice, tableur, Algobox), chose qu'il n'a pas le temps de faire en classe ou alors très rapidement : *« je leur dit alors qu'est-ce qu'on peut faire dans cette situation-là, pour répondre à cette question ? Utiliser la calculatrice, d'accord allez on y va »*.

Lors de l'entretien avant la séance Teddy nous dit aussi avoir testé le décodage avec le tableur, avoir trouvé une formule qui permet de compter le nombre de lettres dans un texte qu'il envisage de donner aux élèves. Il dit aussi devoir trouver un autre message codé, celui sur lequel il s'est lui-même entraîné étant trop compliqué. Il pense aussi au code de Vigenère

sur lequel il avait travaillé, il y a deux ans, mais ne pense pas avoir le temps de l'aborder.

Teddy fait une utilisation de plus en plus précise de la fiche d'évaluation, en ajoutant le « pourquoi » dans l'avant dernière colonne. Si l'élève coche « *je n'ai pas bien réussi malgré l'aide apportée* », il est invité à expliquer pourquoi selon lui. Teddy précise en entretien que cette idée lui vient de David montrant ainsi que celui-ci poursuit son rôle d'expert de façon informelle. Par contre, Teddy s'éloigne de l'idée de laisser les élèves dégager les compétences mises en jeu. Il semble avoir réfléchi à l'avance aux compétences travaillées et les dicte aux élèves. Il est aussi vrai que cette étape arrive toujours en fin de cours et est souvent réalisée dans l'urgence avant la sonnerie.

La quatrième séance sera consacrée à l'élaboration d'une carte mentale et à la visualisation de petites vidéos sur les métiers liés à l'investigation policière déjà utilisées en 2010 pour introduire le thème.

Dans le paragraphe suivant, nous proposons notre analyse des séances observées à partir de nos questions de recherche et en croisant les cadres théoriques mobilisés.

V.3.2.10 – NOTRE ANALYSE DES SÉANCES DE TEDDY AU VU DE NOS QUESTIONS DE RECHERCHE ET DE NOS CADRES THÉORIQUES

La tâche perçue et redéfinie

Comme tout enseignant de MPS, Teddy doit répondre à la tâche prescrite dans le programme MPS (BO spécial n°4 d'avril 2010), explicitée partie I.2. Il a déjà enseigné en MPS en 2010/2011 mais il n'a alors pas mis en œuvre de séances fondées sur des DI. Pour lui il s'agissait alors d'explorer des domaines nouveaux comme la cryptographie : « *quand je lisais le BO c'était un enseignement d'exploration, exploration, on explore quoi, on est en maths, SPC et SVT. On explore tel domaine, puisqu'il y avait des thèmes, qu'est-ce qu'on va explorer dans le thème science et investigation policière. [...] Voilà, ce sont des choses pour donner gout aux élèves en maths, en sciences, peut-être même des mathématiques différentes, donc voilà, c'est pour ça que ma séance était basée sur ce que j'avais fait il y a deux ans qui dans mon idée était de l'exploration.* ». Teddy n'avait pas perçu dans la tâche prescrite la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur l'investigation en MPS.

Le choix du thème « Science et investigation policière » résulte d'une réflexion collective des professeurs du lycée impliqués en MPS en 2010/2011, ces thèmes étant reconduits depuis. Cette année, contrairement à la première année, les enseignants ne mettent pas en place d'énigme commune aux différentes matières. L'équipe pluridisciplinaire en se limitant au choix d'un thème commun et en se dispensant d'une énigme commune a redéfini volontairement la tâche à la baisse. Le projet pluridisciplinaire visant à montrer l'apport de chaque matière est pourtant un point central des MPS.

La tâche prescrite aux enseignants de cet atelier IREM étant explicitement de concevoir et soutenir des séances fondées sur des DI en MPS pour le second thème, sa participation à l'atelier induit pour Teddy un repositionnement de la tâche prescrite qui est d'enseigner en MPS en mettant en œuvre des séances fondées sur des DI. En l'absence d'énigme commune, Teddy est libre du contenu des séances observées et fait le choix de travailler sur la cryptographie comme en 2010. Il dispose de quatre séances consécutives sur le thème, mais

sait que nous ne viendrons observer que les trois premières. Sa tâche redéfinie par des contraintes (le thème) et par ses propres choix (la participation à l'atelier IREM, la cryptographie) consiste donc à concevoir et soutenir au moins trois séances fondées sur l'investigation et portant sur la cryptographie.

Les cinq composantes

Si nous analysons les pratiques en combinant les cinq composantes (cognitive, médiative, personnelle, institutionnelle et sociale) (II.1.4), sa participation à l'atelier induit chez Teddy des modifications de chaque composante.

L'enseignant intègre un atelier IREM avec des attentes particulières, l'inspecteur de mathématiques était présent au séminaire de rentrée pendant lequel les ateliers ont été présentés. Teddy accepte la présence d'une autre personne en classe et même d'une caméra. Il s'impose ainsi un travail supplémentaire, préparer les séances lui prendra beaucoup de temps peut être dit-il parce qu'il veut en faire plus en raison de notre présence. Il devra se rendre disponible pour les entretiens, tenir le carnet de bord demandé. Il sera aussi conduit à intervenir en séminaire IREM. La présence de David dans l'atelier le conduit à échanger davantage avec lui mais aussi avec Boris. L'ensemble affecte les composantes institutionnelles et sociales qui induisent une modification de la composante personnelle, l'obligation de concevoir et soutenir des DI en MPS modifie les représentations de Teddy sur cet enseignement puisqu'il n'en mettait pas en œuvre en MPS, sur les DI aussi puisqu'il n'en pratiquait pas non plus dans ses autres cours. Teddy a essayé de mettre en œuvre des séances fondées sur les DI dès le premier semestre, se rend compte des difficultés et que les séances conçues il y a deux ans ne répondent pas aux attentes de l'atelier. Ce qui entraîne des modifications sur les composantes cognitive et médiative.

Concernant la composante cognitive, le contenu est peut-être ce qui va le moins changer. En choisissant de travailler sur la cryptographie, Teddy reste en terrain connu, il conserve en particulier le code de César et l'analyse fréquentielle déjà faits en 2010 et ajoute seulement le codage affine facilement compréhensible pour un professeur de mathématiques. Par contre l'organisation des tâches confiées aux élèves, leur quantité, leur ordre, leur insertion dans une progression qui dépasse la séance doivent être modifiés par rapport à ce qui a été fait en 2010 et posent de nombreuses questions à Teddy.

La composante médiative est particulièrement impactée, le rôle de l'enseignant étant totalement redéfini lors d'une séance fondée sur l'investigation. Teddy se pose ici aussi beaucoup de questions : comment présenter la situation de départ, comment enrôler tous les élèves, comment favoriser la dévolution du problème, quel guidage, quelles aides apporter pendant les phases de recherche, comment gérer les phases de structuration des connaissances, etc.

Pour répondre à cette tâche, perturbant toutes les composantes, Teddy conçoit d'abord la première séance et, même s'il commence à exprimer des idées pour les séances suivantes, il prévient « *Maintenant, bon, c'est ma première idée, je ne sais pas si... la séance suivante je vais peut-être changer d'avis. En fait, je verrai comment cela fonctionne, s'ils réagissent bien, s'ils sont intéressés, sinon je vais changer.* ». Les deux séances suivantes seront conçues dans le détail l'une après l'autre.

Le travail documentaire mis en œuvre pour répondre à cette tâche.

Avant de soutenir les séances, Teddy va devoir les concevoir en mobilisant un certain nombre de ressources qui vont avoir un impact sur la tâche effective. Teddy va commencer par collecter des ressources, les parcourir et en sélectionner certaines.

La première ressource citée explicitement par Teddy est composée des supports conçus en 2010/2011 pour les séances MPS sur le même thème par Olivier et lui-même sous forme de fiches-élèves (V.3.2.2). Ceux-ci lui permettent d'abord de prendre conscience que les séances de l'époque ne correspondaient pas à des DI, ce qui le conduit à relire le programme MPS paru au BO (BO spécial n° 4 du 29 avril 2010) dans lequel on explicite relativement peu les DI (voir partie I.2.3). Ces fiches élèves serviront malgré tout de ressources mères pour les contenus, des extraits seront directement réutilisés dans les supports conçus cette année sur les parties sur le code de César (le codage du mot « mathématiques », le message destiné à Cléopâtre) et sur l'analyse fréquentielle (le graphique en bâton, le tableau des fréquences). Le codage affine n'avait pas été abordé en 2010.

Teddy dit en entretien avoir effectué des recherches sur Internet, mais que les ressources trouvées étaient toutes du style TD et ne lui ont fourni que des idées sans détailler lesquelles ni les noter dans son carnet de bord. Ces ressources sur internet ont été parcourues, mais non sélectionnées. Elles peuvent cependant avoir ressource l'enseignant de façon imperceptible y compris par lui-même avec parfois un décalage dans le temps. Pour l'analyse fréquentielle, Teddy a visité un site (<http://www.apprendre-en-ligne.net/crypto/stat/francais.html>) mais les tableaux de fréquences donnés en classe sont ceux utilisés en 2010.

Dans le cadre de l'atelier IREM, Teddy dispose de l'aide de David, dont la tâche est explicitement de soutenir et d'assister l'activité des deux autres professeurs. La réunion organisée autour des DI semble avoir aidé Teddy qui dit que le partage de ses idées avec David lui a permis de se diriger pour la suite. L'organisation didactique qu'il met en œuvre pendant les séances (temps de recherche individuel, mise en commun, temps de recherche en groupe, etc.) est celle explicitée par David.

Teddy mobilise aussi une ressource conçue par les professeurs de mathématiques du lycée impliqués en MPS l'année précédente (dont Boris mais pas Teddy) à la demande de l'inspecteur de mathématiques sous forme d'une grille d'autoévaluation des compétences. L'intervention de David conduira aussi Teddy à modifier la grille d'autoévaluation par compétences pour la dernière séance.

Teddy utilise aussi différents outils. Son ordinateur portable à partir duquel il crée les supports conçus, l'ordinateur de la salle de classe, le tableau interactif (TBI) qui sert comme vidéo projecteur ou comme tableau blanc, le tableau blanc installé juste à côté de l'écran du TBI, le réseau du lycée sur lequel il dépose des fichiers que les élèves doivent récupérer et compléter, la calculatrice (celle des élèves ou celle virtuelle installée sur les postes de la salle). Comme ressources non didactiques, Teddy utilise le tableur Excel, le tableau donnant la répartition en pourcentage des différentes lettres de l'alphabet dans un texte écrit en français, un extrait du livre « La disparition » de Georges Pérec.

Il tient enfin compte de son expérience du premier semestre et rappelle en entretien que les séances conçues étaient beaucoup trop longues. Il dit essayer de mieux prévoir le temps nécessaire aux élèves.

À partir de ces différentes ressources, que Teddy va transformer et recomposer, il conçoit ses ressources filles. La principale ressource fille est un fichier Word destiné à être projeté au tableau depuis le début et tout au long de la séance (des séances) qui défilera au fur et à mesure de l'avancée du travail. Ce support projeté sera aussi imprimé par morceaux comme fiches élèves distribuées elles aussi selon l'avancée du travail. D'autres ressources filles complètent la première : un diaporama de cinq diapositives (PowerPoint) projeté au tableau en début de la seconde séance mais non imprimé pour les élèves, des feuilles de calcul Excel conçues par Teddy, déposées sur le serveur du lycée, que les élèves doivent récupérer pour les compléter sur l'ordinateur. Ces feuilles de calcul sont aussi projetées au tableau, aucune version imprimée n'en est donnée.

La ressource fille, sous fichier Word, est conçue comme une succession de « situations » qui ont été présentées dans les pages précédentes (le mot mathématique codé, le message de César, la lettre de rang 241, le codage affine, le tableau des fréquences, le dernier message à décoder). Pour chaque « situation » projetée au tableau, une rapide lecture en est faite, suivie d'un temps de recherche individuel, d'une mise en commun en classe entière, d'un temps de recherche en groupe, d'une phase de bilan faite par les élèves envoyés au tableau par l'enseignant ou interrogés depuis leur place. Le tout se termine par une structuration des connaissances faite par le professeur. Cette organisation didactique est celle conseillée par David lors de la réunion.

Pour la première séance, Teddy prévoit à côté une feuille qui ressemble plus au TD conçu en 2010 pour les élèves qui seraient en difficulté. En enseignant expérimenté il prévoit un plan B au cas où les élèves n'auraient pas d'idée. Cette fiche sera en fait distribuée au groupe le plus avancé pour l'occuper.

Au fur et à mesure de l'avancée des séances, la ressource fille principale est complétée : on a vu que Teddy construisait les séances dans le détail une par une. Les supports sont aussi utilisés différemment. Ainsi, pour la séance 1, Teddy distribue peu de documents papiers aux élèves en dehors de la feuille pour la construction du disque d'Alberti, du message à décoder un peu long et de la grille d'auto-évaluation des compétences. Le reste est uniquement projeté au tableau. Par contre, ayant trouvé la prise de notes « *brouillon* », pour les séances suivantes il choisit de distribuer davantage de fiches élèves reprenant la situation et permettant de structurer la prise de notes lors des DI avec des cadres (problématique, je pense que, j'essaie d'appliquer mon idée, conclusion). Teddy semble reprendre le mode de fonctionnement de 2010 décrit qui consiste à distribuer des fiches élèves à compléter. La grille d'autoévaluation des compétences est utilisée sans modification pour la première séance et Teddy semble attendre la fin de la séance pour réfléchir en même temps que les élèves aux compétences travaillées. Pour la seconde séance il semble avoir réfléchi en amont aux parties à compléter. Pour la troisième il agit de même et modifie même légèrement la grille suite à une discussion avec David.

Par ailleurs, Teddy semble garder une habitude que nous avons remarquée dans ses explications sur le travail de 2010 celle de terminer chaque séance par un exercice permettant de faire le lien avec la séance suivante. Le codage affine va ainsi se dérouler sur deux séances ainsi que l'analyse fréquentielle.

À partir de nos observations et des entretiens menés, nous percevons une partie des règles

d'action qui soutiennent ces choix : « il faut intéresser les élèves dès le début », « il faut tenir compte de la diversité des élèves », « il faut que les élèves gardent des traces du travail effectué », « il est important que les élèves notent leurs idées même celles qui n'aboutissent pas », « il faut proposer des situations menant à utiliser le tableur », « il faut souvent utiliser la notion de conjecture », « il faut proposer des situations menant à utiliser le tableur », « il faut habituer les élèves à poser une problématique pour les préparer aux TPE de première ». D'autres règles d'action visent l'organisation didactique de la séance, alternant des phases de recherche individuelle puis en groupe et de mises en commun, qui est celle préconisée par David.

Ces règles d'action sont pilotées par des connaissances professionnelles que l'enseignant explicite parfois lors des entretiens : « MPS est certes un enseignement d'exploration mais il faut un cahier quand même pour garder des traces. », « les élèves de seconde ne connaissent pas tous le mot conjecture », « les élèves arrivent de troisième avec une maigre connaissance du tableur », « les élèves de première éprouvent des difficultés pour définir leur problématique en TPE ». D'autres sont inférées à partir de nos observations comme l'habitude de prolonger les activités sur deux séances.

La conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI

Nous identifions trois DI dans les séances mises en œuvre par Teddy. La première que nous nommerons par la suite « Le code de César », la deuxième que nous appellerons « Le codage affine » et enfin la troisième « L'analyse fréquentielle ». Nous proposons d'analyser ces séances à partir du modèle ESFI, explicité dans la partie II.1.5, et déjà utilisé pour les séances de Dominique.

La première DI, « Le code de César », se passe lors de la première séance et dure environ une heure (V.3.2.4). Elle nous semble scindée en deux temps. Une première situation projetée au tableau sous la forme succincte « NBUIFNBUJRVFT » à partir de laquelle les élèves sont invités à soulever une problématique et qui vise à les amener vers la cryptographie et plus particulièrement le décryptage puis vers le codage de César par décalage de l'alphabet. Elle se poursuit par le déchiffrement d'un texte plus long qui permet aux élèves de s'essayer à l'exercice et les conduit à trouver des techniques diverses (test systématique des 26 possibilités, recherche de mots probables). Elle se termine par un bilan fait par l'enseignant et par une question sur la robustesse de ce code qui permettra d'envisager un système de codage légèrement plus compliqué par la suite.

Même si nous considérons la problématique peu compliquée, nous la classons dans le mode 4 de la dimension 1 sur l'origine du questionnement. En effet elle est soulevée par les élèves à partir d'une situation proposée par l'enseignant qui dépasse la seule séance du cours puisqu'il s'agit de la cryptographie. Pour la dimension 2, la nature du problème, Teddy précise aux élèves qu'ils ont droit à tous les outils à leur disposition à l'exception d'Internet, et les amène aussi à découvrir le disque d'Alberti, ils disposent donc d'un matériel limité pour répondre à la question ouverte (mode 3). Pour la dimension 3, la responsabilité des élèves, ceux-ci sont responsables de l'investigation (mode 3). Concernant la dimension 4, la gestion de la diversité des élèves, Teddy avait prévu pour les élèves qui seraient en difficulté une fiche d'exercices qui finalement a permis aux plus rapides de s'occuper, nous sommes dans le mode 4 : certains élèves ayant des besoins spécifiques bénéficient d'une adaptation de la situation.

Sur la place de l'argumentation, dimension 5, nous considérons que les élèves sont encouragés à prendre en compte les arguments d'autrui (mode 3) et enfin sur le niveau d'explicitation des savoirs l'enseignant fait le bilan de l'investigation (mode 2). Ce qui permet d'obtenir la constellation suivante :

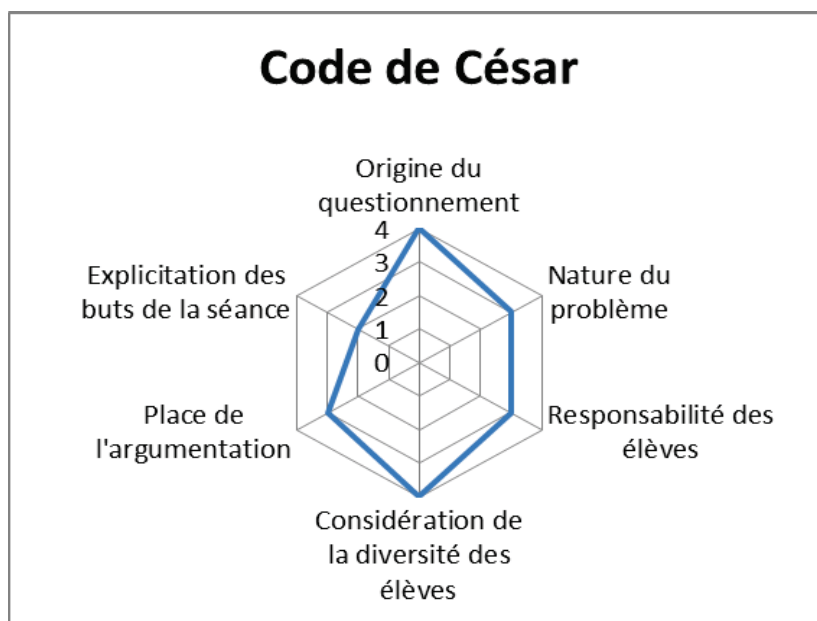


Illustration 66. Constellation modèle ESFI, DI sur le code de César, 2012-2013, Teddy

L'investigation « Le codage affine » débute lors de la première séance et se poursuit sur la deuxième. Elle dure environ deux heures. Elle nous semble aussi scindée en deux temps par l'enseignant. La première partie vise à associer à chaque lettre de l'alphabet un rang et à introduire le « modulo » c'est-à-dire la démarche consistant à déterminer le reste de la division euclidienne par 26. La seconde laisse aux élèves le soin d'imaginer comment utiliser une fonction affine pour le codage de l'alphabet.

Le premier questionnaire est explicitement donné « quelle est la lettre au rang 241 ? » le second nous semble quasi immédiat puisque Teddy projette « En utilisant la fonction affine $y = 15x + 3$, la lettre O est codée par la lettre F » et attend un « comment ? ». Nous choisissons donc le mode 2 de la dimension 1 : l'enseignant propose un questionnaire initial en lien avec l'expérience des élèves. Concernant la nature du problème, nous sélectionnons le mode 2 où l'enseignant propose une situation connue (les fonctions affines sont au programme de troisième et seconde) permettant aux élèves de concevoir un protocole. Pour la dimension 3, la responsabilité des élèves, ceux-ci sont responsables de l'investigation (mode 3). Concernant la dimension 4, la gestion de la diversité des élèves, Teddy circule et guide les élèves (mode 3) mais ne prévoit plus une fiche spécifique pour les élèves qui auraient des difficultés. Sur la place de l'argumentation, dimension 5, Teddy fait communiquer à la classe les propositions d'un premier élève (mode 2) mais confronté à un imprévu didactique reprend vite la direction en explicitant la méthode attendue (mode 2) pour la dernière dimension. Ce qui nous conduit à la constellation ci-dessous :

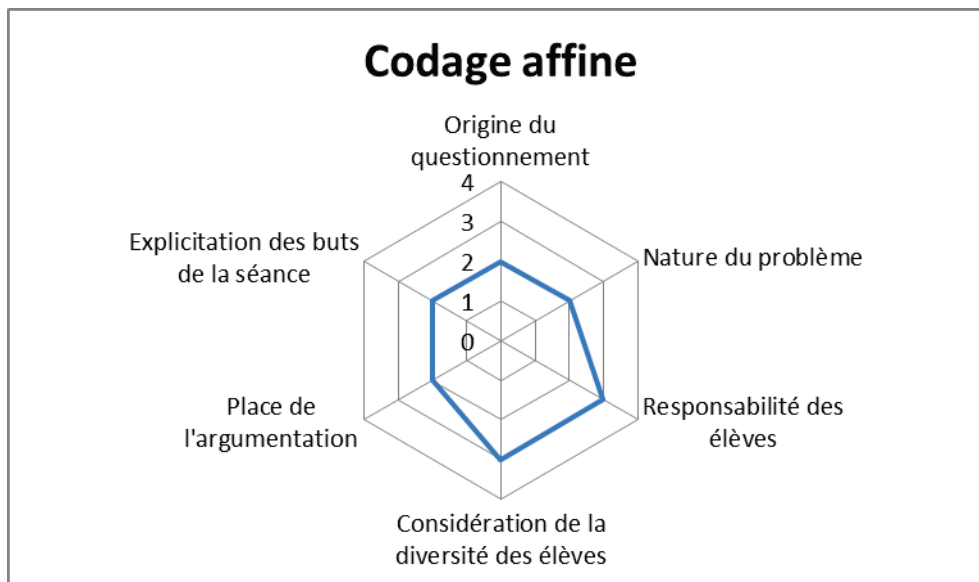


Illustration 67. Constellation modèle ESFI, DI sur le codage affine, 2012-2013, Teddy

Enfin, la dernière investigation « L'analyse fréquentielle » débute en fin de deuxième séance et se termine en fin de troisième séance. Elle dure donc plus de deux heures. Elle est encore scindée en deux temps. Teddy projette d'abord le diagramme en bâtons des fréquences d'apparition des lettres de l'alphabet dans un texte français mais sans légende avec comme seule consigne « Faites parler ce document », puis un texte à décoder en utilisant l'analyse fréquentielle.

Le questionnaire est ici encore scindé en deux et en devient peu compliqué à nos yeux même si les élèves ont du mal à faire le lien entre les deux étapes. L'idée ici est de trouver comment utiliser l'outil donné (la répartition des lettres) pour décoder le message. Nous choisissons le mode 2 de la dimension 1 : l'enseignant propose un questionnaire initial en lien avec l'expérience des élèves. Pour compter le nombre d'apparitions de chaque lettre Teddy oriente vite les élèves vers le tableur, a déjà préparé le tableau et donne la formule à entrer. Il propose aussi de faire afficher le diagramme en bâtons correspondant aux résultats obtenus. Nous proposons les modes 1 des dimensions 2 et 3 : l'enseignant propose un protocole à suivre étape par étape ainsi que l'enseignant met en place les étapes de la démarche d'investigation. Le guidage reste identique à celui de la séance précédente (mode 3). Concernant la place de l'argumentation Teddy fait régulièrement communiquer à la classe les propositions d'élèves (mode 2 de la dimension 5) puis fait le bilan de la séance (mode 2 de la dimension 6). Voici la dernière constellation obtenue :

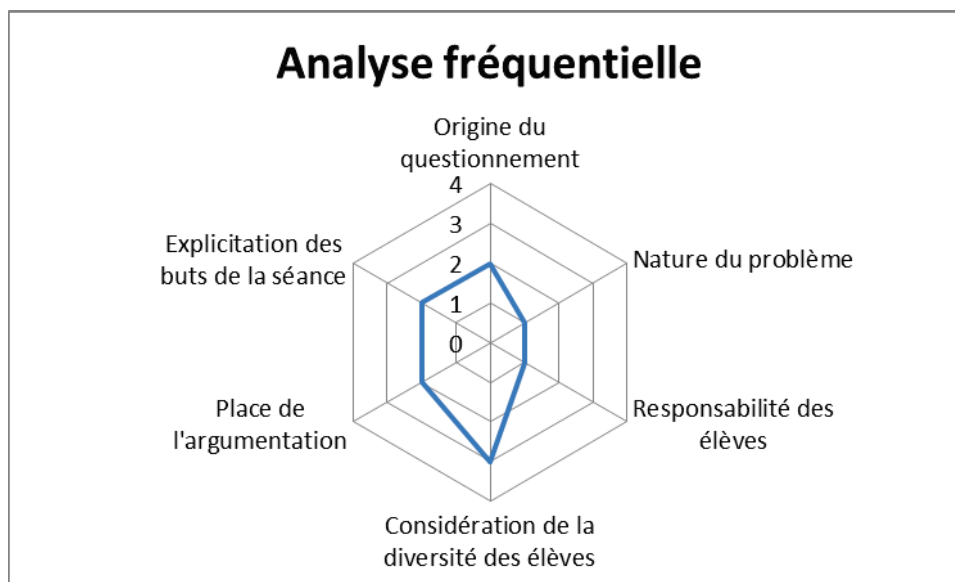


Illustration 68. Constellation modèle ESFI, DI sur l'analyse fréquentielle, 2012-2013, Teddy

Si nous traçons sur le même graphique les constellations des trois DI nous nous rendons compte que celles-ci sont imbriquées les unes dans les autres, tout en devenant de plus en plus petites au fur et à mesure de l'avancée des séances, ce qui semble induire un moindre degré d'expertise au fil du temps.

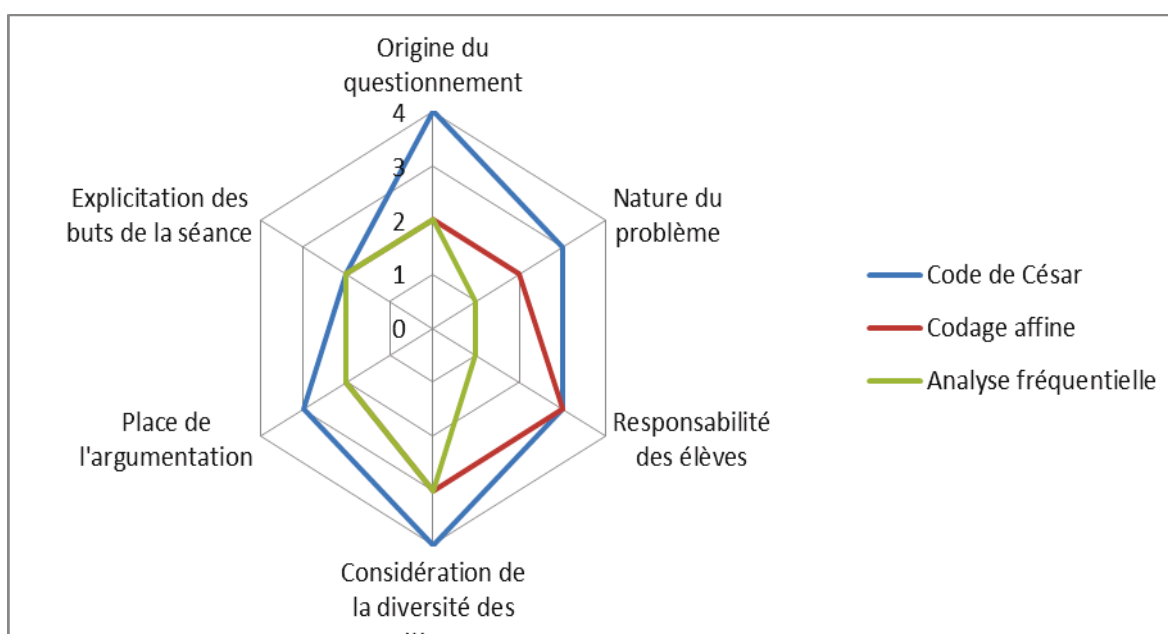


Illustration 69. Constellations modèle ESFI, 2012-2013, Teddy

Notre conclusion

Les composantes institutionnelle (participation à l'atelier) et sociale (les échanges avec Boris et David) ainsi que la réflexion personnelle de Teddy sur ses pratiques précédentes en MPS ont fait évoluer la composante personnelle dans le sens d'une nécessité d'intégrer des DI. Cette évolution a entraîné une évolution des composantes cognitive et médiative pour la première séance.

Mais, habitué à fonctionner avec des fiches d'exercices de difficultés graduées, Teddy semble éprouver des hésitations à se lancer dans un enseignement fondé sur l'investigation. Une seule situation se prolongeant sur les trois séances aurait pu être envisagée. Au lieu de cela, Teddy construit trois DI, chacune scindée en deux parties, aux ambitions relativement modestes en termes de contenus. Ceux-ci ayant déjà été abordés pendant les séances de 2010, les modifications apportées concernent davantage les tâches et leur organisation. On note une forme de régularité entre les trois séances sur les composantes médiative et cognitive : même organisation de la tâche scindée en deux temps, même organisation didactique. Une analyse plus précise montre néanmoins quelques changements concernant la composante médiative : à partir de la deuxième séance Teddy ressent le besoin de distribuer des fiches élèves pour structurer la prise de notes des élèves. On note aussi une régularité par rapport aux séances MPS conçues en 2010 : Teddy garde l'habitude de finir une séance par une activité permettant de faire le lien avec la suivante prenant le risque de scinder les DI sur deux séances consécutives.

Teddy exprime en entretiens beaucoup d'inquiétude sur la composante médiative mais il montre cependant une facilité pour guider les élèves lors de ces séances, en les orientant vers les outils disponibles ou vers leurs camarades, en favorisant les échanges entre eux et la communication au reste de la classe des propositions de certains. Il gère lui-même les phases de bilan après chaque phase d'investigation, mais aussi en remplissant la fiche d'autoévaluation par compétences (laissant ici peu de responsabilité aux élèves).

Teddy semble avoir du mal à effectuer des modifications de pratiques qui perturbent les différentes composantes et en particulier les composantes cognitive et médiative. Il se rattache à des contenus maîtrisés, continue à découper les tâches proposées aux élèves et s'appuie sur des supports de séances détaillés, projetés et distribués sous forme de fiches élèves. Il semble qu'après avoir effectué des changements importants pour la première séance, dans un second temps le besoin de confort de l'enseignant le conduit à une forme de stabilisation des composantes cognitive et médiative dans une position intermédiaire lors des séances suivantes : entre les séances conçues sous forme de TD en 2010 et la première séance conçue sous forme de DI.

Dans le paragraphe suivant, nous décrivons les pratiques de Boris, l'autre professeur impliqué en MPS de l'atelier IREM.

V.3.3 - BORIS

Après avoir dressé un rapide profil de l'enseignant (V.3.3.1), nous décrivons la séance fondée sur une DI conçue par Boris et soutenue à trois reprises avec trois groupes d'élèves différents sur quatre semaines. À partir de nos observations et des entretiens menés entre les séances 1 et 2 puis entre les séances 2 et 3, nous analyserons comment le sujet, Boris, et la situation (tâche et contexte) déterminent l'activité et comment celle-ci en retour va modifier la situation mais aussi le sujet dans un phénomène de double régulation de l'activité (Rogalski, 2013) (V.3.3.2 à V.3.3.7). Nous terminerons en proposant notre analyse des séances conçues et soutenues par Boris (V.3.3.8).

V.3.3.1 – UN PARCOURS SINGULIER EN TANT QU'ÉLÈVE, UNE APPROCHE INDUCTIVE

Boris dit avoir eu un parcours atypique en tant qu'élève : il a fait toute sa maternelle et une partie du primaire dans une école expérimentale. S'il en tire des aspects positifs, comme la confiance en soi et des facilités d'expression, il dit avoir appris à lire uniquement en CM1 une fois revenu dans un système classique. Il garde de cette expérience une certaine méfiance envers les méthodes pédagogiques fondées sur une liberté totale. Plus tard, à l'université, il a été élève de Marc Legrand et a vécu, en tant qu'étudiant, les débats scientifiques (Legrand, 2006) qu'il lui arrive maintenant de pratiquer en classe.

« C'était la Villeneuve de Grenoble [...]. Il y avait une école style "libre enfant de Summerhill" c'était une école ouverte ou tu allais à l'école quand tu voulais, tu pouvais sortir... Et donc c'était une super école de vie, où je pense ça m'a donné pleins de qualités pour être à l'aise, pour pouvoir parler, sans à priori, pour ça j'ai pas du tout été dans un système classique où on va te mettre des limites, donc c'était intéressant mais en même temps scolairement c'était catastrophique. C'était des gens dangereux, c'était des gens très dangereux, parce que sur notre classe, personne ne savait lire en fin de CM1 et leur seule analyse, leur seul bilan c'était dire qu'on était tous un peu déficients, (rires) c'est facile, plutôt que de se remettre en question. [...] Et après à la fac, j'ai travaillé, on en parlait, en tant qu'élève, j'ai été élève de Marc Legrand donc j'ai vécu les débats, j'ai été formaté en tant qu'élève à ça, et ça c'est un truc que je fais tout le temps, pas souvent parce que cela dépend de mon inspiration, mais de temps en temps un petit débat en cours à la Marc Legrand, je trouve que c'est sympa. »

Concernant son expérience professionnelle, Boris a déjà enseigné au collège les parcours diversifiés et les itinéraires de découvertes (I.1.2.6) et avait alors apprécié l'aspect pluridisciplinaire : *« Mais moi en tout cas le MPS ce qui m'a intéressé et je l'avais fait déjà au collège, j'avais fait l'équivalent ça s'appelait parcours diversifiés ou itinéraires de découvertes, je pense que c'est un peu la même chose, enfin moi je l'ai compris comme étant la même chose. L'aspect pluridisciplinaire, tu rencontres des collègues que tu ne rencontrerais pas sinon donc, pour moi, c'est un facteur motivant du MPS ».*

Boris enseigne en MPS pour la troisième année consécutive et est le seul professeur de mathématiques du lycée volontaire pour enseigner en MPS. Le thème sur « le son » a été choisi sous son impulsion dès la première année :

« C'est un thème que je maîtrise bien, je fabrique des enceintes acoustiques depuis l'âge de 15 ans, c'est un truc qui m'a toujours intéressé, donc, c'est d'ailleurs pour ça que je l'ai transformé en un MPS parce que je me suis dit, autant travailler sur quelque chose qu'on aime bien et puis sur l'idée que l'on vend bien ce que l'on aime bien, voilà ».

La seconde année il a été sollicité, avec les autres professeurs de mathématiques impliqués en MPS du lycée, par l'inspecteur de mathématiques pour mettre en œuvre une auto-évaluation par compétence. À la fin de la séance, les élèves doivent avec l'enseignant compléter une grille en identifiant les compétences mises en œuvre puis s'autoévaluer.

Il a déjà travaillé une narration de recherche, lors d'une séance d'accompagnement personnalisé, à partir de documents donnés par David mais il dit *« ne pas avoir été emballé »*. Il ne se souvient pas très bien de la situation mais il a trouvé que les élèves n'avaient pas été

assez guidés, cela lui a rappelé « *la période Villeneuve* ».

Malgré ces différentes expériences, Boris se déclare débutant concernant les démarches d'investigation, il dit « *ne s'y mettre que maintenant* ».

Approche inductive

Certaines réponses de Boris laissent transparaître une représentation inductive de la construction des savoirs (les experts observent et tentent de découvrir des lois qui régissent le monde) :

« Moi, ce que je dis aux élèves c'est que le log est dans votre nature, votre conception, votre oreille fonctionnent selon le logarithme, c'est pas une invention c'est quelque chose qui est là, voilà, souvent en sciences on nous fait croire que les choses ont été inventées mais ce n'est pas vrai, les choses ont été observées, et après modélisées mais elles ont été observées, c'est de l'observation que l'on fabrique les choses, les arbres si on le appelle des arbres c'est pas pour rien, en maths, le courant si on l'appelle courant ce n'est pas pour rien. Je pense que, je sais pas Ampère ou les grands savants qui ont découvert ça, ils avaient regardé une rivière et puis d'un coup ils se disaient ah mais oui, ils ont fait le parallèle, ils ont établi une connexion, enfin j'imagine et je pense que cet aspect un peu expérimental des sciences, fruit de l'observation ce n'est pas un truc qu'on fait, c'est toujours un savoir vertical très cohérent souvent très bien construit mais finalement pas très marrant, on rend pas les sciences amusantes ».

Concernant les représentations sur les méthodes d'enseignement et d'apprentissage, Boris favorise une approche constructiviste avec une démarche inductive : « *L'idée de rendre l'élève actif et qu'il construise, ça je trouve que c'est vraiment bien, et d'observer la nature c'est hyper riche et je pense que, en éveillant la curiosité, après tu peux abattre des montagnes mais si les élèves n'ont pas de curiosité après il ne se passe rien, c'est un peu l'idée* ».

Mais il n'exclut pas des moments d'enseignement plus transmissif (exposer des connaissances de façon claire et structurée puis faire des exercices d'application) : « *Je pense qu'il faut tout faire, il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises pratiques, il faut jouer sur tout, le cours magistral est très bon mais a ses limites, la séance débat est très bonne mais a ses limites aussi donc il faut savoir tout faire* ».

Enfin, il exprime la nécessité de faire le lien entre les connaissances scolaires et la vie quotidienne, montrer l'utilité des notions avant de les définir rigoureusement :

« C'est un peu l'idée que j'ai eue en mettant MPS le sur le son en place, c'était d'inverser la pratique de voir à quoi ça sert avant de l'étudier à fond, d'en avoir besoin finalement, il va y avoir la trigo et le logarithme.[...] Et le log, je trouve vu au sens positif et que notre oreille distingue facilement deux fréquences graves différentes alors que pour les fréquences aigus elle a bien plus de mal, que cette échelle tiennent compte de ça c'est quand même magnifique et tu peux parler du log sans parler de primitives ou de fonction réciproque de trucs supers abstraits qui est une démarche complètement folle, complètement folle tu peux commencer le log en disant voilà tu as une échelle non régulière bastas, ça suffit, tu n'es pas obligé de définir proprement par des maths compliquées, au contraire même faut pas le faire, après oui, tu peux commencer à voir les propriétés et à parler plus théoriquement mais avant la théorie avoir un peu pratique, pour moi c'est comme ça que je vois l'aspect scientifique, l'aspect

expérimental, ce qu'on ne fait pas assez en maths. On est toujours dans du conceptuel et parfois c'est bien de redescendre et de repartir des choses pratiques pour après construire c'est comme ça que j'ai vu le MPS, que je l'ai compris, avec une idée c'est proposer un contenu sympa pour donner envie aux gamins de s'intéresser aux maths derrière. Voilà. ».

Conceptions sur la DI

Boris n'envisage pas une DI qui n'apporte pas de nouvelles connaissances :

« Pour moi, quand on fait une investigation, c'est quand on rentre dans quelque chose d'inconnu, je le comprends comme ça. Une investigation c'est qu'on n'a pas la solution à l'avance sinon ce n'est pas marrant. Et faire des problèmes de maths ou des sciences quand on connaît la réponse ..., moi je m'amuse sur un problème tant que je n'ai pas la solution, une fois que j'ai la solution le problème ne m'intéresse plus. Je parle de problème de maths que ce soient des petits énoncés ou des gros, ce qui est sympa, c'est cet aspect "découverte" ».

Ces résultats peuvent être rapprochés de ceux obtenus par Monod-Ansaldi et Prieur (2011) sur les objectifs de la DI. Ainsi, « donner l'envie d'apprendre les sciences » et « faire acquérir des connaissances » ont été classés respectivement aux rangs 3 et 4 par les professeurs de mathématiques ayant répondu au questionnaire.

V.3.3.2 – DESCRIPTION DE LA SÉANCE 1 DE BORIS (7 FEVRIER 2013)

La séance dure environ 110 minutes (2 fois 55 minutes). Les premières minutes sont consacrées à l'accueil des élèves. Pendant l'interclasse de 5 minutes les élèves sont autorisés à sortir et cela entraîne une légère perte de temps en début de seconde séance. Cette pause nous permet de changer la cassette d'enregistrement. Nous disposons au final d'environ 100 minutes de film consacrées à des temps d'enseignement. Des indications sur le temps qui s'écoule depuis le début de l'enregistrement sont données après le symbole⌚.

La séance observée se passe dans une salle informatique équipée d'un tableau interactif et d'un tableau blanc. La salle est organisée en « E » face au tableau. La caméra fixe est installée en bas du « E » à gauche. Les élèves, qui proviennent de trois classes, s'installent comme ils le souhaitent sur les tables devant les ordinateurs. Ces conditions restent identiques sur les trois séances.

⌚ : 1 min

Boris commence par distribuer des casques audio (personnels) aux élèves qui n'en ont pas. Il explique que chaque séance MPS commencera par un mixage et que la dernière séance se terminera par le mixage à partir des enregistrements d'un groupe de jazz local dont Boris connaît le preneur de son.

⌚ : 2 min 30

La séance commence par une très brève présentation du logiciel Audacity et des fonctions qui permettent le mixage puis Boris explique comment récupérer le dossier qu'il a préparé et qui est disponible sur le réseau du lycée, Le dossier préparé pour cette partie contient trois sons : une basse, un premier son de guitare et un second son de guitare. Il explique aussi comment exporter un son.

🕒 : 10 min

Ensuite pendant douze minutes, Boris laisse les élèves faire du mixage. Pendant ce temps, il tente de régler les problèmes de connexion de certains élèves. Ces problèmes sont très nombreux sur cette séance. Cette partie se termine par l'écoute du mixage obtenu par l'un des élèves qui a réussi de plus à exporter son fichier.

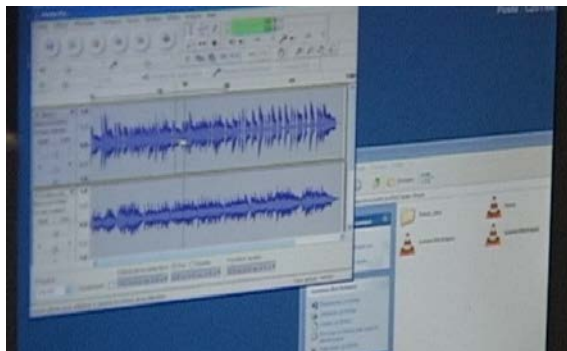


Illustration 70. Ecran élève n°1, pendant le mixage, Séance 1, 2012-2013, Boris

🕒 : 23 min

Ensuite, Boris projette sur l'écran du TBI le tableau ci-dessous (illustration 71) et lance l'investigation en deux à trois minutes à partir des explications orales retranscrites ci-dessous :

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1 Travail en solo : écoute avec Audacity2 Travail en binôme : manipulation, recherche et investigation avec Audacity3 Elaboration de résultats, fruits de vos observations dans les binômes4 Confrontation et débat avec la présentation des résultats des groupes5 Structuration et bilan par le prof6 Autoévaluation de la séance sur votre investissement |
|---|

Illustration 71. Support projeté n°1, Séance 1, 2012-2013, Boris

« Alors je vous présente la..., la suite, donc vous avez aussi, heu, un dossier investigation pareil que vous allez copier et vous approprier sur vos ordinateurs et heu, dans ce dossier il y a des fichiers voilà, j'ai trois pistes, vous les voyez la piste 1, la piste 2, la piste 3, j'ai fait des MP3 par ce que c'est plus facile à transférer en réseau, et heu, je vous propose qu'on travaille selon le plan suivant, vous allez d'abord avoir une action personnelle, OK, pas longtemps mais je vous demande de prendre le temps d'écouter les morceaux et heu, après vous allez travailler en binôme donc vous faites au plus simple, vous faites des couples, voilà.

Et heu, l'idée c'est de travailler en autonomie, OK, en groupe, d'abord seul, puis après en groupe et d'arriver à... , dans le but d'arriver à..., à travers vos observations à essayer de dégager heu, pourquoi moi j'ai sélectionné ces morceaux, hein, pourquoi je vous les ai fait écouter, hein, et heu, vous allez construire des résultats j'espère, là c'est l'aventure on

verra si ça prend ou pas et ces résultats on va les mettre en commun, OK, il y aura un débat, OK, phase 4, il y aura un débat heu, voilà, donc le but c'est d'arriver à des résultats scientifiques on est quand même en cours de maths, d'accord, et autour du son, j'espère que vous allez trouver des choses intéressantes et puis on verra bien et, heu, à la fin et bien on fera un petit bilan où moi je vous dirai ce qui était important et on terminera ce bilan par une auto-évaluation, OK, comme d'habitude, et cette autoévaluation doit juger de votre investissement et l'idée c'est de travailler un peu différemment pour essayer de vous faire plus travailler, voilà et autrement.

C'est bon, vous avez compris ce que vous à faire, c'est bien clair, donc première partie on en est là... donc je vous demande de faire le travail en solo puis je vous dirais pour rythmer pour qu'on avance quand même et je vous invite à aller chercher les fichiers qui sont dans investigation prenez tout le dossier, donc je vous libère, à vous. Si vous voulez terminer votre mixage, vous pouvez mais essayez de passer quand même à la suite rapidement » (25min)

Transcription n°1, Séance 1, 2012-2013, Boris

Le dossier préparé pour cette seconde partie de la séance, nommé « Investigation », est à récupérer sur le réseau, il contient trois fichiers, trois sons en MP3. Le premier est un son de violon, les autres sont des sons type sonnerie de téléphone. Une fois copiés sur Audacity les élèves obtiennent un écran de la forme suivante :

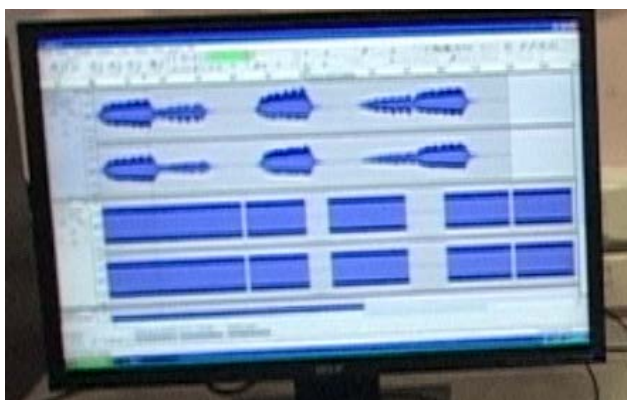


Illustration 72. Ecran élève n°2, pendant l'investigation, Séance 1, 2012-2013, Boris

Boris continue à régler des problèmes informatiques liés aux codes d'accès des élèves.

⌚ : 35 min

Au bout d'une dizaine de minutes, Boris reprend la parole et demande le passage au travail en binôme. Il rappelle les objectifs en une phrase : « **Il faudrait arriver à..., à vraiment analyser ces sons et arriver à trouver des choses, pourquoi je vous passe ces sons et pas seulement jouer avec les fonctions d'Audacity** ». Boris circule entre les groupes.

⌚ : 45 min

Après environ 15 minutes (interclasse comprise), Boris reprend la parole pour montrer deux fonctions d'Audacity trouvées et utilisées par certains groupes qu'il dit être intéressante :

- La fonction « Zoom Avant » qui « permet de rentrer dans la musique en grossissant et en regardant les choses de près. Ça peut permettre de faire des réglages fins, de

vraiment voir ce qu'est un son ». Il fait remarquer qu'en haut, il y a l'échelle de temps.



Illustration 73. Photo n°1, présentation fonction « Zoom avant », Séance 1, 2012-2013

- Une autre fonction « qui me semble vraiment importante et qui va peut-être vous aider à avancer par rapport à ce que j'essaie de vous faire découvrir » qui s'appelle « Tracer le spectre » avec plusieurs échelles. Boris conseille l'échelle logarithmique sans justification.



Illustration 74. Photo n°2, présentation fonction « Tracer le spectre », Séance 1, 2012-2013, Boris

🕒 : 75 min

Après une trentaine de minutes de recherche pendant lesquelles Boris circule de groupes en groupes, il propose de passer à la partie confrontation des résultats. Certains élèves qui ont semblé un peu perdus disent qu'ils n'ont rien à dire. Boris circule à nouveau entre les groupes pour faire le point.

🕒 : 85 min

Un premier binôme passe au tableau, Boris désigne une autre élève pour écrire au tableau les résultats. Les résultats obtenus par le premier binôme sont reformulés par Boris et notés au tableau blanc par l'élève désignée : « les formes sont identiques et inversées, sur le son du violon il y a des bosses qui se répètent, c'est sinusoïdal, de dimensions différentes, au début c'est large puis plus on avance plus c'est serré, longueur des vagues. ».

Un second binôme passe au tableau et aboutit aux résultats suivants : « les pistes 2 et 3 sont sinusoïdales, quand on sépare les pistes stéréo on peut voir que celle du haut c'est pour l'écouteur gauche, celle du bas c'est pour l'écouteur droit, dans la stéréo gauche les sons aigus ont plus d'intensité que celle de droite, il y a une petite dissymétrie. ». L'élève pense que l'oreille droite capte plus les sons graves que la gauche. Boris lui répond qu'il a un

problème d'oreille et dit que c'est peut-être l'enregistrement qui est comme ça, qu'il l'a pris sur Internet.

L'élève au tableau dit qu'au niveau des spectres *« sur le son de sonnerie de téléphone il n'y a qu'une bosse alors que sur l'autre il y a beaucoup de bosses »*. Boris dit que le son du téléphone semble « pauvre », que les scientifiques l'appellent « son pur », qu'on pourrait aussi l'appeler « son simple » et l'autre son « son complexe ».

Enfin, juste avant la sonnerie, Boris dit que les explications seront données à la prochaine séance sans que tous les groupes aient pu passer.

V.3.3.3 – UNE PREMIÈRE ANALYSE DE LA SÉANCE 1, BORIS

Dans ce paragraphe, nous proposons une première analyse de la séance observée à partir de l'entretien mené après la séance. Puis, nous présentons les modifications envisagées par l'enseignant pour la deuxième séance.

Objectif de l'investigation

Interrogé sur les objectifs de la première séance, Boris dit qu'il s'agissait de dégager les notions de fréquence et de période, la notion de fréquence étant incontournable et basique en musique : *« pour la première séance mes objectifs, c'était de dégager la notion de fréquence et de période, et en même temps de signal périodique, c'était vraiment ça, l'idée, ... donc que les élèves arrivent à remarquer que finalement, un sens harmonieux on va dire, un son musical, c'est un motif qui se répète, qui dure un certain temps, qui se répète combien de fois par seconde c'est-à-dire la fréquence, et puis associer tout ça à une perception sensorielle, qui me semble..., c'est bien de faire de la physique et les maths en les recentrant. »*

Difficultés pour gérer la séance

Pendant la séance, Boris est d'abord mobilisé par des problèmes informatiques. Certains élèves sont invités à changer de postes, ce qui les retarde. D'autres n'ont pas pu faire la phase de mixage et se sont toujours trouvés décalés. Interrogé sur ces problèmes, Boris dit que ce sont les aléas de l'informatique.

Boris dit qu'il a eu du mal à gérer tous les groupes et qu'il en a en particulier oublié un : *« il y avait un groupe, celui qui était à ta gauche que j'ai complètement zappé, je n'ai pas vu qu'ils n'avaient rien fait, ils n'étaient pas du tout actifs, et là je n'ai pas été bon. »*

Il exprime aussi des difficultés sur la gestion globale de la séance liée à sa conception de ce que doit être une démarche d'investigation, de ce qu'il en a compris lors de la réunion avec David : *« Et donc sur cette séance j'ai trouvé ça, pas évident en termes de pratiques, ce qui était dur c'était de, ne pas, aider trop les élèves, vu la conversation avec David qui essayait de nous donner les principes de la démarche investigation, j'ai eu du mal à me contrôler et je pense que ça se verra sur les enregistrements ou parfois j'ai été dirigiste. »*

Concernant la discussion avec David lors de la première réunion, Boris émet des réserves sur la méthode préconisée par David en particulier concernant la problématique : *« Moi après je trouve quand même des limites à ce qu'on disait avec David, sur le fait qu'il ne fallait jamais guider les élèves, y a un moment où je trouve que c'est un peu dans l'excès, dans cette pratique, je pense que je le ferai pas trop souvent parce que ça me gêne quand même, on perd*

beaucoup de temps, je suis d'accord sur le principe qu'il faut éveiller la curiosité, mais je pense que tu peux éveiller la curiosité avec une bonne énigme, avec un truc bien compris des élèves, et que tu n'es peut-être pas obligé de passer tout ce temps à ..., poser une question finalement c'est pas si mal, tu vois, tu peux poser une problématique en trois lignes, il faut qu'elle soit comprise des élèves et après qu'ils soient actifs, donc pour ça très bien, mais le fait de poser la question je pense que ce n'est pas un crime. »

Concernant les connaissances dégagées, Boris n'avait pas anticipé le peu de connaissances des élèves sur le son. Ils ont en particulier beaucoup peiné à comprendre la présence des deux pistes une pour l'écouteur gauche, l'autre pour l'écouteur droit alors que Boris pensait qu'il penserait tout de suite à la stéréo : *« Cela les a bien intéressés pourquoi sur une piste MP3, il y avait deux pistes, moi je pensais qu'ils allaient tout de suite "tilter" qu'il y avait de la stéréo mais ce n'était pas, finalement, au niveau de la culture du son, ils partent souvent de rien. »*

Un imprévu didactique intervient lors des investigations, le son du violon proposé semble symétrique par rapport à un axe vertical, ce que les élèves traduisent en disant la forme est inversée. Cet élément qui est dû au hasard est pris par les élèves comme un élément remarquable qu'ils tentent d'expliquer.

Enfin, Boris remarque que, d'un point de vue organisation, le fait d'avoir fait du mixage en début de séance a complètement conditionné les élèves, qu'ils ont essayé de réappliquer le principe du mixage aux échantillons sonores, ce qu'il n'avait pas du tout prévu.

Régulations à moyen terme

Pour la séance 2, Boris ne souhaite pas changer l'organisation globale mais il prévoit de retravailler les sons proposés : *« Je vais retravailler mes messages sonores, je vais juste faire des coupes et déplacer pour que ça coïncide exactement, que ce soit en parallèle et la dernière piste je vais la refaire de manière à ce qu'elle varie elle aussi d'une octave, parce que là je faisais varier le son de 400 à 10000 hertz, et bon pour qu'ils voient juste que les vagues changent de taille mais je vais coller aux échantillons pour que sur mes deux premières notes finalement, ce petit échantillon sonore corresponde à la transition de 200 Hz à 440, c'était ça les deux sons que tu entendais la dernière fois sur les violons, donc pour que ça colle et que tout aille dans le même sens, voilà, pour coordonner finalement tous ces signaux sonores. »*

Il se pose aussi des questions au sujet des acquis initiaux des élèves du second groupe qui auront déjà fait une séance avec le professeur de sciences physiques et chimiques et donc le cours sur le son. Néanmoins, il sait qu'en physique ils n'ont pas manipulé car ils sont dans une salle banalisée, ils complètent un document sous forme de textes à trous. Selon Boris, le cours fait en physique est très ambitieux à partir de courbes projetées au tableau (décibels, intensité acoustique, analyse spectrale, harmoniques ...) et il pense que les élèves n'en auront pas retenu beaucoup de choses.

V.3.3.4 – DESCRIPTION DE LA SÉANCE 2 DE BORIS (21 FÉVRIER 2013)

Les conditions sont identiques à celles de la séance 1 (voir V.3.3.2).

⌚ : 2 min

Boris commence par présenter la séance en deux phases : « *une phase ou vous allez faire un petit mixage ou je vais vous apprendre à utiliser un logiciel qui s'appelle Audacity* », une deuxième phase « *où cette fois vous allez apprendre à..., comment dire à..., vous allez découvrir vous-même ou je veux vous amener* ». [Cette présentation de la séance en deux phases une pour le mixage, une pour l'investigation n'avait pas été faite la première fois.]

Boris présente le mixage comme lors de la séance précédente mais il n'explique pas comment exporter. Par contre, contrairement à la première fois il présente tout de suite la fonction « zoom ». Le mixage par les élèves dure 13 minutes (⌚ : 8 min à ⌚ : 21 min) puis Boris montre comment exporter le son, ce qui prend plusieurs minutes.

⌚ : 28 min

Comme lors de la première séance, Boris projette sur le TBI les différents temps de la séance (illustration 75) et présente oralement de la façon suivante (transcription n°1) :

- 1 Travail en solo : écoute avec Audacity
- 2 Travail en binôme : manipulation, recherche et investigation avec Audacity
- 3 Elaboration de résultats, fruits de vos observations dans les binômes
- 4 Confrontation et débat avec la présentation des résultats des groupes
- 5 Structuration et bilan par le prof
- 6 Autoévaluation de la séance sur votre investissement

Illustration 75. Support projeté n°1, Séance 2, 2012-2013, Boris

« La suite de la séance on va..., on va fonctionner selon, selon ce plan de travail, c'est une séance comme on n'en a pas fait pour l'instant, c'est une séance sous forme d'investigation.

J'aimerais bien que vous soyez seul d'abord, un par ordinateur, pour faire d'abord une analyse soi-même avec le logiciel, donc toujours, je vous conseille d'utiliser le logiciel Audacity pour explorer ces morceaux et puis voir ce qu'il y a dedans, vous avez des fonctions dans Audacity ça vaut peut-être le coup de les essayer, si vous avez besoin de conseil vous m'appellez.

*Après, dans un deuxième temps vous allez vous mettre en petits groupes soit à deux soit à trois comme vous êtes là ça me semble pas mal et, heu, je vais vous demander justement, **l'idée c'est de faire des observations des morceaux et d'arriver à..., à dégager des règles, à dégager des principes, on essaie de faire le cours mais autrement, vous voyez l'idée ?***

A travers vos expériences vous allez dégager des résultats, ces résultats on va les mettre en commun, OK, donc il y aura des élèves qui vont passer au tableau qui vont présenter les résultats qu'ils ont vus, qu'ils ont trouvés.

Vous savez pourquoi on vous fait faire ça ? Parce qu'il y a les caméras, non je blague. L'idée c'est de vous rendre plus actif et ne pas vous donner des résultats en disant c'est comme ça et pas autrement, on veut que vous découvriez par vous-même et quand on a la

curiosité en général après ça reste. Vous voyez l'idée ?

Chaque groupe si vous avez des résultats à apporter, il y en a la dernière fois qui ont rien trouvé hélas, mais il y en a qui ont trouvé des résultats super intéressants et donc j'espère que vous aussi vous allez trouver des résultats intéressants et vous allez donner vos résultats et on va en discuter, à mon avis là on y arrivera jamais (en montrant rapidement avec la main les deux dernières étapes structuration et bilan par le prof et autoévaluation) mais si on y arrive et bien c'est tant mieux, et on fera une synthèse et un cours construit sur ce que vous, vous aurez découvert et on terminera par ce qu'on a déjà fait une auto évaluation sur les fiches sur ce qui a été traité. Ça va peut-être se prolonger sur deux séances de deux heures, ça va dépendre de comment vous avancez. »

Transcription n°1, Séance 2, 2012-2013, Boris

⌚ : 41 min

À la minute 41, soit environ 10 minutes plus tôt que lors de la première séance, Boris montre à la classe la fonction « Tracer le spectre » : « Regardez, il y a une fonction sympa que j'encourage vivement à utiliser; par exemple vous prenez un morceau de son et vous faites « tracer le spectre » » Boris conseille aussi l'échelle logarithmique sans donner le nom. La fonction « Zoom » a été montrée dès le début de la séance.

Boris précise aussi : « Vous allez confronter en petits groupes d'abord pour construire, avec l'idée de construire quelque chose de solide, de présentable aux autres, d'accord, vous allez continuer de manipuler, d'explorer; le but c'est de rendre un résultat et de les mettre au tableau avant la fin de l'heure vers 15 heures. ».

⌚ : 48 min

Boris reprend la parole : « J'en vois pleins qui essaient de faire du mixage, c'est pas l'objet, le mixage on a déjà fait, c'était juste pour vous apprendre à manipuler le logiciel, là c'est pas des sons faits pour être mixés, c'est juste fait pour faire des observations, j'en vois qui font des essais des transformations, **vous pouvez mais ce n'est pas l'idée** que moi j'y mets on doit essayer de parler de son, de dégager des choses sur la musique ».

⌚ 75 min

Passage du premier groupe au tableau : Les trois sons proposés ont été modifiés comme annoncé par Boris lors de l'entretien. L'élève utilise la fonction « Zoom » et aboutit après quelques minutes aux résultats suivants : « pour les deux derniers sons comme c'est des bruits continus c'est des signaux périodiques sinusoïdaux, pour le premier son c'est des notes différentes c'est des signes périodiques non sinusoïdaux et quand on change de note ce n'est pas la même période. La première note est aigüe et la seconde est grave. ». Boris demande un zoom sur ces deux notes et l'élève explique que : « dès que ça change de note la puissance (qu'on suppose en ordonnée) elle diminue et la période elle change. En abscisse c'est le temps et en ordonnée c'est des watts l'unité de mesure de la puissance. »

Pour le deuxième groupe, l'élève utilise la fonction « Tracer le spectre » et dit que « le niveau sonore des pistes 2 et 3 n'atteint pas plus de 6 décibels, les deux pistes ont le même niveau sonore ». Les résultats présentés par le troisième groupe sont les suivants : « La piste 3 il y a une accélération au niveau du son du plus grave au plus aigu, c'est un son croissant

(mais l'élève ne sait pas expliquer le mot 'croissant'). Il y a correspondance entre les pistes 1 et 2 au niveau des notes. »

Pour le quatrième groupe, l'élève, Inès, qui passe au tableau, parle de période, Boris intervient alors pour, avec Inès aidée ensuite d'une autre élève de son groupe et la classe, dégager la notion de fréquence (voir transcription n°2).

Quatrième groupe (Inès) :

I : *on a vu que la piste 2 est divisée en cinq parties sinusoïdales*

B : *Ha, comment tu as fait pour voir ça ?*

I : *on a zoomé donc la partie 1 est égale la partie 3 et la partie 5 c'est des notes graves*

B : *il y a des notes qui se répètent c'est ça, OK*

I : *et la partie 2 et 4 c'est des notes aiguës avec des périodes plus courtes que les autres*

B : *ha, période plus courte, ça c'est un mot qui a pas été utilisé, tout à l'heure on a eu le droit à signaux périodiques, mais sans précision, alors période plus courte, comment vous avez vu la période ? Expliquez nous*

Inès fait un zoom entre deux notes

B : *tu es entre deux notes, oui c'est intéressant ..., voilà ..., alors tu nous expliques ton interprétation parce que je ne sais pas si tout le monde comprend ou tu veux en venir, vous suivez c'est bon ?*

I : *ici c'est plus large qu'ici, là c'est plus fin*

B : *D'accord et le mot période que tu utilises, c'est intéressant mais tu la vois où la période ?*

Inès avec le logiciel sélectionne une période entre deux bosses.

B : *donc ça c'est une période, donc une période c'est entre ? deux bosses c'est ça, deux sommets, OK, tu voudrais nous expliquer ou c'est la période sur le son du violon au-dessus, tu places ton curseur où tu veux et tu zoomes,*

Inès zoome sur le son du violon et sélectionne une période

B : *voilà ça c'est une période aussi et est-ce qu'on peut la mesure sur le logiciel ? je vous pose une question-là ? comment ou fait ? c'est où qu'on la voit ?*

Inès montre avec la souris l'axe du temps

B : *c'est ici ? alors zoome je te conseille de zoomer ? et elle est donnée en quoi ? tu serais capable là, tu prends le feutre et tu calcules la période, ça m'intéresse, il y a un [élève] de ton groupe qui va t'aider, si tu veux bien écrire tes calculs, j'aimerais bien que vous preniez des notes sur ce qu'on est en train de faire, ça pourrait être intéressant, vas y*

E2 : *c'est la durée non ?*

B : *ça j'aime bien la période c'est la ? la durée, la durée de quoi ?*

E2 : *La période est un signe, un motif qui se répète*

B : *donc c'est la ... durée du motif, ça me plaît bien, vous notez période égale durée du*

motif, je pense que c'est vrai, vous y êtes arrivés tout seul bravo, est ce que vous l'avez pas vu en physique ?

E(s) : oui

B : Vas-y écris période égale durée du motif, tu nous expliques comment tu calcules la période sur le violon, j'ai l'impression que tu vas un peu trop loin sur ton zoom enfin on va en discuter ensemble

B : Tu veux bien nous la calculer là ?

I : Mais je ne connais pas la formule par cœur

B : Mais tu as besoin d'une formule ? Tu vois le temps, combien tu lis ?

I : de 1, 69 à 1, 693

E2 : mais il faut replacer non ? (la période placée par Inès n'est pas très précise)

B : tu veux bien aller l'aider, pour refaire ensemble (une autre élève du même groupe passe au tableau), approchez-vous du tableau ou faites le vous-mêmes avec le logiciel, premier exercice que je vous demande de faire, elles vont le faire au tableau, c'est de mesurer la période de la première note, OK, elle est en train de le faire, faites-le aussi.

E2 repositionne plus précisément une période entre deux bosses.

B : là il y a de la précision, c'est marrant vous vous placez que sur les bosses, tu peux partir d'où tu veux. Vas-y écris 1,694 – 1,690, donc ça fait environ 0,004 s

Boris demande ensuite de calculer la période du son aigu, on obtient 0,002. Boris fait remarquer que c'est la moitié de la période précédente que le premier est le grave et le second l'aigu.

Transcription n°2, Séance 2, 2012-2013, Boris

⌚ : 90 min

Après avoir félicité les élèves du groupe, Boris prend la parole et dit qu'en passant dans les rangs il a entendu le mot fréquence et qu'on le voit quand on utilise la fonction « Tracer le spectre » ce qu'il montre à partir de tableau. Il dit que la fréquence est mesurée en hertz et demande aux élèves d'expliquer la fréquence. Une élève dans la classe, Emma, répond et Boris lui demande de passer au tableau.

Emma : La fréquence ça correspond à la hauteur.

B : D'accord ! Tu veux bien aller au tableau, donc la fréquence c'est la hauteur... plus la fréquence est... est ce que t'arrives à dire la conclusion en français avant de la mathématiser peut être ? donc fréquence égale hauteur, c'est bien, alors c'est quoi la hauteur là, je la vois pas trop la hauteur... c'est quoi... c'est la hauteur des vagues

Emma : Non enfin, la hauteur dans le sens de la note, enfin du son

[...]

Emma : Bah la hauteur c'est quand c'est aigu ou c'est grave ou

B : Alors

Emma : *enfin ce n'est pas vraiment ça, enfin je sais pas trop,*

B : *Si si si si, plus la fréquence est élevée plus la note est*

Classe : Aiguë

B : *Alors on dit que c'est une haute fréquence. Vous êtes d'accord ? Haute ça veut dire grande et basse ça veut dire petite. Ok ? Très bien, la fréquence c'est la hauteur de la note c'est-à-dire quand c'est basse c'est grave... Écris en dessous hein... basse c'est grave et puis haute c'est aigu. Je crois que c'était ça, c'était ça ton idée. Je t'ai peut-être un peu aidée.*

(Emma retourne s'asseoir)

Bon alors maintenant j'attends le résultat clé du cours et on a plus beaucoup de temps si on veut faire l'évaluation derrière... Euh qu'est ce qui relie la fréquence... comment on peut passer de ça ... de cette vision ici où on voit les fréquences à cette vision là où on voit les quoi ? Les ? C'était quoi le mot ? Qu'est-ce qu'on a mesuré juste avant ?

Classe : *Les périodes*

[...] Boris reformule plusieurs fois la question, des élèves différents répondent (tous notés E)

B : *C'est quoi la définition de la fréquence ?*

E : $F = 1/T$

B : *Ah houai mais c'est quoi ça ?*

E : *C'est la fréquence quoi, c'est comment calculer la fréquence.*

B : *Alors voilà ça c'est F et ça c'est T et tu dis $F = 1/T$. Notez-le hein. C'est un résultat c'est un résultat vrai mais ... moi j'aimerais bien qu'on me l'explique. J'aime bien comprendre les choses vraiment et moi-même. Je ne sais pas vous ? Mais moi j'aime bien comprendre les choses. Et là je ne comprends pas pourquoi il y a cette formule*

E3 : *T c'est le temps non ?*

B : *T c'est le temps ? Non T c'est la période on vient d'en parler donc*

$F \rightarrow$ fréquence : $T \rightarrow$ période.

La période je crois que vous avez bien compris ce que c'était, Ok la fréquence j'en suis moins sure.

E : *La puissance non ?*

B : *La puissance ?*

E : *le nombre de motifs qui se répètent en 1 seconde*

B : *Ça c'est une définition que je comprends : nombre de motifs qui se répètent en 1 seconde*

Transcription n°3, Séance 2, 2012-2013, Boris

Boris félicite l'élève qui a donné cette réponse. Le calcul est fait dans le cas particulier du son étudié avec la période trouvée précédemment en utilisant un produit en croix.

La séance s'achève par l'auto-évaluation à partir de la fiche de compétences (illustration

76). Les élèves complètent les critères sous la direction de l'enseignant. Il reste peu de temps avant la sonnerie. Les compétences sont surtout listées oralement par Boris même si quelques élèves interviennent et résumées dans le tableau prévu.

« Enrichir ses connaissances » : la notion de période et la notion de fréquence

« Exploiter l'information utile » : voir les motifs sonores, les notes aiguës et les notes graves, comparer les notes en zoom d'abord et puis en spectre

« Utilisation des TIC » : Audacity

« Cahier de recherche, communiquer » : prises de notes, passage à l'oral

« Travail en groupe ou personnel » : fonctionnement du groupe

Les élèves ont juste le temps de s'autoévaluer avant la sonnerie.

Compétences scientifiques et transversales	Indicateurs (Connaissances, Capacités, Attitudes, ...)	Critères de la séance	Autoévaluation			
			J'ai réussi tout seul	J'ai réussi avec de l'aide	Je n'ai pas bien réussi malgré l'aide	Non abordé lors de la séance
Connaissances	Utiliser et enrichir ses connaissances	Période, de fréquence				
Pratiquer une démarche scientifique	Exploiter l'information utile	Motifs				
	Pratiquer une technique ou une démarche. Raisonner, argumenter	Comparaison Zoom Spectre				
TIC	Utilisation	Audacity				
Communiquer	Cahier de recherche	Prise de notes				
	Oral					
Autonomie, Initiative Implication	Travail de groupe po personnel					

Illustration 76. Grille d'autoévaluation, Séance 2, 2012-2013, Boris

V.3.3.5 – UNE PREMIÈRE ANALYSE DE LA SÉANCE 2, BORIS

Ce paragraphe relate l'entretien mené entre les séances 2 et 3. Cette fois-ci aucun problème conséquent lié à l'utilisation des ordinateurs n'a retardé la séance.

Lors de la deuxième séance, Boris dit avoir davantage guidé les élèves en montrant les fonctions intéressantes, les fonctions pertinentes, une fois qu'ils étaient dans la démarche investigation. Il pense que c'est ce qui lui a permis de les amener là où il voulait. Il pense reconduire la même chose pour la troisième séance, en se laissant la possibilité d'improviser, peut-être être plus clair au moment de la présentation, peut-être plus développer les outils qui l'intéressent au moment de la présentation. Il voudrait aller un peu plus vite au début pour garder plus de temps pour le bilan « *pour dire voilà ce qu'on doit retenir et bien expliquer la notion de fréquence, bien relier la notion de fréquence et de période* », pour pouvoir montrer comment estimer la fréquence à partir du logiciel en comptant le nombre de périodes au dixième de seconde. Boris voudrait aussi avoir un peu plus de temps pour remplir la fiche de compétences, que les élèves aient davantage de temps pour trouver les compétences mises en

jeu.

Boris pense qu'il a peut-être « influencé », « dirigé », « manipulé » davantage les deux groupes qui ont proposé les résultats les plus intéressants *« en leur montrant tout de suite le zoom, en leur montrant tout de suite les harmoniques, l'analyse spectrale, en essayant de relier, par exemple à un moment je montrais l'analyse spectrale et j'essayais de souligner son intérêt en échantillonnant deux passages différents, pour montrer la différence, chose que je n'avais pas fait la première fois. »*.

Il fait à nouveau le lien avec la discussion menée avec David : *« Je pense que la première fois je crois que j'étais trop influencé par la discussion que l'on avait eue avec David et je voulais vraiment faire cours trop les mains dans les poches et je n'ai jamais guidé, et c'était peut-être une erreur, je ne sais pas, après tu jugeras ça »*.

Il se dit enfin bien plus satisfait de la deuxième séance : *« Moi j'étais quand même bien plus satisfait de la deuxième séance que de la première, ou la deuxième j'ai eu l'impression d'avoir fini mon cours, de ne pas avoir laissé les choses en plan, et ça peut se faire en deux heures, il y a un moment où tu peux toujours prendre plus de temps mais ce n'est pas raisonnable, et là sur le premier groupe, quand on revient dessus ce sera un mois et demi après ça perdra de... Je pense qu'il faut arriver à le boucler en 2 heures, cela me semble raisonnable »*

V.3.3.6 – DESCRIPTION DE LA SÉANCE 3 DE BORIS (28 FÉVRIER)

Les conditions restent identiques à celles des deux premières séances (Voir V.3.3.2). Dans cette description, nous ne nous attardons que sur les changements significatifs observés par rapport aux deux premières séances.

⌚ : 1min

Boris présente dès le départ, lors de la présentation du logiciel Audacity, les fonctions « Zoom » et « Tracer le spectre » et conseille alors l'échelle logarithmique.

⌚ : 23 min

La présentation de la phase investigation est la suivante :

B : *On a fait une petite séance d'initiation à Audacity, je ne prétends pas faire de vous des ingénieurs du son, hein, c'est juste un peu de découverte, OK ? Maintenant on va changer complètement de, euh, de manière de fonctionner, là je vous ai fait les démos, j'ai été très directif, maintenant je vais vous laisser un peu autonome, **l'objectif c'est que vous trouviez vous-même là où moi je cherche à vous amener**, OK ? Plutôt que de vous faire un cours en vous disant ça, ça, ça, je vais vous laisser le construire le cours et on va le construire tous ensemble. Il va y avoir différentes phases et ce serait bien qu'on arrive à ceci à la fin de la séance, vraiment hein, donc il va falloir être efficace. Au début vous allez être un peu perdus par ce que vous n'allez pas bien comprendre, heu qu'est-ce que moi je cherche à vous faire découvrir. Vous allez d'abord travailler seuls, OK ? sur des échantillons audio.*

[...] Méthode pour récupérer les dossiers

B : *Je vous ai montré tout à l'heure les principales fonctions qui vont vous permettre de, de les explorer ces pistes, et puis de les comprendre, de voir où je veux en venir, ben voilà, je*

vais vous laisser travailler, dans une première phase on ne va pas y passer beaucoup de temps, disons cinq minutes pas plus où vous êtes seuls et vous écoutez ces morceaux et vous manipulez le logiciel, vous voyez ou je veux en venir mais tout seul

E : vous ne voulez pas nous donner une piste sur là où on vous voulez, qu'on essaye de comprendre un peu ...

B : non, écoute, fais travailler tes oreilles et tes yeux

Transcription n°1, Séance 3, 2012-2013, Boris

Pendant la phase d'investigation en groupe, le guidage des élèves est systématique, Boris passe dans tous les groupes. Il est aussi plus conséquent que pour les séances précédentes. Boris montre à la fois comment utiliser les fonctions « Zoom » et « Tracer le spectre » mais aussi incite les élèves à être plus précis quand ils parlent de période ou de fréquence. Un premier exemple de guidage est donné dans la transcription 2, pendant lequel Boris arrête un groupe qui faisait du mixage pour l'orienter vers les fonctions du logiciel permettant d'observer.

⌚ : 39min

B : L'objet ici ce n'est pas de mixer, c'est d'observer, vous avez fait des zooms dessus, place d'abord ton curseur, vas-y zoome, zoome, ah, là on commence à y voir

E : là c'est périodique

B : je vous laisse faire vos conclusions d'accord ?

E : là c'est sinusoïdal

B : Vous avez déjà plein de choses à dire, après je vous montre une autre fonction, par exemple tu travailles sur cette partie du signal

Boris montre comment utiliser la fonction « Tracer le spectre » et conseille l'échelle logarithmique

B : Moi je vous ai montré ce qui va vous permettre d'avancer, à vous de tirer vos enseignements, où sont les maths qui se cachent derrière le son ?

Transcription n°2, Séance 3, 2012-2013, Boris

Un autre type de guidage est relaté dans la transcription 3 : pendant l'investigation, quand les élèves parlent de période, Boris demande de calculer cette période.

B : après c'est le même motif, il se répète c'est ça la notion de périodique. Est-ce que tu serais capable de calculer la période ?

E : c'est en quoi en ça ? (L'élève montre l'axe au-dessus de la courbe)

B : c'est en seconde

E : ben voilà

B : ça commence à ?

E : 0,160

B : *et ça se termine ?, je te laisse faire les calculs*

Transcription n°3, Séance 3, 2012-2013, Boris

Il conseille aussi pour calculer les fréquences de compter les périodes sur un dixième de seconde (voir la transcription 4).

B : *Je vais faire un dixième de seconde, est-ce que tu serais capable de me dire combien il y a de motifs en un dixième de seconde, faut les compter, je pense qu'il faut le faire une fois dans sa vie.*

Transcription n°4, Séance 3, 2012-2013, Boris

En aparté, Boris s'interroge sur le guidage apporté (transcription 5) :

B : *alors la question c'est est-ce que je les manipule, pour vraiment avoir ce que je veux, ou est-ce que je les laisse un peu libre, ce n'est pas évident, hein ? C'est la phase qui est difficile pour le prof moi je pense, tu as envie d'avoir tout de suite ton truc et puis de passer à la suite mais finalement ce n'est pas le but, j'ai bien compris par ce que du coup eux ils vont plus être impliqués, ce n'est pas évident de trouver la bonne mesure, c'est difficile. Mais je ne regrette pas cette expérience sur l'investigation parce que sinon je pense que je ne l'aurais pas fait, parce que dans le programme c'est une seule ligne j'avais pas fait attention puis il y avait tellement de chose en MPS que si tu veux tout faire dans les règles c'est compliqué, l'an passé c'était l'évaluation des compétences c'était aussi un gros morceau pour comprendre comment fonctionner. Du coup là j'ai fait le tour, peut-être, je ne sais pas...*

C : *peut-être la pluridisciplinarité qui reste à améliorer*

B : *mais après c'est compliqué, tu ne choisis pas tes collègues, il faut que les gens soient partant, on a quand même un thème qui est pluridisciplinaire où ils [les élèves] l'abordent sous les angles liés à chaque matière, moi je déborde un peu sur la physique en maths mais en même temps on revient sur des maths pures au bout du compte.*

Alors tu me conseilles quoi de les manipuler un peu ?

C : *heu, je vais essayer de rester un peu neutre.*

Transcription n°5, Séance 3, 2012-2013, Boris

Pendant la phase de bilan, tous les groupes passent, Boris fait passer le groupe 1 en premier car il trouve qu'ils n'ont pas travaillé sérieusement. Ensuite, il envoie à tour de rôle les différents groupes. Ceci lui permet de gagner du temps par rapport aux séances précédentes pour lesquelles il faisait appel au volontariat des élèves.

⌚ : 75 min

Groupe 1 : pour les pistes 1 et 2 c'est le même motif.

E : *« On a essayé de calculer comme on a fait en physique-chimie $1/T$, mais on se souvient plus, on a abandonné, normalement il faut calculer quelque chose quand il y a un motif, il y a une formule, on se souvient plus, on a abandonné. »*

Groupe 2 : *« il y a des points communs entre les pistes 1 et 2, elles ont des silences au même moment, sur un dixième de seconde elles ont toutes les deux 25 périodes »*. Boris leur demande de montrer comment le compte a été fait.

Groupe 3 : « on peut voir que sur la piste 1 c'est un signal périodique car il y a un motif qui se répète et le motif il dure 0,035 secondes » Boris leur demande si c'est partout la même période. La réponse est non. Autre résultat : « les pistes 2 et 3 sont sinusoïdales ».

Groupe 4 : « les pistes 2 et 3 sont périodiques, la piste 2 n'a pas la même période au début, au milieu, à la fin. » (Valeurs données pour chaque partie).

Groupe 5 : « la piste 1 est un morceau de violon, c'est un son plutôt mélodieux, la courbe est périodique mais pas sinusoïdale. Les pistes 2 et 3 sont des bruits assez désagréables mais des sons purs, c'est des sinusoïdes ». « On a voulu calculer les périodes à différents moments ». Des valeurs sont données pour différents moments des trois pistes. « Après on a calculé la fréquence $1/T$ ». Des valeurs sont données en hertz à partir des valeurs obtenues pour les périodes au-dessus.

⌚ : 95 min

Une fois tous les groupes passés, Boris explique « on va essayer à partir de vos informations de construire le cours » et il expose au tableau interactif les différents résultats obtenus dans le désordre par les élèves : la période est la durée du motif, si la période est longue alors le son est grave, si la période est courte alors le son est aigu, un signal est périodique lorsque le motif se répète, la fréquence est le nombre de motifs en une seconde. Il termine par la formule qui relie la période et la fréquence obtenue à partir du tableau que Boris présente comme étant le plus important (illustration 77).

$T_1 = 0,04 \text{ s}$	1	
1 s	$? = f_1$	$f_1 = 1 \text{ s} / 0,04 \text{ s}$
Durée	Motifs	$f = 1/T$

Illustration 77. Reproduction du tableau de l'enseignant (TBI)

Les élèves ont le temps de noter le bilan, la fiche d'autoévaluation a été distribuée mais la cloche sonne avant qu'elle ne puisse être complétée.

V.3.3.7 – UNE PREMIÈRE ANALYSE DE LA SÉANCE 3, RETOUR SUR L'ANNÉE

Le dernier entretien se passe en juin après que toutes les séances MPS aient été menées y compris celles que nous n'avons pas observées. La séance consacrée à l'évaluation des élèves à partir de leur cahier de recherche a aussi eu lieu.

Boris parle spontanément du parasitage des différentes séances par la petite partie consacrée au mixage. C'est la première activité mise en œuvre sur ce thème. Pour Boris l'objectif est d'éveiller l'intérêt des élèves pour le thème du son, de permettre une première prise en main du logiciel Audacity et aussi de faire découvrir un métier lié au son. Il reste persuadé qu'il s'agit d'une bonne idée mais il reconnaît que certains élèves n'ont pas réussi à s'en détacher lors de la seconde partie sur l'investigation alors que cela n'avait plus rien à voir. Il reconnaît que les élèves ne connaissaient que les fonctions liées au mixage sur Audacity (en particulier le premier groupe).

Interrogé sur les difficultés ressenties, Boris dit qu'elles ne concernent pas la phase de conception, qu'il arrive à avoir des idées, qu'il est créatif et qu'il y aurait moyen d'inventer plein de situations. Par contre, il est difficile d'avoir de bons documents sonores, que cela demande du temps et un bon niveau technique. Ce qui lui pose le plus de problème c'est la gestion du cours en particulier dans les moments de guidage des élèves « *quelle est la limite quelles sont les aides à donner aux élèves* », qu'il a le sentiment de « *tricher* » lorsqu'il le fait. Il exprime aussi être « *un peu mal à l'aise sur les synthèses parce que c'était compliqué de vraiment partir de ce qu'ils avaient fait pour construire un cours.* ».

Enfin, quand il a relu les cahiers de recherche des élèves, il a remarqué qu'il ne restait aucune trace de tous les moments d'investigations. Il pense que c'est en partie dû au travail sur l'ordinateur et qu'on ne peut pas mettre un son sur le cahier mais aussi que les élèves n'identifient pas cela comme un cours et que, pour eux, cela ne justifie pas une prise de notes. Heureusement qu'il y avait la fiche d'autoévaluation comme seule trace du travail effectué. Il se dit, en tant qu'enseignant, que c'est un peu limite.

Enfin il parle de la gestion du temps, qu'il est difficile de tout faire sur une séance de deux heures : l'investigation, la synthèse et l'autoévaluation. Il dit aussi s'être un peu remis en question sur le fait qu'il ne faisait jamais d'investigation et en avoir mis en œuvre en BTS SIO sur la récursivité et une autre fois en seconde.

V.4.3.8 –NOTRE ANALYSE DES SÉANCES : UNE DOUBLE RÉGULATION DE L'ACTIVITÉ

La tâche perçue, redéfinie, conçue

La séance conçue par l'enseignant est prévue en deux temps : une phase de mixage et une phase d'investigation. La tâche ainsi conçue est déterminée par le sujet, Boris. Le thème du son qu'il a choisi et fait adopter par ses collègues lui tient à cœur (il construit des enceintes depuis l'âge de 15 ans, c'est un sujet qu'il maîtrise bien). La phase de mixage lui semble importante, elle permet de découvrir un métier lié au son, d'intéresser les élèves au thème, de faire utiliser une première fois le logiciel Audacity. Chaque séance du thème commencera par un petit mixage puis à la dernière séance il proposera un mixage à partir des prises de sons d'un groupe de jazz local dont il connaît le preneur de son. L'investigation vise à faire émerger les notions de période et de fréquence, notions que Boris considère fondamentales en musique.

La tâche est aussi déterminée par le contexte. La participation à l'atelier IREM détermine le choix de concevoir la séance sous forme d'une DI. Boris qui enseigne en MPS depuis deux ans et demi n'a jamais mis en œuvre de séances fondées sur l'investigation. Il dit qu'il ne l'avait pas perçu comme un objectif du programme MPS. Il n'en met pas non plus en œuvre en classe. Boris, bien qu'expérimenté se déclare donc débutant en conception et mise en œuvre de séances fondées sur l'investigation. Contrairement à Teddy, peut-être moins expérimenté et moins sûr de lui, il ne s'est pas essayé à l'exercice avant la séance observée. Les représentations du sujet concernant les savoirs scientifiques semblent inductivistes (les experts observent et tentent de découvrir des lois qui régissent le monde). D'un point de vue didactique, il montre une approche constructiviste mais garde une certaine méfiance pour les méthodes pédagogiques fondées sur une forme de liberté totale.

Les ressources

Concernant les ressources utilisées que nous avons pu identifier, nous considérons que la source principale de ressources réside en Boris lui-même : son intérêt pour ce thème, ses connaissances personnelles sur le son, son expérience suite au travail déjà réalisé depuis deux ans. Les autres ressources utilisées sont des sites institutionnels visités pour constituer le dossier préparé par Boris sur les DI et les échanges avec David. Boris a réutilisé la fiche d'autoévaluation par compétences qu'il a contribué à concevoir l'année passée avec les autres professeurs de mathématiques du lycée à la demande de l'inspecteur. C'est d'ailleurs le seul support papier distribué aux élèves pendant la séance. Boris dit en entretien faire, de façon générale, peu de photocopies.

Dans le « document Ressources MPS », pour le thème « Science et œuvres d'art » figure un projet intitulé « Autour du son musical ». Ce projet de quatre pages propose un exemple de situation déclenchante : « *Un groupe de vos amis donne un concert dans une ville de province. Vous êtes chargé d'en organiser la diffusion en direct sur Internet, de l'enregistrer en vue de la diffusion ultérieure sur CD audio et par téléchargement sur Internet* ». Ensuite seules des pistes et une sitographie sont proposées. Chaque piste est associée à une ou plusieurs disciplines mais on ne trouve aucune fiche élève. L'une des pistes données est « *Période, fréquence, signal pur, signal complexe (Écoute d'un son pur ou complexe comparaison bruit)* » associée aux disciplines mathématiques et SPC. Boris ne cite pas ce projet comme ressource-mère.

Comme ressources filles, Boris a constitué deux dossiers un pour chaque partie de la séance avec trois fichiers sons spécifiques. Les trois premiers sont faits pour être mixés, les autres pour être observés. Il dit avoir pris ces sons sur Internet parce qu'il s'est déjà essayé à la prise de son et que c'est compliqué. Ces dossiers sont déposés avant la séance sur le réseau du lycée. L'organisation didactique est la même, montrer aux élèves comment retrouver le dossier sur le réseau du lycée, ouvrir Audacity, télécharger les trois fichiers en les faisant glisser puis laisser les élèves expérimenter, découvrir les fonctionnalités du logiciel qu'il a un peu plus présenté pour le mixage que pour la phase d'investigation. Il a rédigé le déroulement de la partie investigation en six étapes qu'il projette au tableau et commente rapidement. À la fin de la séance, les élèves sont invités à passer au tableau pour partager leurs résultats avec les autres groupes.

Boris appuie toute son investigation sur des ressources non didactiques, trois pistes sonores récupérées sur internet, et sur l'utilisation d'un logiciel Audacity qui est une ressource cruciale dont l'absence empêcherait la réalisation du but de l'activité. Ces ressources non didactiques instrumentent Boris. Celui-ci en les utilisant dans un but détourné les instrumentalise. Il utilise les sons et le logiciel Audacity dans un sens détourné non prévu dans cet objectif.

La conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI

Arrivé à la partie de la séance 1 consacrée à l'investigation, Boris projette au tableau les différentes étapes et en fait une lecture commentée (un temps de recherche individuel, un temps de recherche en groupe, une phase de bilan et de structuration des connaissances puis l'autoévaluation à partir de la grille de compétences). S'il semble respecter l'organisation suggérée par David et déjà suivie par Teddy, il ne met pas en place le temps d'échange en

classe entière prévu entre la recherche individuelle et celle en groupe. Cet échange lui aurait peut-être permis de voir les difficultés que vont rencontrer les élèves. Enfin, il n'insiste pas comme le font David et Teddy sur la prise de notes pendant ces deux étapes de recherche. Il n'en parle pas oralement et cela ne figure pas sur le tableau.

La situation telle qu'elle est proposée par Boris aux élèves est extrêmement ouverte et ses explications nous semblent particulièrement floues. Il marque lui-même de nombreuses hésitations : « *le but, ..., à travers vos observations est essayer de dégager heu, pourquoi moi j'ai sélectionné ces morceaux, hein, pourquoi je vous les ai fait écouter, hein, [...] le but c'est d'arriver à des résultats scientifiques on est quand même en cours de maths, d'accord, et autour du son* ». Les élèves ont du mal à comprendre ce qui est attendu, d'autant plus qu'ils ont une maîtrise très succincte du logiciel Audacity dont ils ne connaissent que les fonctions liées au mixage.

D'ailleurs, le mixage proposé en début de séance dans le but d'intéresser les élèves au thème du son et de permettre l'appropriation du logiciel Audacity parasite fortement la suite de la séance. Certains élèves, par intérêt ou parce qu'ils ne comprennent pas ce que l'on attend d'eux, restent sur l'idée du mixage. Boris n'est pas très clair sur ce point puisqu'il termine sa présentation de la phase d'investigation par « *Si vous voulez terminer votre mixage vous pouvez mais essayez de passer quand même à la suite rapidement* ».

Pendant les phases de recherche, Boris apporte très peu d'aide aux élèves en dehors de dépannages informatiques. Les résultats obtenus par les élèves ne répondent pas à l'objectif fixé : faire émerger les notions de période et de fréquence. La forme du son choisi qui semble symétrique induit un imprévu didactique, les élèves pensant qu'il s'agit d'une propriété à remarquer. Des résultats inattendus sont donnés (l'oreille droite capte plus les sons graves que la gauche) auxquels Boris a du mal à répondre disant à l'élève qu'il a un problème d'oreille puis que c'est peut-être l'enregistrement qui est comme ça, qu'il l'a pris sur Internet. Seule la notion de son pur se dégage. Tous les groupes n'ont pas le temps de passer avant la sonnerie. La phase de structuration des connaissances et d'autoévaluation ne peuvent pas être mises en œuvre.

Reprenons le modèle ESFI (II.1.5), dimension par dimension. Les élèves construisent un questionnement à partir d'un thème (le son) qui dépasse la seule séance en cours (mode 4), ils disposent d'un matériel limité (Audacity) pour répondre à une consigne ouverte (mode 3), ils sont responsables du processus d'investigation (mode 3). L'enseignant est amené à modifier la tâche pour maintenir l'engagement des élèves (en montrant les fonctions Zoom et Spectre) (mode 2), fait communiquer à la classe les propositions de quelques élèves mais tous n'ont pas le temps de passer (1,5). Comme aucun bilan n'est fait et que, selon nous, les attentes pour la séance en cours ont été imprécises en début de séance nous positionnons le curseur à 0 concernant l'explicitation des buts de la séance. Ce qui nous donne la constellation suivante :

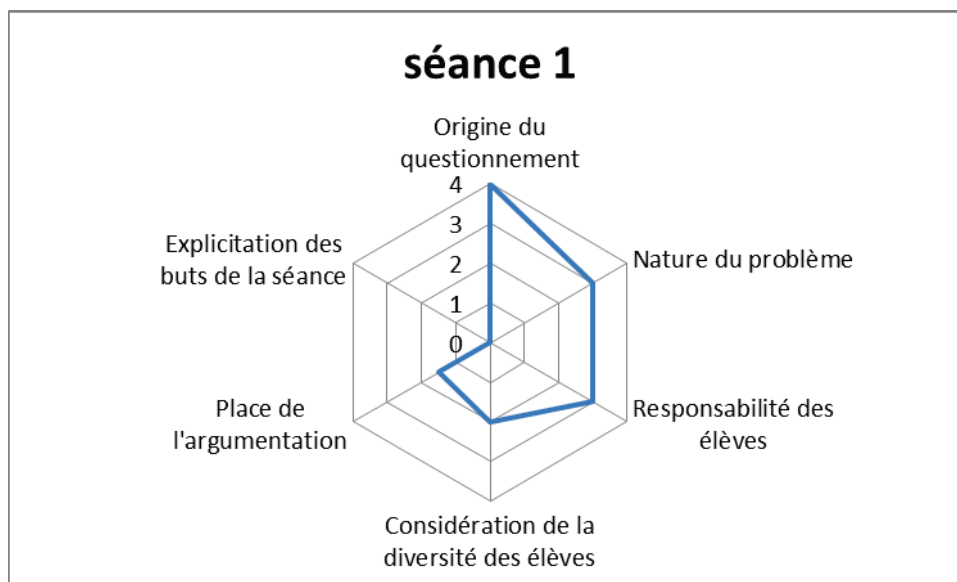


Illustration 78. Constellation modèle ESFI, Séance 1, 2012-2013, Boris

Boris se rend compte de certains problèmes à la fin de la première séance et effectue des modifications pour la séance 2. Il change en particulier les sons pour éviter les formes symétriques, cette légère différence entre le son de l'écouteur gauche et celui du droit mais aussi en coordonnant les différents signaux (silence au même moment, même période, ...).

L'activité va alors modifier la situation et le sujet dans un phénomène de double régulation de l'activité (II.1.3). Boris dit qu'il a eu du mal à gérer tous les groupes et qu'il en a en particulier oublié un et conclut « *et là je n'ai pas été bon* ». Il exprime aussi des difficultés sur la gestion globale de la séance liée à sa conception de ce que doit être une démarche d'investigation, de ce qu'il en a compris lors de la réunion avec David. Ce qui l'incite à remettre en cause la méthode et les conseils donnés « *Moi après je trouve quand même des limites à ce qu'on disait avec David, sur le fait qu'il ne fallait jamais guider les élèves, il y a un moment où je trouve que c'est un peu dans l'excès, dans cette pratique, je pense que je le ferai pas trop souvent parce que ça me gêne quand même, on perd beaucoup de temps...* ». À cette étape, il convient de préciser qu'ayant assisté à la réunion il nous semble que ce que Boris a retenu est une interprétation un peu extrême de ce que préconisait David, mais cela reste son interprétation.

Boris modifie légèrement la tâche pour la deuxième séance. Il tente d'abord de mieux faire respecter par les élèves les deux temps prévus, celui du mixage et celui de l'investigation, en prévenant dès le début qu'il y aura deux phases dans la séance, une de mixage et une d'investigation, mais cela ne porte pas ses fruits. Plusieurs élèves restent sur le mixage une bonne partie de la séance au détriment de l'investigation. Lorsqu'il intervient à la minute 48 sur ce point Boris manque de clarté laissant une porte ouverte à ceux qui souhaiteraient poursuivre : « *J'en vois plein qui essaient de faire du mixage, ce n'est pas l'objet [...] vous pouvez mais ce n'est pas l'idée* ». Boris modifie les fichiers du second dossier, celui consacré à l'investigation, pour éviter le phénomène de symétrie et permettre une meilleure comparaison des sons. Il présente aussi plus tôt les fonctions d'Audacity à utiliser pour analyser les sons (« Zoom » et « Tracer le spectre ») mais il reste assez vague sur ce qu'il attend « *l'idée c'est de faire des observations des morceaux et d'arriver à ..., à dégager des*

règles, à dégager des principes ». Il a aussi cette phrase étonnante « *donc j'espère que vous aussi vous allez trouver des résultats intéressants et vous allez donner vos résultats et on va en discuter, à mon avis là on y arrivera jamais* (en montrant rapidement avec la main les deux dernières étapes : structuration et bilan par le professeur puis autoévaluation) *mais si on y arrive et bien c'est tant mieux* », que l'on pourrait interpréter comme un manque de confiance dans la méthode ou, au moins, dans le fait qu'elle est réalisable dans le temps imparti. Il prévient d'ailleurs les élèves que l'investigation se poursuivra sans doute sur deux séances.

Lors de cette seconde séance, il dit avoir guidé davantage les élèves en circulant et en particulier certains groupes en leur montrant des fonctions sur Audacity « Zoom » et « Tracer le spectre ». Ce qui lui donne l'impression de « *tricher* », il dit aussi qu'il a « *influencé* », « *dirigé* », « *manipulé* » davantage certains étudiants. Il est difficile, à partir de nos seuls enregistrements, d'émettre un avis. Le choix de la caméra fixe ne nous permettait pas de voir les écrans des ordinateurs de tous les élèves et l'utilisation que pouvait en faire Boris, le micro-cravate captait bien les paroles de Boris mais pas toujours celles des élèves à qui il s'adressait. Néanmoins, ce que nous avons pu entendre ou observer ne nous semble pas dépasser le guidage attendu dans le cadre d'une DI. En particulier le temps passé avec le groupe d'Inès, qui va jouer un rôle important lors de la mise en commun, n'est pas plus long que celui donné à d'autres groupes. Les mots forts utilisés par Boris lorsqu'il parle du guidage, sa difficulté à stopper le mixage dans la phase d'investigation, nous semblent montrer qu'il a beaucoup de mal à situer l'aide à apporter aux élèves lors d'une démarche d'investigation. Il dit régulièrement avoir été « *dirigiste* ».

Mais Boris se dit davantage satisfait montrant ainsi les effets de l'activité sur le sujet : « *Moi j'étais quand même bien plus satisfait de la deuxième séance que de la première, ou la deuxième j'ai eu l'impression d'avoir fini mon cours, de ne pas avoir laissé les choses en plan...* ». Il remet en cause son guidage de la première séance « *Je pense que la première fois je crois que j'étais trop influencé par la discussion que l'on avait eue avec David et je voulais vraiment faire cours trop les mains dans les poches et je n'ai jamais guidé, et c'était peut-être une erreur, je ne sais pas, après tu jugeras ça* ».

En reprenant le modèle ESFI (II.3), les premières dimensions ne changent pas : les élèves construisent un questionnement à partir d'un thème (le son) qui dépasse la seule séance en cours (mode 4), ils disposent d'un matériel limité (Audacity) pour répondre à une consigne ouverte (mode 3), ils sont responsables du processus d'investigation (mode 3). En termes de guidage, certains groupes d'élèves ont bénéficié du guidage de l'enseignant (2,5) qui fait communiquer à la classe les propositions de tous les groupes, parmi lesquelles figurent les notions de période et fréquence attendues (mode 2). Boris n'a pas le temps de bien structurer les connaissances mais fait un bilan rapide en remplissant la grille d'autoévaluation par compétences (mode 2). Ce qui aboutit à la constellation suivante :

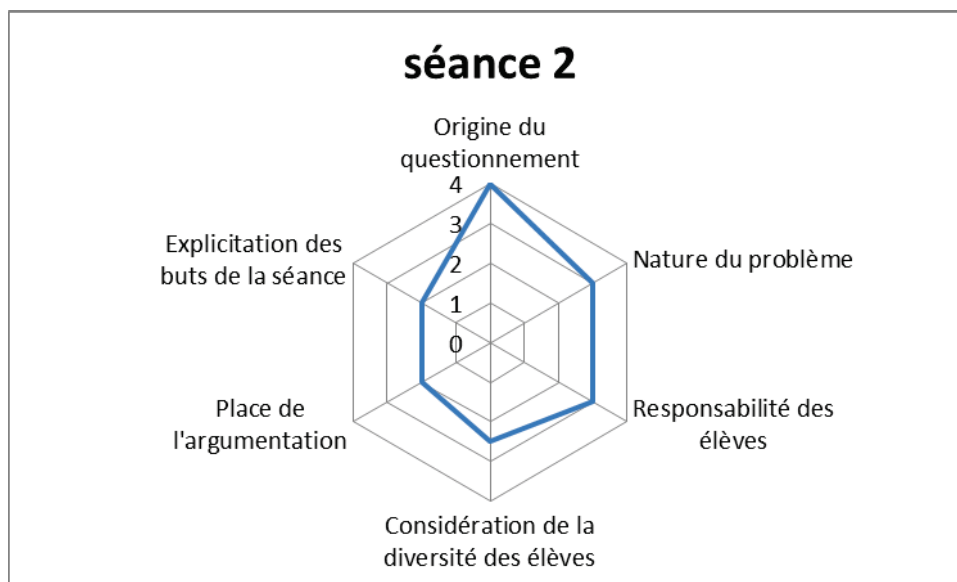


Illustration 79. Constellation modèle ESFI, Séance 2, 2012-2013, Boris

D'avantage rassuré par la méthode, Boris envisage pour la troisième séance d'aller un peu plus vite au début pour garder plus de temps pour le bilan « *pour dire voilà ce qu'on doit retenir et bien expliquer la notion de fréquence, bien relier la notion de fréquence et de période* », pour pouvoir montrer comment estimer la fréquence à partir du logiciel en comptant le nombre de périodes au dixième de seconde.

Pour la troisième séance, on note des différences notables. Tout d'abord, il présente les deux fonctions « Zoom » et « Tracer le spectre » dès le début de la séance. Il est bien plus positif précisant qu'il veut terminer les différentes phases jusqu'à l'auto-évaluation. Ensuite, le guidage des élèves pendant la phase de recherche est beaucoup plus systématique et soutenu. Il n'hésite plus à détourner les élèves du mixage pour leur dire que dans cette phase d'investigation les sons doivent être observés et pas mixés. Il montre aux élèves l'utilisation des deux fonctions du logiciel. Si les élèves parlent de périodes, il leur demande d'en calculer la durée. De façon identique, il conseille de calculer le nombre de périodes sur un dixième de seconde aux élèves qui ont avancé sur la notion de fréquence. Tous les groupes ont le temps de passer au tableau, Boris ne fait plus appel au volontariat mais donne un ordre de passage commençant par celui qui avait le moins travaillé et terminant par les réflexions les plus abouties. La phase de structuration des connaissances est faite par Boris par contre l'autoévaluation par compétence ne peut pas se faire avant la sonnerie.

En aparté pendant la séance, il montre toujours des doutes sur le guidage : « *alors la question c'est est-ce que je les manipule, pour vraiment avoir ce que je veux, ou est-ce que je les laisse un peu libre, ce n'est pas évident, hein ?* » mais il dit aussi ne pas regretter cette expérience sur l'investigation.

Toujours avec le modèle ESFI (II.3), les premières dimensions ne changent toujours pas : les élèves construisent un questionnaire à partir d'un thème (le son) qui dépasse la seule séance en cours (mode 4), ils disposent d'un matériel limité (Audacity) pour répondre à une consigne ouverte (mode 3), ils sont responsables du processus d'investigation (mode 3). En termes de guidage, cette fois-ci tous les groupes d'élèves ont bénéficié du guidage de l'enseignant (3) qui fait communiquer à la classe les propositions de tous les groupes

(mode 2), parmi lesquelles figurent les notions de période et fréquence attendues. Boris a le temps, même si cela est fait rapidement en fin de séance, de concevoir un bilan au tableau en réorganisant les apports des élèves, nous pouvons considérer que sur cette séance les élèves disposent explicitement des savoirs nécessaires à un réinvestissement des acquis mais ils n'ont pas le temps de remplir la fiche d'autoévaluation (3,5). Ce qui nous donne la constellation suivante :

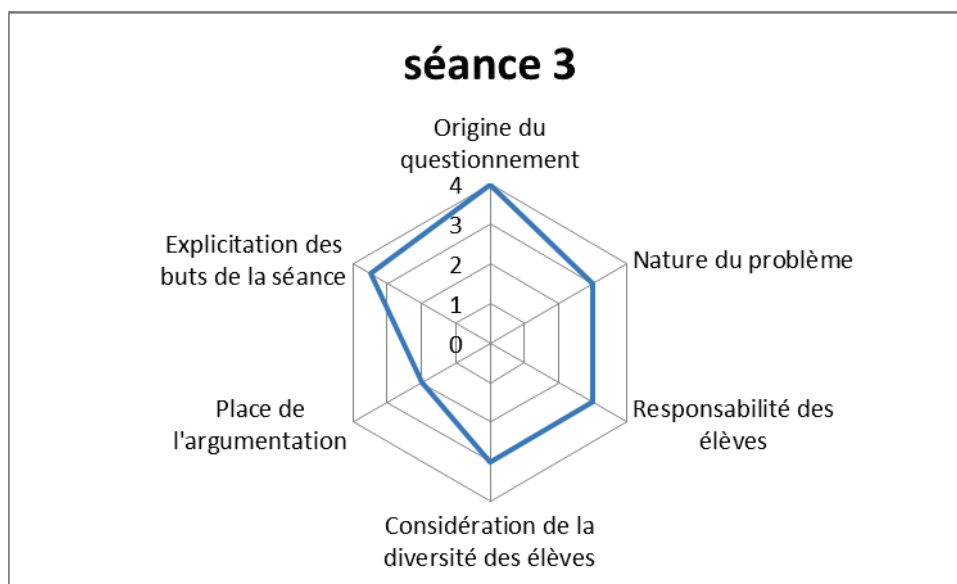


Illustration 80. Constellation modèle ESFI, Séance 3, 2012-2013, Boris

Cette fois-ci les constellations s'imbriquent de la plus petite à la plus grande montrant une meilleure gestion de la séance au fil du temps.

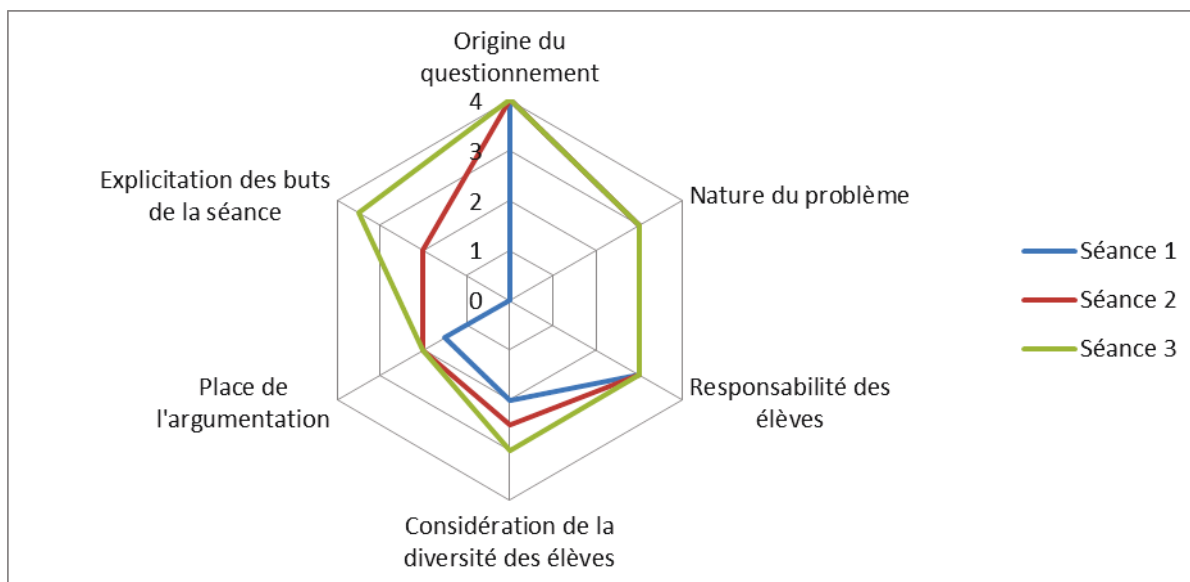


Illustration 81. Constellations obtenues avec le modèle ESFI des trois séances, 2012-2013, Boris

Pendant ces séances, nous avons observé quelques effets de régulation à court terme, en temps réel, (II.1.3) le temps du déroulement de la séance de classe, ou d'un épisode de cette séance. Par exemple, lorsque Boris en circulant se rend compte que plusieurs groupes

poursuivent le mixage et qu'il intervient en classe entière ou encore que la plupart des élèves sont perdus et qu'il conseille les fonctions « Zoom » et « Tracer le spectre ». De même lorsque durant la première séance au moment de la phase de bilan les élèves disent ne rien avoir trouvé Boris retarde cette phase pour effectuer le tour des différents groupes.

La répétition des séances a favorisé l'observation des régulations à moyen terme, pour la préparation de la séance suivante, que nous avons détaillées ci-dessus et que l'on pourrait résumer en disant que Boris va effectuer un guidage de plus en plus soutenu au fil des séances en limitant la phase de mixage, en montrant les fonctions du logiciel à utiliser, en apportant une aide ciblée et adaptée à l'avancée de chaque groupe. Il va aussi mieux gérer le temps afin d'aboutir à la phase de structuration des connaissances.

Il reste à questionner les régulations à long terme qui croisent nos questions sur le développement professionnel. Rencontré en entretien en juin, bien après les séances, Boris revient sur les problèmes de guidage et la gestion du temps pour arriver en deux heures à laisser les élèves mener des investigations, faire un bilan, structurer les connaissances et compléter la fiche de compétence pour l'auto-évaluation. Il dit aussi avoir eu du mal à construire les synthèses à partir des résultats obtenus par les élèves. Il identifie aussi un problème non perçu pendant les séances : sur les cahiers de recherches des élèves récupérés en fin de thème il n'a trouvé quasiment aucune trace des investigations menées. Boris dit aussi s'être un peu remis en question sur le fait qu'il ne faisait jamais d'investigation et en avoir mis en œuvre en BTS SIO sur la récursivité et une autre fois en seconde.

Notre conclusion

L'activité de l'enseignant peut être lue selon les cinq composantes et parallèlement en termes de genèse documentaire. Le développement de compétences professionnelles concernant la conception et gestion de DI se fait en parallèle du développement de schèmes d'utilisation des ressources.

La participation de Boris à l'atelier provoque une modification des composantes institutionnelles et sociales qui induisent une première évolution de la composante personnelle sur la nécessité de mettre en œuvre des séances fondées sur des DI le conduisant à chercher des ressources sur les DI dans les textes officiels et auprès de David. Cette évolution entraîne alors des évolutions de la composante cognitive (moins en termes de contenus qu'en termes de gestion globale) et de la composante médiative et la conception de nouvelles ressources. Celles-ci sont composées de trois sons et d'un logiciel non didactique détournés de leur fonction première.

La mise en œuvre de la première séance provoque des évolutions de la composante personnelle dans sa représentation des DI, des méthodes de guidage à appliquer. Ce qui conduit Boris à modifier ses ressources : les sons sont retravaillés afin d'éviter les phénomènes parasites (formes inversées) et de faciliter l'observation des périodes et des fréquences. Les potentialités didactiques du logiciel sont progressivement mises au point, en particulier en montrant, en institutionnalisant de plus en plus tôt les fonctions à utiliser dans un phénomène d'instrumentalisation. Les phases de bilan sont mieux gérées avec l'utilisation d'élèves « sherpa » (Trouche, 2006) qui manipulent le logiciel sous le contrôle du professeur sur l'ordinateur du tableau vidéo projeté. Sur les trois séances, on note parallèlement le développement de compétences professionnelles et le développement de schèmes d'utilisation

des ressources dans un processus de genèse documentaire.

Ces compétences touchent plusieurs familles du système d'activité de l'enseignant. La participation à l'atelier lui a permis de développer une réflexion sur sa pratique [Réflexion], Boris dit explicitement que cela l'a conduit à s'interroger sur sa pratique des séances fondées sur l'investigation. Au fil du temps, Boris a mieux prévu le déroulement temporel de la séance [C/O Planification], il a mieux géré la mise en œuvre de l'investigation [C/O Découverte] et les moments de synthèse [C/O Synthèse]. La conception et la mise en œuvre de la grille d'autoévaluation provenaient quant à elle d'un travail antérieur [C/O Evaluation].

Après avoir analysé les pratiques du second enseignant, il convient de tirer un bilan du travail réalisé dans le cadre de l'atelier IREM.

V.3.4 - BILAN SUR L'ATELIER IREM CONCERNANT LA CONCEPTION ET LA MISE EN ŒUVRE DE SÉANCES FONDÉES SUR DES DI

Alors que 85% des enseignants de mathématiques ayant répondu à l'enquête sur les DI (Monod-Ansaldi et Prieur, 2011) disent en avoir déjà mises en œuvre, les deux enseignants observés, bien qu'expérimentés, reconnaissent ne pas mettre en place de séances fondées sur des DI dans leurs pratiques habituelles, et la plupart de leurs élèves ne semblent pas en avoir une pratique régulière. Il en résulte que, lors des premières séances, la DI est à la fois objet et moyen d'enseignement (Boilevin & Brandt-Pomares, 2011).

Il est à noter que la première difficulté rencontrée par les enseignants concerne la nature même de la DI, ses différents moments et le rôle qu'ils ont à tenir à chaque étape. Ce qui les a conduits à retourner vers les textes officiels et, en l'absence de manuels, vers les documents d'accompagnement des programmes, ou les sites académiques. Face à un vocabulaire didactique riche et complexe, ils ont alors ressenti le besoin d'échanger sur les situations problèmes, les problèmes ouverts, les tâches complexes, les narrations de recherche, l'évaluation par compétences. Les enseignants ont aussi confronté leurs points de vue pour comprendre et interpréter chaque étape de la DI. Cette discussion a eu le mérite d'éclairer les enseignants sur le vocabulaire didactique, de préciser le rôle des élèves et des enseignants à chaque étape de la DI et d'élargir le champ des possibles. C'est à cette étape que le rôle du collectif lié à l'atelier IREM semble avoir été le plus important.

Lors de la phase de conception de la séance fondée sur une DI, l'une des difficultés semble être le choix de la situation de départ. Les échanges lors de la réunion ont eu le mérite de proposer une large palette de méthodes et de formulations de la situation de départ. Les enseignants ont conscience que cette étape est cruciale, que toutes les situations ne présentent pas le même potentiel en terme de recherche et ne favorisent pas de la même façon la dévolution du problème. Le choix fait par Teddy pour introduire la séance pourrait être discuté. Projeter « NBUIFNBUJRVFT » conduit les élèves à parler de cryptographie, mais peut-on considérer qu'ils soulèvent une problématique ? De même, la situation choisie, un message codé en français sur la tête d'un esclave romain, même s'il est précisé qu'il s'agit d'une traduction, pourrait être améliorée. Nous sommes par ailleurs loin des situations de recherche issues d'un problème de la recherche actuelle et proposées par l'équipe Maths à modeler (I.1.1.3). Néanmoins, les élèves semblaient être intéressés et se sont majoritairement

lancés dans le travail demandé. Si Boris semble se poser moins de questions sur le choix de la situation, c'est la présentation de celle-ci aux élèves qui pose des difficultés. La plupart des élèves restent dans le flou et ne comprennent pas le travail attendu.

Les objectifs sont différents. Teddy vise surtout à faire travailler la DI pour elle-même et, en particulier, les séances ne sont pas conçues comme une situation-problème visant à dépasser un conflit cognitif. Il ajoute qu'il veut aussi développer la prise d'initiative et l'autonomie des élèves, changer le statut de l'erreur et favoriser la communication orale. Enfin, il dit que l'un des buts est aussi de faire travailler les élèves sur la cryptographie. Boris au contraire ne conçoit pas une DI sans apport de connaissances nouvelles. Ses séances visent à dégager les notions de fréquence et de période. Les réponses de Teddy et Boris sont cohérentes avec celles obtenues par Monod-Ansaldi et Prieur (2011) auprès des enseignants de mathématiques, pour lesquels « *développer des capacités et/ou des attitudes* » et en particulier « *développer l'autonomie* » sont les premiers objectifs de la DI, « *l'acquisition de connaissances* » arrive en quatrième position celle du « *développement d'une culture scientifique* » en septième position.

La principale crainte de Teddy concerne les imprévus didactiques que les élèves n'aient pas d'idée, ou au contraire que la situation proposée soit trop vite résolue, mais aussi qu'il ne soit pas capable sur le moment de voir le potentiel mathématique de certaines idées non anticipées. Lors de la gestion de la DI, il est crucial de laisser aux élèves un temps de recherche conséquent dans cette phase initiale. Peu habitué à fonctionner ainsi, Teddy exprime une impression de perte de temps. Ici encore, les échanges entre collègues ont favorisé une meilleure prise en compte de l'importance de cette étape de la DI, du temps nécessaire aux élèves et de la façon de gérer cette étape. C'est peut-être ce manque de confiance, lié à un manque de pratique, qui conduit Teddy à prévoir des séances trop longues et trop dirigées, aux contenus relativement modestes, s'appuyant des supports détaillés.

Boris, plus expérimenté, montre moins d'inquiétude avant les séances en dehors d'une difficulté à cerner les acquis initiaux des élèves sur ce thème, d'autant plus que le cours du professeur de physique-chimie interfère. Il hésite néanmoins beaucoup sur la nature et la quantité de guidage à apporter pendant la séance, ayant l'impression de tricher lorsqu'il aide certains groupes. Parti au départ sur un guidage très léger, il va accentuer l'aide apportée au fil des séances. Enfin, il exprime la difficulté à boucler en deux heures les phases d'investigation, de structuration des savoirs et de mise en œuvre de l'auto-évaluation à partir de la fiche de compétences établie.

Ici encore, les craintes de Teddy et Boris correspondent aux difficultés ressenties par les enseignants de mathématiques (Monod-Ansaldi et Prieur, 2011) pour lesquels « *le faible degré d'autonomie des élèves* » et « *la gestion des élèves pendant la séance* » arrivent en deuxième et troisième position après « *le manque de temps* ».

Les supports conçus pour soutenir les séances sont différents et structurent des investigations différentes. Teddy construit un document Word très détaillé, projeté de bout en bout des trois séances et dont certaines parties seront photocopiées sous forme de fiche élèves. Il conçoit aussi un petit diaporama et des fichiers Excel que les élèves doivent récupérer sur le réseau et compléter. Boris appuie toute son investigation sur des ressources non didactiques, trois pistes sonores récupérées sur internet, et sur l'utilisation d'un logiciel Audacity qui est

une ressource cruciale dont l'absence empêcherait la réalisation du but de l'activité. Ces supports évoluent avec l'avancée des séances. Teddy distribue de plus en plus de fiches élèves permettant de structurer la prise de notes. Boris améliore les pistes sonores pour favoriser les observations attendues et éviter les imprévus didactiques.

Sur la totalité de la séance, on voit que les compétences mises en jeu sont multiples et complexes. Le professeur doit organiser le travail, orienter l'activité des élèves vers l'objectif à atteindre, animer et coordonner les phases d'échanges, réagir face aux imprévus didactiques, gérer la diversité des élèves, gérer le temps pour aboutir à la structuration des connaissances et à la phase d'autoévaluation.

Les séances MPS, conçues dans le cadre de l'atelier IREM et mises en œuvre avec l'appui de cette réflexion collective, bien que critiquables, nous semblent plus proches des attentes de l'institution en ce qui concerne les DI que celles observées dans d'autres classes cette même année scolaire. Les élèves ont davantage de responsabilités à toutes les étapes de la DI. Ils construisent le questionnement initial à partir de la situation proposée par l'enseignant, ce qui favorise la dévolution du problème. L'enseignant laisse des temps de recherche conséquents pour permettre aux élèves de formuler des conjectures et de proposer des démarches pour les éprouver. Les phases d'échanges ne se limitent pas au groupe, l'enseignant fait communiquer à la classe les propositions de certains élèves, propositions qui sont ensuite discutées. Les élèves sont encouragés à argumenter et à justifier leurs réponses par des connaissances ou des résultats. Ils sont aussi impliqués dans la structuration des connaissances et ils sont conduits à s'autoévaluer (cette dernière phase résultant d'une réflexion menée l'année précédente sur l'évaluation par compétences).

La principale différence avec les observations faites dans d'autres lycées étant l'existence de ce collectif structuré par l'atelier IREM, nous faisons l'hypothèse de son rôle positif dans l'appropriation des DI par les enseignants. Une réflexion collective sur la nature même des DI avec d'autres enseignants et un formateur pourrait contribuer à aider les enseignants à faire confiance aux élèves sur leurs capacités à proposer des conjectures et à se faire confiance pour gérer les imprévus didactiques. Il faut aussi que les enseignants acceptent ce temps de recherche sans avoir une impression de perte de temps et qu'ils ne quantifient pas le travail effectué lors d'une séance uniquement par le nombre de notions abordées par le professeur au tableau mais aussi par le niveau de compréhension et d'assimilation de ces notions par les élèves.

Le rôle du collectif au sein de l'atelier IREM, en particulier lors des échanges informels, reste difficile à observer et à quantifier, et demanderait la mise en œuvre d'une méthodologie plus précise pour pouvoir le prendre en compte à chaque étape du travail. Par ailleurs, d'autres facteurs ont aussi pu influencer les professeurs impliqués dans cet atelier. Ils ont assisté pendant cette année scolaire aux différents séminaires IREM pendant lesquels des thèmes comme les tâches complexes ou l'évaluation par compétences ont été abordés. Enfin, la méthodologie suivie a favorisé une investigation réflexive, les entretiens avant et après les séances observées leur ont permis de s'interroger sur leurs pratiques de la DI en MPS.

V.3.5 - TRANSMISSIONS DE RESSOURCES : OLIVIER

L'année suivante, Boris ne souhaitait plus participer à l'atelier et Teddy était affecté comme TZR dans un autre établissement. Olivier, lui aussi TZR, et enseignant en MPS dans le lycée pour la quatrième année consécutive a accepté notre présence en tant qu'observatrice. Il savait que notre recherche porte sur les démarches d'investigation mais, contrairement à Boris et Teddy, Olivier ne s'est pas engagé à modifier ses séances dans cet objectif. Ces observations nous ont permis de percevoir comment les ressources se transmettaient (ou pas) d'une année à l'autre, d'une équipe à la suivante au sein d'un même établissement. Après un profil rapide de l'enseignant et de l'équipe MPS (V.3.5.1), nous présenterons les séances mises en œuvre sur le thème du son (V.3.5.2), puis sur celui de l'investigation policière (V.3.5.3). Nous ferons aussi le compte rendu de l'entretien mené avec Valérie le professeur de SPC (V.3.5.4) et Philippe le professeur de SVT (V.3.5.5) avant d'apporter nos conclusions (V.3.5.5).

V.3.5.1- OLIVIER, L'ÉQUIPE MPS

Le premier entretien a lieu sur l'horaire des séances MPS, celles-ci ont lieu les vendredis de 13h30 à 15h30. De 13h30 à 14h30, l'équipe MPS devait se réunir pour discuter de l'organisation du premier thème. J'avais demandé à participer à la réunion mais Olivier m'a répondu par mail que cela ne présentait pas d'intérêt : « *Apparemment, la réunion de vendredi c'est (à part rencontrer le prof de SVT qui est nouveau et n'a jamais fait MPS) juste de faire des photocopies des groupes d'élèves, réserver l'amphi pour vendredi prochain et rentrer les groupes sur Google Drive (administration)* ». Il me propose de venir quand « *la paperasse* » sera terminée vers 14h30. À mon arrivée vers 14h20, Olivier m'attend déjà en salle des profs.

Olivier est agrégé et TZR affecté dans cet établissement depuis au moins quatre ans. Il a MPS tous les ans depuis quatre ans dans son service, mais il le découvre à chaque fois à la pré-rentree. Sur les quatre ans, il a eu quatre équipes MPS différentes, deux professeurs de SPC et trois professeurs de SVT différents. Cette année, le professeur de SVT est nouveau et n'a jamais eu MPS. Les thèmes sont ceux choisis en 2010 et reconduits depuis : « Investigation policière » et « Le son ». Olivier voudrait changer de thème mais il dit qu'il faudrait du temps et des équipes stables.

L'année commence par une séance en amphi avec tous les élèves (trois groupes de 25) afin de présenter les professeurs, les MPS, de répartir les élèves dans des groupes et de regarder un des épisodes de la série « C'est pas sorcier » qui traite du son. Les élèves ont un questionnaire à remplir sur le film par groupes. Ensuite, les enseignants de chaque discipline travaillent indépendamment sur ce thème. Olivier a peu d'idées sur ce qui est fait en SVT et SPC. Les élèves ne produisent aucune production commune. Cette année encore, comme l'année précédente, l'équipe MPS a redéfini la tâche prescrite en se dispensant de la mise en place d'un projet pluridisciplinaire commun. Une séance du même type sera organisée au début du second thème avec un épisode de la série « C'est pas sorcier » sur l'investigation policière.

Trois séances de concertations sont prévues. La première se déroule en début d'année pour l'organisation globale (composition des groupes, répartition des séances, etc.). Les deux autres sont prévues à la fin des deuxième et troisième trimestres pour compléter les bulletins

scolaires des élèves (assiduité, investissement). Olivier animera individuellement neuf séances par thème (trois séances consécutives pour chacun des trois groupes d'élèves). En l'absence de projet commun, la tâche redéfinie par Olivier consiste à concevoir trois séances sur le thème du son et trois sur l'investigation policière.

V.3.5.2 – LE PROJET SUR LE SON

Il y a quatre ans, à la rentrée 2010, Olivier en tant que TZR a été mis devant le fait accompli : il avait MPS dans son service et le thème qui avait été choisi en juin était « le son ». Boris a essayé de lui expliquer ce qu'il allait faire mais Olivier n'a pas compris : *« Par rapport à Boris c'est vrai qu'on fait pas du tout la même chose, mais, parce que moi je maîtrise pas ce que Boris fait, il est très informatique, il est prof en ISN, en BTS SIO, il gère tous les langages de programmation, et puis de base il a toujours aimé le travail sur le son, les amplis etc., il fabrique ses propres amplis chez lui, il dit que c'est facile mais c'est facile pour lui parce que quand il voit des graphiques tout de suite ça lui parle et moi fallait que je bosse énormément là-dessus, [...] il m'a montré quelques logiciels, il me parlait chinois en me disant que c'était facile donc j'ai pas pu accrocher et j'ai préféré faire quelque chose qui m'appartient. »*

Olivier s'est alors demandé ce qu'il connaissait sur le son. Il dit être joueur de guitare sans avoir vraiment pris de cours et s'est alors rappelé avoir vu un article sur le site de l'IREM de La Réunion, « La géométrie de la guitare » (Busser, 2007). Il l'a retrouvé, l'a lu et l'a adapté à partir de ce qu'il en avait compris. Il dit que la décision a été prise en vingt minutes mais qu'ensuite il lui a fallu deux ou trois jours pour monter la séquence composée de trois séances. Avec les années, en particulier grâce à des discussions avec des musiciens, Olivier dit avoir développé des connaissances en particulier sur les notions de quarte et de quinte et a fait évoluer les séances et surtout les supports conçus pour les soutenir. Les séances sont reproduites trois fois par an pour la quatrième année consécutive. Nous assistons donc à la onzième réalisation de la séquence. Nous faisons l'hypothèse que ce que nous observons est la mise en œuvre d'un document issu d'une genèse documentaire.

Les séances se passent dans une salle banalisée avec un ordinateur et un vidéoprojecteur. Olivier apporte sa guitare personnelle, un micro pour faire des prises de son et son ordinateur portable. Les tables sont organisées en U. Les vingt élèves s'installent comme ils le souhaitent. L'objectif des deux premières séances est de faire comprendre aux élèves comment un luthier place les frettes sur un manche de guitare et pour quelle raison. Au début de la première séance, Olivier distribue aux élèves une fiche de trois pages destinée à soutenir leurs activités et qu'ils auront à compléter. Après un rappel des quatre facteurs qui caractérisent un son (hauteur, durée, intensité et timbre), on définit un signal périodique, la période et la fréquence. Le premier exercice permet de rappeler le lien entre la période et la fréquence et le fait que lorsque la période augmente alors la fréquence diminue. Le deuxième exercice permet la prise en main des principales fonctions du logiciel « WinOscillo ». Dans le troisième exercice, les élèves font des prises de son et mesurent les fréquences à l'aide du logiciel. Dans le quatrième exercice, en suivant le même protocole, les élèves doivent identifier les notes émises par les six cordes d'une guitare. Le tout prend environ une heure trente.

Une deuxième fiche élève de trois pages est distribuée intitulée « Les quintes et les quarts ». On y définit les notions d’octave, de quinte et de quarte. On explique que la fréquence d’une note est inversement proportionnelle à la longueur de la corde de guitare. Les exercices suivants visent à travailler ces notions pour aboutir à l’objectif de la séance : justifier la place des frettes sur le manche de la guitare. Le tout prend environ deux heures trente (trente minutes en fin de première séance et les deux heures de la deuxième séance).

La dernière séance intitulée « La loi de Weber-Fechner » aborde l’intensité sonore. Le support conçu est une fiche élève de quatre pages à compléter. La loi de Webner-Fechner utilisant la fonction logarithme décimal, le premier exercice propose une découverte de la fonction Log et de ses propriétés à partir de la calculatrice. L’objectif de la séance est de démontrer le résultat suivant « si on double une source sonore, l’intensité du bruit émis par ces deux sources est supérieure d’environ 3db à l’intensité du bruit émis par une seule source ». La démonstration est réalisée en complétant un texte à trous.

Pendant la séance, les élèves passent sur l’ordinateur à tour de rôle pour utiliser le logiciel. Olivier anime la séance, pose des questions, gère les interventions des élèves, note les résultats obtenus au tableau. La gestion du temps ainsi que celle du tableau sont excellentes montrant une maîtrise parfaite de la séquence certainement due aux multiples répétitions (11^e fois) et confortant notre hypothèse qu’Olivier met en œuvre un document (support et schème d’utilisation) développé au cours des années dans une genèse documentaire.

Pour l’évaluation, Olivier a conçu une fiche, adaptée pour chaque séance (voir illustration 82 : la fiche conçue pour la séance 1). Il dit avoir simplifié celle conçue par Boris sur la demande de l’inspecteur de mathématiques puis réutilisée par Teddy. Les critères de la séance sont déjà entrés, les élèves ont juste à s’autoévaluer. Olivier a modifié le support (la grille elle-même) ainsi que la manière de l’utiliser.

SEANCE 1 : NOM :		Auto-évaluation			
Compétences scientifiques et transversales	Critères de la séance	Très bien	bien	moyen	Pas du tout
Connaissances	Fréquence-Période d’un son				
	Lien fréquence aigue/grave				
Pratiquer une démarche scientifique	Lecture de la période sur la courbe				
	Calculer une fréquence à partir d’une période				
	Récupérer une note à partir de sa fréquence				
TIC	Manipulation du logiciel WinOscillo				
Autonomie Initiative Communication	Prise de notes				
	Participation orale				
	Implication lors des activités				

Illustration 82. Grille auto-évaluation, Séance 1, 2013-2014, Olivier

Interrogé en entretien sur les objectifs des MPS, Olivier explique que, de sa lecture du programme MPS en 2010, peut être dit-il « dans la précipitation », il a retenu principalement la découverte d’un métier. Les deux premières séances répondaient à cet objectif : découvrir le métier de luthier, savoir où positionner les frettes sur le manche d’une guitare.

Il ne pense pas avoir répondu à la demande d’initier les élèves à la démarche scientifique. Concernant celle-ci, Olivier distingue la démarche scientifique en sciences de celle en mathématiques : « le problème c’est que en maths c’est à part des autres matières, style biologie, physique, euh, la démarche scientifique en biologie, physique c’est souvent, j’observe un phénomène, je fais plein d’expériences pour essayer de m’accaparer ce

phénomène et puis, à partir des résultats empiriques que j'ai, j'essaye de voir s'il y aurait pas une manière de résumer de manière théorique le phénomène et, à partir de là, j'appelle le mathématicien pour voir s'il pourrait pas m'aider à trouver une formule, le mathématicien commence presque où la démarche du physicien finit ».

En mathématiques, Olivier définit la démarche scientifique comme une démarche déductive : *« la démarche scientifique pure, pour moi, c'est être capable de démontrer un théorème, je te donne un théorème et est-ce que tu es capable de fournir la démonstration de cette preuve avec les mathématiques que tu possèdes, au niveau où tu es, savoir les assembler, les manipuler logiquement [...] Pour moi la démonstration c'est le summum de la démarche scientifique d'un mathématicien. »*. En MPS, Olivier a du mal à se situer *« là [en MPS] comme c'est un mélange d'un peu tout, il y a du son, moi je suis prof de maths et je dois faire un peu de physique, je ne sais pas où me placer »*.

Les réponses d'Olivier sont cohérentes avec celles obtenues par Monod-Ansaldi et Prieur (2011) dans lesquelles les professeurs de mathématiques plaçaient la démonstration formelle des résultats en premier pour la construction des savoirs de la discipline. S'il reconnaît une dimension expérimentale aux mathématiques il dit ne pas concevoir de séances conçues sur l'expérimentation pour ses élèves. L'essentiel de son service est en seconde et surtout en première et terminale STMG et il trouve que ces programmes s'y prêtent peu. Il utilise des logiciels de géométrie dynamique, le tableur et la calculatrice mais jamais comme outil pour conjecturer.

Enfin, Olivier qui reconnaît l'absence de projet pluridisciplinaire dit vouloir faire le lien avec les séances MPS faites avec les professeurs de SVT et de SPC : *« même si les équipes changent tout le temps, je sais pertinemment que le prof de physique va parler de la fréquence et la période d'un son, donc moi je cale mes quatre heures là-dessus, et je sais pertinemment que le prof de bio va parler d'acouphènes, et donc je cale mes deux dernières heures là dessus, ça me permet de faire un lien aussi léger soit-il entre les trois matières. »*.

V.3.5.3 – LE PROJET SUR L'INVESTIGATION POLICIÈRE

Les séances conçues pour ce thème en 2010 sont décrites dans le paragraphe V.3.2.2. Elles sont issues d'un travail collectif entre Teddy et Olivier. Ces séances ont été modifiées en 2012-2013 par Teddy dans l'objectif des DI dans le cadre de sa participation à l'atelier IREM. Olivier n'a pas participé à cet atelier. L'observation des séances soutenues par Olivier sur ce thème en 2013-2014 vise à percevoir la transmission des ressources éventuelles entre les professeurs d'un même établissement.

Olivier a conçu quatre séances sur la cryptographie. La première permet de découvrir le code de César. La deuxième pose les bases de l'algorithmique et propose une initiation à Albox. Lors des deux dernières séances, les élèves doivent concevoir un programme sur Albox permettant de crypter les messages à la façon de César. La tâche est décomposée en plusieurs petits programmes : compter le nombre de caractères d'une chaîne, afficher les rangs de chaque caractère d'une chaîne, appliquer un décalage, afficher les lettres en fonction de leur rang dans l'alphabet. Les séances se passent en salle informatique. Olivier a conçu des fiches élèves à compléter distribuées selon l'avancée. Il a, comme pour le premier thème, prévu des grilles d'autoévaluation dont les critères sont déjà complétés.

Description rapide de la séance d'Olivier sur le code de César

Nous décrivons ci-dessous la première de ces séances qui porte sur un contenu commun à celui de Teddy l'année précédente. Après l'appel, les élèves sont invités à se mettre par groupe de quatre et Olivier distribue la première fiche (Illustration 83).

Le code de César

Nous sommes en 46 avant J.-C. Vous venez de capturer un esclave Romain appartenant à l'armée de César. Sous ses cheveux, est inscrit sur son crâne, un message crypté. Après une torture en règle l'esclave avoue que ce message est destiné à Cléopâtre, reine d'Égypte et amour de César. Malheureusement aucune torture ne délia la langue du prisonnier concernant la façon de déchiffrer le message. Saurez-vous le décrypter ?

Voici ce qui est écrit :

ZU CU IKYI CYI Q DK
QK REHT TU BQ WHQDTU RBUKU
Z'QY CYI CED SEUKH Q DK
UJ YB QLQYJ TUI RBUKI

Saurez-vous le décrypter ?

Rem : ce n'est pas le message original de César mais sa traduction française.

Illustration 83. Fiche élève n°1, Séance Code de César, 2013-2014, Olivier

Après lecture de la fiche, les groupes sont mis en compétition pour décoder le message. Olivier maintient cet esprit de compétition par des interventions : « *il vous reste cinq minutes pour battre le record de décodage détenu par des «élèves du groupe MPS précédent»* » et relance l'activité de ceux qui se découragent « *une course ne s'arrête pas quand le premier est arrivé* »... Les groupes mettent de 10 à 40 minutes pour déchiffrer le message en mettant en œuvre des techniques diverses : penser que le premier mot de deux lettres est « JE », rechercher les lettres doubles. Même une fois le message déchiffré peu de groupes perçoivent le décalage de l'alphabet. Dès qu'un groupe a terminé Olivier distribue la deuxième fiche élève (Illustration 84).

Le code de César

Le code de César est la méthode de cryptographie la plus ancienne communément admise par l'histoire. Il consiste en une substitution mono-alphabétique, où la substitution est définie par un décalage de lettres. Par exemple, si on remplace A par D, on remplace B par E, C par F, D par G, etc.

Donnons un exemple à partir de ce décalage de 3 lettres (on dit que la clé de cryptage est de 3) :

Texte Clair	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
Texte codé	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C

Le mot « MATHEMATIQUES » est codé par le mot : « PDWKHPDWLTXHV » :

Il n'y a que 26 façons différentes de crypter un message avec le code de César. Cela en fait donc un code très peu sûr, puisqu'il est très facile de tester de façon exhaustive toutes les possibilités.

Exercice 1 : Décrypter le texte suivant sachant que la clé de cryptage est 10 : « ebqoxd ovswsxob vk mslvo ».

Exercice 2 : Sachant que le texte en clair suivant : « rendez-vous rue de la paix » se code par : « mziyzu qjpn mpz yz gv kvds », Déterminer la clé de cryptage.

Exercice 3 : Décrypter le texte suivant en supposant que le mot « ennemi » y figure :

« stywj jssjm ij ytzotzwx jxy ij wjytzw »

Exercice 4 : Décrypter le texte suivant dans lequel les espaces entre les mots ont été supprimés

« rggfikvqcrwfdlcvjtvkvtfddvgivmlvkevigmvevqgrjergfcztv »

Illustration 84. Fiche élève n°2, Séance code de César, 2013-2014, Olivier

Après 40 minutes, quand tous les groupes ont décodé le message, Olivier fait un bilan en classe entière. Il explique la méthode de décalage de l'alphabet, conduit par des questions à réfléchir au lien entre les clés de codage et de décodage. Il fait trouver le cas pour lequel les clés de codage et de décodage sont égales (13) puis il distribue la troisième fiche élèves, « L'analyse fréquentielle » (Illustration 85).

L'analyse fréquentielle													
Définition L'analyse fréquentielle part du principe qu'un message chiffré selon le code de César conserve la trace du message clair original en gardant les fréquences d'apparitions des lettres.													
Fréquence d'apparition des lettres On peut constater que selon la langue, un texte comportera une répartition particulière des fréquences de lettres. Par exemple, en français les lettres les plus fréquentes, c'est-à-dire les lettres que l'on trouve le plus souvent, sont le E, suivi du A, du I et du S...													
Exercice 5 Choisir 1 ligne de texte dans votre livre de Français et en comptant le nombre d'occurrences de chacune des lettres, remplir le tableau suivant :													
Lettre	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Fréquence													
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
Cette répartition des fréquences des lettres n'est qu'approximative, cela dépend de nombreux paramètres tels que le niveau de langue du texte, ainsi que du style d'écriture (par exemple un message militaire utilisera souvent de nombreuses abréviations).													
Exercice 6 Utiliser l'analyse fréquentielle pour décoder le poème suivant : STYP EAJH S'JCT UTJXAAT HTRWT EPGHTBT ATH VPODCH YPJCXH HDXG TI BPIX, AP QGXHT THI UGPXRWT WTAPH ! ATH QTPJM YDJGH HDCI UXCXH ! IWTDEWXAT VPJIXTG													

Illustration 85. Fiche élève n°3, Séance code de César, 2013-2014, Olivier

Toujours par des questions réponses, il fait ressortir le fait que toutes les lettres de l'alphabet n'ont pas les mêmes fréquences d'apparition et que cela dépend de la langue. Il parle du livre « La disparition » de George Perrec puis lance le travail sur l'exercice 5 : chaque élève est invité à sortir un livre écrit en français, choisir deux lignes au hasard et compter le nombre d'apparitions de chaque lettre pour compléter le tableau donné. Olivier projette au tableau (interactif) une feuille de calcul EXCEL et les élèves passent à tour de rôle la compléter avec leurs valeurs. Les résultats de quatorze élèves sont récupérés. Olivier avec l'intervention des élèves fait calculer la somme des effectifs et les fréquences et demande ce que l'on pourrait faire alors. Un élève parle d'intervalle de fluctuation. Les élèves qui proviennent de trois classes différentes n'ont pas tous abordé le chapitre. Olivier explique rapidement les intervalles de fluctuation et de confiance.

A 10 minutes de la fin, Olivier distribue la fiche d'autoévaluation. (Illustration 86)

Séance 1 : NOM :		Auto-évaluation			
Compétences scientifiques et transversales	Critères de la séance	Très bien	bien	moyen	Pas du tout
Connaissances	Comprendre la méthode de cryptage de César				
	Comprendre l'analyse fréquentielle				
Pratiquer une démarche scientifique	Décrypter le message de l'esclave de César				
	Calculer l'effectif de chaque lettre dans une phrase				

	Utiliser l'analyse fréquentielle pour décrypter le poème				
TIC	Excel : obtenir les fréquences d'apparition de chaque lettre de l'alphabet dans un texte français				
Autonomie Initiative Communication	Prises de notes				
	Participation orale				
	Implication lors des activités				

Illustration 86. Fiche auto-évaluation, 2013-2014, Olivier

Notre analyse

Les séances de 2010 avaient été conçues collectivement par Teddy et Olivier. Bien que n'ayant pas directement participé à l'atelier IREM en 2011-2012, Olivier semble avoir modifié sa première séance, tout au moins la première partie de cette séance, dans le sens des DI. Si les ressources de 2010 ont servi de ressources mères, l'approche est différente et plus proche de celle de Teddy l'année précédente. Olivier commence par la situation choisie par Teddy sans la première étape (le mot « mathématiques » codé par un décalage d'une lettre). Le travail collectif initié en 2010 par les professeurs de mathématiques du lycée impliqués en MPS et les échanges de ressources semblent se poursuivre au moins sur ce thème.

Sur ce thème, comme sur le précédent, la tâche est redéfinie à la baisse par le collectif pluridisciplinaire qui ne met pas en œuvre de projet commun. Olivier reconnaît avoir peu échangé avec les professeurs de SVT et SPC et moins qu'avec les autres professeurs de mathématiques : *« c'est comme ça que ça marche, on ne va peut-être même plus discuter entre profs de maths de ce qu'on fait en MPS plutôt que le prof de bio avec le prof de maths et le prof de PC »*. S'ils n'ont pas de projet pluridisciplinaire, contrairement au thème sur le son, les élèves ont un projet à réaliser en groupe ou individuellement et à rendre à l'enseignant : le programme permettant le codage et le décodage par la méthode de César. Interrogé en entretien sur la séance Olivier précise qu'en 2010, le professeur de SPC impliqué connaissait le patron de la police scientifique de Saint-Denis et que celui-ci était venu échanger et répondre aux questions des élèves pendant deux heures. En changeant de professeur de SPC, l'équipe a perdu le contact avec le chef de la police et selon Olivier a perdu de fait la partie découverte des métiers. Cette partie découverte des métiers semble une fois de plus un élément important de la tâche perçue par Olivier.

Concernant les objectifs de la séquence (de quatre séances) sur la cryptographie, Olivier cite le fait de faire progresser les élèves de seconde sur l'algorithmique et de leur faire découvrir la méthode de codage de César. L'EE MPS semble ainsi considéré par Olivier comme une plage favorable à l'algorithmique et à la programmation, mesure phare du nouveau programme de mathématiques de 2010.

Réinterrogé sur l'initiation à la démarche scientifique, Olivier nous dit à nouveau que cela dépend de ce que l'on entend par démarche scientifique : *« La démarche scientifique serait plutôt là dans le dernier exo, comprendre à quoi sert chaque programme et recoller le tout, en tout cas c'est comme ça que je le ressens »*. Olivier justifie le découpage de la tâche en précisant que sinon les élèves ne réussiraient pas : *« Mais tu ne peux pas les laisser, c'est impossible, même les meilleurs tu leurs aurais dit ben maintenant faites-moi un algorithme qui code et qui décode, c'est impossible. »*. Selon lui, pour pouvoir mettre en œuvre une démarche scientifique il faut que l'objectif soit relativement modeste au regard des

connaissances d'un élève de seconde.

Afin d'apporter un éclairage supplémentaire et de mieux percevoir le collectif pluridisciplinaire, nous avons rencontré en entretien les professeurs de SPC et de SVT impliquée en MPS aux côtés d'Olivier.

V.3.5.4 – RENCONTRE AVEC LE PROFESSEUR DE SPC : VALÉRIE

Valérie a travaillé 16 ans en section ST2S (Sciences et Technologies de la Santé et du Social) dans un autre lycée. Quand ils ont fermé la section, il y a trois ans, elle a obtenu sa mutation dans cet établissement. Elle enseigne donc depuis trois ans dans ce lycée et a toujours eu MPS dans son service. La première année elle dit avoir été beaucoup guidée par un collègue de SPC qui faisait la séance juste avant elle, en salle de TP. Depuis deux ans, elle n'est plus en salle de TP mais dans une salle de sciences classique avec une paillasse au tableau et elle doit fonctionner différemment.

La première séance sur le son vise à présenter aux élèves les sources sonores, l'émission et la propagation du son, puis la classe réfléchit à des sujets à traiter sur le son. Valérie précise que « *la réception du son est laissée au professeur de SVT* ». Au début de la deuxième séance, Valérie fait un peu de théorie sur les fréquences fondamentales et les harmoniques puis les élèves partent en salle multimédia. Ils travaillent en groupe comme sur des mini TPE pendant deux séances, sur les sujets qu'ils avaient choisis lors de la première séance. Les élèves préparent un diaporama qu'ils présentent lors de la quatrième et dernière séance.

Sur le deuxième thème, l'investigation policière, Valérie présente un scénario avec des indices prélevés et le travail porte sur les indices. Afin que les élèves « *manipulent un peu* », Valérie organise sept postes (dont certains sont doublés) dans la salle banalisée : une analyse de terre (analyse ionique, PH, etc.), la détermination d'un liquide inconnu par deux méthodes différentes (la masse volumique et l'indice de réfraction), la trajectoire d'un projectile ou encore la détermination du diamètre par diffraction de la lumière. Les élèves sont deux à trois par poste, ils tournent sur quatre séances. À la fin, les résultats sont mis en commun pour essayer de découvrir le coupable. Valérie prévoit aussi une heure pour visiter le site du centre des sciences de Montréal (voir IV.1.1.5) qui, à partir d'un scénario de crime, permet une visite virtuelle des différents laboratoires (génétiques, chimiques, balistiques) ainsi qu'une découverte des différents métiers.

Pour les manipulations, les élèves ont un protocole à suivre. Valérie dit ne pas mettre en œuvre de séances fondées sur des démarches d'investigation en MPS pourtant elle sait que cela fait partie de la tâche prescrite : « *Après la démarche scientifique, voilà, je sais qu'on nous demande de le faire* ». Elle essaie par contre d'en faire le plus possible dans ses cours disciplinaires de seconde et de première. Elle fournit aux élèves un ensemble de documents et ils doivent soulever une problématique, émettre des hypothèses puis proposer des expériences à mettre en œuvre pour les éprouver. Les élèves doivent lister le matériel nécessaire pour réaliser les expériences. Comme le tout doit se faire sur une séance, les élèves ont rarement le temps de réaliser l'expérience qu'ils ont proposée et c'est le professeur qui doit valider la démarche. Les élèves travaillent en autonomie mais Valérie prévoit, sur des petits papiers, des « coups de pouce ».

Pour l'an prochain, Valérie envisage de « *s'investir à essayer de trouver autre chose* » en MPS conduisant à des DI, mais elle précise que cela dépendra de ses classes. Si elle garde les mêmes que cette année elle aura du temps, mais si elle a la terminale scientifique, comme elle l'a demandée, les MPS ne seront pas sa priorité explique-t-elle. De même, Olivier lui a proposé de changer un des deux thèmes mais elle n'acceptera pas si on lui confie la terminale scientifique.

En MPS, Valérie réutilise des « manips » faites dans des classes antérieures. La mesure de l'indice de réfraction d'un liquide inconnu permet le réinvestissement d'un travail similaire fait en seconde avec une matière solide : le plexiglass. Le logiciel qui permet d'étudier la trajectoire d'un projectile est nouveau pour les élèves mais Valérie l'utilise avec les élèves de première. Les ressources pour enseigner en MPS sont principalement des ressources mises en œuvre dans d'autres classes et réadaptées pour les MPS. De la même façon, Valérie avait l'habitude de mettre en place des TP tournants dans son établissement précédent.

Valérie nous confie le travail collectif mis en œuvre en accompagnement personnalisé (AP) l'année précédente : « *En AP, l'an dernier j'étais avec une équipe, avec des collègues qui s'investissent pas mal, et on avait fait grandeur nature, disons, la mesure d'un pendule. Le collègue de français avait fait une petite scénette sur Galilée, un petit texte qui expliquait comment trouver la période d'un pendule. En mathématiques on avait travaillé ensemble, on avait vu l'influence de l'angle, de la masse, etc., de la longueur du fil pour mesurer la période et après on avait fait un pendule en grandeur nature du troisième étage, on avait trouvé une corde, une masse.* ». Elle considère comme Olivier que dans cet établissement l'AP a plus de moyen que les MPS.

En conclusion

Il y a trois ans, nouvelle arrivée, Valérie a eu MPS dans son service. À l'époque, elle a bénéficié de l'aide d'un collègue. Comme en mathématiques, en SPC aussi le collectif disciplinaire semble jouer un rôle important. Ensuite, privée de labo, elle a dû s'adapter. Les deux thèmes sont gérés différemment. Le premier ressemble davantage à des « *mini-TPE* », les élèves choisissent un sujet parmi ceux listés en classe, font des recherches sur internet et créent un petit diaporama qu'ils présentent à la classe. Parmi les sujets proposés par Valérie, certains abordent les métiers liés au son permettant la découverte des métiers. Le second thème se présente comme la résolution d'une énigme, propre aux SPC, par l'analyse d'indices. Il s'agit de TP-tournants pour lesquels les élèves doivent suivre un protocole et rédiger des comptes rendus. La découverte des métiers se fait par l'intermédiaire d'un site interactif (le centre des sciences de Montréal, IV.1.1.5). Comme pour Olivier, la découverte des métiers semble être un élément important de la tâche perçue par Valérie.

Pour les MPS, Valérie semble mobiliser des ressources mises en œuvre dans d'autres classes (seconde, première) ou dans son établissement précédent (TP-tournants). Si elle semble mettre en œuvre des séances fondées sur des DI de façon régulière dans ses cours disciplinaires (en seconde et première), elle ne le fait pas en MPS bien qu'elle sache que cela fait partie de la tâche prescrite. Modifier ses séances dans cet objectif lui demanderait du temps qu'elle ne fournira l'an prochain que si elle n'a pas à s'impliquer dans le programme de la terminale scientifique. La composante personnelle, le temps que Valérie consent à préparer ces séances, semble jouer un rôle déterminant sur la tâche effective. Valérie reconnaît

l'inexistence de projet pluridisciplinaire mais elle tient compte du professeur de SVT en lui laissant la partie réception du signal sonore. Enfin, son investissement en AP sur un projet très proche de celui demandé en MPS (pluridisciplinaire, menant à une production, etc.) semble montrer que le ressenti des professeurs sur le manque de considération portés aux MPS au profit de l'AP au sein de cet établissement contribue à l'absence de projet pluridisciplinaire en MPS.

V.3.5.5 – RENCONTRE AVEC LE PROFESSEUR DE SVT : PHILIPPE

Philippe enseigne depuis trois ans en tant que contractuel. Il est titulaire d'un doctorat en biologie-écologie végétale mais enseigne surtout de la biologie humaine en section en ST2S (Sciences et Technologies de la Santé et du Social) en première et terminale. Il n'a jamais eu de seconde. Il enseigne en MPS pour la première année. Il précise que ce n'était pas un choix, quand tant que contractuel, il prend le service qu'on lui donne, mais que cela l'intéresse. Comme c'était nouveau pour lui, il s'est renseigné auprès de ses collègues de SVT sur ce qu'ils faisaient l'an dernier, puis qu'il s'est approprié les deux thèmes à sa façon.

Sur le thème du son, la première partie abordait la production sonore chez l'homme (les cordes vocales, la caisse de résonance, la position de la langue, etc.), la deuxième partie portait sur la réception du signal sonore (l'oreille externe, moyenne, interne, le cerveau). Ensuite Philippe dit avoir débordé sur le son dans le règne animal, production et audition, les autres utilisations du son que pour communiquer comme l'écholocalisation. Le tout a pris quatre séances sous forme de questions-réponses à partir d'un diaporama préparé par Philippe. Il n'y a pas eu d'expérimentation mais Philippe précise : *« on m'avait dit il faut leur faire faire des expériences, mais je me suis dit les expériences on les fera plutôt sur le second thème »*. Les élèves n'ont rien eu à produire. Philippe a fondé son évaluation des élèves sur la présence, la participation, l'intérêt.

Pour le deuxième thème, la police scientifique, lors de la première séance Philippe aborde l'environnement de la scène de crime : le pollen, le sol. Les élèves récupèrent des fleurs dans la cour puis les découpent et font le montage de pollens entre lame et lamelle. L'observation montre que l'on peut distinguer les pollens d'une fleur à l'autre. Ensuite, les élèves par groupe de trois ou quatre choisissent un exposé à partir de sujets proposés par Philippe sur l'humain : l'aspect biologique de la putréfaction d'un corps, la datation des cadavres par les insectes, l'anthropométrie, l'ADN, la biométrie, les empreintes digitales, rétinienne, vocales, etc., tout ce qui est utilisé dans les séries TV pour déterminer la présence d'un individu sur une scène de crime. Les exposés sont faits lors de la deuxième séance. La troisième séance porte sur les empreintes digitales. Après des apports de connaissances à partir d'un diaporama présenté par le professeur (approche historique et comment on différencie deux empreintes) les élèves prennent leurs empreintes, les analysent eux même puis la classe essaie d'identifier une empreinte inconnue parmi celles de la classe. La dernière séance porte sur l'ADN, quelques connaissances puis une expérience : l'extraction de l'ADN de l'oignon. Pour chacune des expériences proposées (pollens, empreintes, extraction de l'ADN) les élèves doivent suivre un protocole.

Concernant les ressources le professeur de SVT de l'année précédente a récupéré le cahier MPS d'un élève et l'a donné à Philippe qui dit que cela l'a aidé à comprendre l'esprit des

MPS, mais que finalement il a préféré le faire à sa façon. Pour la séance sur l'ADN, Philippe a réutilisé le travail qu'il met en œuvre en ST2S en le simplifiant. Pour les autres séances, il s'est appuyé sur des recherches sur Internet et dans des livres. Il avait compris, après le premier thème, qu'il fallait rester sur des choses simples en seconde. Il dit trouver facilement des ressources en particulier sur Internet.

Interrogé sur les objectifs de MPS, Philippe dit que les EE sont là pour explorer le champ des possibles à travers un thème et piquer la curiosité des élèves. Il dit avoir ouvert plein de questions sans les clore toutes, avoir montré aux élèves qu'il y a plein de choses que l'on ne connaît pas encore. Pour faire des sciences, il faut, selon lui, être curieux, avoir envie d'en savoir plus, avoir envie de se poser des questions et avoir envie d'obtenir des réponses.

Le second objectif important pour lui est de « *montrer l'apport et la synergie entre les disciplines pour répondre à des questions scientifiques que soulève une société moderne* » et il considère ne pas avoir réalisé totalement cet objectif. La présentation commune du thème avec la projection du film permet de poser cette transversalité et de justifier les trois approches (Maths, SVT, SPC), mais ensuite il manque des projets transversaux conduisant à des productions que les élèves présenteraient lors d'une séance avec les trois professeurs.

Philippe dit avoir manqué d'expérience des MPS comme c'était sa première année. Il dit : « *J'ai surtout demandé à mes collègues de biologie qu'est-ce qu'eux avaient fait l'année dernière, ce que j'aurai du demander c'était ce que les profs de maths et SPC allaient faire pour savoir comment travailler ensemble et comment proposer une production transversale avec une restitution devant les trois professeurs* ».

Concernant l'initiation à la démarche scientifique Philippe pense avoir travaillé « *l'esprit* » de la démarche scientifique lors du premier thème sur l'émission de paroles : « *on y va pas à pas, on se pose une question, on essaie d'y répondre, chaque réponse amène une autre question* ». Il pense que ce « *questionnement perpétuel* », cette « *insatisfaction chronique* » sont représentatifs de la démarche scientifique. Dans le second thème, il pense avoir travaillé un autre élément de la démarche scientifique, la démarche expérimentale : « *savoir réaliser, savoir suivre un protocole rigoureux* ».

En conclusion

Philippe est contractuel, n'a jamais enseigné en seconde et se retrouve malgré tout chargé de l'enseignement d'exploration MPS. En début d'année, il s'est tourné vers les autres professeurs de SVT confortant ici encore nos observations sur le rôle des collectifs disciplinaires. L'un des professeurs de SVT lui a transmis, en guise de ressources, le cahier MPS d'un élève de l'année précédente. Philippe a conscience, en fin d'année, qu'il aurait plutôt dû se concerter avec les professeurs de SPC et de mathématiques de son équipe pédagogique MPS. Les deux projets sont menés différemment. Le premier s'appuie sur un diaporama et conduit à des échanges avec les élèves sous forme de questions-réponses. Le second conduit à davantage d'expériences pendant lesquelles les élèves suivent à chaque fois un protocole. Même s'il dit avoir travaillé deux éléments de la recherche scientifique, le questionnement perpétuel et le respect d'un protocole, Philippe souhaiterait mettre en œuvre d'autres types de séances une prochaine année et engager l'équipe MPS dans des projets transversaux conduisant à des productions que les élèves présenteraient lors d'une séance avec les trois professeurs.

V.3.5.6 – CONCLUSIONS SUR LA TRANSMISSION DES RESSOURCES

Notre objectif principal, concernant le suivi d'Olivier l'année suivant celle de l'atelier IREM, était de percevoir les transmissions de ressources au sein du même établissement. Nous faisons ici un bilan sur ce point particulier de notre recherche.

Sur le thème du son, cher à Boris et initié par lui, on note que le projet soutenu par Olivier est différent. Pourtant, Boris a tenté de partager ses idées avec Olivier mais celui-ci n'a pas compris et a préféré s'orienter vers toute autre chose. Nous faisons le parallèle avec le projet sur l'art dans le lycée du Port porté par Geneviève, mais qu'elle n'a pas réussi à propager aux autres groupes MPS.

Sur le thème sur l'investigation policière, les ressources conçues en 2010 sont issues d'un travail collectif de Teddy et Olivier. Ces ressources ont été transmises à Boris qui se les ait appropriées, en particulier en changeant le langage de programmation (<http://irem.univ-reunion.fr/spip.php?article628>). Le collectif disciplinaire était donc actif dans ce lycée indépendamment de l'atelier IREM. Il s'est poursuivi pendant notre présence, ou après, puisque les ressources d'Olivier ont été modifiées dans le sens des DI, à la façon de Teddy. Une autre ressource est partagée par ce collectif : la grille d'auto-évaluation par compétence. Nous notons par ailleurs l'échange de ressources entre les professeurs de SVT et entre les professeurs de SPC. L'existence du collectif disciplinaire ne semble donc pas spécifique aux mathématiques.

Dans cet établissement le rôle du collectif pluridisciplinaire consiste à choisir les deux thèmes, qui sont reconduits depuis 2010, et à gérer l'organisation globale (répartition des groupes et des séances entre les professeurs). L'équipe pédagogique anime une séance commune au début de chaque thème qui semble principalement consister, pour les élèves, à visionner un épisode de la série « C'est pas sorcier » et à compléter un questionnaire. L'équipe se concerta aussi en fin de thème pour remplir les bulletins. C'est une redéfinition à la baisse de la tâche prescrite. Le collectif pluridisciplinaire se dispensant de projet commun.

V.4 - CONCLUSIONS SUR LA PARTIE : UN FOCUS SUR LES PRATIQUES

Nous avons suivi un enseignant de mathématiques, Dominique, sur une année complète, dans des pratiques ordinaires, dans le sens où nous ne sommes pas intervenue dans l'élaboration et la réalisation des séances. Nous avons complété les observations et les entretiens menés auprès de Dominique en rencontrant ses deux autres collègues de mathématiques, Isabelle et Geneviève, ainsi qu'un professeur de SPC, Caroline, et un de SVT, Matthieu, impliqués en MPS dans le même lycée, celui du Port (voir V.1). Nous avons prolongé le suivi de Dominique sur une deuxième année dans un autre lycée à Saint-Paul et nous avons aussi réalisé un entretien avec le professeur de SVT, Patricia (voir V.2).

Nous avons initié un atelier IREM sur la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI en MPS dans un autre établissement à Saint-Denis. Ceci nous a permis de suivre deux enseignants de mathématiques d'un même lycée, Boris et Teddy sur un semestre mais sur des thèmes différents. L'année suivante nous avons prolongé nos observations des MPS dans ce lycée en suivant un autre professeur, Olivier, sur une année complète et nous avons rencontré en entretien les professeurs de SPC, Valérie, et de SVT, Philippe, qui travaillaient avec lui cette année-là (voir V.3).

À partir de ce travail, nous proposons dans ce paragraphe nos conclusions et des éléments de réponses à nos questions de départ. Nous montrons dans un premier temps que les pratiques en MPS sont indissociables de l'organisation des enseignements d'exploration du lycée et des moyens attribués (V.4.1), des collectifs en jeu (V.4.2), des ressources utilisées et conçues (V.4.3). Nous apportons des éléments de réponses sur la tâche perçue celle redéfinie et sur le type de séances mises en œuvre qui en découlent (V.4.4) ainsi que sur le développement professionnel induit (V.4.5).

V.4.1 - DES PRATIQUES INDISSOCIABLES DE L'ORGANISATION INSTITUTIONNELLE ET DES MOYENS

Dans le cadre de la réforme du lycée de 2010, les établissements sont libres de l'organisation et des moyens attribués aux enseignements d'exploration. Il en résulte des organisations très diverses des MPS d'un établissement à l'autre, parfois même entre deux classes du même établissement. De même, les moyens attribués aux enseignements d'exploration sont très différents d'un lycée à l'autre. Après deux ans de rencontres, d'entretiens, d'observations, il apparaît que les pratiques des enseignants ne peuvent pas être dissociées de l'organisation institutionnelle des enseignements d'exploration (IV.4.1.1), du temps scolaire (IV.4.1.2) et des moyens attribués (IV.4.1.3). Dans ce paragraphe, nous citerons régulièrement les professeurs des différentes disciplines rencontrés en entretiens et nous comparerons nos résultats aux données nationales disponibles (Burban, 2011, IGEN 2011). Nous verrons que nos remarques font parfois échos à celles avancées lors d'études sur les

V.4.1.1 L'ORGANISATION INSTITUTIONNELLE DES ENSEIGNEMENTS D'EXPLORATION

Dans les lycées visités, selon les établissements/les années, on trouve deux types d'organisation des MPS et, plus généralement des enseignements d'exploration :

- Soit les classes de secondes sont constituées à partir des enseignements d'exploration choisis par les élèves. Dans ce cas, le groupe MPS est le même que le groupe classe et, le plus souvent, les professeurs intervenant en MPS sont aussi ceux qui enseignent respectivement les mathématiques, les SVT et les SPC à la classe. Dans ce cas, les séances MPS se font souvent en demi groupe (maximum 18 élèves). C'est le mode de fonctionnement choisi dans le lycée du Port.
- Soit les enseignements d'exploration sont mis en barrettes (aux mêmes horaires pour toutes les secondes) et le groupe MPS est constitué d'élèves provenant de plusieurs classes (trois ou quatre). Dans ce cas les professeurs intervenant en MPS ne connaissent pas les élèves qu'ils n'ont pas dans leurs cours disciplinaires (sauf peut-être quelques-uns d'entre eux). Les effectifs peuvent alors aller jusqu'à 25 élèves. C'est le mode de fonctionnement choisi dans le lycée de Saint-Denis, dans celui de Saint-Pierre et dans celui de Saint-Paul.

Burban (2011) notait que les groupes MPS étaient souvent constitués par brassage d'élèves de plusieurs classes et que leur effectif variait entre 9 et 35 élèves. Par contre, dans le rapport sur la mise en œuvre de la réforme du lycée (IGEN, 2011), on semble constater le contraire, des divisions de seconde souvent constituées en prenant en compte les enseignements d'exploration choisis par les élèves, et on note un effet pervers : la constitution de classes aux profils scientifiques ou littéraires.

Dans tous nos échanges avec les professeurs intervenant en MPS, le premier cas est largement préféré. Les professeurs l'expliquent de diverses façons. Les élèves se connaissent déjà entre eux et éprouvent moins de gêne pour participer. Lorsque des sous-groupes sont nécessaires, ils sont plus vite constitués. Le professeur connaît déjà les élèves, cela lui permet de mieux anticiper leurs difficultés et de mieux tenir compte de la diversité des élèves. Inversement, les MPS permettent de découvrir les élèves sous un autre jour et de remarquer que certains élèves en difficultés en cours peuvent montrer des compétences différentes dans d'autres domaines. Le fait que le professeur enseigne les mathématiques, les SVT ou les SPC aux élèves, lui confère une autorité et donne une importance à cet enseignement d'exploration mais dans le même temps cela lui permet d'instaurer d'autres relations avec les élèves, dans un autre contexte (élèves en demi-groupes, moins soumis à une réussite aux évaluations ou encore lors des sorties MPS). Enfin, les enseignants disent faire des liens entre le cours de seconde et ce qui est vu en MPS. Les professeurs de mathématiques disent montrer l'utilité de certaines notions mathématiques en MPS, illustrer une notion vue en mathématiques par un rappel de ce qui a été vu en MPS, répondre à la fameuse question posée par les élèves en mathématiques « A quoi ça sert ? », utiliser les mêmes logiciels (tableur, GeoGebra, Algobox) et s'appuyer sur les compétences déjà travaillées.

Ces propos font échos à d'autres travaux (Vannier, 2012 ; Perez-Roux, 2012) ainsi qu'à

ceux des chercheurs de l'équipe Maths à modeler qui attribue un rôle à l'enseignant de la classe fondé sur sa connaissance des élèves :

« L'enseignant s'assure du bon déroulement de la séance, dans la gestion d'éventuels conflits ou de la dispersion des élèves. Nous le chargeons généralement d'élaborer des groupes en fonction des affinités entre élèves, pour favoriser un dynamisme de groupe et une recherche plus fertile, mais aussi en fonction de sa connaissance des unions perturbatrices, afin de déranger le moins possible les séances. »

Nous chargeons aussi l'enseignant d'un rôle d'observateur indispensable. Il connaît bien ses élèves et peut nous aider à déceler ceux qui se sentent égarés et à identifier les groupes qui ont besoin d'être relancés ou recadrés.» (Pastori, 2013, p. 48)

Des propos dans le même sens sont tenus par les professeurs impliqués dans les TPE. Ainsi, Dufossé (2004) relatant son expérience des TPE dans son lycée de Marseilleveyre à Marseille se considère *« dans une situation privilégiée »* en assurant à la fois dans la classe le cours de mathématique "usuel", le cours de spécialité et le TPE. Outre les interactions possibles entre les activités mises en œuvre en TPE par les élèves et les tâches proposées par le professeur pendant le cours disciplinaire, Dufossé (2004, p. 22) y voit aussi un facteur du développement professionnel de l'enseignant de mathématiques : *« Par des activités ou des exemples dans le cours, par des devoirs à la maison, par l'intervention d'un groupe de TPE sur des connaissances nouvelles du programme, j'ai pu relier le travail effectué en TPE avec le travail du cours classique. Il me semble que cette liaison devrait faire partie du cahier des charges de l'organisation du travail en TPE. Il est indispensable pour cela que le professeur qui assure les TPE soit en charge de la classe en mathématiques. C'est une voie possible pour une évolution de l'enseignement des mathématiques, pour qu'il s'ouvre et s'enrichisse peu à peu en faisant vivre davantage les relations des mathématiques avec les autres sciences. »*

Andral *et al* (2003, p. 98) relatant leur expérimentation des TPE pointent que *« la formation des groupes en début d'année sur un critère "d'affinité", alors que les élèves ne se connaissent pas, contribue à créer des groupes très homogènes en termes de sexes et d'origine sociale. »*.

Enfin, dans le rapport IGEN (2002, p. 16) sur les TPE on remarque que l'une des premières qualités reconnues aux TPE est d'enrichir les relations professeurs/élèves : *« Les entretiens menés avec les équipes de direction, les professeurs et les élèves font apparaître que l'une des premières qualités reconnues aux Travaux Personnels Encadrés n'est pas le développement de l'autonomie ou de l'interdisciplinarité, mais d'abord l'enrichissement des relations entre professeurs et élèves. »*.

V.4.1.2 - L'ORGANISATION DU TEMPS SCOLAIRE

En France, depuis 1902, la durée des classes est réduite à une heure (Belhoste, 1995). Le temps scolaire est composé de séances (pouvant regrouper plusieurs heures consécutives) avec des emplois du temps hebdomadaires. Les élèves sont tenus d'arriver à l'heure et d'attendre la fin de la séance pour quitter la salle. Le temps est une ressource transparente dans la pratique scolaire quotidienne : *« le potentiel de la ressource est reconnu et exploité, mais l'objectif mathématique reste central. »* (Adler, 2010, p. 26). L'organisation du temps scolaire de l'EE MPS, souvent laissée à la charge de l'équipe pédagogique, va rendre cette

ressource visible : « *Une ressource est visible si l'attention des élèves, du professeur, est centrée sur cette ressource.* » (Adler, 2010, p. 25). Une telle visibilité peut masquer des concepts mathématiques. Ici, l'organisation du temps va mobiliser l'équipe pédagogique pendant les séances de concertation au détriment du projet commun et d'échanges sur les séances menées individuellement.

Selon les textes, les élèves ayant choisi MPS doivent suivre cet enseignement une heure trente par semaine sur 36 semaines, soit 54 heures dans l'année. Mais, la répartition sur l'année et entre les disciplines relève de l'autonomie des établissements. Dans son rapport, Burban (2011) note qu'une majorité d'établissements a fait le choix d'une heure trente hebdomadaire, parfois deux heures sur 27 semaines et plus rarement trois heures sur 18 semaines. Tous les lycées que nous avons visités ont fait le choix de mettre MPS sur des séances de deux heures consécutives. Les élèves ont donc 27 semaines de MPS et des semaines, réparties dans l'année, pendant lesquelles ils sont libres sur les créneaux horaires des MPS.

Dans le lycée du Port, les élèves ont trois semaines MPS puis une semaine de libre. Pour chaque thème, ils ont deux séances en demi-groupe avec le professeur de mathématiques, deux avec celui de physique-chimie, deux avec celui de SVT, sur lesquelles les professeurs sont susceptibles de mettre en œuvre des séances fondées sur des DI. Mais il se passe souvent plusieurs semaines entre deux séances de la même matière, en moyenne deux mois entre les deux séances de mathématiques selon les groupes et les semestres. Au lycée de Saint-Denis, il y avait en 2012/2013 deux systèmes de fonctionnement. Teddy voyait le même groupe d'élèves trois séances de suite, par contre Boris voyait trois groupes différents sur trois semaines. Ainsi, les élèves de Boris avaient au moins quatre semaines entre deux séances de mathématiques (sans compter les semaines sans MPS, les vacances ou les jours fériés).

L'organisation du temps scolaire doit être prise en compte pour analyser les séances mises en œuvre par l'enseignant. Des séances plus longues (d'une heure trente à deux heures) devraient être favorables à la mise en œuvre de séances fondées sur l'investigation, le manque de temps étant l'une des raisons invoquées par les professeurs comme un frein pour soutenir des DI (Monod-Ansaldi et Prieur, 2011). Par contre, lorsque plusieurs semaines se passent entre deux séances, une poursuite d'une même tâche sur plusieurs séances semble peu envisageable. Lors des entretiens, les enseignants font régulièrement référence au temps, le plus souvent pour en exprimer un manque ou pour regretter le temps écoulé entre deux séances.

Les professeurs observés impliqués en MPS le sont toujours à hauteur d'une heure hebdomadaire dans leur service alors que les séances durent deux heures. Il s'agit d'une forme d'annualisation des services, le professeur devant 36 heures annuelles, soit de concertation avec ses collègues, soit devant élèves. Cette répartition tenant compte des heures dues aux élèves et des heures dues par les professeurs est laissée à la charge de l'équipe pédagogique pluridisciplinaire. Elle va mobiliser l'énergie de l'équipe en début d'année : comment répartir les séances MPS sur l'année scolaire, comment constituer les groupes d'élèves, comment faire en sorte que chaque élève ait son quota d'heure MPS de préférence en groupe à effectif réduit et que chaque enseignant accomplisse le nombre d'heures dues sans en faire trop non plus, comment organiser des concertations sans trop impacter le temps de présence devant élèves. La première séance de concertation est souvent consacrée à régler ces problèmes au détriment

du contenu même de cet enseignement. L'organisation la plus fréquemment observée prévoit pour chaque thème une séance de concertation au début et parfois en fin de thème pour l'évaluation, une séance de présentation commune aux élèves co-animée par l'équipe des professeurs puis une répartition des élèves en groupes avec un professeur pour chaque groupe. Ainsi, le nombre limité de séances en co-animation suivies très vite par une répartition des séances entre les enseignants ramène les professeurs dans une structure classique. Nous émettons l'hypothèse que cette répartition dans l'emploi du temps assignant des temps dédiés à chaque professeur et *la prégnance forte de la structuration du curriculum français en disciplines scolaires* (Lebeaume, 2009) ne nuisent à l'approche pluridisciplinaire attendue.

V.4.1.3 - LES SALLES ATTRIBUÉES ET LES MOYENS DONNÉS

Selon les établissements, les moyens donnés aux MPS sont différents, cependant il est difficile de cerner si l'absence de moyens induit un fonctionnement des MPS insatisfaisant ou si l'absence de projet porté par une équipe de professeurs volontaires induit cette absence de moyens.

Dans le lycée du Port, où un groupe de professeurs portent différents projets depuis plusieurs années, les moyens attribués aux MPS sont conséquents (matériel, sorties pédagogiques) alors que dans le lycée de Saint-Denis aucun moyen ne semble spécifiquement attribué aux MPS. Ainsi pour le thème du son, le lycée ne dispose ni d'écouteurs, ni de micro. Les élèves sont chargés d'apporter leurs écouteurs et les professeurs prêtent eux-mêmes une partie du matériel (écouteurs manquants, micro, guitare). Il en est de même dans le lycée de Saint-Paul mais le professeur de SVT rencontré (nouveau et à cheval sur deux établissements) ne sait pas si son coordonnateur a fait remonter en amont des demandes spécifiques aux MPS.

Concernant le type de salle attribuée, dans le lycée du Port, pour les MPS Dominique est dans une salle banalisée mais il trouve toujours une salle informatique disponible sur simple demande auprès de l'administration. Ce n'est pas toujours la même mais cela ne semble pas lui poser de soucis. Au lycée de Saint-Paul, la salle attribuée est une salle informatique. Dans le lycée de Saint-Denis les enseignants de mathématiques s'arrangent entre eux pour disposer pendant les heures de MPS de la salle informatique réservée aux mathématiques mais qui est donnée en priorité aux élèves de seconde pour l'algorithmique. Ainsi, Boris et Teddy s'entendaient entre eux pour avoir cette salle lors des séances observées et filmées en 2012/2013 mais Teddy exprimait souvent une incertitude (« *si j'ai bien la salle informatique* »), en effet en principe c'est Boris qui occupait la salle informatique avec sa classe de seconde en mathématiques. De la même façon, Olivier, en 2013/2014, en a bénéficié pour le second projet sur l'investigation policière mais pas pour le projet du son où il était dans une salle banalisée. Dans ce lycée, les groupes MPS vont jusqu'à 24 élèves alors qu'il n'y a que 16 postes dans la salle. En termes de collectif, dans cette situation de partage d'un espace de travail ou d'un ensemble de ressources matérielles, on peut parler de *coaction* (Grangeat, 2011).

La situation est identique en sciences où certains se voient attribuer une salle banalisée pour les séances MPS. Valérie, professeur de SPC, enseigne en MPS depuis trois ans au lycée de Saint-Denis, la première année en salle de TP, mais depuis deux ans dans une salle banalisée avec une paillasse au tableau, elle dit : « *on a demandé lors du conseil*

d'enseignement d'être en salle de TP mais c'est complet avec les TP de seconde, première, terminale, et MPS n'est pas une priorité, elle [la proviseure] l'a dit clairement... ». Ce qui a conduit Valérie à imaginer une autre façon de fonctionner en réalisant les « manips » sur la paillasse du tableau pour le premier thème et en organisant des TP tournants sur sept postes différents pour certaines séances du second thème. Ce qui implique l'aide du laborantin.

V.4.1.4 – CONCLUSION SUR L'ORGANISATION ET LES MOYENS

Ainsi, l'organisation générale des enseignements d'exploration en groupes classes ou en barrettes, l'organisation du temps laissée à la charge des enseignants ou encore les moyens matériels donnés et les salles attribuées diffèrent fortement d'un établissement à l'autre, parfois même entre deux classes du même lycée. Notre recherche met à jour le fort impact de l'ensemble sur les séances MPS. Dans le paragraphe suivant, nous abordons une autre variable importante le collectif des professeurs impliqués.

V.4.2 - LES COLLECTIFS EN JEU

L'enseignement d'exploration MPS est un enseignement pluridisciplinaire qui réunit un professeur de mathématiques, un de SVT et un de SPC (dans le cadre de nos observations). Le travail collectif mené dépend de façon dont s'est constituée cette l'équipe. Nous verrons différents cas allant d'une simple désignation par le proviseur à des professeurs volontaires portés par un projet commun, en passant par différentes situations intermédiaires (V.4.2.1). Nous décrirons ensuite le travail collectif observé au sein de ces équipes pluridisciplinaires (V.4.2.2) avant de nous intéresser aux collectifs disciplinaires composés des professeurs de la même matière impliqués en MPS (V.4.2.3) et d'apporter nos conclusions à ce paragraphe (V.4.2.4).

V.4.2.1 - LE VOLONTARIAT DES PROFESSEURS

Il est souvent regretté le manque de volontaire pour enseigner en MPS ou encore que ces heures soient considérées comme une variable d'ajustement des services des professeurs par le proviseur. La conséquence est que les enseignants impliqués ne sont pas toujours ceux qui étaient volontaires pour l'être et que cette tâche incombe souvent au dernier arrivé dans l'établissement.

Concernant les mathématiques, au lycée de Saint-Pierre, une des enseignantes du lycée, Tilaga, qui était intervenue en 2010/2011 sur une classe, en 2011/2012 sur les deux classes et qui avait demandé à poursuivre cet enseignement, n'a pas eu MPS dans son service à la rentrée 2012 parce que l'on avait besoin d'elle pour un autre enseignement. Elle a été remplacée en MPS par Franck qui venait d'être nommé dans l'établissement. Au lycée Saint-Denis, Boris est le seul titulaire de mathématiques volontaire pour enseigner en MPS. En 2010/2011 et en 2012/2013 deux TZR complétaient le groupe MPS, Teddy et Olivier. En 2011/2012, Teddy était remplacé par un autre TZR. Et en 2013/2014 Teddy qui est dans un autre lycée, a été remplacé en MPS par un professeur de mathématiques qui vient d'être muté au lycée. Au lycée du Port, la situation est un peu plus stable car Isabelle et Geneviève, deux

titulaires, sont volontaires. À Saint-Paul, jusqu'à l'arrivée de Dominique il semble que seuls les professeurs de sciences intervenaient en MPS.

Cette situation ne semble pas caractéristique des mathématiques, il en est souvent de même pour les professeurs de sciences. Ainsi en 2013/2014, à Saint-Denis l'équipe d'Olivier, lui-même TZR est complétée par un professeur de SVT, Philippe, qui enseigne depuis trois ans comme contractuel : « *quand tu es contractuel, tu arrives on te donne un service, tu n'as pas à décider...* ». Toujours en 2013/2014, au lycée de Saint-Paul, l'équipe de Dominique, qui vient lui-même d'arriver dans l'établissement, est constituée d'un professeur de SVT, Patricia, nouvelle elle aussi, qui enseigne dans deux lycées et a MPS dans les deux établissements. Elle dit « *c'est ce qui reste qui est imposé au dernier arrivé* », « *ce n'est pas un choix* ». Elle a fini par s'intégrer dans le projet de Dominique parce que « *il fallait le faire* ». En 2012/2013, au Port, Matthieu nouvel arrivé dans l'établissement en tant que professeur de SVT a été en charge des MPS sans l'avoir demandé la première année : « *c'était pas par choix non plus, tu arrives et tu découvres dans ton emploi du temps que tu es en MPS* ».

Néanmoins, le volontariat est à dissocier de l'investissement, en effet des professeurs désignés peuvent s'impliquer en MPS et d'autres professeurs volontaires pour de mauvaises raisons (il manquait une heure dans leur service) peuvent montrer un investissement moindre. Par contre, le projet MPS ne peut pas se mettre en place de la même façon s'il est porté dès le mois de juin par trois enseignants volontaires ou si les enseignants découvrent le jour de la pré-rentree, le lycée, les collègues et le fait qu'ils enseignent en MPS !

Ces difficultés pour trouver des enseignants volontaires et former des équipes pluridisciplinaires autour d'un projet ne sont pas nouvelles et avaient déjà été soulevées pour les TPE : « *Bien sûr tout n'est pas rose, nombreux sont les enseignants hostiles aux TPE et je les comprends car on s'engage dans l'inconnu, avec une tâche dont on ne connaît pas les limites, notamment ses propres limites ! Il faut y être volontaire et que ce ne soit pas fait en complément de service comme cela semble se faire de plus en plus.* » (Ourliac, 2006, p. 66).

Le manque de stabilité des équipes MPS gêne aussi le renouvellement des thèmes. Comme l'équipe ne change jamais totalement en une seule fois, alors que les plus anciens voudraient parfois choisir un nouveau thème, l'enseignant impliqué depuis peu bloque le processus en disant que c'est trop tôt pour lui. Dominique a réussi à insuffler un changement parce que l'équipe était quasiment nouvelle au lycée de Saint-Paul (seul l'enseignant de SPC avait déjà eu MPS deux ans plus tôt). Par contre, Olivier souhaiterait depuis plusieurs années changer de thème au lycée de Saint-Denis mais ne parvient pas à motiver son équipe pour différentes raisons. Tout d'abord en tant que TZR, il la découvre toujours à la rentrée. Ensuite ce ne sont pas les mêmes collègues d'une année sur l'autre. Les raisons invoquées par ces professeurs pour refuser le changement de thème sont soit qu'ils interviennent en MPS sur plusieurs groupes et qu'ils veulent garder le même thème, soit qu'ils ne sont impliqués que depuis une année et qu'ils veulent réinvestir le travail fourni.

V.4.2.2 - LE COLLECTIF PLURIDISCIPLINAIRE MPS

Nous considérons ici le collectif pluridisciplinaire composé, lors de nos observations, d'un enseignant de mathématiques, d'un de SVT et d'un de SPC. Au sein d'un même établissement, il peut exister un seul ou plusieurs collectifs pluridisciplinaires selon le nombre

d'élèves ayant choisi MPS.

Mode de constitution des collectifs

Le collectif pluridisciplinaire est un collectif institutionnel. Il a pu être constitué par simple « assignation » (Marcel et Piot, 2014), les enseignants ayant été désignés pour enseigner en MPS, ou bien s'être constitué autour d'un projet commun. On peut aussi trouver différents stades intermédiaires entre ces deux cas extrêmes.

Dans nos observations, nous avons rencontré les différentes configurations. Pour le projet « Sciences et jardins » du lycée de Saint-Pierre porté par Tilaga et ses collègues en 2010/2011, l'équipe s'était choisie dès le mois de juin autour d'un projet. Le travail s'est fait en concertation. Le projet était collectif et tous les enseignants travaillaient dans le même but (<http://irem.univ-reunion.fr/spip.php?article515>). Au lycée du Port, les projets sur le thème « Science et œuvres d'art » sont portés par Geneviève et sa collègue de SPC Caroline. Matthieu, le professeur de SVT, même s'il ne l'a pas choisi la première année, adhère au groupe. Cette équipe envisage même un nouveau projet sur la danse. Par contre, les deux autres équipes MPS du lycée ne souhaitent pas s'engager sur ce thème et préfèrent rester sur des projets plus classiques pour lesquels ils disposent de davantage de ressources.

Des situations intermédiaires peuvent se produire. Ainsi, au lycée de Saint-Paul, le projet sur le thème « Science et investigation policière » est porté par Dominique. Il l'a initié et a conçu l'essentiel du projet pluridisciplinaire (scénario, suspects, planning). Ses collègues, désignés par le proviseur, semblent avoir suivi le projet, respecté le planning, joué leur rôle dans l'analyse des indices. Ils ont assisté aux séances de concertation et semblent satisfaits du travail collectif. Même si Patricia qui enseigne les SVT exprime de nombreuses insatisfactions (manque de séances de concertation, manque de moyens), elle finit par dire qu'avec ses collègues, qu'elle ne connaissait pas en début d'année, cela s'est bien passé finalement. Au lycée de Saint-Denis les équipes se découvrent le jour de la pré-rentrée et changent tous les ans. Quelques-uns sont volontaires, les autres sont désignés par le proviseur. Le thème sur le son est initié par Boris mais aucun projet commun ne se dessine. Chaque enseignant travaille dans son coin sur ce thème. Malgré sa passion évidente pour ce thème, Boris n'a pas su entraîner ses collègues dans un projet conduisant à une production commune.

Ici aussi l'expérience des TPE fait écho à nos observations : *« Dans un certain nombre de lycées, les équipes d'enseignants de première ont été constituées à partir des travaux personnels encadrés, lors de réunions au mois de juin 2000, en déterminant les binômes intervenant dans les classes, puis en adaptant les services. Le choix a pu alors se faire par affinités personnelles. La constitution des équipes en fonction des projets de TPE ne s'est pas toujours faite de cette manière mais il est certain que des binômes qui ne "s'étaient pas choisis" ont eu des difficultés à fonctionner ensemble. »* (IGEN, 2002, p. 18)

Le travail collectif

Dans tous les cas, il s'agit bien d'un travail collectif : ces enseignants ont une mission celle d'organiser l'EE MPS pour un groupe défini d'élèves. Le travail collectif attendu correspond à une *coopération distribuée* : *« les buts immédiats des professeurs sont distincts, leurs tâches sont différentes, mais leurs activités convergent vers l'atteinte d'un même objectif, vers l'accomplissement d'une même mission. »*. Pour montrer la complémentarité des différentes disciplines, l'enjeu est *« la compréhension par chacun du rôle qu'occupe son activité dans le*

processus de travail global ». La fonction principale est dite « *intégrative car les acteurs doivent combiner leurs spécificités sans perdre leur identité* ». Leurs manières d’agir doivent être « *congruentes entre elles : rester différentes tout en se complétant* ». On trouve dans une moindre mesure une forme de *coaction*, les enseignants partagent les mêmes plages horaires et les mêmes élèves, qu’ils vont devoir se répartir. (Grangeat, 2011, p. 83-84). Aucun leader n’est officiellement à la tête de ce collectif institutionnel mais dans certains cas un des enseignants peut prendre ce rôle sans que celui-ci ne lui soit clairement et officiellement dévolu.

La première tâche qui incombe à ce collectif est l’organisation générale : constitution des groupes d’élèves, choix du nombre et de la date des séances de concertation, répartition des séances entre les professeurs et les différents groupes d’élèves, respect du quota d’heures dues aux élèves, respect du quota d’heures dues par les professeurs. Peu habitués à gérer ce type d’organisation, les professeurs y consacrent souvent une bonne partie de la première séance de concertation.

La deuxième tâche réside dans le choix d’un ou deux thèmes et, en principe, de projets communs associés. Les thèmes choisis sont le plus souvent ceux traités l’année d’avant, voire les années précédentes. Concernant les projets mis en œuvre sur le thème « Science et investigation policière » au lycée du Port et dans celui de Saint-Paul, le projet consiste en la résolution d’une enquête policière semblable à celle proposée dans le projet « Autour de la disparition de Monsieur X ». Les indices étudiés dans chaque discipline conduisent à éliminer certains suspects et à en incriminer d’autres. Il est ensuite demandé aux élèves de réaliser un diaporama pour présenter comment s’est faite l’avancée de l’enquête. Par contre, pour l’autre thème mené par le même collectif MPS du lycée du Port, intitulé par les enseignants « Autour du yaourt », on ne note aucun projet commun. Les élèves doivent malgré tout concevoir un diaporama sur le travail réalisé avec les différents enseignants. Toujours dans le lycée du Port mais sur le thème « Science et œuvres d’art », le projet est d’amener les élèves à une production (peinture, dessin, maquette) selon l’une des méthodes vues dans les différentes disciplines. Les différentes perspectives, l’utilisation de l’aquarelle et de pastels ont été vues en mathématiques, le pointillisme par addition de touches de couleurs primaires a été travaillé en SPC. Au lycée de Saint-Denis, aucun projet commun n’est proposé aux élèves. Les professeurs travaillent indépendamment de ce qui se fait dans les autres disciplines aussi bien sur le thème « Science et investigation policière » que sur celui sur « Le son ».

Les professeurs doivent aussi envisager le mode d’évaluation qui sera mis en place et qui dépend du projet mené. Au lycée du Port, l’évaluation des diaporamas conçus par les élèves a conduit les enseignants à se concerter sur une grille d’évaluation tenant compte de l’implication lors des séances, du diaporama conçu, de la présentation orale. Comme les enseignants n’étaient pas réunis lors de ces présentations, cela les a aussi incités à échanger par mails les fiches élèves conçues pour soutenir les séances menées individuellement, afin que chacun d’eux puisse avoir une idée du contenu des séances menées par les autres. Le groupe qui travaille sur l’art a fait le choix de ne pas évaluer les élèves. Dans le lycée de Saint-Paul, le même type d’évaluation est mis en place que dans le lycée du Port à partir du diaporama présenté par les élèves. Au lycée de Saint-Denis les professeurs se réunissent en fin de thème pour compléter ensemble les bulletins. Ils tiennent compte de l’assiduité, de l’implication, de la participation pendant les différentes séances. Une fiche d’auto-évaluation

par compétences a été conçue et mise en œuvre par les professeurs de mathématiques mais nous en parlerons dans le paragraphe suivant.

Les séances en co-animation

Dans les trois établissements, les seules séances en co-animation sont les premières de chaque thème. Les professeurs se présentent, parlent des MPS, constituent les groupes, distribuent un planning et gèrent ici aussi l'organisation générale. Ensuite, ils présentent le thème et font tous visionner un épisode de la série télévisée de vulgarisation scientifique « C'est pas sorcier » en lien avec le thème choisi. Les élèves doivent compléter un questionnaire portant sur l'épisode visionné et transmis d'année en année entre les équipes. Seul le groupe sur l'art propose une première séance un peu différente pendant laquelle les élèves regardent des reproductions de peintures. Ce collectif MPS ne met pas d'autres séances en co-animation en place, par contre il organise deux sorties pédagogiques avec les élèves pendant lesquelles les trois enseignants sont présents.

Des échanges sur les méthodes et les démarches

Nous nous attendions à de réels échanges entre les professeurs de différentes disciplines sur le contenu des séances menées individuellement, sur les méthodes, les démarches suivies en particulier sur celles fondées sur de l'investigation (Prieur, Monod-Ansaldi & Fontanieu, 2013). Lors des différents entretiens, nous avons interrogé les professeurs sur les séances menées par leurs collègues dont ils connaissent au mieux le contenu global (les empreintes, l'ADN, le sang, l'émission de son, l'audition, etc.) mais rarement dans le détail. Les professeurs disent, eux-mêmes, ne pas échanger sur les méthodes suivies par leurs collègues.

Le seul réel échange de ce type qui semble s'être mis en place est entre Caroline (le professeur de SPC) et Matthieu (le professeur de SVT) qui travaillent sur le thème de l'art. Ces échanges ont abouti à une tentative qui consistait à prendre en charge la séance de l'autre dans une forme d'intégration des disciplines (I.1.2.7). Des problèmes de matériel ont compromis la réussite de cette tentative qui a néanmoins été menée jusqu'au bout.

La conception et la mise en œuvre de situations d'apprentissage permettant d'engager les élèves dans un travail d'investigation scientifique ne peuvent se faire sans une intense collaboration des enseignants : « *La mise en œuvre d'un travail co-disciplinaire ne peut être envisagée sans une intense collaboration des enseignants fortement dépendante du contexte et des ressources qui sont à leur disposition pour assurer une continuité et une cohérence dans la conduite de leur enseignement.* » (Prieur et Aldon, 2011, p. 35).

Comment expliquer les résistances des enseignants de certains lycées aux injonctions institutionnelles de collaborer en MPS ? Dans une enquête qui portait sur un échantillon d'enseignants du primaire et du secondaire, issus de toutes les provinces canadiennes, Lessard, Kamanzi et Larochelle (2009) ont identifié trois facteurs influençant le travail collectif des enseignants : la satisfaction à l'égard de l'établissement, le sentiment de compétence des enseignants et leurs préoccupations pédagogiques. Parmi ces trois variables, c'est le rapport à l'établissement qui constitue le facteur le plus important et l'instauration d'une organisation favorable à la collaboration incombe surtout aux chefs d'établissement. Dans le lycée de Saint-Denis, le ressenti des enseignants sur le peu de considération porté aux MPS pourrait être un élément de réponse à l'absence de collaboration entre enseignants. Le second élément apporté par cette enquête vise le peu de formation des enseignants concernant

le travail collectif. Or, ce type de compétences ne peut pas s'acquérir sur le tas : *« Deuxièmement, notre étude montre que, comme toute autre pratique organisationnelle, l'intensification du travail collectif exige des habiletés qu'on ne peut pas acquérir uniquement sur le tas, qu'il faut apprendre systématiquement par la voie de la formation initiale ou continue. Les enseignants ont besoin d'être formés sur l'intérêt et la manière de collaborer entre eux pour améliorer leurs modes de transmission des savoirs, d'évaluation et de formation des élèves. »* (Lessard, Kamanzi et Laroche, 2009, p. 76)

En fait, ce type d'échanges attendus de notre part sur les contenus et les méthodes a davantage été observé entre professeurs de la même discipline, ce qui nous a conduit à prendre en compte un autre collectif non envisagé au départ : le collectif des professeurs de la même discipline, du lycée, impliqués en MPS la même année ou les précédentes.

V.4.2.3 - LE COLLECTIF DISCIPLINAIRE DES PROFESSEURS DU LYCÉE IMPLIQUÉS EN MPS

Les enseignants impliqués en MPS peuvent aussi appartenir au collectif informel composé d'autres professeurs de la même discipline intervenant en MPS la même année avec un autre groupe d'élèves et une autre équipe pluridisciplinaire. Il peut aussi y avoir, dans ce collectif, des professeurs, toujours de la même discipline, mais impliqués en MPS les années précédentes. Il est à noter que les collectifs informels observés se limitent toujours aux enseignants d'un même lycée et qu'ils semblent également présents dans les différentes disciplines même si nous disposons de moins d'éléments en SVT et SPC.

Au lycée du Port, deux professeurs de mathématiques titulaires sont volontaires pour enseigner en MPS, cependant, Geneviève travaille individuellement sur l'art. C'est Isabelle qui accueille Dominique et lui transmet ses ressources. Elle dit avoir elle-même bénéficié de cette transmission de ressources lors de sa première implication en MPS. À Saint-Paul, la situation semble particulière car il semble que jusqu'alors seuls les professeurs de SVT et SPC intervenaient en MPS. Au lycée de Saint-Denis, seul Boris est à la fois titulaire et volontaire, toutefois Olivier et Teddy bien que TZR ont été impliqués en MPS sur plusieurs années. En 2010, ils avaient conçu ensemble des séances portant sur la cryptographie puis ils les avaient transmises à Boris qui les a peu modifiées. Il a principalement changé le langage de programmation (d'Algobox à Python). Le collectif des professeurs de mathématiques est très actif, et ce indépendamment de l'atelier IREM. Dans ce lycée, l'inspecteur de mathématiques avait par ailleurs demandé aux professeurs de concevoir une fiche d'autoévaluation par compétence. Cette fiche se transmet entre professeurs de mathématiques. Elle est souvent adaptée par les enseignants avant d'être utilisée.

Cette transmission de ressources semble possible sur des projets comme « Investigation policière », ou « Autour du yaourt » par contre sur des projets portés par des choix personnels nous ne l'avons pas observé. Le projet « Sciences et jardins » n'a pas été poursuivi à Saint-Pierre après l'arrêt de Tilaga. Le projet sur l'art n'a pas réussi à s'étendre aux autres groupes MPS au Port. Les séances mises en œuvre par Boris sur le son ne sont pas reproduites par ses collègues. Ainsi, Olivier explique que malgré les tentatives de Boris pour lui expliquer ce qu'il faisait il a préféré concevoir sa séance différemment : *« il [Boris] m'a montré quelques logiciels, il me parlait chinois en me disant que c'était facile donc je n'ai pas pu accrocher et*

j'ai préféré faire quelque chose qui m'appartient ». Quand la principale source de ressources réside dans le professeur lui-même (son centre d'intérêt, son expérience, ses échanges avec différents professionnels) une transmission paraît plus compliquée.

V.4.2.4 – CONCLUSION SUR LES COLLECTIFS

Notre recherche met à jour le fait que les professeurs impliqués en MPS sont inscrits dans deux collectifs qui jouent des rôles distincts. Le premier est pluridisciplinaire et est composé d'un professeur de chaque discipline. Ce collectif va gérer l'organisation générale des MPS. Il va aussi choisir le thème et dans certains cas construire un projet commun. Il est également chargé de l'évaluation lorsque celle-ci est mise en place. En dehors des séances de concertation, il anime en co-animation une seule séance au début de chaque thème. Nous avons observé des transmissions de ressources entre collectifs pluridisciplinaires la même année ou d'une année sur l'autre. Ces collectifs sont rarement disjoints (certains professeurs enseignent les MPS au sein de deux collectifs, d'autres sont impliqués sur plusieurs années) mais dans le même temps ils sont aussi rarement totalement identiques. Nous n'avons observé qu'un seul collectif stable sur deux années disciplinaires consécutives. Les échanges de ressources portent sur l'organisation générale, le projet commun lorsqu'il existe (scénario de l'intrigue), le contenu de la séance de présentation (film projeté, questionnaire), les modalités d'évaluation. Ces échanges entre collectifs pluridisciplinaires la même année ou d'une année sur l'autre induisent une reproduction des pratiques (même thème, même organisation, etc.) et freinent les enseignants qui voudraient changer de thème. Nous avons, par contre, observé très peu d'échanges sur le contenu des séances menées individuellement et rien de conséquent en dehors d'une tentative d'intégration d'une séance entre deux professeurs de sciences.

Le second collectif est disciplinaire et est composé des professeurs de la même matière, impliqués en MPS la même année ou les années précédentes. Ce collectif va intervenir pour la conception des séances menées individuellement. Certaines ressources sont directement issues d'une réflexion collective entre deux professeurs. Dans tous les cas, qu'elles aient été conçues individuellement ou à plusieurs, ces ressources sont souvent transmises aux autres collègues. Ainsi, lors des échanges avec les professeurs ils font ainsi allusion de façon quasi-systématique aux ressources transmises par des collègues de la même matière et ce quelle que soit la discipline. Nous détaillerons ce fait dans la partie sur les ressources.

Ces différentes observations nous ont conduite, au début de cette recherche, à prendre davantage en compte le rôle du second collectif que nous n'avions pas suffisamment anticipé. Avec le temps nos analyses nous amènent à inférer que c'est au sein de la discipline que les professeurs trouvent les ressorts pour concevoir et soutenir leurs séances MPS soutenues individuellement.

V.4.3 - DES RESSOURCES MÈRES AUX RESSOURCES FILLES

Puisque nous avons listé dans la partie IV les ressources disponibles pour le thème « Science et investigation policière » et que nous avons observé des séances sur ce thème dans les trois établissements, nous proposons une mise en regard de cette offre des ressources disponibles avec celles effectivement utilisées par les enseignants observés et interrogés. Plus

généralement, nous nous sommes aussi intéressée aux ressources mobilisées par les enseignants pour les autres thèmes (V.4.3.1). Une fois les ressources mères identifiées nous avons porté notre attention sur les ressources filles conçues pour soutenir ces séances MPS (V.4.3.2). Nous les avons aussi comparées à celles obtenues lors de notre recherche documentaire en regardant si elles vérifiaient les mêmes caractéristiques.

V.4.3.1 – LES RESSOURCES UTILISÉES PAR LES PROFESSEURS OBSERVÉS

Sur le thème « Science et investigation policière », les professeurs interrogés sur leurs ressources, citent le projet « Autour de la disparition de Monsieur X » issu du « document Ressources MPS » et ce quelle que soit la discipline. Ils utilisent aussi des ressources conseillées par le « document Ressources MPS » et en particulier les DVD de la série télé « C'est pas sorcier » et le site interactif du centre des sciences de Montréal.

Sur les autres projets, les projets proposés par le « document Ressources MPS » sont aussi cités comme ressources-mères : celui intitulé « Autour du yaourt » pour le projet du même nom mené dans le lycée du Port, celui « Autour d'un tableau du XV^e siècle » pour le projet sur l'art du même lycée. Seul le projet « Autour du son musical » n'est pas cité par les professeurs intervenant sur le son mais le projet du « document Ressources MPS » ne proposait que des pistes. Il a peut-être été parcouru en 2010 sans que les professeurs ne s'en souviennent précisément.

L'organisation proposée par le projet « Autour de la disparition de Monsieur X », une séance de présentation commune puis une répartition des élèves en groupes travaillant alors avec un seul professeur, est adoptée pour tous les thèmes et tous les projets. Le visionnage d'un DVD de la série « C'est pas sorcier » pendant la séance de présentation commune n'est proposé que pour le projet sur l'investigation policière dans le document d'accompagnement. Cette idée va être reprise sur le projet mené sur le yaourt au Port et sur le projet du son à Saint-Denis. Les professeurs se chargeant de trouver un épisode de la série en lien avec le projet. Ainsi, pour les professeurs observés, le « document Ressources MPS », seule ressource propre facilement disponible en 2010, a également joué le rôle de ressource-mère déjà identifié dans notre recherche documentaire.

Parmi les ressources-mères citées, certains professeurs nous disent aussi avoir recyclé des ressources personnelles mises en œuvre dans d'autres contextes en particulier l'ancien programme de seconde ou encore le programme de première L. Nous retrouvons ici aussi un élément de notre recherche documentaire : le recyclage de ressources conçues et mises en œuvre dans un autre contexte puis adaptées pour être utilisées en MPS.

Les professeurs, interrogés à partir de 2012, citent aussi de façon quasi-systématique les ressources transmises par leurs collègues impliqués en MPS comme principales et ce quelle que soit leur discipline. Cette transmission de ressources a déjà été abordée dans le paragraphe précédent qui fait le bilan sur les collectifs. Elle concerne d'abord la séance de présentation commune comme par exemple le DVD de la série « C'est pas sorcier » et le questionnaire associé. Elle concerne aussi le projet commun, lorsqu'il en existe un, comme le scénario sur lequel repose l'investigation policière. Elle concerne enfin les séances menées individuellement. C'est particulièrement le cas pour Dominique qui cite les ressources transmises par l'autre collectif MPS pour le projet global et celles transmises par Isabelle pour

les séances qu'il a menées seul. Celle-ci dit avoir bénéficié de la même chose l'année précédente. Dans le lycée de Saint-Denis, Teddy et Olivier ont conçu ensemble les séances sur la cryptographie en 2010 en utilisant le logiciel Algobox. Ils les ont données à Boris qui a changé le langage de programmation en choisissant Python. Tous les utilisaient encore en 2012-2013 en y ayant apporté des modifications d'année en année. Concernant les autres disciplines, Valérie dit avoir bénéficié de l'aide de son collègue de SPC du lycée de Saint-Denis la première année et Philippe dit s'être tourné vers son collègue de SVT qui lui a remis un cahier d'élève. Caroline, au lycée du Port, fait un peu figure d'exception mais il faut dire qu'elle est quasiment le seul professeur de SPC du lycée impliqué en MPS. Elle dit s'être par contre tournée vers un collègue de la discipline maths-sciences et échange aussi beaucoup avec son collègue de SVT. Patricia semble un peu plus isolée peut-être parce qu'elle enseigne dans deux établissements différents et qu'elle ne connaissait personne à la rentrée.

L'utilisation de moteurs de recherche semble être devenue systématique chez les enseignants pendant leur phase de préparation mais ceux-ci ont bien du mal à identifier précisément à *posteriori* les sites visités. Ils y cherchent des informations sur les connaissances mises en jeu, comme la méthode utilisée par les scientifiques pour déterminer l'heure du décès ou encore les techniques d'étude des empreintes digitales, même si ensuite ils peuvent faire le choix de ne pas utiliser ces connaissances souvent jugées trop compliquées pour des élèves de seconde ou trop complexes à mettre en œuvre sans matériel. Les professeurs peuvent aussi faire des recherches sur le net pour anticiper celles qu'ils vont demander à leurs élèves. Dominique vérifie ainsi que les élèves trouveront des informations sur le code de César. Caroline peut ainsi préparer les ingrédients nécessaires à la fabrication de peintures. Certains sites ressortent malgré tout comme le site de l'IREM de La Réunion qui alimente Isabelle pour sa séance sur les lambrequins et Olivier pour celles sur la guitare. Ces ressources n'avaient pas été conçues spécifiquement pour les MPS, elles sont donc recyclées elles aussi. Les professeurs, en particulier ceux de sciences, ne nous ont pas parlé spontanément de forums d'échanges du type de ceux trouvés lors de notre recherche documentaire. Comme celle-ci est intervenue après les entretiens menés, nous ne les avons pas interrogés directement sur ce point.

Pour le thème mené sur l'art, les ressources utilisées sont des reproductions de tableaux qui appartiennent à l'un des professeurs. Celles-ci n'ont pas été conçues dans un objectif pédagogique. Pour ce thème, il est aussi organisé des visites de musées et des échanges avec le conservateur du premier et le médiateur du second. Aussi bien pour monter la scène de crime du lycée du Port que pour les projets liés à l'art, des achats de matériel divers sont réalisés. On note aussi l'utilisation de ressources personnelles pour le projet sur le son (écouteurs, micro, guitare).

Une fois identifiées, les ressources sélectionnées par les enseignants pour servir de ressources-mères intéressons-nous aux ressources-filles conçues par les professeurs pour soutenir leurs séances.

V.4.3.2 – LES RESSOURCES CONÇUES PAR LES PROFESSEURS OBSERVÉS

Nous différencions différents types de ressources. Certaines sont conçues pour l'organisation générale des MPS, d'autres pour la séance de présentation commune et s'il

existe le projet pluridisciplinaire commun. Enfin, les dernières sont conçues pour soutenir les séances menées individuellement par les professeurs de mathématiques. Nous n'avons pas observé les séances menées individuellement par les enseignants des autres disciplines, ni recueilli les ressources-filles conçues.

Le premier support conçu par l'équipe pluridisciplinaire est un planning des séances (dates, groupes concernés, professeurs, salles) qui est photocopié et distribué aux élèves. Ce support peut être projeté lors de la séance de présentation commune et expliqué aux élèves. Pour les projets sur l'investigation policière, le yaourt et le son, les élèves visionnent un DVD de la série « C'est pas sorcier ». Ce visionnage peut être accompagné d'un questionnaire à compléter conçu par l'équipe pluridisciplinaire à partir de celui transmis depuis l'année précédente. Concernant le projet commun du thème « Science et investigation policière », lorsqu'il existe l'équipe conçoit des supports permettant de présenter l'intrigue (des articles de journaux, rapports détaillant les éléments constatés et les suspects). Dans le lycée du Port, une scène de crime est montée avec un mannequin et des indices à récupérer. Toujours dans ce lycée mais sur les projets liés à l'art, pour la séance de présentation les ressources sont des reproductions de tableaux prêtées par un des professeurs. Enfin, certains supports sont conçus pour une autoévaluation par compétences sous forme de fiche au lycée de Saint-Denis et pour une évaluation des présentations orales dans l'équipe de Dominique au Port.

Pour les séances menées individuellement, cela varie d'un enseignant à l'autre, d'une année à la suivante. La première année Dominique conçoit des fiches élèves longues et détaillées, photocopiées puis distribuées dès le début de la séance. Il utilise peu le vidéoprojecteur. La seconde année les choses s'inversent. Les fiches élèves sont plus courtes, l'enseignant utilise davantage le vidéoprojecteur ou le tableau blanc. Isabelle, pour la séance observée, conçoit plusieurs ressources aux formats variés distribués aux élèves en fonction de l'avancée du travail. Teddy conçoit un support assez long destiné à la fois à être photocopié par morceaux puis distribué aux élèves et dans le même temps projeté sur le vidéoprojecteur du TBI. Pour le projet sur le son, Boris conçoit des fichiers avec différents sons qui sont à étudier avec le logiciel Audacity. Ces fichiers sont à récupérer par les élèves sur le réseau du lycée et Boris ne distribue aucune photocopie en dehors de la fiche d'auto-évaluation par compétences. Enfin les ressources conçues par Olivier sont des fiches élèves photocopiées et à compléter, distribuées en début de séances.

Les professeurs observés et les élèves utilisent tous les TICE d'une façon qui semble familière. Les ressources et les séances conçues nécessitent l'utilisation de la calculatrice, de l'ordinateur du tableau, du vidéoprojecteur et parfois du TBI, ainsi que des ordinateurs élèves de la salle. On note l'utilisation du tableur Excel, de fichiers GeoGebra, du logiciel de diaporama PowerPoint, ou encore d'Algobox. Certains professeurs font aussi faire des recherches sur Internet, d'autres utilisent des logiciels moins classiques en mathématiques (Audacity). On retrouve ici les caractéristiques mises en évidence lors de notre recherche documentaire (voir IV.2.2).

V.4.3.3 – CONCLUSION SUR LES RESSOURCES UTILISÉES ET CONÇUES

Les ressources utilisées par les professeurs que nous avons observés ou rencontrés en entretiens font échos à celles listées lors de notre recherche documentaire. Elles sont issues

des différentes sources identifiées : le site Eduscol, le site de l'IREM (de La Réunion), des musées locaux ou encore des sites marchands. Elles se classent dans trois de nos quatre grandes catégories identifiées. On trouve des ressources propres qui sont essentiellement les différents projets issus du « document Ressources MPS ». Le rôle important joué par le document d'accompagnement des programmes déjà remarqué dans le chapitre IV se trouve ici conforté. Les professeurs utilisent aussi des ressources recyclées issues de leur propre système documentaire et mises en œuvre dans un autre niveau (seconde, première L) ou encore conçues dans un autre objectif (comme les ressources récupérées sur le site de l'IREM de La Réunion). Enfin notre recherche met à jour l'utilisation des nombreuses ressources transmises par des collègues impliqués en MPS la même année ou les années précédentes et ce quelle que soit la discipline. Ces ressources concernent aussi bien l'organisation générale que le projet commun et les séances menées individuellement mais elles ne sont pas transmises par les mêmes collectifs. Seule la catégorie des articles avec des analyses de pratiques semble absente des ressources utilisées par les professeurs observés.

Les ressources-filles conçues par les professeurs observés sont diverses mais répondent globalement aux caractéristiques des ressources conçues par des professeurs impliqués obtenues lors de notre recherche documentaire (IV.2.2). Si elles soutiennent l'organisation ou le projet commun elles sont conçues par le collectif pluridisciplinaire. Si elles soutiennent les séances menées individuellement elles sont conçues par un seul enseignant ou par le collectif disciplinaire et elles concernent une seule discipline. Même si ces ressources sont remaniées d'année en année, leur date de conception initiale remonte à l'année scolaire 2010/2011. Elles présentent aussi les mêmes caractéristiques concernant les TICE et montrent l'utilisation de la part des élèves et/ou des professeurs des calculatrices, ordinateurs, vidéos-projecteurs ainsi que de logiciels de diaporamas, de géométrie dynamique, de tableurs, de programmation, etc.

Néanmoins, si elles partagent certaines caractéristiques, elles présentent aussi des spécificités propres à chaque enseignant : leur quantité, leur mode de diffusion (photocopiées, vidéo projetées, à récupérer sous forme de fichier), le moment de leur mise à disposition (en début de séance ou au fur et à mesure), leur présentation (fiches élèves à compléter ou simples supports d'informations), etc. De fait, par ces spécificités, les ressources soutiennent des organisations didactiques et des séances très différentes. Si on note une forme de régularité sur le type des ressources conçues et leur mode d'utilisation entre les séances d'un même professeur, on peut aussi observer des évolutions d'une année sur l'autre. C'est le cas de Dominique par exemple (V.2.6). Enfin, ces ressources reflètent la tâche redéfinie par l'enseignant et le type de séances qu'il souhaite mettre en œuvre.

V.4.4 - LA TÂCHE PERÇUE, LA TÂCHE REDÉFINIE, LE TYPE DE SÉANCES MISES EN ŒUVRE POUR INITIER À LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE

Dans ce paragraphe, nous apportons, pour chaque enseignant, des éléments de réponses sur la tâche perçue, redéfinie et sur le type de séances mises en œuvre pour répondre à la demande institutionnelle d'initier à la démarche scientifique lorsque celle-ci fait partie de la tâche redéfinie. Nous commençons par les professeurs de mathématiques observés et proposons les réponses des professeurs de sciences interrogés en contrepoint.

V.4.4.1 – LES PROFESSEURS DES MATHÉMATIQUES

Les deux professeurs impliqués dans l'atelier IREM avaient déjà enseigné en MPS mais sans mettre en œuvre de séances fondées sur des DI. Ainsi, Boris fonctionnait depuis deux ans et demi sans DI parce que c'était passé inaperçu pour lui : « *Mais je ne regrette pas cette expérience sur l'investigation parce que sinon je pense que l'aurai pas fait, parce que dans le programme c'est une seule ligne j'avais pas fait attention puis il y avait tellement de choses en MPS que si tu veux tout faire dans les règles c'est compliqué...* ». Avant la mise en place de l'atelier IREM la tâche perçue par Boris n'inclut donc pas l'initiation à la démarche scientifique. Elle met par contre en avant la découverte des métiers, ici celui de preneur de son, et l'évaluation par compétences. Dans le cadre de sa participation à l'atelier, Boris accepte de modifier ses séances pour les fonder sur l'investigation. L'analyse des séances ainsi conçues et mises en œuvre montre l'influence de la composante personnelle de l'enseignant et en particulier de sa représentation inductive de la construction des savoirs (V.3.3.8). Le projet sur le son lui permet d'inverser selon lui la pratique en montrant aux élèves à quoi sert une notion avant d'avoir à l'étudier en mathématiques (trigonométrie, logarithme).

Les séances mises en œuvre sur le thème « Science et investigation policière » en 2010/2011 par Teddy avaient été conçues avec Olivier. Ces deux professeurs ne semblent pas avoir perçu la mise en œuvre de séances fondées sur des DI comme un objectif des MPS, en tout cas ils n'y ont pas répondu la première année de fonctionnement de cet EE puisque les séances étaient conçues comme des travaux dirigés avec des exercices (V.3.2.2). Pour Teddy, ce qui primait c'était « *l'exploration* » de domaines nouveaux comme la cryptographie « *des choses pour donner gout aux élèves en maths, en sciences, peut-être même des mathématiques différentes* ». Cela lui permettait aussi de travailler ce que l'on n'a pas le temps de faire en classe comme de l'algorithmique. Les séances mises en œuvre dans le cadre de l'atelier IREM montrent une réelle prise en compte des différentes étapes d'une DI (V.3.2.10).

Pour Olivier, comme nous l'avons déjà dit la mise en œuvre de séances fondées sur des DI ne semble pas faire partie de la tâche perçue avant notre arrivée. De sa lecture du programme qu'il reconnaît peut-être trop rapide en 2010, il a retenu principalement la découverte d'un métier et a choisi celui de luthier en lien avec le projet sur le son. Pour le second projet l'objectif était de faire travailler l'algorithmique aux élèves. Olivier distingue la démarche scientifique en sciences de celle en mathématiques qu'il définit comme une démarche déductive. S'il reconnaît une dimension expérimentale aux mathématiques il dit ne pas concevoir de séances conçues sur l'expérimentation pour ses élèves dans ses cours disciplinaires. En dehors de la première séance sur la cryptographie, les séances d'Olivier ne sont pas fondées sur des démarches d'investigation. (V.3.5)

Pour Dominique la tâche telle qu'il l'avait mise en œuvre dans son établissement de Béziers ressemblait davantage à des TPE. Il accepte de nous recevoir à son arrivée au lycée du Port pour nous permettre d'observer des séances fondées sur des DI. Nous émettons l'hypothèse que la tâche qu'il perçoit prend en compte la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI. Les séances que nous allons suivre sont effectivement de ce type même si les élèves ont peu de responsabilités dans les moments cruciaux d'émission de

conjectures et de propositions de méthodes pour les éprouver (V.1.5). Avec le temps, Dominique redéfinit la tâche et envisage les MPS comme un temps supplémentaire pour réviser des connaissances de collège et pour travailler le programme disciplinaire de seconde aussi bien dans ses contenus mathématiques que dans les outils à utiliser (V.2.6).

Geneviève, le deuxième professeur de mathématiques du lycée du Port, dit percevoir dans la tâche cette initiation à la démarche scientifique même si elle reconnaît mettre peu de séances fondées sur l'investigation dans ses cours disciplinaires. Après avoir tenté de mettre davantage de mathématiques dans ses séances la première année, elle explique avoir consciemment et volontairement privilégié l'approche et la pratique artistique par la suite. Elle dit laisser l'investigation aux professeurs de sciences. Nous émettons l'hypothèse que cette redéfinition de la tâche repose sur son intérêt pour l'art mais aussi sur le fait qu'elle enseigne à des élèves qui ont peu l'occasion de visiter des musées ou simplement de sortir de leur quartier (V.1.6).

Isabelle, le troisième professeur de mathématiques du lycée du Port, dit adapter sa progression en mathématiques en fonction du travail mis en œuvre en MPS pour pouvoir faire des liens entre les deux. Cela lui permet dans un sens d'avoir des outils et dans l'autre de rebondir sur des notions vues en mathématiques. Les MPS lui permettent aussi d'établir une relation différente avec les élèves et lui laissent une plage de liberté pour faire des mathématiques intéressantes qui plaisent aux élèves. Isabelle dit savoir que la résolution de problèmes est au cœur des programmes de mathématiques mais qu'elle n'en donne que de façon anecdotique, surtout en seconde à partir des exercices d'anciens sujets du Rallye Mathématiques de La Réunion (Concours mathématiques troisième/seconde, constitué d'une dizaine de problèmes ouverts attendant une réponse correcte mais non justifiée, le tout rendu sur une seule copie pour toute la classe). Les fiches élèves conçues pour soutenir ses séances semblent peu propices à des investigations. (V.1.3.2).

V.4.4.2 – LES PROFESSEURS DE SCIENCES

Pour Patricia, le professeur de SVT du collectif de Dominique la seconde année, la perception de la tâche nous semble faussée par sa situation personnelle. Elle enseigne les MPS sur deux lycées différents sans l'avoir choisi parce qu'aucun de ses collègues de SVT n'est volontaire. Elle ressent un manque de reconnaissance de cet EE ainsi qu'un manque de temps de préparation et de moyens. En MPS, Patricia dit qu'elle a travaillé « *pour sa chapelle* » c'est-à-dire pour sa discipline les SVT en complétant le programme de SVT sur l'ADN et en montrant des choses qu'elle n'a pas le temps de faire pendant les séances disciplinaires et qu'elle pense utile. Patricia définit la démarche scientifique de la façon suivante : « *faire un constat, émettre des hypothèses, expérimenter pour les vérifier, confirmer ou infirmer* ». Elle dit la pratiquer régulièrement en SVT mais pas en MPS où elle a manqué de temps de préparation et de matériel pour en mettre en œuvre. (V.2.5)

Caroline, le professeur de SPC du collectif MPS de Geneviève, partage son intérêt pour l'art mais profite des séances MPS pour s'initier à la pratique de l'investigation même si elle pense que cela influence peu le reste de ses cours disciplinaires. Ainsi, l'absence de contrainte en termes de programme à terminer lui permet de fonder certaines séances sur une seule question puis de laisser les élèves faire des recherches sur internet, proposer leurs protocoles,

tester les expériences, soulever de nouvelles questions. Ce qu'elle trouve difficile dans une DI c'est la phase de structuration des connaissances. (V.1.6.2)

Matthieu, le professeur de SVT, du collectif de Geneviève semble être celui qui pratique des séances fondées sur l'investigation aussi bien dans ses cours disciplinaires qu'en MPS. L'avantage des MPS réside selon lui dans la liberté qui lui ait laissée par rapport à un programme disciplinaire, comme la possibilité de travailler sur l'art. Ces séances sont conçues pour mettre à jour des conceptions erronées. (V.1.6.3)

Valérie, le professeur de SPC du collectif d'Olivier, dit ne pas mettre en œuvre de séances fondées sur des démarches d'investigation en MPS même si elle sait que cela fait partie de la tâche prescrite. Il est vrai que ses séances MPS sont réalisées dans une salle banalisée. Elle parvient malgré tout à prévoir des manipulations pour lesquelles les élèves ont un protocole à suivre. Elle essaie par contre d'en faire le plus possible dans ses cours disciplinaires de seconde et de première. Elle fournit aux élèves un ensemble de documents et ils doivent soulever une problématique, émettre des hypothèses puis proposer des expériences à mettre en œuvre pour les éprouver et lister le matériel nécessaire pour réaliser les expériences. (V.3.5.4)

Interrogé sur les objectifs de MPS, Philippe, le professeur de SVT du collectif d'Olivier, dit que les EE sont là pour explorer le champ des possibles à travers un thème et piquer la curiosité des élèves. Le second objectif important pour lui est de « *montrer l'apport et la synergie entre les disciplines pour répondre à des questions scientifiques que soulève une société moderne* » et il considère ne pas avoir réalisé totalement cet objectif. Il l'explique par son manque d'expérience des MPS qui l'a fait se tourner vers ses collègues de SVT alors qu'il aurait dû aller vers les professeurs de mathématiques et SPC de son collectif MPS. Concernant l'initiation à la démarche scientifique Philippe pense avoir travaillé « *l'esprit* » de la démarche scientifique lors du premier thème: « *on y va pas à pas, on se pose une question, on essaie d'y répondre, chaque réponse amène une autre question* ». Il pense que ce « *questionnement perpétuel* », cette « *insatisfaction chronique* » sont représentatifs de la démarche scientifique. Dans le second thème, il pense avoir travaillé un autre élément de la démarche scientifique, la démarche expérimentale : « *savoir réaliser, savoir suivre un protocole rigoureux* ». Ainsi Philippe perçoit cette initiation à la démarche scientifique qu'il a par ailleurs pratiquée en tant que doctorant. Néanmoins, il n'y répond pas par la mise en œuvre précise de séances fondées sur des DI mais par un travail sur deux éléments de ce qui selon lui est la démarche scientifique : le questionnement perpétuel et le respect d'un protocole. (V.3.5.5)

V.4.4.1 – CONCLUSION SUR LES TÂCHES PERÇUE ET REDÉFINIE ET LE TYPE DE SÉANCES MISES EN ŒUVRE

En MPS, la tâche telle qu'elle est perçue par les enseignants ne vise pas toujours l'initiation à la démarche scientifique. Certains professeurs pourtant impliqués avouent ne pas l'avoir perçue au profit de la découverte de métiers dans le champ des sciences par exemple. D'autres, l'ont bien perçue mais choisissent consciemment de ne pas y répondre soit pour des raisons de temps, de moyen, de salles soit parce qu'ils préfèrent orienter les séances MPS vers un autre objectif qui leur semble préférable pour des raisons diverses et souvent personnelles.

C'est la raison pour laquelle nous différencions la tâche perçue de la tâche redéfinie.

Lorsque l'initiation à la démarche scientifique est intégrée dans la tâche redéfinie par l'enseignant, cela ne conduit pas systématiquement à la mise en œuvre de séances fondées sur des DI. La composante personnelle de l'enseignant intervient et en particulier sa conception des démarches des scientifiques et de la construction des savoirs.

Ainsi, notre recherche met en évidence, qu'en MPS, la tâche, telle qu'elle est perçue par les enseignants et telle qu'ils choisissent d'y répondre, ne vise pas toujours l'initiation à la démarche scientifique et ne conduit pas toujours à la conception de séances fondées sur des DI.

V.4.5 - LE DÉVELOPPEMENT DE COMPÉTENCES PROFESSIONNELLES

Nous analysons ici le développement de compétences professionnelles, en particulier celles concernant la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI chez les trois professeurs l'ayant expérimenté : Dominique sur deux années scolaires (V.4.5.1) puis Teddy et Boris (V.4.5.2), tous deux membres de l'atelier IREM.

V.4.5.1 – DOMINIQUE : SUR DEUX ANNÉES SCOLAIRES

Nous nous intéressons dans un premier temps aux compétences liées à la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI et pour cela nous mobilisons principalement le modèle ESFI (II.1.5). La première année, l'analyse des trois séances observées, considérées par Dominique qui les a conçues comme fondées sur une DI, aboutit à des constellations à partir du modèle ESFI dont certaines branches sont atrophiées (illustrations 18,30 et 32), celles concernant la nature du problème, la responsabilité des élèves et la place de l'argumentation (V.1.5). Néanmoins, le suivi de l'enseignant sur l'année scolaire montre le développement de compétences professionnelles. Tout d'abord on note une meilleure anticipation de la durée nécessaire pour chaque tâche et en particulier du temps pris par la phase de recherche. On observe aussi une meilleure prise en compte de la diversité des élèves. L'enseignant prévoit à la fois les difficultés de certains et une poursuite de l'activité, donnée oralement, aux groupes les plus rapides. Par ailleurs, pour la dernière séance menée sous forme d'investigation, on observe une meilleure prise en compte de l'investigation avec un temps de recherche conséquent laissé aux élèves pour proposer une modélisation (V.1.4.1). Même si l'enseignant reprend ensuite la direction de la séance en proposant ses propres modélisations, celles-ci n'interviennent qu'après que les élèves aient pris conscience, suite à l'apport de nouvelles données, de l'inefficacité de la précédente alors que, lors de la première séance, les différentes modélisations se succédaient sans justification. Ainsi, même si c'est toujours l'enseignant qui met en place les étapes de la DI, les élèves sont amenés à mieux en percevoir les différentes étapes.

La seconde année, deux séances sont menées partiellement sous forme d'investigation. Pour la première phase de recherche lors de la première séance (V.2.2), la problématique est donnée et les élèves doivent proposer des méthodes. La phase de bilan est conduite par Dominique mais s'appuie sur les méthodes proposées par les élèves et sur leurs interventions

orales ou au tableau. Pour la troisième séance (V.2.4), la phase d'investigation est bien présente à partir d'un questionnement donné. Les élèves sont responsables de l'investigation et disposent d'un matériel libre pour répondre à la question. Le professeur fait communiquer à la classe les propositions des élèves. Après un temps de recherche conséquent, l'enseignant reprend la direction de la séance, fait le bilan de l'avancée de la recherche et propose l'utilisation de GeoGebra pour obtenir le tracé de paraboles passant par trois points donnés. Ensuite, la phase de recherche reprend pendant laquelle les élèves sont amenés à prendre des initiatives et à apporter les conclusions attendues concernant l'enquête policière menée. La constellation obtenue à partir du modèle ESFI (illustration 44) ne comporte pas de branches atrophiées contrairement à celles obtenues la première année. On note sur cette dernière séance le développement de compétences professionnelles : une meilleure gestion des différentes étapes de la DI, davantage d'autonomie et de responsabilités laissées aux élèves, une place plus importante laissée à l'argumentation ainsi qu'un meilleur niveau d'explicitation des savoirs.

Ce développement de compétences est aussi perceptible par l'intermédiaire des ressources conçues pour soutenir ces séances. La première année, Dominique développe des fiches élèves longues et détaillées qu'il distribue en début de séances et que les élèves doivent compléter. La seconde année, les supports conçus et distribués sont moins nombreux et plus courts. Lors de la première séance, aucune photocopie n'est distribuée, les informations nécessaires sont notées au tableau. Pour la dernière séance, une fiche au format A5 est distribuée reprenant le plan de situation projeté au tableau (illustration 42). Nous inférons ici une prise de confiance de la part de l'enseignant sur sa capacité à gérer les séances MPS, ainsi que le développement de compétences sur la conception de ressources favorisant la gestion d'une séance fondée sur une DI. Ces ressources montrent aussi l'acquisition de nouvelles connaissances pour l'enseignant (méthode de Henssge, méthodes de chiffrage).

Dans le même temps, pendant la seconde année, on note une forme de redéfinition de la tâche perçue. Les phases de recherche toujours présentes pour deux des trois séances menées individuellement sont limitées à une partie de la séance au profit de tâches visant spécifiquement à travailler l'utilisation et l'acquisition de connaissances ou de compétences du programme de mathématiques de seconde. Ce choix est conscient et volontaire de la part de l'enseignant qui considère que les phases de recherche sur Internet ou les phases de travail en autonomie prennent trop de temps et qui préfère travailler des points du programme de mathématiques. Dans l'approche documentaire, l'intégration d'un logiciel correspond à l'entrée de celui-ci dans le système de ressources du professeur (Gueudet et Vandebrouck, 2011). Si nous transposons cette étude à l'intégration par le professeur d'une nouvelle démarche fondée sur une investigation dans le contexte de l'enseignement d'exploration MPS, alors nous inférons ici de la part de Dominique l'intégration des DI dans son système de ressources propre aux MPS.

Dans un second temps, afin de percevoir le développement de compétences concernant la conception, la mise en place et la gestion du projet commun pluridisciplinaire, nous analysons les pratiques à partir des cinq composantes. La première année, Dominique nouvel arrivé dans le lycée n'était pas volontaire pour enseigner en MPS, son expérience précédente lui avait laissé le souvenir de quelque chose de « *flou* » dans laquelle on utilisait peu les mathématiques. Son rôle se limitait alors à encadrer les élèves pendant les recherches

documentaires en salle informatique. Les composantes cognitive et médiative jugées non satisfaisantes pour Dominique avaient alors impacté la composante personnelle et en particulier son degré de satisfaction. La considération portée à cet enseignement dans le lycée du Port, la présence de professeurs de mathématiques volontaires qui portent deux projets différents ou encore le fait que Dominique connaît bien les élèves de MPS qu'il a aussi en cours, vont induire chez Dominique des modifications de la composante personnelle par l'intermédiaire des composantes institutionnelle et sociale.

Ainsi conforté, nos observations montre une meilleure implication de Dominique dans le projet pluridisciplinaire commun, ce qui le conduit à des prises d'initiatives et de responsabilités au sein du collectif pluridisciplinaire, ainsi qu'à une meilleure prise en compte du projet global et du travail réalisé par ses collègues de sciences (V.1.5). Cette implication concerne la composante cognitive (les tâches proposées par Dominique s'inscrivent dans une progression qui dépasse la séance) et la composante médiative (l'accompagnement des élèves dans la réalisation du projet est davantage pris en compte). La seconde année voit cette implication amplifier. Ainsi, Dominique se porte volontaire pour enseigner en MPS, induit un changement des pratiques concernant les MPS dans son nouveau lycée et construit le projet commun. Il prend de façon informelle le rôle de leader du collectif pluridisciplinaire (V.2.1). Nous inférons ainsi le développement de compétences plus spécifiques aux MPS : meilleure prise en compte du travail collectif demandé et du projet pluridisciplinaire et également meilleur accompagnement des élèves dans la réalisation du projet.

Ici encore le développement de compétences est perceptible par l'intermédiaire des ressources. Ainsi, la conduite du projet pluridisciplinaire oblige les enseignants à concevoir des ressources pour soutenir le projet commun (plannings, scénario, répartition des indices) et à échanger sur le contenu des séances menées individuellement. On observe aussi des ressources conçues spécifiquement pour l'évaluation issues d'une réflexion collective. Même si cela ne concernait pas directement notre recherche nous inférons ici le développement de compétences liées à l'évaluation par compétences.

L'implication en MPS concerne les différentes familles d'activités d'un professeur (II.2.4). Les échanges avec Isabelle permettent à Dominique de développer une réflexion sur sa pratique [Réflexion]. On pourrait aussi considérer dans cette famille l'investigation réflexive mise en œuvre mais due à notre présence. Concernant la conception et la mise en œuvre de planification et la gestion du temps [C/O planification], nos observations montrent une double planification : celle permettant la réalisation du projet commun sur un semestre qui est définie avec les collègues de l'équipe pluridisciplinaire et celle qui prévoit le déroulement temporel d'une séance. Sur la première, nous avons noté la prise de responsabilités grandissante de Dominique sur les deux années portée par la conception de ressources spécifiques (planning, scénario, répartitions des indices, rôle de chaque enseignant). Sur la seconde, nous avons conclu à une meilleure gestion du temps nécessaire aux élèves dès la fin de la première année. Les familles d'activités sur la conception et la mise en œuvre des moments de découverte et d'introduction [C/O Découverte], et de moments de synthèse et d'apports mathématiques [C/O Synthèse] sont particulièrement concernées par la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI. La première année, les moments de synthèses sont faits le plus souvent quand l'enseignant circule de groupes en groupes et plus rarement au tableau pour l'ensemble de la classe. La préparation et la présentation d'un diaporama demandées aux élèves les

conduit à la fin du thème à expliquer ce qu'ils ont appris pendant les séances. Ils sont alors encadrés par un des trois professeurs. La seconde année, les temps de travail en autonomie sont réduits au profit de temps de synthèses menés par l'enseignant au tableau. Celui-ci s'appuie sur les interventions orales des élèves et les invite aussi à passer au tableau.

Même si les MPS semblent *à priori* peu propices à la famille d'activités, concevoir et mettre en œuvre des moments de travail de la technique [C/O Technique], la redéfinition de la tâche effectuée par Dominique au profit d'un temps supplémentaire pour travailler les mathématiques, le conduit à proposer des tâches qui correspondent à cette famille : la résolution de systèmes de deux équations à eux inconnues, les questions sur les fonctions affines, etc. L'évaluation des diaporamas conçus par les élèves a conduit les enseignants à concevoir une grille d'évaluation s'intégrant dans la famille qui consiste à concevoir et mettre en œuvre des moments d'évaluation [C/O Evaluation]. Les MPS conduisent à une appréciation dans les bulletins parfois accompagnée d'une note, mais qui ne doit pas être comptabilisée dans la moyenne. L'ensemble s'inscrit dans la famille gérer la classe et suivre les élèves [Suivi]. Enfin, de façon moindre, l'implication en MPS permet de participer à la vie de l'établissement [Vie établissement]. Ainsi, les EE sont souvent mis en avant au moment de l'inscription des élèves de seconde et au lycée du Port ils conduisent à l'organisation de sorties pédagogiques.

V.4.5.2 – TEDDY ET BORIS : LE RÔLE DU COLLECTIF

Concernant les professeurs impliqués dans l'atelier IREM, dont l'objectif était précisément la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI et qui bénéficiaient de l'aide d'un enseignant plus expérimenté, la première réunion a permis aux enseignants de mieux cerner les différentes demandes institutionnelles (problèmes ouverts, tâches complexes, narrations de recherche, etc.) ainsi que les différentes étapes d'une DI et le rôle respectif des élèves et de l'enseignant à chacune de ces étapes (V.3.1).

Les trois séances conçues et mises en œuvre par Teddy visent à faire travailler la DI pour elle-même et ne sont pas conçues comme une situation problème. Pour la première investigation, à partir d'une situation projetée au tableau, les élèves soulèvent une problématique qui dépasse la seule séance en cours. La séance se poursuit par un temps de recherche pendant lequel les élèves disposent d'un matériel limité pour répondre à une question ouverte. Ceux-ci sont responsables du processus d'investigation. Le professeur adapte la tâche selon les groupes montrant ainsi une bonne prise en considération de la diversité des élèves. La séance se termine par un bilan fait par l'enseignant. La constellation obtenue pour la première séance se déploie de façon large et assez uniforme montrant un bon niveau d'expertise (illustration 66). Cependant, pour les séances suivantes les constellations se replient sur elles-mêmes. Les branches sur l'origine du questionnement, la nature du problème et la responsabilité des élèves s'atrophient considérablement (illustrations 67 et 68). Notre analyse est, qu'après avoir effectué des efforts conséquents pour modifier ses pratiques lors de la première séance, Teddy revient à une pratique intermédiaire plus proche de ce qu'il a l'habitude de faire. Néanmoins, sur les trois séances Teddy montre des compétences concernant la gestion d'une séance fondée sur une DI (alternance de temps de recherche individuel, de bilan, de temps de recherche en groupe), mais également sur le guidage des

élèves et sur les phases de structuration des connaissances. Il développe également des ressources facilitant la prise de notes durant une investigation. (V.3.2.9).

Boris reconnaît en février que, sans l'atelier IREM, il n'aurait pas mis en œuvre de séances fondées sur des DI. La séance conçue vise à faire émerger les notions de période et de fréquence, que Boris juge essentielles en musique, à partir de l'analyse de trois sons avec le logiciel Audacity, dont les élèves maîtrisent peu les différentes fonctionnalités. La situation, telle qu'elle est proposée aux élèves, est extrêmement ouverte. Lors de la première séance l'investigation n'aboutit pas pendant les deux heures prévues : l'explicitation des buts de la séance n'est pas du tout réalisée. Sur les séances suivantes, la même reproduite, Boris parvient à mieux guider les élèves et à mieux gérer le temps. Pour la deuxième, l'enseignant fait communiquer à la classe les propositions des groupes parmi lesquelles figurent les objectifs attendus sur la période et la fréquence. Pour la troisième séance, le professeur a de plus le temps d'effectuer la phase de structuration des connaissances. Les constellations obtenues pour les trois séances restent identiques sur les branches relatives à l'origine du questionnement, la nature du problème et la responsabilité des élèves. Le niveau d'expertise augmente de séance en séance pour les branches relatives à la considération de la diversité des élèves, la place de l'argumentation et surtout l'explicitation des buts de la séance. Ainsi pour Boris, les constellations ESFI permettent de visualiser le développement de compétences (illustrations 78, 79 et 80). En juin, Boris dit aussi s'être remis en question sur le fait qu'il ne faisait jamais d'investigation et en avoir mis en œuvre en BTS SIO sur la récursivité et une autre fois en seconde. Nous ne disposons cependant pas de suffisamment d'informations pour parler d'intégration de la démarche d'investigation dans le système de ressource de l'enseignant.

Les séances MPS conçues par Boris et Teddy, dans le cadre de l'atelier avec l'appui de cette réflexion collective, nous semblent plus proches des attentes de l'institution en ce qui concerne les DI que celles observées dans la classe de Dominique la première année. Les élèves ont davantage de responsabilités. Ils disposent de temps de recherche conséquents pour formuler des conjectures et proposer des démarches pour les éprouver. Les phases d'échanges ne se limitent pas au groupe, les propositions de certains élèves sont communiquées à la classe puis discutées. Les élèves sont encouragés à argumenter et à justifier leurs réponses par des connaissances ou des résultats. Ils sont aussi impliqués dans la structuration des connaissances lors de l'auto-évaluation par compétences (cette dernière phase résultant d'une réflexion menée l'année précédente sur l'évaluation par compétences).

Ces observations de professeurs engagés dans l'atelier IREM confortent notre hypothèse sur le rôle positif d'un travail collectif, du type de celui mis en œuvre dans l'atelier, pour le développement de compétences professionnelles liées à la conception et à la mise en œuvre de séances fondées sur l'investigation (V.3.4). Des résultats semblables ont déjà été donnés par Gueudet et Lebeau (2013) ou Leroy (2011). Néanmoins, les difficultés rencontrées et exprimées par les enseignants aussi bien pendant la phase de conception que pendant la mise en œuvre avec les élèves (choix de la situation de départ, guidage des élèves, gestion de la phase de structuration des connaissances) ainsi que le recul constaté de la part de Teddy montrent qu'il ne suffit pas de connaître les différentes étapes d'une DI pour pouvoir en mettre en œuvre.

Si notre recherche conforte l'effet bénéfique du collectif, elle met aussi en évidence les

difficultés rencontrées par les enseignants pour modifier leurs pratiques et le fait que cela demande du temps et un travail conséquent. Pendant cette phase d'apprentissage, l'enseignant risque de traverser, comme Teddy et Boris, des moments de doute et va se trouver dans des situations inconfortables devant les élèves. Il est probable que certaines conjectures non anticipées le déstabilisent ou qu'il ne saisisse pas, sur le moment, l'intérêt didactique des interventions justes ou fausses des élèves. Il est aussi envisageable que des échecs se produisent, parce que la situation de départ sera mal choisie ou le guidage inapproprié. Les élèves peu habitués à fonctionner ainsi, et peut être mal dirigés au début, risquent également de critiquer cette méthode.

Nos constatations font écho à celle de Legrand (2006) qui considère qu'initier des débats scientifiques en classe représente un véritable changement de paradigme d'enseignement et qu'il ne suffit pas de le décider pour y parvenir.

« Contrairement à ce que je pensais initialement, pour conduire les parties essentielles de ses enseignements en s'appuyant sur le principe du "débat scientifique", il ne suffit pas au professeur d'avoir compris son principe, de partager ses objectifs, de disposer de bonnes situations réputées robustes, d'être assez courageux pour oser l'entreprendre et assez persévérant pour passer les caps difficiles. En effet, ces débats il faut apprendre à les introduire avec dynamisme, à les mener avec doigté, à les conclure avec fermeté, à en faire ressortir les éléments clefs dans la partie magistrale ou à les faire revivre à bon escient ailleurs pour rentabiliser "le temps perdu".

[...]

Pour pouvoir évoluer ainsi, il faut donc pouvoir affronter sereinement une période riche d'aventures où il y a des hauts et des bas, des moments d'enthousiasme car tout marche bien, les élèves jouent le jeu, participent, comprennent, collaborent, sont intelligents de façon surprenante, des moments où l'on a le sentiment de bien mener les situations, de bien maîtriser les débats, et des moments plus difficiles où l'on a été maladroit dans ses choix de questionnement ou dans ses réactions face à une situation imprévue, des moments donc où par suite (ou tout simplement parce qu'on est à la veille d'un examen) la classe résiste, ne réagit plus scientifiquement, se désintéresse du problème qu'on lui soumet. » (Legrand, 2006, p. 5)

À partir de nos observations de séances de classes ordinaires ainsi que de séances conçues dans le cadre d'un atelier IREM, nous avons apporté nos conclusions et des éléments de réponses à nos questions de départ. Nous avons mis en évidence que les pratiques en MPS sont indissociables de l'organisation des enseignements d'exploration du lycée et des moyens attribués, des collectifs en jeu ainsi que des ressources utilisées et conçues. Nous avons apporté des éclairages sur la tâche perçue et celle redéfinie, sur le type de séances mises en œuvre qui en découlent ainsi que sur le développement professionnel induit. Dans le chapitre suivant, nous concluons ce travail et envisageons des prolongements possibles.

VI - CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Nous arrivons au bout de ce travail. Il est temps à partir de notre recherche de revenir sur nos questions et nos hypothèses de recherche (VI.1) et d'avoir une réflexion critique sur notre méthodologie pour cerner les limites de notre étude (VI.2). Il convient enfin d'envisager des perspectives en ces temps de réforme du collège dans laquelle les EPI sont mis en avant (VI.3)

VI.1 - RETOUR SUR NOTRE PROBLÉMATIQUE

Notre recherche porte sur les ressources et les pratiques des professeurs de mathématiques dans l'enseignement d'exploration MPS en seconde. Nous revenons ici sur nos questions de recherche et sur les hypothèses avancées dans le paragraphe II.5.

VI.1.1 - LA TÂCHE PERÇUE ET REDÉFINIE PAR LES ENSEIGNANTS

En MPS, comme dans tout enseignement, l'activité des professeurs répond à la tâche fixée par le programme. Notre premier objectif a consisté à cerner la tâche prescrite. Pour cela nous avons analysé le programme MPS et l'introduction du document d'accompagnement des programmes associé que nous appelons dans ce travail le « document Ressources MPS » (I.2). Comme cet enseignement s'inscrit aussi dans une réforme, celle du lycée de 2010, qui elle-même prolonge celle du collège de 2006, nous avons, de fil en aiguille, remonté l'histoire de l'enseignement des sciences jusqu'au début du 20^e siècle, aussi bien au primaire (I.1.1), qu'au secondaire (I.1.2), en nous attardant sur des moments significatifs et en les identifiant en termes de rupture ou de continuité. Nous avons ensuite élargi nos analyses à des dispositifs issus de la recherche qui visaient des objectifs similaires (I.1.3). Ces lectures croisées, nous ont permis de cerner la tâche prescrite en MPS et de situer cet enseignement à la jonction de deux volontés institutionnelles fortes (I.3).

La première vise à renouveler l'enseignement des sciences. Elle se décline en une série de tentatives fondées sur l'idée de transposer en classe la démarche des scientifiques mais qui a évolué d'une approche intuitive, inductive, empiriste, dans laquelle de l'observation ou d'une expérience les élèves redécouvraient les lois qui régissent la nature, à une démarche hypothético-déductive basée sur l'investigation et tenant compte des cadres théoriques et des représentations des élèves. La seconde concerne la mise en place d'enseignements pluridisciplinaires qui vise à décroïsonner les disciplines et à engager les professeurs dans un travail collectif. Ces enseignements s'appuient sur une pédagogie de projet visant l'acquisition de connaissances et de compétences par la réalisation d'une production. Ces deux volontés institutionnelles se traduisent selon nous dans la phrase issue du programme MPS « *il [l'EE MPS] initie les élèves à la démarche scientifique dans le cadre d'un projet* » (I.3).

L'enseignement d'exploration MPS affiche d'autres objectifs, comme aider l'élève à construire son projet d'orientation en lui faisant découvrir différents domaines des quatre disciplines impliquées ainsi que des métiers et des formations dans le champ des sciences. Il veut aussi éveiller la curiosité de l'élève en montrant l'apport et la synergie de ces disciplines pour trouver des réponses aux questions scientifiques soulevées par notre société moderne (I.2). Mais, si les objectifs généraux et premiers sont bien explicités, la démarche à suivre pour les atteindre nous semble bien plus vague. Ainsi, « *initier les élèves à la démarche scientifique dans le cadre d'un projet* » est présenté comme l'un des objectifs du programme MPS, alors que dans le « document Ressources MPS » il s'agit plutôt d'un moyen pour atteindre les objectifs énoncés en termes d'orientation. La démarche attendue est une

démarche de projet peu explicitée dans le programme MPS en dehors du fait que l'élève seul ou en équipe devra aboutir à une production et à une forme de communication scientifique. Cette démarche de projet semble assimilée dans le « document Ressources MPS » à la démarche d'investigation sans que celle-ci ne soit clairement définie non plus. Dans ces deux textes, on parle parfois de « démarche scientifique » au singulier et à d'autres moments de « démarches scientifiques » au pluriel qui sont alors présentées comme communes et partagées mais ne sont pas davantage explicitées (I.2.2). Nous soutenons ici une partie de notre hypothèse H1 sur le fait que les ressources disponibles pour définir la tâche prescrite (programme et « document Ressources MPS ») restent trop vagues et trop implicites concernant l'initiation à la démarche scientifique et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI.

Afin de cerner la tâche perçue par les enseignants de mathématiques, nous sommes allée observer des séances MPS et nous avons complété ces différentes observations par des entretiens (V.1, V.2 et V.3). Les informations ainsi obtenues montrent qu'une partie des professeurs de mathématiques ne perçoit pas l'initiation à la démarche scientifique comme faisant partie de la tâche prescrite en MPS. Les enseignants citent par contre des objectifs en termes d'orientation, de découverte des métiers et des formations, de découverte de différents domaines des disciplines impliquées. Parmi ceux qui perçoivent cette initiation à la démarche scientifique, une partie d'entre eux fait le choix conscient et affirmé de ne pas répondre à cette tâche au profit d'un autre objectif personnel. Ceci nous a conduite à différencier la tâche perçue de la tâche redéfinie consciemment par l'enseignant (II.4.2). Enfin, parmi ceux qui identifient et tentent de répondre à la demande institutionnelle d'initier les élèves à la démarche scientifique, la mise en œuvre de séances fondées sur des DI ne semble pas automatique. Les conceptions de l'enseignant sur la construction des savoirs scientifiques et les méthodes d'enseignement interfèrent alors. (V.4.4)

L'ensemble du travail décrit ci-dessus nous permet de soutenir la seconde partie de notre hypothèse H1 : en MPS, la tâche, telle qu'elle est perçue par les enseignants et telle qu'ils choisissent d'y répondre, ne vise pas toujours l'initiation à la démarche scientifique et ne conduit pas toujours à la conception de séances fondées sur des DI.

VI.1.2 - LE CONTEXTE DE RESSOURCES MANQUANTES EN 2010, LES RESSOURCES DISPONIBLES, UTILISÉES ET CONÇUES

Une deuxième partie de notre recherche réside en une recherche documentaire, menée fin 2014, et qui s'inscrit dans le dispositif de recherche ANR ReVEA (III.1.4). Cette recherche documentaire menée principalement sur le net visait à lister, de la façon la plus exhaustive possible, l'offre de ressources disponibles pour soutenir les enseignants qui s'engagent en MPS en se focalisant sur le thème fréquemment choisi par les équipes : « Science et investigation policière » (IV.1).

Dans un premier temps, cette recherche documentaire met à jour les contextes d'incident documentaire (Sabra, 2011) et de ressources manquantes (Chevallard et Cirade, 2010) présents en 2010. À cette période, la réforme du lycée introduit à la fois de nouveaux enseignements (les différents enseignements d'exploration ou encore l'accompagnement

personnalisé), et de nouveaux programmes disciplinaires. Concernant les MPS, les thèmes ont souvent peu de liens avec les connaissances universitaires des professeurs, en particulier de ceux de mathématiques. La démarche à suivre (pédagogie de projet, pluridisciplinarité, mise en œuvre de séances fondées sur des démarches d'investigation) est aussi éloignée de leurs pratiques habituelles. Les professeurs sont dans une phase de réorganisation de leur système documentaire à la recherche de nouvelles ressources, c'est-à-dire dans un contexte d'incident documentaire, qui dépasse le seul enseignement des MPS. Or, à quelques semaines de la rentrée et en l'absence de manuel, la seule ressource disponible, spécifiquement conçue dans cet objectif, réside dans le « document Ressources MPS » déjà cité. Ainsi le contexte d'incident documentaire croise, en 2010, celui de ressources manquantes. Ces ressources manquantes vont faire défaut à la majorité des professeurs en charge de cet enseignement d'exploration. Bien sûr certains enseignants ayant un cursus particulier ou dont les centres d'intérêt rencontrent un des thèmes (son, art, etc.) peuvent se sentir plus à l'aise mais majoritairement les professeurs impliqués expriment alors un sentiment de manque de ressources. (IV.3.1)

Dans un deuxième temps, nous avons listé de la façon la plus exhaustive possible l'offre des ressources disponibles quatre ans après la mise en œuvre des MPS (IV.1). L'analyse de ces ressources montre qu'elles se classent en quatre catégories. La première que nous proposons de nommer « ressources propres » est constituée des ressources spécifiquement conçues pour servir de ressources pour le dispositif étudié, ici les MPS. La deuxième est constituée de « ressources recyclées », c'est-à-dire conçues pour un autre dispositif ou encore dans un but non scolaire, comme des articles scientifiques, et proposées pour servir de ressources aux MPS, mais qui restent à adapter. La troisième catégorie regroupe les ressources conçues par des enseignants impliqués en MPS. Cette catégorie est principalement constituée de supports de séances destinés à être projetés ou distribués aux élèves, ainsi que de comptes rendus de mise en œuvre souvent sous forme de diaporamas. On trouve enfin quelques articles d'analyses de pratiques que nous classons dans une quatrième catégorie. (IV.2.1)

Nous avons porté une attention spécifique aux ressources propres et nous constatons qu'elles restent peu nombreuses après quatre ans de mise en œuvre. Aucun manuel n'est paru sur les MPS, peu d'IREM ont travaillé sur ce sujet, seuls deux dispositifs soutenant la création de ressources par les enseignants ont été mis en place (un TraAM et un groupe de réflexion académique), enfin un seul musée a conçu spécifiquement des ressources dans cet objectif. Par ailleurs, nous n'avons trouvé aucune ressource propre qui ait été conçue après 2012. (IV.3.2)

L'analyse plus spécifique des ressources conçues par les enseignants impliqués dans cet EE met à jour le rôle prépondérant joué par le « document Ressources MPS », et en particulier le projet « Autour de la disparition de Monsieur X » proposé pour le thème « Science et investigation policière » et qui est particulièrement détaillé. En effet, ce projet peut être identifié comme ressource-mère d'un nombre conséquent des ressources conçues par des enseignants pour soutenir leurs séances. Certaines équipes sont restées très proches du projet « Autour de la disparition de Monsieur X » aussi bien dans le contenu que dans l'organisation. À l'inverse, quelques ressources trouvées lors de notre recherche documentaire montrent une approche totalement différente. Cependant, l'essentiel des équipes a utilisé le projet cité de

façon intermédiaire : comme source d'inspiration évidente mais en adaptant l'énigme et/ou les indices. Les ressources propres, conçues plus tardivement semblent au contraire peu utilisées, en tout cas nous n'avons pas rencontré de ressources reprenant les projets qui y sont proposés. Ceci est à modérer par le fait que nous disposons de peu de comptes rendus de mise en œuvre datant d'après 2012. Il est aussi possible que les enseignants, après de longues heures de préparation fournies la première année, n'aient pas souhaité changer de projet les années suivantes. (IV.3.3)

L'organisation suggérée par le projet « Autour de la disparition de Monsieur X » et suivie par de nombreuses équipes pédagogiques, qui consiste en une séance de présentation commune puis une répartition des indices entre les disciplines, a induit un type de travail pluridisciplinaire comme juxtaposition d'enseignements disciplinaires. Parmi les ressources conçues par des enseignants impliqués, environ la moitié est conçue par un seul enseignant et n'implique qu'une seule discipline. Certaines ressources sont issues de collectifs monodisciplinaires (les professeurs d'une même discipline du lycée impliqués en MPS). Les autres sont l'œuvre de collectifs pluridisciplinaires mais il s'agit alors surtout de comptes rendus de mises en œuvre. Par ailleurs, ces ressources sont le plus souvent accessibles par l'intermédiaire de sites/pages directement liés à une discipline (académiques, associatifs, personnels). (IV.3.4).

Cette recherche documentaire, nous permet de soutenir notre hypothèse H2 : dans un contexte d'incident documentaire et de ressources manquantes, la première ressource propre, spécifiquement conçue pour servir de ressources à cet enseignement, le « document ressources MPS » a fortement impacté le contenu des séances mais aussi les modalités d'interaction entre les disciplines induisant des régularités dans les pratiques sur les premières années. D'autres questions restent sans réponse, et en particulier pourquoi les enseignants profitent si peu de la marge de liberté qui leur est laissée, y compris par la présence d'un thème libre. Le projet « Autour de la disparition de Monsieur X », qui est à la fois détaillé et issu d'une ressource institutionnelle, a pu être un frein à la conception de séances plus originales, les professeurs se repliant sur cette ressource pour des raisons d'économie didactique.

VI.1.3 - TYPE DE SÉANCES CONÇUES ET MISES EN ŒUVRE

Si la recherche documentaire menée nous permettait d'avoir une vision globale de l'offre des ressources disponibles, de celles utilisées et de celles conçues, il restait compliqué, sans interroger leurs concepteurs et sans voir leur mise en œuvre de ces supports, d'obtenir davantage d'informations. Nous avons alors mené des observations de séances MPS animées par des professeurs de mathématiques dans des classes ordinaires et nous avons mené des entretiens auprès des professeurs des différentes disciplines.

Le premier élément mis à jour après deux ans de rencontres, d'entretiens et d'observations, réside dans le fait que les pratiques des enseignants ne peuvent pas être dissociées de l'organisation institutionnelle des enseignements d'exploration et des moyens attribués. En effet, dans le cadre de la réforme du lycée de 2010, les établissements sont libres de l'organisation des enseignements d'exploration. Il en résulte des fonctionnements très divers

des MPS d'un établissement à l'autre, parfois même entre deux classes du même établissement. De même, les moyens attribués sont très différents d'un lycée à l'autre. La répartition des élèves en groupes classes ou en barrettes, la gestion du temps scolaire souvent laissée à la charge des enseignants, les moyens matériels donnés, les salles attribuées et plus généralement la considération portée à cet enseignement impactent les composantes institutionnelle et sociale qui rejaillissent sur la composante personnelle (V.4.1). Ce qui nous conduit à soutenir une partie de notre hypothèse H2 sur l'impact de l'organisation des enseignements d'exploration, du temps scolaire et des moyens donnés sur les pratiques des enseignants sur les pratiques.

L'analyse de séances, considérées comme fondées sur des DI par le professeur qui les avait conçues et soutenues, conforte les résultats obtenus par ailleurs (Mathé, 2010 ; Artigue, 2011). Le professeur laisse peu responsabilités aux élèves lors des phases cruciales d'émission de conjectures et de propositions de démarches pour les éprouver. L'analyse des séances observées à partir du modèle ESFI (Grangeat 2011), conduit à des constellations (illustrations 18, 30, 32) dont certaines branches sont atrophiées, celles concernant la nature du problème, la responsabilité des élèves et la place de l'argumentation (V.1.5).

Ces constatations nous ont conduite à initier un atelier IREM visant spécifiquement la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI (V.3.2 et V.3.3). Les séances MPS, conçues dans le cadre de l'atelier avec l'appui de cette réflexion collective, bien que perfectibles, nous semblent plus proches des attentes de l'institution en ce qui concerne les DI que celles observées dans d'autres classes. Les élèves ont davantage de responsabilités à toutes les étapes de la DI. Ils construisent le questionnement initial à partir de la situation proposée par l'enseignant, ce qui favorise la dévolution du problème. L'enseignant laisse des temps de recherche conséquents pour permettre aux élèves de formuler des conjectures et de proposer des démarches pour les éprouver. Les phases d'échanges ne se limitent pas au groupe, l'enseignant fait communiquer à la classe les propositions de certains élèves, propositions qui sont ensuite discutées. Les élèves sont encouragés à argumenter et à justifier leurs réponses par des connaissances ou des résultats. Ils sont aussi impliqués dans la structuration des connaissances et ils sont conduits à s'autoévaluer (cette dernière phase résultant d'une réflexion menée l'année précédente sur l'évaluation par compétences) (V.3.4).

VI.1.4 - LE RÔLE DES COLLECTIFS

Afin de percevoir le rôle du collectif MPS pluridisciplinaire dans lequel le professeur de mathématiques est inscrit nous avons prolongé nos entretiens auprès de professeurs de sciences (V.1.6 et V.3.5). La première tâche de ce collectif consiste à gérer l'organisation de cet EE : répartition des séances sur l'année, répartitions des élèves dans différents groupes, répartitions des séances entre les professeurs. Le collectif pluridisciplinaire va aussi choisir le thème ou les deux thèmes qui seront traités dans l'année. Ce choix se résume souvent à reconduire les thèmes de l'année précédente. Certains collectifs prévoient ensuite un projet pluridisciplinaire commun à la classe, mais nous avons aussi constaté que d'autres se dispensent de ce projet commun, redéfinissant ainsi la tâche prescrite à la baisse. Ce travail sur le projet commun conduit à des ressources dont certaines ne sont pas divulguées aux élèves mais qui permettent aux enseignants de bien comprendre le rôle qu'ils ont à jouer dans

le projet global. Dans tous les lycées visités, la première séance de chaque thème est menée collectivement par l'ensemble des professeurs en présence de tous les élèves. L'organisation de cette séance commune est une autre tâche du collectif pluridisciplinaire. Il est également chargé de l'évaluation. Lorsque celle-ci est effectivement mise en place, elle conduit à des ressources sous forme de grilles d'évaluation par compétences. Ici encore, la tâche peut-être redéfinie à la baisse en omettant toute évaluation. Le collectif pluridisciplinaire s'inscrit dans une coopération distribuée (Grangeat, 2011) : les buts immédiats des acteurs sont distincts, leurs tâches sont différentes, mais leurs activités convergent vers l'atteinte d'un même objectif. L'enjeu est la compréhension par chacun du rôle qu'occupe son activité dans le processus de travail global afin que tous puissent se sentir en partie responsables de l'action collective. (V.4.2)

Nous avons observé des transmissions de ressources entre collectifs pluridisciplinaires la même année ou d'une année sur l'autre. Ces collectifs sont rarement disjoints (certains professeurs enseignent les MPS au sein de deux collectifs, d'autres sont impliqués sur plusieurs années), mais dans le même temps ils sont aussi rarement totalement identiques. Nous n'avons observé qu'un seul collectif stable sur deux années disciplinaires consécutives. Les échanges de ressources portent sur l'organisation générale, le contenu de la séance de présentation, les modalités d'évaluation. Ces échanges entre collectifs pluridisciplinaires la même année ou d'une année sur l'autre induisent une reproduction des pratiques (même thème, même organisation) et freinent les enseignants qui voudraient changer de thème. Nous avons par contre observé très peu d'échanges sur le contenu des séances menées individuellement et rien de conséquent en dehors d'une tentative d'intégration d'une séance entre deux professeurs de sciences. (V.4.2)

Lors des échanges avec les différents professeurs, ils nous parlaient régulièrement de ressources transmises par des professeurs de la même discipline intervenant en MPS la même année ou les précédentes. Ceci nous a conduit à prendre en compte un second collectif disciplinaire, composé des professeurs de la même matière impliqués en MPS la même année ou les années précédentes. Ce collectif va intervenir pour la conception des séances menées individuellement. Certaines ressources sont directement issues d'une réflexion collective entre deux professeurs. Dans tous les cas, qu'elles aient été conçues individuellement ou à plusieurs, ces ressources sont souvent transmises aux autres collègues de la même discipline. Cette situation ne semble pas spécifique aux mathématiques. (V.4.2).

Ces différentes observations nous permettent de soutenir notre hypothèse H3 : les enseignants de mathématiques sont impliqués dans un double collectif, celui avec leur équipe MPS pluridisciplinaire et celui entre professeurs de mathématiques du même lycée impliqués en MPS et c'est surtout au sein de la discipline que les professeurs de mathématiques trouvent les ressorts de ce travail pluridisciplinaire.

VI.1.5 - LE DÉVELOPPEMENT DE COMPÉTENCES PROFESSIONNELLES

Notre recherche est partie de deux hypothèses. La première, que les MPS représentaient un contexte favorable à la mise en œuvre de séances fondées sur des DI. Nous reviendrons sur cette hypothèse dans la partie suivante. La seconde, que les échanges entre les professeurs des

différentes disciplines les conduiraient à une meilleure compréhension de la démarche fondée sur l'investigation. Nos observations ne nous ont pas permis de mettre à l'épreuve cette seconde hypothèse. En effet, aucun des professeurs de mathématiques observés n'a bénéficié ou initié de tels échanges avec ses collègues de sciences. Néanmoins, nos analyses montrent le développement de compétences concernant la conception et la gestion de séances fondées sur des DI ainsi que le développement de compétences liées au collectif pluridisciplinaire en cas de projet commun.

Le suivi d'un même enseignant sur deux années scolaires montre le développement de compétences sur la conception et la gestion de séances fondées sur des DI. On observe ainsi une meilleure prise en compte du temps nécessaire pour chaque tâche et de la diversité des élèves. De plus, en fin d'année, même si c'est toujours l'enseignant qui met en place les étapes de la DI, les élèves sont amenés à mieux en percevoir les différentes étapes. Ceci nous permet d'inférer le développement de connaissances professionnelles sur la nature même d'une DI mais aussi sur les connaissances et les compétences attendues de la part d'élèves de seconde. Ce développement de compétences professionnelles se fait indépendamment du collectif pluridisciplinaire mais est probablement favorisé par l'investigation réflexive que nous avons initiée. Par ailleurs, le suivi des séances sur la deuxième année montre une intégration de la démarche d'investigation dans le système de ressources propre aux MPS de l'enseignant, ainsi que la conception de ressources plus aptes à soutenir des DI (V.4.5). Ainsi, même si des difficultés persistent, le développement professionnel sur les DI peut se mettre en œuvre malgré l'absence d'échanges sur ce point au sein des équipes pédagogiques pluridisciplinaires MPS.

Les enseignants impliqués dans l'atelier IREM et soutenus par ce dispositif dans la conception et la gestion de séances fondées sur des DI développent eux aussi des compétences professionnelles. Les échanges lors de leur première rencontre ont favorisé une meilleure appropriation des différentes demandes institutionnelles (problèmes ouverts, narrations de recherche, etc.), ainsi que des différentes étapes des DI et du rôle des professeurs et des élèves à chaque étape. Ensuite, Boris montre au fur et à mesure de la reproduction de la séance une amélioration du guidage apporté aux élèves ainsi qu'une meilleure gestion de la phase de structuration des connaissances. L'analyse des séances de Teddy met à jour des compétences dans l'organisation didactique (alternance de temps de recherche individuelle, de bilan, de recherche en groupe) et dans le guidage des élèves. On observe aussi la production de ressources visant la prise de notes pendant la séance (V.4.5). Nous inférons le rôle positif de ce collectif structuré par l'atelier IREM, dans l'appropriation des DI par les enseignants. Une réflexion collective sur la nature même des DI avec d'autres enseignants et un formateur pourrait contribuer à aider les enseignants à faire confiance aux élèves sur leurs capacités à proposer des conjectures et à se faire confiance pour gérer les imprévus didactiques. Il faut aussi que les enseignants acceptent ce temps de recherche sans avoir une impression de perte de temps et qu'ils ne quantifient pas le travail effectué lors d'une séance uniquement par le nombre de notions abordées par le professeur au tableau mais aussi par le niveau de compréhension et d'assimilation de ces notions par les élèves. Le travail mis en œuvre au sein de cet atelier IREM, nous permet de conforter notre hypothèse H4 sur le développement professionnel de compétences liées à la conception et à la mise en œuvre de séances fondées sur des DI qui serait favorisé par un travail collectif de ce type.

Enfin, dans le cas où un projet commun pluridisciplinaire est mis en œuvre, on observe le développement de compétences liées au travail collectif et à la gestion d'un projet : meilleure prise en compte du projet global et du rôle de chaque enseignant au sein de ce projet, mise en place d'une évaluation commune. Ceci est particulièrement le cas pour Dominique. Ainsi même si le travail pluridisciplinaire n'a pas conduit à ce que nous attendions, il reste porteur de développement professionnel.

VI.1.6 - LES RESSOURCES AU CŒUR DES PRATIQUES

Ainsi, les ressources jouent un rôle central dans notre travail comme dans celui des professeurs engagés dans cet enseignement. La perception de la tâche prescrite ne peut se faire qu'au travers du programme et du document d'accompagnement. L'organisation institutionnelle des enseignements d'exploration et du temps scolaire, les moyens donnés impactent fortement les pratiques en MPS. Le collectif pluridisciplinaire se construit autour des ressources conçues pour gérer l'organisation de cet enseignement, soutenir le projet et organiser son évaluation. Le collectif disciplinaire se traduit par la conception collective de supports de séances ou par des échanges de ressources. Plus généralement, la principale ressource propre, le « document ressources MPS » a fortement impacté les pratiques sur plusieurs années. Les genèses documentaires nous ont permis d'inférer le développement de compétences professionnelles concernant la conception de séances fondées sur des DI. L'ensemble nous conduit au rôle central des ressources dans les pratiques des professeurs de mathématiques en MPS.

VI.2 - LIMITES MÉTHODOLOGIQUES DE NOTRE ÉTUDE

Nous revenons ici brièvement sur la méthodologie conçue et suivie et sur les limites de notre étude qui se décompose en trois temps : la recherche documentaire, le suivi de professeurs dans le cadre de pratiques ordinaires, le suivi de professeurs engagés dans un atelier IREM que nous avons initié.

La recherche documentaire s'est prolongée principalement sur deux mois (décembre 2014 et janvier 2015) mais elle n'a pu être complétée et achevée qu'en mai/juin 2015. Bien que l'essentiel des ressources disponibles aient été conçues et mises à disposition en 2010 et 2011, un décalage de six mois est à prendre en compte entre les premiers sites visités (les sites académiques) et les derniers (les forums d'enseignants de sciences et les sites marchands). De plus, cette recherche a été faite principalement sur le net. Les ressources les plus anciennes datant de 2010, l'essentiel des ressources est accessible via Internet à cette période. Les ressources non numériques, comme les revues papier, permettent un accès à leur sommaire par l'intermédiaire des sites associés. Il est néanmoins possible qu'en ne privilégiant que la recherche sur le net nous sommes passée à côté de certaines ressources. Il est par contre certain que nous avons oublié certaines ressources du net, la multiplicité des sites sources et la dispersion des ressources à l'intérieur des différents sites rendent impossible toute exhaustivité.

La méthode de suivi envisagée au départ, aussi bien avec Dominique qu'avec les professeurs de l'atelier IREM, prévoyait des entretiens avant et après chaque séance observée. Cela n'a pas pu être respecté à la lettre. Nous avons dû tenir compte des contraintes et des disponibilités de chacun y compris les miennes. Il manque aussi parfois des éléments importants dans les entretiens que nous avons menés en particulier ceux de la première année. Il nous aurait peut-être fallu des grilles d'entretiens à la fois plus précises et plus larges. Dans le même temps, nous avons progressé au fur et à mesure de nos rencontres et de nos observations. Nos hypothèses de départ ont été invalidées et remplacées par d'autres entraînant de nouvelles questions. Néanmoins, malgré toutes nos maladresses, nous pensons avoir réussi à instaurer avec les enseignants qui nous ont reçue une relation de confiance qui nous a permis d'obtenir des informations fiables. Le fait de ne pas suivre une grille d'entretien trop stricte a contribué à laisser les enseignants déborder des questions qui nous intéressaient et cela nous a permis d'obtenir des informations inattendues mais très riches *à posteriori*.

Les enseignants observés étaient très différents. Boris était un peu moins disponible pour accorder des entretiens mais il parlait beaucoup sans barrière visible sur ses ressentis, ses difficultés et ses critiques. Il n'hésitait pas à parler spontanément de ses expériences pédagogiques antérieures, de ses représentations sur la nature des savoirs scientifiques et sur l'apprentissage des mathématiques. Teddy et Dominique étaient davantage disponibles mais d'un caractère plus discret. Leurs commentaires restaient davantage sur la séance elle-même, les connaissances abordées, les élèves, les moyens techniques. Les projets de Geneviève et Olivier nous semblaient intéressants mais ne correspondaient pas à notre sujet de recherche.

Le moyen choisi pour filmer les séances de Teddy et Boris à partir d'une caméra fixe, le professeur étant équipé d'un micro-cravate, nous semble à présent insuffisant. La salle est organisée en « E » face au tableau. La caméra fixe était installée en bas à gauche du E ne permettant pas de voir les ordinateurs situés dans la partie haute du E. Si la caméra fixe permettait de bien filmer le tableau, il était, par contre, impossible de filmer les écrans de la plupart des élèves en particulier lorsque le professeur circulait de groupe en groupe. Il aurait fallu pour cela une petite caméra mobile en plus qui se serait déplacée en même temps que le professeur mais cela aurait demandé un autre adulte dans la salle, un pour gérer la caméra fixe et un pour la caméra mobile au risque de perturber davantage les élèves et le professeur. Le micro-cravate permettait de bien entendre l'enseignant mais les paroles des élèves auxquels il s'adressait sont parfois plus ou moins audibles.

Nous n'avons pas été assez directive sur le contenu des carnets de bord. Il y manque des informations attendues en particulier sur les ressources utilisées et le temps passé. Lorsque les professeurs visitent des sites internet qu'ils ne sélectionnent pas, il n'en garde pas de trace alors que cela peut les ressourceur de façon imperceptible y compris par eux même, parfois avec un décalage dans le temps. De même, les discussions informelles entre les enseignants en salle des professeurs ou entre deux cours ne figurent pas sur les carnets de bord. Enfin, la première année, nous avons manqué d'assurance et nous n'avons pas demandé d'entretiens aux professeurs de sciences engagés dans les collectifs pluridisciplinaires des professeurs de mathématiques observés.

Concernant l'atelier IREM, nous l'avons constitué pour interroger le collectif mais, comme les deux professeurs n'abordaient pas le même thème, les échanges ont eu lieu principalement au début pour situer la DI par rapport à d'autres demandes institutionnelles et en comprendre les étapes. Ensuite, les professeurs ont conçu leurs séances seuls et le collectif n'a pas vraiment joué le rôle attendu. Le fait que Boris reproduise trois fois la même séance sur une période de quatre semaines nous a permis de questionner la double régulation (Rogalski, 2003) mais ne nous a pas permis d'observer d'autres séances. Pour Teddy, nous avons pu observer trois séances différentes mais le phénomène de régulation observé ne concerne pas la même séance. En conséquence, pour chaque enseignant nous mobilisons des méthodes d'analyse légèrement différentes.

Outre la difficulté pour trouver des professeurs qui acceptent nos visites dans leurs classes, il était compliqué d'élargir l'échantillon des professeurs observés. Planifier les entretiens, les visites de classe, les entretiens ponctuels avec des professeurs dont la rencontre permettait un autre éclairage, nous a mobilisé pendant deux années pleines. Les transcriptions encore plus longtemps.

Cet échantillon de professeurs de mathématiques ne peut pas être considéré comme représentatif de l'ensemble des professeurs de mathématiques engagés en MPS. D'abord, le simple fait d'accepter notre présence alors que tant d'autres ont refusé montre une approche particulière des MPS. Geneviève, Tilaga et Boris étaient engagés dans des thèmes et/ou projets qu'ils avaient eux-mêmes initiés. Tilaga, Olivier et Boris font partie de professeurs qui participent régulièrement à des ateliers IREM. Boris est aussi souvent associé à des projets initiés par l'inspection. Boris et Teddy ont, pendant l'année où ils étaient observés, assisté aux différents séminaires de l'IREM et plusieurs ateliers abordaient la DI, les tâches complexes, les narrations de recherches. Enfin, certains des outils de recueil de données que nous avons

mis en place suscitent la réflexivité des enseignants sur leur propre pratique et sont susceptibles d'induire à eux seuls le développement de compétences professionnelles. Il s'agit donc bien d'un focus sur les pratiques de quelques professeurs de mathématiques.

La recherche documentaire systématique sur les sites de toutes les académies y compris la nôtre, et sur les sites des différents collectifs de professeurs nous a permis d'élargir notre angle d'étude. Les deux parties se complètent et se confortent l'une l'autre et nous permettent malgré tout d'apporter des éléments de réponses à nos questions de départ.

Concernant le suivi de professeurs dans des pratiques ordinaires, nous sommes partie de l'idée que tous les enseignants engagés en MPS allaient concevoir et soutenir des séances fondées sur des DI comme moyen d'initier les élèves à la démarche scientifique. Nous avons pensé que chacun d'eux avait une idée précise de ce en quoi consistait une DI. Les nombreuses lectures faites nous avaient alertées sur les difficultés rencontrées par les professeurs de mathématiques pour modifier leurs pratiques dans l'objectif des DI mais nous comptions sur les échanges au sein du collectif pluridisciplinaire pour favoriser le développement de compétences professionnelles. Nous avons aussi considéré que les séances MPS représentaient un contexte favorable aux DI : plages horaires de deux heures, effectifs moins élevés, absence de programme en termes de connaissances visées.

C'est sur ces différentes bases que nous avons débuté notre travail. C'est en particulier ainsi que nous avons contacté par mail les professeurs pour leur demander de nous accueillir dans leurs classes. Il nous semblait important qu'ils connaissent, sans aller dans le détail, le sujet de notre recherche : la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI en MPS. Avec le recul, c'est certainement une des raisons pour laquelle nous avons reçu aussi peu de réponses favorables. Une partie d'entre eux ne percevait pas la tâche ainsi, une autre partie l'avait redéfinie volontairement. D'autres enfin, à l'image des professeurs engagés dans l'atelier IREM, devaient avoir une idée très vague de ce dont nous parlions. Nous aurions peut-être eu davantage de réponses favorables en étant moins précise sur le travail attendu en termes de DI mais nous aurions alors perdu du temps à observer des séances qui ne correspondaient pas à nos attentes.

Avec le recul, il est possible que le cadre des MPS ne soit pas aussi favorable à la mise en œuvre de DI que nous le pensions. Certes les séances sont plus longues et avec des effectifs moins élevés que dans une classe habituelle mais deux éléments nous semblent important à prendre en compte. Le premier est que dans la majorité des cas les professeurs ne connaissent pas les élèves qu'ils ont devant eux et qu'ils ne vont voir qu'à deux ou trois reprises par semestre pour des séances menées individuellement. Cet enseignement n'est pas noté et n'intervient pas dans les choix d'orientation. Même si globalement les professeurs que nous avons observés n'ont pas rencontré de grosses difficultés de gestion de classe cela reste un sujet d'inquiétude pour eux. Par ailleurs, les sujets abordés en MPS en particulier par les professeurs de mathématiques sortent de leur champ disciplinaire habituel. Déterminer l'heure du décès par la courbe de décroissance thermique ne fait pas partie des connaissances acquises par un étudiant de mathématiques. Ainsi, le contexte des MPS, avec des élèves inconnus et des connaissances fragiles n'est peut-être pas favorable à la prise de risque représentée par la gestion d'une séance fondée sur l'investigation quand on n'en a pas une pratique habituelle.

Même si, depuis le départ, notre questionnement vise l'initiation à la démarche scientifique, la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI, le choix de le mener dans le cadre de l'enseignement d'exploration MPS nous a, à plusieurs reprises, emmené sur des chemins de traverses. Fallait-il se focaliser sur l'aspect pluridisciplinaire, sur le travail collectif, sur l'évaluation par compétences.

Enfin, pour percevoir le développement de compétences professionnelles chez les enseignants le suivi effectué bien que long reste insuffisant. Modifier ses pratiques dans le sens des DI représente un véritable changement de paradigme d'enseignement. Notre suivi a permis de mettre à jour les difficultés rencontrées par les professeurs qui s'y essaient, les situations inconfortables face aux élèves qu'ils peuvent être amenés à traverser, mais aussi les avancées et les reculs qu'ils effectuent. Il ne nous a pas permis de voir si ces évolutions se poursuivent après notre départ et surtout si elles se diffusent dans les cours disciplinaires. Ce qui nous conduit à notre dernière partie sur les perspectives envisagées.

VI.3 - PERSPECTIVES DE RECHERCHE ET DE VALORISATION

À la fin de nos observations en 2014, plusieurs des enseignants rencontrés exprimaient une forme de lassitude par rapport aux thèmes traités depuis trois ans, en particulier celui sur l'investigation policière, et ils envisageaient de changer de thème. Olivier espérait ainsi réussir à convaincre ses collègues d'accepter un thème en lien avec l'économie dans le cadre du thème libre. Le groupe de Geneviève voulait monter un projet sur la danse. Il serait intéressant de retourner dans ces lycées afin de voir ce qui s'y est passé. De nouveaux projets ont-ils vu le jour ou bien les anciens ont-ils perduré ? Si cette dernière solution a été choisie, cela voudrait dire que les choix de la première année en 2010 continuent à impacter les pratiques en MPS. Si de nouveaux projets ont été montés, il serait intéressant de voir si, après plusieurs années d'expérience, ceux-ci sont davantage pluridisciplinaires et si la ressource-mère principale est toujours le « document Ressources MPS ».

Comme déjà abordé dans le paragraphe précédent, la modification des pratiques dans le sens des DI demande de la part des enseignants un véritable changement de paradigme d'enseignement dont nous n'avons observé que les prémices. Ces premières tentatives ont pu les inciter à poursuivre ces changements tout comme les conforter dans l'idée que cela est trop compliqué à mettre en œuvre et demande trop de temps. Il serait particulièrement intéressant de retourner observer les professeurs qui ont expérimenté la conception et la mise en œuvre de séances fondées sur des DI pour voir si leurs tentatives ont perduré après notre départ et ont diffusé dans leurs cours disciplinaires.

Par ailleurs, la réforme du collège prévue à partir de la rentrée 2016 devrait nous ouvrir de nouveaux champs d'observation. Les enseignements pratiques interdisciplinaires (EPI) qui sont à mettre en place à partir de la cinquième s'inscrivent dans les dispositifs visant le décroisement des disciplines et fondés sur la pédagogie de projet :

« Ils [les EPI] permettent de construire et d'approfondir des connaissances et des compétences par une démarche de projet conduisant à une réalisation concrète, individuelle ou collective (qui peut prendre la forme d'une présentation orale ou écrite, de la constitution d'un livret ou d'un carnet, etc.). »

http://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin_officiel.html?cid_bo=90913

La liberté laissée aux établissements sur l'organisation des EPI semble encore plus large que pour les MPS or, nous avons vu quel est l'impact de cette organisation sur les MPS :

« Les enseignements pratiques interdisciplinaires peuvent être de durée variable (trimestrielle, semestrielle, annuelle), sur un horaire hebdomadaire de 1 à 3 heures. Un établissement peut combiner des enseignements pratiques interdisciplinaires de durées différentes. ».

http://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin_officiel.html?cid_bo=90913

On note néanmoins des différences notables entre cette réforme et celle mise en place au lycée en 2010. Tout d'abord, elle a été publiée une année avant sa mise en œuvre effective.

Ensuite des formations semblent avoir été programmées de façon systématique pour tous les enseignants de collège. Enfin, pour accompagner les nouveaux programmes, le ministère a fait élaborer par les éditeurs des banques de ressources éducatives et proposent à des enseignants de les tester. Une analyse des ressources propres ainsi conçues et mises à disposition pour les EPI et de leur utilisation par les professeurs pourrait constituer un prolongement de notre travail.

Enfin, dans un autre domaine, le travail engagé pourrait se poursuivre par une formation, inspirée des « lessons studies » japonaises (Gueudet et Lebaud, 2013). Les enseignants devraient concevoir ensemble une séance fondée sur une DI. S'il s'agit de séances MPS, il serait intéressant d'y associer des professeurs de physique-chimie et de SVT. Les enseignants devraient ensuite mettre en œuvre la séance conçue à tour de rôle dans leurs classes respectives. Chaque séance serait filmée et suivie d'une analyse collective, ce qui induirait des modifications entre chaque mise en œuvre. Le travail pourrait aboutir à la rédaction d'une fiche pédagogique sur cette DI la plus complète possible, en particulier en ce qui concerne les idées émises par les élèves, ce qui contribuerait à réduire les imprévus didactiques, sources d'inquiétude pour les enseignants, et à développer les ressources disponibles en terme de DI.

RÉFÉRENCES

MEN, BO n°1 du 12 janvier 1969

MEN, BO n°23 du 15 juin 2000

MEN, BO n°25 du 29 juin 2000

MEN, BO n°8 du 21 février 2002

MEN, BO n°16 du 18 avril 2002

MEN, BO n°39 du 27 octobre 2005

MEN, BO hors-série n°5 du 25 août 2006

MEN, BO spécial n°6 du 28 août 2008.

MEN, BO hors-série n° 3 du 19 juin 2008

MEN, BO n°30 du 23 juillet 2009

MEN, BO spécial n°4 du 29 avril 2010.

MEN, BO n°26 du 30 juin 2011

MEN, BO n°10 du 6 mars 2014

IGEN (1998). *Le manuel scolaire*. (Rapporteur : Borne, D.). En ligne : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/994000490.pdf>

IGEN (2000/2001). *L'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire*. En ligne : http://media.eduscol.education.fr/file/ecole/17/3/EXSREN11_112173.pdf

IGEN (2001). *Les Travaux Personnels Encadrés*. (Rapporteurs : Baconnet, M., Bottin, J. & Fort, M.). En ligne : <http://media.education.gouv.fr/file/86/1/6861.pdf>

IGEN (2009a). *L'enseignement intégré de science et technologie (EIST)*. (Rapporteurs : Perrot, N., Pietryk, G. & Rojat, D.). En ligne : http://www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/minisites/EIST/PDF/IGEN_rapport_2009.pdf

IGEN (2009b). *L'expérimentation d'une épreuve pratique de Mathématiques au baccalauréat de la série S*. (Rapporteur Burban, A.). En ligne : http://media.education.gouv.fr/file/2009/34/2/Experimentation-epreuve-maths-serie-S_127342.pdf

IGEN (2011). *Mise en œuvre de la réforme des lycées d'enseignement général et technologique*. (Rapporteurs : Moisan, C. & Cuisinier, J.F.). En ligne : http://media.education.gouv.fr/file/La_reforme_du_lycee/89/4/Mise-en-oeuvre-de-la-reforme-

IGEN (2012). *Les manuels scolaires : situation et perspectives*. (Rapporteur : Leroy, M.). En ligne : http://cache.media.education.gouv.fr/file/2012/07/3/Rapport-IGEN-2012-036-Les-manuels-scolaires-situation-et-perspectives_225073.pdf

Adler, J. (2010). La conceptualisation des ressources. Apports pour la formation des professeurs de mathématiques. In G. Gueudet & L. Trouche (éds), *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (pp. 23-39). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.

Andral, L., Fontana, J., Robert, J.-P. & Saby, N. (2003). Mathématiques et TPE : Un enjeu important. *Repères-IREM*, 52, 97-111. En ligne : http://www.univ-irem.fr/exemple/reperes/articles/52_article_364.pdf

Artigue, M. (1990). Ingénierie didactique, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9(3), 281-308.

Artigue, M. (2011). *Les défis de l'enseignement des mathématiques dans l'éducation de base. Rapport pour l'UNESCO*. En ligne : <http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001917/191776f.pdf>

Astolfi, J.-P. (1990). L'émergence de la didactique de la biologie, un itinéraire. *Aster*, 11, 194-224. En ligne : <http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/aster/RA011-10.pdf>

Beaufort, S., Caussidier, C., Hausberger, B., Hausberger, T., Molinatti, G. & Robert, J.-P. (2013). Explicitation croisée des démarches d'investigation en sciences : un levier pour donner du sens et favoriser le dialogue entre disciplines scolaires, IREM de Montpellier. En ligne : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/hal-00879218/document>

Belhoste, B. (1995). *Les sciences dans l'enseignement secondaire français, textes officiels, tome 1 : 1789-1914*. INRP, Paris : Éditions Économica.

Bkouche, R. (2001). Le dernier gadget à la mode : les TPE. *Repères-IREM*, 42, 59-64. En ligne : http://www.univ-irem.fr/exemple/reperes/articles/42_article_298.pdf

Blanchet, A. & Gotman, A., (1992). *L'enquête et ses méthodes : l'entretien*. Paris : Nathan université.

Boilevin, J.M. & Brandt-Pomares P. (2011). Démarches d'investigation en sciences et en technologie au collège : les conditions d'évolution des pratiques. In M. Grangeat (dir), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique, Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisition des élèves* (pp. 51-76). Lyon : École Normale Supérieure.

Boilevin, J.M. (2013). La place des démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences. In M. Grangeat (éd), *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe* (pp. 23-44). Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.

Bonafé, F., Chevallier, A., Combes, M.-C., Deville, A., Dray, L., Robert, J.-P. & Sauter, M. (2002). *Les narrations de recherche de l'école primaire au lycée*. IREM de Montpellier et APMEP. En ligne : <http://numerisation.irem.univ-mrs.fr/MO/IMO02003/IMO02003.pdf>

Boulet, M.H. & Delattre, J. (2003). Les TPE : une autre manière d'apprendre pour les

élèves, et pour les enseignants. *Repères-IREM*, 52, 43-58. En ligne : http://www.univ-irem.fr/exemple/reperes/articles/52_article_362.pdf

Bourdon, P. (2012). Mise au travail des élèves, enrôlement et différenciation dans l'activité cognitive. In M. Hersant & C. Morin (dir.), *Pratiques enseignantes en mathématiques, Expériences, savoir et normes* (pp. 57-73). Pessac : Presses Universitaires de Bordeaux.

Brousseau, G. (2004). *Théorie des situations didactiques (Didactique des mathématiques 1970-1990)*. Textes rassemblés et préparés par N. Balacheff, M. Cooper, R. Sutherland, V. Warfield. Grenoble : La Pensée Sauvage (deuxième édition).

Bruillard, E. (2010). Le passage du papier au numérique : le cas des manuels scolaires. In G. Gueudet et L. Trouche (éds), *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (pp. 217-232). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.

Burban, A. (2011). *Suivi et analyse de la mise en œuvre de l'enseignement d'exploration MPS*. En ligne : http://www.univ-irem.fr/IMG/pdf/Annexe_4-1_CS-IREM_9-12-11.pdf

Busser, A. (2007). *La géométrie de la guitare*. En ligne : <http://irem.univ-reunion.fr/spip.php?article55>

Cariou, J.Y. (2010). Tentative de détermination de l'authenticité des démarches d'investigations. In *Actes des journées scientifiques DIES 2010* (pp. 57-66). En ligne : http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/dies2010/05-communications_recherches/05-2-cariou.pdf

Caussidier, C., Hagège, H., Hausberger, B., Hausberger, T., Henn, F., Molinatti, G., Morro, C., Rumeau, B. & Terki, F. (2013). *Option Sciences, Option Démarches et culture Scientifiques, Futurs enseignement d'exploration Méthodes et pratiques scientifiques : Travaux du groupe Enseignement Scientifique de l'IREM de Montpellier*. IREM de Montpellier–Université Montpellier 2.

Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Chevallard, Y. & Cirade, G. (2010). Les ressources manquantes comme problème professionnel. In G. Gueudet et L. Trouche (éds), *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (pp. 41-55). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.

Chevallard, Y. & Matheron Y. (2002). Travaux Personnels Encadrés : un cadre d'analyse didactique pour un changement majeur dans l'enseignement au Lycée. In *Actes des journées de la commission inter-IREM Didactique de Dijon* (pp.141-152). En ligne : http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id_article=50

Choppin, A. (1980). L'histoire des manuels scolaires : une approche globale. *Histoire de l'Éducation*, 9, 1-25. En ligne : <http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/histoire-education/RH009.pdf>

Choppin, A. (2005). L'édition scolaire française et ses contraintes : Une perspective historique. In E. Bruillard (dir.) *Manuels scolaires, regards croisés* (pp. 39-53). Caen : CRDP de Basse-Normandie.

Delserieys-Pedregosa, A., Gleize-Sarret, L. & Salviat, B. (2011). Dans le sillage de La

main à la pâte au collège, expérimenter un enseignement intégré de science et technologie en classes de 6^e et 5^e. In M. Grangeat (dir), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique, Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisition des élèves* (pp. 137-150). Lyon : École Normale Supérieure.

Dufossé, C. (2004). Des maths dans les TPE scientifiques, quelques exemples vécus. *APMEP, Plot*, 5, 18-23. En ligne : http://www.apmep.fr/IMG/pdf/TPE_scientifiques.pdf

Dupriez, V. (2011). Le travail collectif des enseignants : au-delà du mythe. *Travail et formation en éducation*, 1-10. En ligne : <http://tfe.revues.org/1492>

Gandit, M., Giroud, N. & Godot, K. (2011). Les situations de recherche en classe : un modèle de situation pour travailler la démarche scientifique en mathématiques. In M. Grangeat (dir), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique, Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (pp. 35-49). Lyon : École Normale Supérieure.

Gandit, M., Triquet, E. & Guillaud, J.-C. (2013). Démarches d'investigation : des représentations d'enseignants débutants aux pratiques. In M. Grangeat (éd), *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe* (pp. 197-210). Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.

Gardes, D. & Grenier, D. (2013). La démarche expérimentale en mathématiques et dans l'enseignement. In *actes de colloque IREM, la réforme des programmes du lycée et alors ?*, (pp. 89-99). IREM de Paris – Université Paris Diderot.

Grangeat, M. (2011). Le travail collectif enseignant : éléments de modélisation du développement professionnel. In M. Grangeat (dir), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique, Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisition des élèves* (pp. 79-106). Lyon : École Normale Supérieure.

Grangeat, M. (2013). Modéliser les enseignements scientifiques fondés sur les démarches d'investigation : développement des compétences professionnelles, apport du travail collectif. In M. Grangeat (éd), *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe* (pp. 155-184). Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.

Grangeat, M. & Aubert, J. (2009). *La stratégie de diffusion des démarches d'investigation en France*. Rapport pour la commission européenne dans la cadre du projet S-TEAM. En ligne : https://www.ntnu.no/wiki/download/attachments/8849024/STEAMdel4aGrMedit092010_FR.pdf?version=1

Gueudet, G., Lebaud, M.-P. (2013). Démarches d'investigations en sciences, collectifs dans la formation des enseignants : enquête sur un lien complexe. In M. Grangeat (éd), *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe* (pp. 95-114). Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.

Gueudet, G. & Trouche, L. (2007). Vers de nouveaux systèmes documentaires pour les professeurs de mathématiques ? In I. Bloch et F. Conne, *Actes de la 14^{ème} école d'été de didactique des mathématiques, Saint-Livrade*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Gueudet G. et Trouche, L. (2010). Des ressources aux documents, travail du professeur et

genèses documentaires. In G. Gueudet et L. Trouche (éds), *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (pp. 57-73). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.

Gueudet, G. et Trouche, L. (2010). Genèses communautaires, genèses documentaires : histoires en miroir. In G. Gueudet et L. Trouche (éds), *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (pp. 129-145). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.

Gueudet, G. et Vandebrouck, F. (2011). Technologies et évolution des pratiques enseignantes : étude de cas et éclairages théoriques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 31(3), 271-313.

Hache, C. (2010). Le cas des manuels dans l'enseignement des mathématiques. In F. Vandebrouck (coord), *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 345-370). Toulouse : OCTARÈS Éditions (deuxième édition).

Hammoud, R. (2012). *Le travail collectif des professeurs en chimie comme levier pour la mise en œuvre de démarches d'investigation et le développement des connaissances professionnelles. Contribution au développement de l'approche documentaire du didactique*. Thèse de doctorat. Université Claude Bernard Lyon 1.

Hersant, M. (2012). Le contrat didactique et l'organisation de la rencontre des élèves avec la savoir. In M. Hersant & C. Morin (dir.), *Pratiques enseignantes en mathématiques, Expériences, savoir et normes* (pp. 89-110). Pessac : Presses Universitaires de Bordeaux.

Khan, P. (2000). L'enseignement des sciences, de Ferry à l'éveil. *Aster*, 31, 9-35. En ligne : <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/8751>

Lebeaume, J. & Magneron, N. (2004). Itinéraires de découverte au collège : à la recherche des principes coordinateurs. *Revue Française de Pédagogie*, 148, 101-118.

Lebeaume, J. (2009). Les travaux scientifiques expérimentaux pour les classes de 6^e et 5^e. Retour sur les premiers essais d'un enseignement expérimental. *Aster*, 49, 25-50. En ligne : http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/31128/ASTER2009_49_25.pdf

Lebeaume, J. (2011). L'investigation pour l'enseignement des sciences : actualités des enjeux. In M. Grangeat (dir), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique, Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (pp. 19-34). Lyon : École Normale Supérieure.

Legrand, M. (2006). Le principe du "débat scientifique" dans nos classes et nos amphithéâtres, pourquoi et comment ?. En ligne : http://www-irem.ujf-grenoble.fr/spip/IMG/pdf/debat_s_prinb08a.pdf

Leplat, J. (1997). *Regards sur l'activité en situation dans le travail*. PARIS : PUF.

Leroy, N. (2011). Le volet français du projet S-TEAM : évaluation des effets d'un dispositif de formation incitatif à la mise en œuvre de démarches d'investigation en classe. In M. Grangeat (dir), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique, Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisition des élèves* (pp. 213-226). Lyon : École Normale Supérieure.

Lessard, C., Kamanzi, P. C. & Larochelle, M. (2009). De quelques facteurs facilitant l'intensification de la collaboration au travail parmi les enseignants : le cas des enseignants canadiens. *Education et Sociétés*, 23(1), 59-77. En ligne : <http://www.cairn.info/revue-education-et-societes-2009-1-page-59.htm>

Marcel, J.F. & Piot, T. (2014). Le travail collectif des enseignants en question(s). *Questions Vives*, 21, 1-3. En ligne : <http://questionsvives.revues.org/1524>

Martinet, E. & Gandit, M. (2011). Donner du sens à l'apprentissage des sciences et aux choix d'orientation, Exemples de construction de travail collectif enseignant au lycée. In M. Grangeat (dir), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique, Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisition des élèves* (pp. 123-136). Lyon : École Normale Supérieure.

Mathé, S. (2010). *La « démarche d'investigation » dans les collèges français - élaboration d'un dispositif de formation et étude de l'appropriation de cette méthode d'enseignement par les enseignants*. Thèse de doctorat. Université Paris Diderot. En ligne : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00516314/document>

Mathé, S., De Hosson, C. & Méheut, M. (2012). Démarche d'investigation en sciences physiques. Questions de transposition didactiques et formation des enseignants. In B. Calmettes (dir), *Didactique des sciences et démarches d'investigation, Références, représentations, pratiques et formation* (pp. 181-198). Paris : L'Harmattan.

Michel, D. (2011). *Mise en œuvre, gestion et évaluation des tâches complexes dans le cadre du socle commun*. En ligne : http://maths.ac-reunion.fr/IMG/pdf/Socle_commun_Taches_complexes_LaReunion.pdf

Monod-Ansaldi R. & Prieur M. (2011). *Démarches d'investigation dans l'enseignement secondaire : représentations des enseignants de mathématiques, SPC, SVT et technologie*. Rapport d'enquête IFÉ-ENS de Lyon.

Noguès, M. et l'Équipe Enseignement Scientifique IREM de Montpellier (2006). L'option sciences : un atout pour le dialogue entre les disciplines. *Repères-IREM*, 65, 91-103. En ligne : http://www.univ-irem.fr/exemple/reperes/articles/65_article_451.pdf

Ourliac, J. (2006). Cinq ans de pratique des TPE Math – SVT. *Repères-IREM*, 62, 57-70. En ligne : http://www.univ-irem.fr/exemple/reperes/articles/62_article_429.pdf

Pastori, M. (2013). Faire pratiquer une démarche d'investigation en classe de mathématiques : un exemple de coopération entre enseignants et chercheurs. In M. Grangeat (éd), *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe* (pp. 45-58). Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.

Peltier-Barbier, M.-L. (2004). Difficultés pour observer les pratiques en REP, méthodologie adoptée et premiers résultats. In M.-L. Peltier-Barbier (dir.), *Dur d'enseigner en ZEP* (pp. 52-62). Grenoble : La Pensée Sauvage.

Pepin, B., Gueudet, G. & Trouche, L. (2013). Investigating textbooks as crucial interfaces between culture, policy and teacher curricular practice: two contrasted case studies in France and Norway. *ZDM—The International Journal on Mathematics Education*, 45 (5), 685-698.

Perraudau, M. (2012). Interactions de guidage et apprentissage structurant. In M. Hersant

& C. Morin (dir.), *Pratiques enseignantes en mathématiques, Expériences, savoir et normes* (pp. 76-87). Pessac : Presses Universitaires de Bordeaux.

Perrenoud, P. (1999). *Apprendre à l'école à travers des projets : pourquoi ? comment ?*. En ligne: http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1999/1999_17.html

Perez-Roux, T. (2012). Interactions enseignants-formateurs-chercheur, logiques d'action et transactions identitaires. In M. Hersant & C. Morin (dir.), *Pratiques enseignantes en mathématiques, Expériences, savoir et normes* (pp. 182-200). Pessac : Presses Universitaires de Bordeaux.

Pineau-Choquet, C. (2014). *Une caractérisation des pratiques de professeurs des écoles lors de séances de mathématiques dédiées à l'étude de problèmes ouverts au cycle 3*. Thèse de doctorat. Université de Nantes.

Prieur, M. & Aldon, G. (2011). Un enseignement co-disciplinaire de la modélisation du cycle du carbone. *Repères-IREM*, 82, 23-36. En ligne : http://www.univ-irem.fr/exemple/reperes/articles/82_article_556.pdf

Prieur, M., Sanchez, E. & Aldon, G. (2011). Enseignement scientifique co-disciplinaire en classe de seconde : des éléments à prendre en compte pour sa mise en œuvre. In M. Grangeat (dir.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique, Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisition des élèves* (pp. 107-121). Lyon : École Normale Supérieure.

Prieur, M., Monod-Ansaldi, R. & Fontanieu, V. (2013). L'hypothèse dans les démarches d'investigation en sciences, mathématiques et technologie : convergences et spécificités disciplinaires des représentations des enseignants. In M. Grangeat (éd), *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe* (pp. 59-76). Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.

Remillard, J. (2010). Modes d'engagement : comprendre les transactions des professeurs avec les ressources curriculaires en mathématiques. In G. Gueudet et L. Trouche (éds), *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (pp. 201-216). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.

Robert, A. (2004). Que cherchons-nous à comprendre dans les pratiques des enseignants ? Quelles analyses menons-nous ? In M.-L. Peltier-Barbier (dir.), *Dur d'enseigner en ZEP* (pp. 15-32). Grenoble : La Pensée Sauvage.

Robert, A. (2010a). La double approche didactique et ergonomique pour l'analyse des pratiques d'enseignants de mathématiques. In F. Vandebrouck (coord), *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 59-65). Toulouse : OCTARÈS Éditions (deuxième édition).

Robert, A. (2010b). Le cadre général de nos recherches en didactique des mathématiques. In F. Vandebrouck (coord), *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 11-22). Toulouse : OCTARÈS Éditions (deuxième édition).

Rocard, M., Csermely, P., Hemmo, V., Jorde D., Lenzen D. & Wallberg-Henriksson H. (2007). *L'enseignement scientifique aujourd'hui : une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*. Rapport pour la Commission européenne. En ligne :

http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_fr.pdf

Rogalski, J. (2003). Y a-t-il un pilote dans la classe ?. Une analyse de l'activité de l'enseignant comme gestion d'un environnement dynamique ouvert. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 23(3), pp. 343-388.

Rogalski, J. (2010). Le cadre général de la théorie de l'activité. Une perspective de psychologie ergonomique. In F. Vandebrouck (coord), *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 23-30). Toulouse : OCTARÈS Éditions (deuxième édition).

Rogalski, J. (2013). Théorie de l'activité et cadres développementaux pour l'analyse liée des pratiques des enseignants et des apprentissages des élèves. *Cahiers du laboratoire de didactique André Revuz*, 5, 3-24. En ligne : <http://numerisation.irem.univ-mrs.fr/PS/IPS13001/IPS13001.pdf>

Rolland, J.-M. (2006). *L'enseignement des disciplines scientifiques dans le primaire et le secondaire*. Rapport d'information. Commission des affaires culturelles, familiales et sociales. Assemblée nationale.

Sabra, H. (2011). *Contribution à l'étude du travail documentaire des enseignants de mathématiques : les incidents comme révélateurs des rapports entre documentations individuelle et communautaire*. Thèse de doctorat. Université Claude Bernard Lyon 1.

Sayac, N. (2010). Étude à grande échelle sur les pratiques des professeurs de mathématiques de lycée. In F. Vandebrouck (coord), *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 139-157). Toulouse : OCTARÈS Éditions (deuxième édition).

Ternat, C.A. (2005). De la leçon de choses à La main à la pâte. L'enseignement des sciences à l'école de la république (1887-2001). *Sur la brèche*, 87-88, 1-58.

Tournès D. (1996). Les lambroquins à La Réunion, Géométrie du quotidien, géométrie de l'infini. En ligne : http://irem.univ-reunion.fr/calculsavant/Equipe/Resources/tournes_1996b.pdf

Triquet, E. & Guillaud, J.-C. (2011). Démarches scientifiques et démarches d'investigation : point de vue d'enseignants stagiaires de l'IUFM. In M. Grangeat (dir), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique, Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisition des élèves* (pp. 63-76). Lyon : École Normale Supérieure.

Triquet, E., Gandit, M. & Guillaud, J.-C. (2012). Démarches scientifiques, démarches d'investigation en sciences expérimentales et en mathématiques. Évolution des représentations d'enseignants débutants de l'IUFM à l'issue de leur formation. In B. Calmettes (dir), *Didactique des sciences et démarches d'investigation, Références, représentations, pratiques et formation* (pp. 101-125). Paris : L'Harmattan.

Trouche, L. (2006). Des artefacts aux instruments, une approche pour guider et intégrer les usages des outils de calcul dans l'enseignement des mathématiques. In *Actes de l'université d'été de Saint-Flour, le calcul sous toutes ses formes*.

Tufféry-Rochdi, C. (2011). *Comment et pourquoi mettre en place un apprentissage de la*
374

démarche scientifique dans l'enseignement d'exploration Méthodes et Pratiques Scientifiques ?. Mémoire de master 2, Métiers de l'enseignement "Mathématiques", Université de La Réunion.

Tufféry-Rochdi, C. (2012). Enseignement d'exploration Méthodes et Pratiques Scientifiques : Quel impact pour les enseignants de mathématiques sur leurs cours disciplinaires ? In *Actes du colloque « Hommage à Michèle Artigue »* (pp. 54-56). En ligne : https://docs.google.com/file/d/0B7H9DyVUUr48leUNGYTM4YzJsYnc/edit?usp=drive_web&pli=1

Tufféry-Rochdi, C. (2014). Mise en œuvre de démarches d'investigation en MPS et rôle du collectif, étude dans le cadre d'un atelier IREM. *Repères-IREM*, 96, 5-21.

Tufféry-Rochdi, C. (2015a). Enseignement d'exploration Méthodes et Pratiques Scientifiques : démarches d'investigation et compétences professionnelles des enseignants, In *Actes de la 17^e école d'été de didactique des mathématiques, Nantes 2013*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Tufféry-Rochdi C. (2015b). *Étude de l'offre de ressources MPS, investigation policière*. En ligne : <http://ife.ens-lyon.fr/ife/recherche/groupes-de-travail/revea-seminaire-2015/etude-chantal-mps>

Vandebrouck, F. (2010). Ressources et documents, le cas de la démarche expérimentale en mathématiques. In G. Gueudet et L. Trouche (éds), *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (pp. 253-269). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.

Vannier, M.-P. (2012). Enrôlement et transfert de responsabilités : des conduites mises en œuvre aux buts poursuivis. In M. Hersant et C. Morin (dir.), *Pratiques enseignantes en mathématiques, Expérience, savoir et normes* (pp. 133-153). Pessac : Presses universitaires de Bordeaux.

Vergnaud, G. (1996). Au fond de l'apprentissage, la conceptualisation. In R. Noirfalise et M.-J. Perrin (dir.), *Actes de l'Ecole d'été de didactique des mathématiques* (pp. 174-185). Clermont-Ferrand : IREM, Université de Clermont-Ferrand 2.

Vermersch, P. (1994). *L'entretien d'explicitation en formation continue et initiale*. Paris : ESF.

Villeret, O. & Munoz, G. (2012). Analyse de l'activité enseignante et conceptualisation de l'expérience : le cas de l'investigation policière au lycée en seconde (option MPS). In *Actes du Colloque international francophone « Expérience 2012 », Expérience et Professionnalisation dans les champs de la formation, de l'éducation et du travail ; état des lieux et nouveaux enjeux*. Lille (France). En ligne : <http://www.trigone.univ-lille1.fr/experience2012/actes/71.pdf>

Villeret, O. & Munoz, G. (2013). Élaboration collective d'une option Méthodes et pratiques scientifiques (MPS) en classe de seconde de lycée : place de la démarche d'investigation et effets observés du point de vue des acteurs. In M. Grangeat (éd), *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe* (pp. 79-92). Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.

Villeret, O. & Munoz, G. (2015). La prescription comme instrument au-delà de la simple

transmission : l'exemple d'une mise en place d'une option MPS en lycée. En ligne :
http://labiennale.cnam.fr/medias/fichier/olivier-villeret-gregory-munoz-com-n-93-atelier-10_1354028803995.pdf

ANNEXE 1

Offre de ressources MPS « Science et investigation policière » RESSOURCES INSTITUTIONNELLES Décembre 2014/Janvier 2015								
Auteurs en rouge : Participation au Document Ressources MPS d'Eduscol Auteurs en bleu : Participation aux actes du séminaire des inspecteurs de SVT								
SITES ACADEMIQUES								
	Académie	Page / Site	Titre	Auteur(s) / Date	Type / Description RFDE : Ressource fille du document Eduscol	Disciplines Associées	Type de travail collectif	Nature / Adresse
A 1	Besançon	SVT	Réaliser un relevé d'empreintes digitales (Investigation policière)	Eric JOURDAN (SVT)	Tutoriel avec des photos permettant de réaliser un relevé d'empreintes digitales	SVT		Numérique http://missiontice.ac-besancon.fr/svt/act_ped/svt_lyc/explor/explor.htm
A 2	Besançon	SVT	Analyser et comparer des empreintes digitales avec Verifinger (Investigation policière)	Eric JOURDAN (SVT)	Tutoriel avec des captures d'écran du logiciel permettant de comparer et d'analyser des empreintes digitales à l'aide du logiciel Verifinger	SVT		Numérique http://missiontice.ac-besancon.fr/svt/act_ped/svt_lyc/explor/explor.htm
A 3	Besançon	SVT	Comparer des empreintes digitales avec Mesurim Pro (Investigation policière)	Eric JOURDAN (SVT)	Tutoriel avec des captures d'écran du logiciel permettant de comparer des empreintes digitales à l'aide du logiciel Mesurim Pro	SVT		Numérique http://missiontice.ac-besancon.fr/svt/act_ped/svt_lyc/explor/explor.htm
A 4	Dijon	SPC	Activité en Seconde, MPS physique, Thème : Police scientifique	Patrice CHAGNARD (SVT) Eric GABERT (SPC) Juil/Aout 2011	Compte-rendu d'expérimentation Supports conçus pour la séance de présentation commune (scénario, plan 3D) et supports fournis aux élèves pour les séances de SPC et de SVT Des suggestions de séances envisageables en maths Indices analysés : explosifs, métaux, poison, empreintes, taux d'alcoolémie, heure du décès ...	SVT SPC Maths	Une séance de présentation aux élèves faites par les trois professeurs Ensuite quatre séances par matière Il n'est pas fait mention d'autre séance commune	Numérique http://sciences-physiques.ac-dijon.fr/document/s/lycee/activites/2/MPS_police_scientifique/police_scientifique.php
A 5	Grenoble	MPS	Investigation policière,	Marie-Christine	Compte rendu d'expérimentation succinct	SPC		Numérique http://www.ac-

			Production Philibert Delorme, L'isle D'abeau Le Vinaigre meurtrier ?	JUGLAIR Créé en Nov 2010, modifié en Janvier 2011	(Fiche descriptive) Deux fiches élèves : Dilution de solution de vinaigre à différentes concentrations, conductance			grenoble.fr/enseignement_exploration_seconde/mps/articles.php?lng=fr&pg=21
A 6	Grenoble	MPS	Investigation policière, Production Lycée Mounier, Grenoble	? Créé en juil 2010, modifié en aout 2010	Extrait de 28 pages du projet « Autour de la disparition de MONSIEUR X » (Eduscol) tronqué de la partie SI RFDE (extrait)	Maths SVT SPC	Séance de présentation commune Travail en parallèle sur les indices	Numérique http://www.ac-grenoble.fr/enseignement_exploration_seconde/mps/articles.php?lng=fr&pg=7
A 7	Guadeloupe	Maths	MPS : code de César	Guy LEGROS Nov 2011	Deux fiches d'exercices élèves (Word) le code de césar le décryptage d'un texte par analyse des fréquences. Deux fichiers (excel 2003) - codage_cesar.xls : détermine le codage de l'ensemble des lettres de l'alphabet, connaissant soit la correspondance entre un caractère codé et un non codé, soit la clé. - frequence_letters.xls : détermine la fréquence d'apparition de chaque lettre de l'alphabet d'un texte tapé dans la cellule A1 du tableur. RFDE	Maths		Numérique http://pedagogie.ac-guadeloupe.fr/mathematiques/mps_code_cesar
A 8	Guadeloupe	Maths	MPS : Tâches de sang	Guy LEGROS juin 2012	Trois fichiers permettant de déterminer la position de la victime du meurtre lors de l'impact à l'aide de la projection de tâches de sang sur un mur. mps_tache_sang.pdf : la fiche élève tache_sang.jpg : la tâche de sang à étudier taches2.ggb : simulation à l'aide de Geogebra 3D, à utiliser en ligne RFDE (extraits)	Maths		Numérique http://pedagogie.ac-guadeloupe.fr/mathematiques/mps_taches_sang
A 9	Guadeloupe	SPC	Identification d'une espèce chimique		Fiche à destination de l'enseignant (word 4 pages) avec une proposition de progression sur quatre séances puis une fiche élève intitulée exercice de synthèse.	SPC		Numérique http://pedagogie.ac-guadeloupe.fr/sciences_physiques_et_chimiques_fondamentales_et_appliquees/themes_mps
A 10	Guadeloupe	SVT	Investigation policière : intégrer une tâche complexe à une progression (! prévu pour une classe de troisième !)	? dec 2011	Compte rendu d'expérimentation sous forme de diaporama On y trouve les objectifs, les documents distribués aux élèves, la grille des capacités et attitudes développées. Chromosomes et ADN	SVT		Numérique http://pedagogie.ac-guadeloupe.fr/sciences_vie_et_terre/investigation_policiere
A 11	La Réunion	SVT	Présentation MPS lycée Lislet Geoffroy	Nathalie RAMASSA MY PONS, Jouzar MOULA	Compte rendu d'expérimentation année 2010/2011 Diaporama Analyse d'une série d'indices sans scénario préalable	SVT Maths SPC	Chaque thème est présenté par les 3 enseignants	Numérique http://svt.ac-reunion.fr/ressources/locales/lycee/MPS/presentation

				SOULLEM ANDJE (S.V.T.) Florence ROBERT, Charles ROBLET, (Maths) Paul SIFFERT, Hervé DARCE (SPC) Mai/Juin 2011 (séminaire MPS)	Maths : cryptologie, étude de traces de sang SVT : empreintes génétiques (ADN), entomologie légale, anthropométrie légale, autopsie SPC : études des ions présents dans deux terres, mesure du diamètre d'un cheveu, présence de paracétamol dans une poudre par chromatologie RFDE		nts lors de la première séance. Ensuite les groupes ont soit Maths, soit SPC, soit SVT. Une séance finale permet de faire le bilan du thème en présence des 3 enseignants	MPSLyceeLisletG coeffroy2.pdf
A 12	La Réunion	SVT	MPS Investigation policière SVT Lycée STELLA	? Mai/Juin 2011 (séminaire MPS)	Compte rendu d'expérimentation, année 2010/2011 1 page pdf Entomologie légale, phanères, empreintes digitale, sang, papier, palynologie	SVT		Numérique http://svt.ac-reunion.fr/ressources/locales/lycee/MPS/MPS-Stella.pdf
A 13	La Réunion	SVT	MPS Stella Activités en SPC	Gilles FUSELIER Mai/Juin 2011 (séminaire MPS)	Dossier ZIP contenant 14 fichiers : un compte rendu d'expérimentation succinct, année 2010/2011, des fiches élèves, des compléments pour le prof Mesure salinité eau de mer, fils et cheveux, colorants, solutions sucrées, solutions salées, identification de poudres et liquides, évaporation eau de mer	SPC		Numérique http://svt.ac-reunion.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=78&Itemid=270
A 14	La Réunion	SPC	Ressources pour l'EE Stella	Gilles FUSELIER ?	Dossier précédent complété de deux fichiers EXCEL	SPC		Numérique http://spc.ac-reunion.fr/pages/ensexplo/res.php?choix=%2FStella
A 15	La Réunion	SVT	MPS maths	MAGOUTIER ? Mai/Juin 2011 (séminaire MPS)	Dossier ZIP contenant 4 fichiers : Un cours de logique Trois fiches élèves Mettre en œuvre des déductions logiques (propositions, connecteurs) pour trouver le criminel	Maths		Numérique http://svt.ac-reunion.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=78&Itemid=270
A 16	La Réunion	SVT	Fiche ADN électrophorèse Qui était assis sur le siège passager avant ?	? Mai/Juin 2011 (séminaire MPS)	Fiche élève à compléter 1 page	SVT ?		Numérique http://svt.ac-reunion.fr/ressources/locales/lycee/MPS/IMG.pdf
A 17	La Réunion	SVT	MPS Bras Fusil	Chantal TUFFERY-ROCHDI Philippe RUSCHER (Maths) Ginaud NARALIN GOM, Géraldine	Compte rendu d'expérimentation (année 2010/2011), Diaporama Scénario puis répartition des indices SVT : Les cure-dents (ADN) Le sang (groupes sanguins) La terre sur les pelles (pollens) SPC : La poudre blanche (analyse toxicologique)	Maths SPC SVT	Une séance commune (trois profs) de présentation de l'enquête Travail en	Numérique http://svt.ac-reunion.fr/ressources/locales/lycee/MPS/brasFusil.pdf

				MORIN (SPC) Geneviève GISBERT, Frédéric BOULEVARD (SVT) Mai/Juin 2011 (séminaire MPS)	Les verres (empreintes digitales) La terre sur les pelles (analyse du Ph) La feuille froissée (encre invisible) Le cheveu (diamètre) MATHS : les deux messages codés (déchiffrement) RFDE		parallèle sur les indices Séance commune (trois profs) pour la présentation des exposés des élèves, conclusions sur l'enquête	
A 18	La Réunion	SVT	Atlas Sang poil élève	? Mai/Juin 2011 (séminaire MPS)	Fichier pdf 1 page Tableau à double entrée (Sang, poil) et (homme, chien, chat,...) photos	SVT ?		Numérique http://svt.ac-reunion.fr/ressources/locales/lycee/MPS/Atlas%20SangPoileveles.pdf
A 19	La Réunion	SPC	MPS police scientifique	? ?	Dossier ZIP (une cinquantaine de fichiers), Supports de séances et informations pour le professeur. -Scénario très détaillé basé sur un piratage informatique et un meurtre -Déroulement des séances -Répartition des indices entre les trois disciplines -Toutes les fiches élèves et tous les documents (sonores) nécessaires pour mener à bien la partie PC : analyse bande vidéo, analyse d'un son, dosages calcium dans une solution	SPC SVT Maths	Répartition des indices entre les trois disciplines	Numérique http://spc.ac-reunion.fr/pages/ensexplo/res.php
A 20	Lille	SPC	Homo Orcus MPS Sciences et investigation	Stéphane STRENTA Créée en mai 2011 Dernière modification 19/07/14	Dossier : supports de cours, fiche élève, fiche professeur, liens Ressource partagée (dossier ZIP) non accessible directement : après acceptation de la charte d'utilisation on doit recevoir un identifiant permettant de consulter le dossier -Extrait vidéo sur une hypothétique nouvelle espèce d'hominidé qui aurait survécu dans les Pyrénées (canular très bien construit et passé sur Planète le 1er avril 2011), - différentes techniques d'identification ainsi qu'une étude balistique (tir à l'arc) -investigation de type « policière » mais sans crime ni cadavre, plutôt dans l'esprit d'une investigation archéologique	SPC		Numérique http://physique.discipline.ac-lille.fr/espace-collaboratif/Ressources-partagees/homo-orcus-mps-sciences-et-investigation/view
A 21	Lille	SVT	Police Scientifique	Patrice LANSIAUX	Se présente comme un support de stage Trois diaporamas très complets sur l'analyse des indices -EE MPS, Sciences et investigation policière (60 pages) -Manipulations envisageables (27 pages) -Manipulations envisageables suites (29 pages) Dont IPM, nomogramme de HENSSGE	SVT		Numérique http://svt.discipline.ac-lille.fr/les- formations/conferences-scientifiques#section-1
A	Lille	Site	Science et		Comptes rendus d'expérimentation	Maths	6 séances	Numérique

22		interdisciplinaire MPS	investigations policières (Lycée de Gondecourt)		Trois diaporamas, scénario et analyse d'indices, et un planning avec des séances en co-animation -Chimie et Maths (21 pages) Analyse d'une encre par chromatographie sur couche mince, cinétique d'élimination d'un médicament -Physique et Maths (13 pages) Analyse de vitesse, trajectoire, lors d'un accident de la route -Sable : (15 pages) physique, maths, SVT Analyse du sable retrouvé sous les semelles d'un suspect pour confirmer un alibi	SVT SPC	en co-animation avec 2 ou 3 enseignants	http://mps.discipline.ac-lille.fr/experimentations/chimie%20et%20math_1.pdf/view
A 23	Lille	Site interdisciplinaire MPS	Investigation policière et codage	Professeur référent Karine ZWERTVA EGHER (maths) Pilotage : Michel Gouy, IA-IPR Mathématiques 2010/2011	TRAAM MPS 2010/2011 Proposition de Lille Mis en œuvre ??? Dossier ZIP contenant 6 fichiers : Scénario complet -Calcul de l'heure d'un décès fiche élève, courbe de décroissance thermique, nomogramme de Henssge -Calcul de l'heure d'un décès fiche professeur -Codage fiche professeur -Codage de César fiche professeur -Codage de Vigenère fiche professeur -Programmes sur Algobox	Maths SVT SPC		Numérique http://mps.discipline.ac-lille.fr/traam-contribution-de-lille/investigation-policiere-et-codage/view
A 24	Lyon	Maths	MPS Nancy	séminaire-inter académique Nov 2010	Dossier ZIP avec deux fichiers et un sous dossier -MPS 4 enquête2.pdf : diaporama, compte rendu d'expérimentation -MPS 4 conclusion.ppt : questions sur la place des MPS -MPS 4 enquête1.zip : Compte rendu d'expérimentation au lycée Poncelet Fiches élèves Fichier excel Indices : revolver avec trace de balles, verre avec résidu de poudre blanche, traces de sang, message crypté, empreintes digitales, cheveux, heure du décès ...	Maths SVT SPC	Première séance en commun puis travail en parallèle (chaque groupe avec un enseignant)	Numérique http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/math/spip.php?article243
A 25	Lyon	SV	MPS Jean Peyrin	Rachel BROT (SPC) Stéphane GAMEL (Maths) David BARD (SVT) Stage académique Janvier 2011	Compte rendu d'expérimentation Lycée Jean Peyrin, Lyon Diaporama Enquête, scénario, indices : SVT : Empreintes digitales, sang, ADN, poil ou cheveu SPC : papier blanc énigmatique, poudre blanche, grains de sable MATHS : Cryptographie RFDE probable	Maths SVT SPC	Répartition des indices entre les disciplines	Numérique http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/biologie/MSP/MPS_jean%20perrin.pdf
A 26	Lyon	SVT	Saint Exupéry MPS : Mystère Police Scientifique	Stage académique Janvier 2011	Deux diaporamas en pdf Compte rendu d'expérimentation Scénario et indices projetés aux élèves : Tâches de sang, empreintes de pas, cheveux, message sur répondeur,	Maths SVT SPC SI	Deux séances de présentation du thème	Numérique http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/biologie/MSP/MPS_St_Exupery_lyon.pdf

					poudre blanche dans un verre, fichier codé, mégot RFDE		avec les 2 groupes et les 4 professeurs Séances de 1h30 en alternance (4 par prof) Une séance bilan intermédiaire	http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/biologie/MSP/MPS_sc_et_invest.pdf
A 27	Lyon	SVT	MPS : Investigation policière : indice médullaire du cheveu ou du poil	Sylvie FANFANO David BARD Stage nouveau programme seconde Nov 2010	Support de stage Fichier pdf, 1 page Protocole de prélèvement et de traitement d'un cheveu ou d'un poil Protocole pour créer une échelle avec Mesurim	SVT		Numérique http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/biologie/IMG/pdf/MPS_indice_medullaire.pdf
A 28	Lyon	SVT	MPS : Investigation policière : empreintes digitales	Sylvie FANFANO David BARD Stage nouveau programme seconde Nov 2010	Support de stage Fichier pdf, 1 page Protocole de relevé et traitement des empreintes digitales	SVT		Numérique http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/biologie/IMG/pdf/MPS_empreinte.pdf
A 29	Montpellier	SPC	Police scientifique (MPS ou SL)	Guillaume BEZIAT Janvier 2011	Ensemble des documents nécessaires à la mise en œuvre d'une séquence d'investigation du thème « police scientifique » qui porte sur l'analyse des sons en utilisant le logiciel Audacity -Diaporama : le scénario MPS Manipulation Police Scientifique -Enregistrement audio de la caméra -Fiche méthode : comment rédiger le compte rendu d'une démarche d'investigation -Enregistrement guitare -Indications pour le professeur -Document les sons -Mode d'emploi Audacity	SPC		Numérique http://sciences-physiques.ac-montpellier.fr/spip.php?article114
A 30	Montpellier	SVT	MPS Investigation policière	Ludovic DELORME Dec2010	Compte rendu d'expérimentation Trois documents pour la mise en œuvre -Le rapport d'enquête -Le rapport de police -Le rapport MPS Deux comptes rendus d'élèves SVT : Retrouver l'heure ou la date du crime Les groupes sanguins Les empreintes génétiques Analyse de grains de pollen MATHS : Projection du sang sur le mur Cryptologie SPC : Détermination de la taille d'un cheveu	Maths SVT SPC	Travail en parallèle sur les indices Pas de séance en commun ? Intervenants de la police judiciaire et de la police scientifique sur	Numérique http://svt.ac-montpellier.fr/spip.php?article88

					Analyse de l'encre Analyse chimique de la terre Empreintes digitales RFDE probable		une séance	
A 31	Nancy Metz	SPC	Sciences et Investigation Policrière	RAMM Géraldine (SVT) Et ?	Ensemble des documents nécessaires à la mise en œuvre d'une séquence de 12 séances de 1,5h sur le thème investigation policière -Un fichier présentation de la séquence et scénario -Six fiches-guide à destination des élèves Détermination heure du décès Analyse des cheveux ou des poils Analyse d'une poudre colorée ou d'une peinture Analyse du sang ou de l'ADN Analyse vocale	Maths SVT SPC	Scénario préparé en commun par les 3 enseignants Les indices retenus sont tous exploitables dans les 3 disciplines scientifiques	Numérique http://www4.ac-nancy-metz.fr/physique/default.htm
A 32	Nantes	MPS	Un passeport recherche au lycée Joachim du Bellay (Angers), " cryptologie : codage- décodage"	Corinne RENAULT (maths) Fabrice LE MEIGNEN (PC) Jacques BLONDET (SVT) Juin 2012	Compte rendu d'expérimentation mais aucun support fourni -Les fourmis échangent des informations par des messages codés à partir de phéromones, -Les chauves-souris s'envoient des messages codés à partir d'ondes ultrasonores, -Codes secrets Enigma, César, ...invention d'un code? -L'émetteur et le récepteur radio s'échangent des informations codées à partir d'ondes hertziennes.	Maths SVT SPC	6 groupes d'élèves travaillent sur des sujets différents, les enseignants des 3 disciplines scientifiques accompagnent les groupes dont les sujets sont en lien avec ces 3 disciplines. Chercheurs en mathématiques Journaliste	Numérique http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/1340612010329/0/fiche_ressourcepedagogique/&RH=1162980194234
A 33	Nantes	SVT	Pistes de travail pour le thème MPS « science et investigation policrière »	M. DUPUIS, A. LE MAT, M.C. GARNIER Mai 2010	Se présente comme un support de stage Diaporama Estimer un IPM long ou moyen Phase post-mortem précoce, décroissance thermique, nomogramme Rechercher des traces de sang Groupes sanguins Mesures anthropométriques Odontogramme (dents) Empreintes génétiques Empreintes digitales Oreilles Approche historique Extraits des actes du séminaire des inspecteurs de SVT	SVT Maths SPC		Numérique http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/sciences-de-la-vie-et-de-la-terre/transversalite/mps/methodes-et-pratiques-scientifiques-602145.kjsp?RH=1160067860062
A 34	Nantes	SVT	Pistes de travail pour le	M. ECONOMI	Se présente comme un support de stage	SVT		Numérique http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/sciences-de-la-vie-et-de-la-terre/transversalite/mps/methodes-et-pratiques-scientifiques-602145.kjsp?RH=1160067860062

			thème MPS « science et investigation policière »	DES (SVT) Mai 2010	Diaporama Détecter du sang sur une scène de crime Empreintes digitales Empreintes génétiques IPM Courbes de Henssge Entomologie légale			ogie.ac-nantes.fr/sciences-de-la-vie-et-de-la-terre/transversalite/mps/methodes-et-pratiques-scientifiques-602145.kjsp?RH=1160067860062
A 35	Nice	SVT	Présentation de l'enseignement par l'IA-IPR	Alain SALVADORI ?	Support de stage Diaporama de présentation de MPS par l'IA-IPR de SVT dont 18 pages consacrées à l'investigation policière. Deux approches sont proposées : -Historique (observations, déductions logiques) -Actuelle (Analyse d'indices) Estimer phase post-mortem précoce, courbe de décroissance thermique, nomogramme de Nenssge [sic] Extraits des actes du séminaire des inspecteurs de SVT	SVT		Numérique http://www.ac-nice.fr/svt/pedagogie/lycee/2de/index.php
A 36	Nice	SVT	Dossier Science et investigation policière	Alain SALVADORI Et ? ?	Trois fichiers extraits du diaporama précédent : -Document de présentation -Etude de cas -Approche historique Extraits des actes du séminaire des inspecteurs de SVT Un fichier : compte rendu de l'expérimentation de l'option science en seconde : un exemple de programmation en 12 semaines → Ressource mère du projet <i>Eduscol ????</i>	SVT Maths SPC	La moitié des séances propose des contenus bi disciplinaires mais pas d'information sur les enseignants impliqués	Numérique http://www.ac-nice.fr/svt/pedagogie/lycee/2de/index.php
A 37	Orléans Tour	SPC	Dossier MPS Lycée J. ZAY Orléans	? ?	Présentation succincte des trois thèmes étudiés dont investigation policière (Analyse d'indices) Supports de séances, pour les trois thèmes étudiés dans un dossier ZIP, classés par discipline (maths, SVT, SPC) Analyse sang Empreinte Morgue-insectes Codages Trajectoires	Maths SVT SPC		Numérique http://physique.ac-orleans-tours.fr/lycee/seconde/mps/
A 38	Poitiers	maths	MPS au Lycée Guez de Balzac à Angoulême La disparition de M. Pauling	PERRAUD Claude Janvier 2012	Compte rendu d'expérimentation année 2010/2011 Seule la partie maths est détaillée : Codage (César, affine, Vigenère) Tâches de sang, forme et trajectoire Etude de la trajectoire de la pierre RFDE probable	Maths (SVT, SPC)	Les élèves ont été répartis en groupes travaillant avec un collègue.	Numérique http://ww2.ac-poitiers.fr/math/spip.php?article373
A 39	Poitiers	maths	MPS au lycée Cordouan de Royan	CHARRAS SIER Christiane Octobre 2011	Compte rendu d'expérimentation année 2010/2011 SVT : détection de sang -groupes sanguins – ADN – SI : robot lego – web cam – serrure biométrique – coffre-fort Math : délai post-mortem – combinaison d'un coffre-fort –	SVT SI Maths	Chef de la police scientifique de	Numérique http://ww2.ac-poitiers.fr/math/spip.php?article364

					empreintes digitales – cryptographie RFDE probable		Royan	
A 40	Poitiers	SVT	Une activité d'investigation possible en MPS	DUFAUD André Octobre 2012	Compte rendu d'expérimentation Utiliser la spectrophotométrie pour identifier une tache suspecte sur un tissu Deux documents joints : -Fiche technique sur le principe de la spectrophotométrie et l'utilisation de l'appareil -Un exemple de résultat des mesures : spectres d'absorption du sang, de l'éosine et d'un colorant alimentaire	SVT SPC		Numérique http://ww2.ac-poitiers.fr/svt/spip.php?article623
A 41	Reims	Maths	Heure de décès (Activité MPS)	Janvier 2013	Fiche élève Apport de connaissances sur la méthode de Henssge et exercices d'applications	Maths		Numérique http://web.ac-reims.fr/editice/index.php/disciplines-scientifiques/mathematiques?id=517
A 42	Reims		Les SVT et la réforme du lycée Séminaire de réflexion des corps d'inspection 23 et 24 mars 2010 Strasbourg	Page MPS : Michel DOFFE , IA-IPR Lille Jean-Marc PEROL , Monique DAELMAN Cécile GHESQUIERE Marie-Claire HOYEZ , Patrice LANSIAUX	Actes du séminaire du corps des inspections, 23 et 24 mars 2010 à Strasbourg. Pdf, 185 pages dont 10 consacrées au thème MPS, investigation policière -Approche analyse d'indices Piste : Estimer phase post-mortem précoce, courbe de décroissance thermique, nomogramme -Approche historique	SVT		Numérique http://web.ac-reims.fr/ressourcesdate/DATICE/SVT/Programmes%20lyc%C3%A9e/seminaire_ipr.pdf
A 43	Rennes	Portail Sciences	Science et investigation policière, Lycée Victor et Hélène Basch, Rennes	Véronique MANDON (SVT), Claire MIGNOT (Physique-Chimie), Soazig JOLIVET (Maths) Juillet 2011	Compte rendu d'expérimentation Chaque groupe doit créer un scénario de crime qui sera soumis au final à un autre groupe pour élucidation (par analyse des indices).	Maths SVT SPC	Présentation collective lors de la première séance puis les élèves sont pris en charge par un professeur en fonction de la discipline mobilisée par la tâche assignée aux élèves.	Numérique http://www.toutatice.fr/portail/pagemarket/3/cms/espace-educ/i18nsections/physiquechimie/documentation-tout-publi.1263816643118/mps-sciences-et?displayContext=detailedView&scope=__nocache&addToBreadcrumb=0&pagePath=%252Fdefault%252F_dyn_cGVybV9zZWYy2hjZW50ZXItcGVkYQ%253D%253D.dGVtcGxhdGVJZDpaR1ZtWVhWc2RBX2VfZV9kZEdWdGNHeGhkR1Z6X2RjMlZoY21Ob1kyVnVkr1Z5.X19FX18%253D.c2

								VsZWN0b3JzJTN EZGlzY2lwbGluZ SUyNTNEcG9sZ V9zY2klMjUyRn NjaV9zdnQlMjZ0 ZW1wbGF0ZUlu c3RhbmNpYXRp b25QYXJlbnRJZ CUzRFpHVm1Z WFZzZEFfZV9l. X19OX18%253D &pageParams=
A 44	Rennes	Portail Sciences	Intégration de l'usage des TICE dans l'enseignement de MPS : thème « Sciences et Investigation policière».	Pilotage Johann GERARD, IA-IPR SVT Professeurs participants Mickael LEBRETON (SVT) Soazig JOLIVET, (Maths) Véronique MANDON, (SVT) Claire MIGNOT, (SPC) Année 2010/2011	TRAAM MPS 2010/2011 Proposition de Rennes Chaque groupe doit créer un scénario de crime qui sera soumis au final à un autre groupe pour élucidation (par analyse des indices) Liste des indices, tâches proposées aux élèves, intégration des TICES	Maths SPC SVT	Présentation collective lors de la première séance puis les élèves sont pris en charge par un professeur en fonction de la discipline mobilisée par la tâche assignée aux élèves.	Numérique http://espaceeducatif.ac-rennes.fr/jahia/webdav/site/espaceeducatif3/groups/MATHEMATIQUE_S_Webmestres/public/Pole/TICE_MPS_investigation_policiere.pdf
A 45	Rouen	SVT	MPS : La momie de la tombe KV55 est-elle Akhenaton, le père de Toutankhamon ?	Sébastien GUILLAUME Juillet 2012	Ensemble de supports de séances et de fiches élèves nécessaires à la mise en œuvre de la séquence permettant la reconstitution des relations de parenté entre Akhenaton et Toutankhamon. -Anthropométrie, groupes sanguins, ADN -Article et vidéo en anglais	SVT Maths SPC Recherche documentaire Anglais		Numérique http://svt.spip.ac-rouen.fr/spip.php?article230
A 46	Strasbourg	SPC	Investigation policière Activités expérimentales et investigations	Christophe RUMELHART, Elisabeth HETSCH Juin 2012	Ensemble de supports de séances et de fiches élèves nécessaires à la mise en œuvre de la séquence. Scénario, analyse d'indices : cheveux, groupes sanguins, terre, empreintes, messages codés, encre, ADN, balistique RFDE probable	Maths SPC SVT		Numérique http://www.ac-strasbourg.fr/pedagogie/physiquechimie/seconde/mps/
A 47	Strasbourg	SVT	MPS, expertise anthropologique	Michèle MULLER-ZINCK février 2013	Protocole pour l'expertise anthropologique des ossements trouvés sur la scène d'homicide. (11 pages)	SVT		Numérique http://www.svt.sites.ac-strasbourg.fr/au-lycee/enseignement-dexploration/item/223-mps-expertise-anthropologique
A 48	Strasbourg	SVT	MPS - Meurtre de Madame Vanessa Delcapri - Altkirch	Aude RIGOULOT Philippe HEINIS Mai 2014	Ensemble de supports de séances et de fiches élèves nécessaires à la mise en œuvre de la séquence. Scénario, analyse d'indices : sang, ADN, balistique, trace de chaussures, cryptanalyse, empreintes digitales	SVT SPC Maths		Numérique http://www.svt.sites.ac-strasbourg.fr/105-mps/318-mps-meurtre-vanessa-

					RFDE probable			delcapri
A 49	Versailles	SPC	Investigation Policière	Laure MORIN Et Groupe de réflexion académique 4 Juillet 2010	Proposition de progression par un groupe de réflexion académique -Fiche professeur : Liste d'activités susceptibles d'être intégrées dans une progression -Trois fiches élèves : -Mesure de distances par visée (hauteur d'un lycée, théorème de Thalès) -Empreintes (recherche documentaire, prélèvement et analyse d'empreintes digitales) -Epaisseur d'un cheveu (diffraction de la lumière) Groupe de réflexion académique : N.BELLO ROUFAI C.BOURDEL C.CROSSON M.DUMONT C. FERRARI L. GROSTBOIS C. LARGER S. MADANI C. MOREAU L. MORIN G. PONSONNET	Maths SPC SVT	Les activités proposées sont bi-disciplinaires	Numérique http://www.phychim.ac-versailles.fr/spip.php?article490
A 50	Versailles	SPC	Science et investigation policière	David LATOUCHE Et Groupe de réflexion académique Juin 2012	Dossier ZIP contenant 3 fichiers : Analyse d'une poudre blanche au fond d'un verre à côté d'une boîte de doliprane RFDE probable Fiche élève et fiche professeur Une activité interdisciplinaire « physique-philosophie » sur la police scientifique et les séries télévisées. Avec la collaboration du professeur de philosophie Sacha Bénateau du Lycée du Parc de Vilgénis MASSY Support de cours Groupe de réflexion académique : M. BELLEMERE L. BOULAY V. COLLERY C. FERRARI N. HENRION G. IMBERT M. MERIENNE C.NOLORGUES F. TABARY	SPC SPC et Philo		Numérique http://www.phychim.ac-versailles.fr/spip.php?article644
A 51	Vice Rectorat de Nouvelle Calédonie	Maths	Science et investigation policière	G. JABEA (Maths) JP. CUER (SPC) S. FRAYON (SVT) Février 2012	Compte rendu de mise en œuvre avec documents fournis en annexes : Scénario PV d'audition Rapport autopsie Rapports des constats effectués sur les lieux Mails d'ordinateur Compléments d'enquête Cryptologie Heure de la mort Compte rendu et solution des élèves 1 Compte rendu et solution des élèves 2 Planning	Maths SVT SPC	Les élèves ont à tour de rôle PC (avec JP. Cuér), SVT (avec S. Frayon) et Maths (avec G. Jabéa).	Numérique http://maths.ac-noumea.nc/spip.php?article400

IREM (instituts de recherche sur l'enseignement des mathématiques)							
	IREM	Titre	Auteur Date	Type/Description RFDE : Ressource fille du document Eduscol	Disciplines associées	Type de travail collectif	Nature/ Adresse
11	IREM de La Réunion	Trois séances de MPS autour d'une intrigue policière	Boris LAVAL (Maths)	Compte rendu d'expérimentation de trois séances de MPS pour décrypter un message codé avec César. Pratique	Maths		Numérique http://irem.univ-reunion.fr/spip.php

			Janvier 2013	de l'algorithmique et de la programmation en langage Python. Le document joint contient : -l'intégralité des 3 séances ; -des exercices de cryptographie ; -une initiation à Python ; -les algorithmes et les programmes associés, écrits en Python, avec notamment du code permettant de passer un fichier texte en paramètre contenant le message à décrypter.			p?article628
12	Revue <i>Repères</i> n°96 IREM	Mise en œuvre de démarches d'investigation en MPS et rôle du collectif. Etude dans le cadre d'un atelier irem	Chantal TUFFERY-ROCHDI (Maths) IREM de La Réunion juillet 2014	Article : l'auteur questionne la relation entre la mise en place de l'EE MPS en seconde et le développement des démarches d'investigation. L'attention est portée sur le travail collectif entre professeurs de mathématiques d'un même lycée impliqués en MPS en faisant l'hypothèse que c'est aussi dans la discipline elle-même que les enseignants trouvent les ressorts pour concevoir et soutenir des séances fondées sur des DI dans un contexte pluridisciplinaire et que ce travail est porteur de développement professionnel. Le thème choisi est « Science et investigation policière » et les séances décrites portent sur la cryptographie	Maths		Papier http://publimath.irem.univ-mrs.fr/biblio/IWR14012.htm
13	IREM de Montpellier	Brochure	(2013)	Brochure IREM : Option Sciences, Option Démarches et culture Scientifiques, Futurs enseignement d'exploration Méthodes et pratiques scientifiques : Travaux du groupe Enseignement Scientifique de l'IREM de Montpellier. IREM de Montpellier–Université Montpellier 2 Travaux du groupe enseignement scientifique de l'IREM de Montpellier sur la démarche scientifique, invariants et spécificités disciplinaires, approche épistémologique. CAUSSIDIER C., HAGEGE H., HAUSBERGER B. , HAUSBERGER T., HENN F., MOLINATTI G., MORRO C., RUMEAU B., TERKI F., (2013),			Brochure papier

PHYSCHIM

Cours en ligne Physique-Chimie Lycée

14	PHYSCHIM	Indice 1 : Analyse de la terre	? ?	Fiche élève (2 pages) Analyse chimique de la terre, acidobasicité du sol, composition ionique du sol	SPC		Numérique http://physchim.webnode.fr/mps/
15	PHYSCHIM	TP n°6 : Analyse de la trajectoire	? ?	Fiche élève (2 pages) Analyse de la trajectoire d'une brique lancée depuis le sol	SPC		Numérique http://physchim.webnode.fr/mps/

MUSEES

	MUSEE	Titre	Auteur(s)/ Date	Type / Description RFDE : Ressource fille du document Eduscol	Disciplines associées	Type de travail collectif	Nature/ Adresse
Mul	Museum d'histoire Naturelle	Dossier : L'entomologie légale	A.LEMONNIE S.DE REGUARDATI	Dossier thématique contenant 6 fichiers. L'entomologie légale est la science utilisant	Maths SVT		Numérique http://plateforme-depf.mnhn.fr/cour

	Plateforme d'enseignement et de formation à distance ((Rq : Au MNHN, ne sont appelées ressources que les propositions de séances à mener en classe))		, enseignantes SPC, L.D'ASSONVILLE enseignante C.SCHNEIDER, doctorant MNHN relecture : E.GAUDRY chef du service entomologie de l'IRCGN	des insectes pour fournir des informations qui ont un intérêt pour la loi. -Quatre articles scientifiques sont proposés aux enseignants (mathématiques et SVT) désireux de mettre en œuvre une expérimentation dans le cadre de l'enseignement des MPS ayant pour thème : Science et investigation policière. -Une ressource pour la classe suggère de réaliser une expertise sur le scénario de la mort d'un loup (fiche élève avec correction intégrée) -Une bibliographie et webographie Histoire de l'entomologie légale, juin 2012, 4 pages -Datation par la méthode entomologique, novembre 2012, 9 pages -Identification des insectes utiles en entomologie légale, juin 2012, 9 pages -Travail de l'entomologiste : datation de l'intervalle post mortem (ITM), juin 2012, 4 pages -Ressource : type d'expertise à mener en classe sur un scénario fictif et compétences associées, modifié janvier 2014, 11 pages -Bibliographie et webographie			se/view.php?id=113
Mu2	Museum d'histoire Naturelle Plateforme d'enseignement et de formation à distance	Dossier Anthropologie légale "BONES"	A.LEMONNIER S.DEREGUARDATI, enseignantes SPC Juin 2012	Dossier thématique contenant 12 fichiers qui présente différentes techniques scientifiques développées en anthropologie physique pour identifier des restes humains. Des articles et des propositions d'activités sont proposés aux enseignants de SVT, de sciences physiques-chimiques, et de mathématiques, désireux de mettre en œuvre un travail dans le cadre de l'enseignement des MPS ayant pour thème : science et investigation policière. Une bibliographie et webographie Ouverture d'une enquête -Les restes sont-ils osseux ?, juin 2012, 4 pages -Les restes sont-ils récents ou anciens? Juin 2012, 4 pages -Ressource : Proposition d'activité sur la chimie de l'os, juin 2012, 2 pages, SVT	SVT SPC Maths		Numérique http://plateforme-depf.mnhn.fr/course/view.php?id=113

				et SPC -Identification d'un individu grâce au fichier INTERPOL -Les différentes pratiques d'INTERPOL dans l'identification R, juin 2012, 7 pages -Ressource : Proposition d'activité sur l'identification des os d'un squelette humain, juin 2012, 3 pages, SVT -Ressource : Proposition d'activité sur la réalisation d'un odontogramme, juin 2012, 7 pages, SVT et SPC -Faire parler le crâne et les os -Aperçu historique de la craniométrie, juin 2012, 8 pages -Estimation du sexe, juin 2012, -Estimation de l'âge, juin 2012, 13 pages -Détermination des pathologies et des traumatismes -Estimation de la phénotypologie -Ressource : proposition d'activité : il faut restituer la "venus hottentote" à l'Afrique du Sud -Bibliographie et webographie			
Mu3	Museum d'histoire Naturelle Plateforme d'enseignement et de formation à distance	Dossier La preuve ADN	A.LEMONNIE R S.DEREGUAR DATI, R. DE TOURRIS, R. SPIRA, GBRILLAND enseignants SPC R.DEBRUYNE, chercheur L. PREAU, doctorante Aout 2012	Dossier thématique contenant 5 fichiers : des articles et des propositions d'activités. On parle souvent de preuve ADN dans une enquête policière. Cette macromolécule est présente dans le noyau de nos cellules et constitue une véritable carte d'identité, mais est également dans les mitochondries et profite alors à des tests de filiation. Le présent dossier retrace l'historique de la découverte de l'ADN, les moyens d'investigation associés ainsi que son utilisation dans un cadre légal et propose quelques activités qui peuvent servir de support dans le cadre de l'enseignement des MPS ayant pour thème : Science et investigation policière. -De la découverte de l'ADN nucléaire à son utilisation par la police scientifique - l'ADN mitochondrial, spécificité et utilisation Ressource - Ressource : Retour sur l'expérience de Rosalind	SVT SPC		Numérique http://plateforme-depf.mnhn.fr/course/view.php?id=113

				Franklin, aout 2012, SVT et SPC - Ressource : extraction de l'ADN, aout 2012, SVT et SPC - Ressource : ADN et ADNmt, utilisation au cours d'une enquête (modifié janvier 2014)			
Mu4	Cité des Sciences et de l'industrie	Dossier Science et investigation policière sur Explora Pour la 2 ^{de}		Deux fichiers : Parcours enseignant sciences et investigation policière sur explora Proposition de parcours sur plusieurs installations sur Explora permettant d'expliquer aux élèves des notions de sciences liées au programme scolaire de MPS et appliquées par les experts de la gendarmerie et de la police scientifique pour résoudre des enquêtes judiciaires : EXPOSITION « MATHEMATIQUES » : Détermination de trajectoires EXPOSITION « SONS » : Signatures vocales EXPOSITION « L'HOMME ET LES GENES » : Techniques de laboratoire génétique EXPOSITION « OBJECTIFS TERRE » : Géolocalisation Questionnaire enseignant, Manège inertiel Présentation du manège inertiel Questionnaire Rappel sur la force de Coriolis	Maths SVT SPC Maths SPC		Numérique/ Lieux http://www.cite-sciences.fr/fr/vous-etes/enseignants/documents-pedagogiques/de-la-seconde-a-la-terminale/
Mu5	Cité des sciences et de l'industrie	Dossier Criminalistique - Activités	2014	Activité d'expertise policière modèle réduit, facilement réalisable dans vos classes. Il s'agit de retrouver l'origine de l'impact de taches de sang projetées et observées sur une scène de crime en utilisant le logiciel GeoGebra préalablement installé. Deux fichiers : -Présentation d'une activité d'expertise policière -Modélisation de l'origine d'un impact avec l'outil GeoGebra -Programme geogebra avec tutoriel (C43)			Numérique http://www.cite-sciences.fr/fr/vous-etes/enseignants/documents-pedagogiques/de-la-seconde-a-la-terminale/
Mu6	Cité des sciences et de l'industrie	Jeu en ligne: Menez l'enquête		Jeu lié au dossier de l'exposition "Crime Expo la science enquête" qui a eu lieu en 2009 Le jeu reste accessible			Numérique http://www.cite-sciences.fr/archive/francais/ala_cite/expositions/crime_xpo/index.html

Mu7	Palais de la découverte	Science et investigation policière	Chloé LAVIGNOTTE (SPC)	Dossier pédagogique (parcours et applications pour préparer une visite des espaces permanents et expositions temporaires avec une classe) Deux fichiers : -Au labo de criminalistique, fiche élève, complément à l'exposé au « au labo de criminalistique », 6 pages -Les codes secrets, fiche élève, 9 pages			Numérique/lieux http://www.palais-decouverte.fr/fr/vous-etes/enseignants/documents-pedagogiques/de-la-seconde-a-la-terminale/
Mu8	Musée des arts et métiers	Le cryptage		Décrypter un message codé -Fiche élève : apports de connaissances sur les méthodes de codage et exercices d'applications -Code Chappe, code télégraphique			Numérique https://sites.google.com/site/dispositifmam/enseignements-d-exploration/mps
Mu9	Musée des arts et métiers	Bertillon et l'investigation policière	S. TOURNIER	-Bertillon et les débuts de l'investigation policière Fiche élève : apports de connaissances sur les mesures anthropométriques et exercices d'applications -Photographie en investigation policière Diaporama sur la photographie judiciaire - Dossier de l'enseignant : Bertillon et la police scientifique du 19e siècle			Numérique https://sites.google.com/site/dispositifmam/enseignements-d-exploration/mps
Mu10	Musée des arts et métiers	Informatique	M. GALTIER S. CHRIST	Dans le thème "science et investigation policière, ce petit journal constitue une ressource pour une activité documentaire autour de l'histoire des ordinateurs, du traitement de l'information.			Numérique https://sites.google.com/site/dispositifmam/enseignements-d-exploration/mps
Mu11	Musée des arts et métiers	Les télégraphes optiques et électriques		Fiche élève : apports de connaissances et exercices d'applications Corrigé et informations complémentaires Un parcours pour comprendre les débuts de la transmission d'informations à aborder dans le thème "Investigation policière - traitement de l'information".			Numérique https://sites.google.com/site/dispositifmam/enseignements-d-exploration/mps
Mu12	Centre des sciences de Montréal	Autopsie d'un meurtre		Jeu interactif permettant de mener l'enquête, relever les indices, visiter les différents laboratoires ...			Numérique http://www.montr.ealsciencescentre.com/static/autopsie/flash.htm
Mu13	Université Simon Fraser Vancouver	A la rencontre des sciences médico-légales		Musée virtuel/ jeu Une enquête criminelle vient d'être ouverte. Votre travail consiste à contribuer à la résoudre. Ce site vous présente des informations et des activités retraçant le travail des experts médico-légaux. En incarnant l'un de ces experts			Numérique http://www.sfu.muuseum/forensics/fr/

				pour l'enquête, vous explorerez les domaines de l'archéologie medico-légale, de l'anthropologie, de l'entomologie, de la botanique, de l'ADN et des analyses d'isotopes stables. En outre, il y a des vidéos d'experts sur chaque discipline, des photographies de la pratique de médecins légistes au travail sur le terrain et en laboratoire et une bibliothèque textuelle détaillée dans la section «Ressources». Les liens pour ces ressources se trouvent à la fin de chaque activité. Existe en anglais			
--	--	--	--	--	--	--	--

ANNEXE 2

Offre de ressources MPS « Science et investigation policière » RESSOURCES ASSOCIATIVES/COLLECTIVES Décembre 2014/Janvier 2015							
SITES DE LYCEES							
	Lycée	Titre	Auteur(s) / Date	Type / Description RFDE : Ressource fille du document Eduscol	Disciplines associées	Type de travail collectif	Nature / Adresse
L1	Lycée Joseph Vallot Lodève (Montpellier)	Les élèves du lycée Vallot mènent l'enquête	R. GALMICHE Janvier 2013	Diaporama (32 pages), support conçu pour la présentation du thème aux élèves : -Scénario, plans, personnages, indices : traces de sang, mégot, poudre blanche dans un verre, terre, empreintes digitales, cheveux, téléphone portable, tissu, galet, papier froissé <i>((Diapos prise sur le site de Montréal))</i> -Les élèves doivent récupérer les documents supplémentaires sur l'ENT. RFDE	Maths SVT SPC	Chaque groupe ira dans chacun des laboratoires (Maths, SVT et SPC) alternativement suivant le calendrier	Numérique www.lyc-vallot-lodeve.ac-montpellier.fr/spip.php?article609
L2	Lycée Emile Littré (Caen)	Sciences & Investigations policières - Mathématiques	Nicolas TENART Janvier 2011	Le compte rendu de mise en œuvre succinct parle des trois matières mais seules les fiches élèves correspondant aux 6 séances de maths sont données : Quatre fiches élèves (6 séances) -César, permutation lettres -Empreintes digitales -Henssge -Vigenère, RSA	Maths (SVT SPC)		Numérique http://littre.eta.b.ac-caen.fr/spip.php?article425
L3	Lycée Emile Littré (Caen)	Enquête MPS 2014	Nicolas TENART Janvier 2014	Support de séance Seul le rapport d'enquête en pdf est donné : plans, personnages, indices : message codé, cheveux ...	Maths SVT SPC		Numérique http://littre.eta.b.ac-caen.fr/spip.php?article652
L4	Lycée Oiselet	Site MPS Oiselet La disparition de Monsieur X	2010	Un site MPS Oiselet ! destinés aux élèves des quatre classes de seconde concernés et leurs parents. Plusieurs diaporamas, ensemble de supports de séances, fiches élève, liens, planning, un jeu (simulateur balistique) dont : -La disparition de Monsieur X -Les empreintes digitales -TP Cryptage affine avec Excel -TP tâches de sang 1 -Balistique -Scénario identique à celui du lycée	Maths SVT SPC		Numérique http://www.mps.lycee-oiselet.fr/

				Monet (Versailles) RFDE (extrait)			
L5	Lycée Thomas Corneille Barentin (76)	Police scientifique Secteur Rouen Division Corneille	Décembre 2014	Diaporama (16 pages) qui semble être le support conçu pour la présentation du thème aux élèves Rapport d'enquête, personnages, indices : marteau de géologie, résidus biologiques (cheveux, poils ou fibres), sang ; thermos de café, scalpel, gouttes de sang, craie, boîte mail			Numérique http://thomas-corneille-lyc.spip.ac-rouen.fr/spip.php?article444
L6	Lycée Gabriel Voisin Tournus (Dijon)	Une enquête policière en MPS	David ROLAND Juin 2012	Productions d'élèves Diaporama (30 diapos) réalisé par deux élèves de seconde Aurore BRASSART et Anaïs MAUFROY. Les enseignants de SVT et SPC avaient donné au groupe un début de scénario de scène de crime, et le travail des élèves consistait à inventer une suite et fin ... le tout sous la forme d'un diaporama réalisé sur ordinateur au lycée, en y incorporant les analyses d'indices traités durant des séances de travaux pratiques avec les enseignants ... à la façon d'une enquête criminelle de la Police Scientifique. Indices : douilles, empreintes digitales, poudre dans un verre, sang, cheveu, empreinte de chaussure, entomologie, ADN RFDE probable	SVT SPC		Numérique http://lyc71-voisin.ac-dijon.fr/spip.php?article166
L7	Lycée Jean Monnet La Queue lez Yvelines (Versailles)	Sciences et investigation policière	Stéphane SCHMITT mars 2011	Scénario (1 page, pdf) mêlant deux meurtres avec analyse des indices : Maths et SPC : balistique (trajectoire pierre) Physique : ions, poussière Mathématiques : cryptage de texte SVT : entomologie, empreintes digitales, ADN, sang, palynologie (étude pollens) RFDE (extrait)	SVT Maths SPC	Un indice pointé bi-disciplinaire	Numérique http://www.lyc-monnet-lqly.ac-versailles.fr/spip.php?article464
L8	Lycée Jean Monnet La Queue lez Yvelines (Versailles)	Une enquête de la police scientifique : procédure en cas de meurtre	Geneviève DOMINOIS septembre 2011	Procédures à mettre en œuvre en cas de meurtre : sur les lieux du crime, au labo			Numérique http://www.lyc-monnet-lqly.ac-versailles.fr/spip.php?article597
L9	Lycée Jean Monnet La Queue lez Yvelines (Versailles)	La disparition de Monsieur X	Geneviève DOMINOIS septembre 2011	Scénario inspiré de celui d'Eduscol Analyse des indices : -Plusieurs tâches de sang frais sur le mur et au sol. -Papier froissé en boule sur lequel figure une série de mots incompréhensibles. -Une pierre arrondie sur le bureau -Un mégot de cigarette dans le pot de la plante verte -Un verre vide contenant une poudre blanche et une boîte de paracétamol sur la table basse. -Traces de sang, empreintes digitales -Un courriel codé -De la terre, des fragments de feuilles et des cheveux ou poils d'animaux collés sous les semelles des chaussures			Numérique http://www.mps.lycee-oiselet.fr/images/stories/Enquetes_policieres/MPS-Introduction_investigation.pdf

				<i>Scénario identique à celui du lycée Oiselet</i> RFDE (extrait)			
L 10	Lycée Jules Hardouin Mansart Saint Cyr l'école (Versailles)	Sciences et investigation policière	Joëlle MIRABAUD Oct 2014	Scénario donné : meurtre, suspects, analyse d'indices : traces de sang sur le mur, une pierre, de la terre et du pollen, mèche de cheveux, un mégot, un verre renversé avec une poudre blanche à l'intérieur, empreintes digitales, le séjour, 2 messages codés Aucune autre ressource RFDE probable			Numérique http://www.lyc-mansart-st-cyr.ac-versailles.fr/spip.php?article89
L 11	Lycée de Vaison la Romaine (Aix Marseille)	LVPS police scientifique		Dossier contenant 10 fichiers Le scénario de meurtre, analyse des indices : messages codés, sang, poils et cheveux Des comptes rendus pour chaque séance menée et avancée de l'enquête rédigés par les élèves. Deux articles de journaux parus dans la presse locale sur les MPS au lycée Un document joint : séance 6, cheveux, fiche élève			Numérique http://www.clg-darbaud-vaion.ac-aix-marseille.fr/spip/spip.php?rubrique281
L 12	SVT BERBEY Lycée Saint Jean	MPS science et investigation policière SJCSI Saint Jean Crime Scene Investigation	Elisabeth BERBEY Professeur de SVT Lycée Saint Jean Limoges	Ensembles de supports de séances pour présenter les 5 différentes intrigues (une par année) Résoudre une nouvelle enquête en combinant : -des réflexions en mathématiques et cryptologie, -des expérimentations pratiques en Chimie et SVT, -des recherches sur Internet, -la rédaction d'un rapport d'enquête. L'ensemble partiellement in English !	SVT SPC Maths Anglais		Numérique https://sites.google.com/site/websvtberbey/mps---science-et-investigation-policier
L 13	Lycée Méchain Amiens	MPS	Gilles	Quelques supports de cours, scénario, interrogatoires pour deux crimes (2012, 2013) Un article de journal paru dans la presse locale sur les MPS au lycée Méchain			Numérique http://mechain.lyc.ac-amiens.fr/spip_pdead/spip.php?rubrique59

APMEP (Associations des professeurs de mathématiques de l'enseignement public)							
C1	Site de APMEP	Divers sujets de maths appliqués	R. BELLOEIL Juin 2010	Dossier ZIP contenant un sous dossier « Police » de 8 fichiers : fiches élèves avec un exercice par fiche de niveau seconde	Maths		Numérique http://www.apmep.fr/Ressources-diverses
C2	Site de APMEP	Cryptographie	F. LAROCHE Juin 2010	Dossier ZIP : Une fiche élève : apport de connaissances et questions posée en TS, spécialités maths Et 6 fichiers excel	Maths		Numérique http://www.apmep.fr/Ressources-diverses
C3	Bulletin vert APMEP n°497	Aventure en MPS	Gilles WAEHREN, février 2012	Article : L'auteur raconte sa participation à l'"Option Sciences" dans son lycée, depuis la préparation par une journée "portes ouvertes", la mise en place sur 4 matières, la répartition des élèves, le calendrier, le choix des thèmes explorés, les TP proposés aux élèves, et enfin l'attitude positive des élèves. Les sujets retenus : police scientifique (tâches de sang, cryptographie et balistique) ont intéressé les élèves, et beaucoup ont trouvé l'identité du meurtrier ! L'auteur conclut en décrivant son	Maths (SVT, SPC)	Travail en parallèle sur les indices	Papier http://www.apmep.fr/Sommaire-du-Bulletin-497

				enthousiasme devant ce mode de travail en classe			
C4	Bulletin vert APMEP n°496	Méthodes et pratiques scientifiques : un espace pour un enseignement scientifique interdisciplinaire en seconde	Rémy COSTE dec 2011	Article : Cet article est le compte rendu et le bilan d'un travail en MPS de quatre professeurs dans deux classes de seconde au lycée Blaise Pascal à Orsay (Essonne) pendant l'année scolaire 2010-2011. Les enseignants ont choisi un encadrement interdisciplinaire et l'évaluation par compétences. Deux sujets d'étude : l'accélération d'un mobile (le TGV et la fusée Ariane), et la datation de la mort d'Otzi (momie congelée)		encadrement interdisciplinaire	Papier http://www.apmep.fr/Sommaire-du-Bulletin-496
C5	Bulletin vert APMEP n°495	Dossier MPS	Aout 2011 Catherine COMBELLES	Dossier Méthodes et pratiques scientifiques : 8 articles Introduction (Catherine Combelles)			Papier Sommaire sur : http://www.apmep.fr/Sommaire-du-Bulletin-495
		Les MPS au lycée Monge-La Chauvinière de Nantes	Hervé GRAU, Valérie GOUTIER, Christel NOUHAUD Colette LE LAY	Cet article est le témoignage d'une équipe de 4 professeurs volontaires (1 de maths, 1 de SPC et 2 de SVT) qui s'est constituée pour travailler en MPS autour des trois thèmes : sciences et aliments, sciences et investigation policière, sciences et vision du monde. Il contient : - une présentation des activités proposées : des TP méthodologiques bi-disciplinaires, des conférences par des personnes extérieures, une visite de laboratoire, des travaux de recherche type TPE - une brève description de l'accompagnement et de l'évaluation - le ressenti : des enseignants sur le travail d'équipe et des élèves	MATHS SVT SPC	La plupart du temps, trois professeurs animent deux groupes, se déplaçant d'une salle à l'autre. Deux séances de concertation	
		Méthodes et Pratique Scientifiques : une pédagogie pleines d'enseignements	Gérard LAMARTINIERE	Cette expérience a réuni 4 enseignants (2 en SPC, 1 en SVT, et l'auteur en math). Les thèmes retenus sont : investigation policière et Vision du monde. Les sujets choisis sont : balistique, étude du sang, cryptographie, l'ADN, analyse d'un son ..., l'œil et la vision, optique, cristallographie, mouvement des planètes	SPC SVT Maths	Une concertation régulière met en place une progression annuelle cohérente entre les trois disciplines	
		Compte rendu MPS au lycée Vauvenargues	Claude DAVIET, Arnaud LATHÉLIZE Hervé ROUX	Cet article est un témoignage concernant la mise en place des MPS : Une équipe de 3 professeurs (Math, SPC et SVT) Les thèmes : Sciences et vision du monde, Sciences et œuvres d'art, Sciences et investigation policière. Sur un scénario de crime, les professeurs ont construit 9 TP, 3 en chaque matière. Les thèmes : balistique, cryptographie et cryptanalyse	SPC SVT Maths	Pour chaque séance deux professeurs intervenaient en même temps	

		Réaliser un fichier d'empreintes digitales	Rémi BELLOEIL	Dans le cadre des MPS, l'auteur a abordé le thème "investigations policières". En mathématiques, réalisation d'une base de données d'empreintes digitales des élèves, sous la forme d'un fichier Excel, l'objectif étant de retrouver une empreinte. En SVT, une base de données concernant les fibres (non décrite)	Maths SVT	Travail alternatif avec les groupes (Maths, SVT)	
		Un moyen d'identification simple : les empreintes digitales	Hervé LEHNING	Après un bref historique sur l'utilisation des empreintes digitales pour l'identification d'un individu, l'auteur expose comment est constitué le fichier. On définit la signature d'une empreinte par les points les plus typiques, nommée minuties et on en déduit la "signature". Ce fichier peut être utilisé pour l'identification d'un individu, en remplacement du mot de passe. Francis Galton est à l'origine de cette technique. Des annexes donnent la probabilité d'identifier un individu par ses empreintes, et explicite la recherche dichotomique utilisée			
		Comment faire vivre les objectifs de MPS avec les contraintes de la réforme des lycées ?	Sylvie BEAUFORT, Bénédicte HAUSBERGER Jean-Pierre ROBERT	A la rentrée 2010, la réforme du lycée officialise l'EE MPS, s'inspirant des expériences précédentes de l'"Option Sciences", depuis 2007. Cette équipe de Montpellier décrit la mise en place, et le déroulement de leur expérience MPS en 2010-2011. Le thème choisi : "Autour du raisin". En SPC : les constituants chimiques du vin, en SVT : de la botanique autour du raisin et de la vigne, en math : rendement d'une parcelle.	SVT, SPC, maths	Séances Maths, SPC, SVT en classe entière	
		Mathématiques et Musique » au Lycée Marseilleveyre	Bénédicte ESPARIAT	Dans le cadre de l'EE MPS, l'équipe du lycée Marseilleveyre a choisi un travail sur la Musique, intégré à un projet PASS (Projet Académique Sup'Sciences) dont le but était de mettre en évidence les notions scientifiques intervenant dans la construction d'un instrument : la guitare.	Maths Musique		
CultureMATH							
C6	Culture-MATH	Trajectoire de la balistique	David AUBIN Université Pierre et Marie Curie Nov 2010	Vidéo (1 heure 8 min) d'une conférence Cette conférence, donnée devant une classe de seconde du lycée Léonard de Vinci à Levallois-Perret, s'inscrit dans le cadre de la thématique "Science et investigation policière" de l'enseignement d'exploration MPS			Numérique/ Vidéo http://culturemath.ens.fr/content/trajectoires-de-la-balistique
C7	Culture-MATH	Quelles mathématiques pour le module MPS en classe de seconde ?	Février 2010	Espace de discussion, non disponible actuellement ! CultureMATH met à la disposition des enseignants du secondaire, de l'enseignement supérieur, des chercheurs, etc. un espace de discussion sur le thème "Quelles mathématiques pour le module Méthodes et Pratiques Scientifiques - MPS". L'objectif de cet espace de discussion est de mettre en relation les divers acteurs de la communauté "mathématique" et plus généralement "scientifique"			Numérique http://culturemath.ens.fr/node/2116

				sur cette question. L'enjeu est que des membres de cette communauté puissent faire connaître des ressources aux enseignants de mathématiques du secondaire et que des discussions naissent à propos de ces ressources. En proposant ces échanges, l'ambition de CultureMATH est de participer à la réflexion sur la façon dont les mathématiques pourraient être investies par les élèves dans les six thèmes proposés par le projet, en liaison avec les sciences physiques et les sciences de la vie et de la terre.			
C8	Culture-MATH	Dossier transversal sur les MPS	Février 2010	Cette page propose des liens vers les ressources des sites jumeaux ENS/DGESCO en relation avec le module d'exploration "Méthodes et Pratiques Scientifiques" (MPS) du nouveau programme de la classe de seconde. Il ne s'agit pas de ressources "clé en main" mais d'articles qui pourraient aider à l'élaboration de sujets pluridisciplinaires en rapport avec les six thèmes proposés par le programme. Dans le dossier Investigation policière, quatre sous dossiers : Ressources en maths [1] Un problème de digicode [2] Sur l'algorithme RSA [3] La statistique comme outil d'aide à la décision [4] Trajectoires de la balistique Ressources en chimie [1] Recherche de pesticide dans les eaux : Une enquête pour Sherlock Holmes ! [2] Contribution des analyses isotopiques à la lutte contre les trafics de drogue [3] Un tableau périodique des éléments explosifs ! [4] Les métaux en biologie : entre poison et thérapie [5] Prix Nobel de Chimie 2009 : Le ribosome traducteur du code de l'ADN. [6] Spectrométrie de masse et structure de protéines Ressources en physique [1] Pré-histoire et histoire du LASER [2] De l'acoustique à la perception : la psychoacoustique Ressources en biologie [1] Des groupes sanguins pour quoi faire ? [2] L'électrophorèse [3] Electrophorèse d'ADN sur gel d'agarose [4] La centrifugation [5] Extraction de l'ADN d'oignon [6] Le séquençage d'un ADN	Maths Chimie Physique biologie		Numérique http://culturemath.ens.fr/node/2115#3
C9	Culture-MATH			Liste des articles, dossiers et hors-séries du magazine Tangente pouvant se rattacher aux thèmes 2010 des MPS et en particulier au thème science et investigation policière (SIP) : HS 26 : Cryptographie et codes secrets Tangente 45, 1995, Dossier sur la méthodologie et la résolution de problèmes en mathématique Tangente 82, 2001, Dossier «L'intelligence des transports» Tangente 84, 2002, Dossier «Les secrets de l'euro» Tangente 93, 2003, Dossier «Maths et Police » Tangente 110, 30, 2006, Dossier «Maths et Internet» Tangente 112, 17-23, 2006, Dossier «L'équité en jeu» Tangente 121, 13-28, 2008, Dossier «Les mathématiques du poker»			Numérique http://culturemath.ens.fr/node/images/images/Tangente_MPS.pdf

				Tangente 84, 2002, Dossier «Impôts» Tangente 27, 10–13, S. Audrain, 1992, Élections: pièges à... matheux Tangente 30, 12–15, G. Cohen, 1993, L'arbre aux zéros Tangente 35, 36–39, J. Césaro et F. Dupuis, 1994, L'enquête de l'inspecteur Gaëtan Jante. Des énigmes mathématiques sur le mode de l'enquête policière. Tangente 44, 16–19 et 46, G. Cohen, 1995, Le problème des campeurs. Une énigme mathématique résolue par le Docteur Ecco. Tangente 44, 20–21 et 38, D. Shasha, 1995, Élémentaire, mon cher Euclide! Aspects mathématiques des enquêtes de Sherlock Holmes. Tangente 45, 4–7, G. Chaumeil, 1995, Condamné, levez-vous! Discussion paradoxale entre un condamné et le juge. Tangente 50, 44–46, B. Rittaud, 1996, Les impostures de Madame Irma. Enquête policière avec l'aide d'une voyante. Tangente 51–52, 36–39 et 67, G. Cohen, 1996, Taquin à Pékin Enquête dans une agence de promotion. Tangente 51–52, 74–75, G. Cohen, 1996, De l'Île mystérieuse à Paris au XXesiècle. Les mathématiques dans l'œuvre de Jules Verne. Tangente 55, 4–7, M. Laura, 1997, Qui a inventé l'ordinateur ? Enquête sur les candidats potentiels au statut de découvreur de l'ordinateur. Tangente 78, 28–30, F. Casiro, 2000, 2008, année fiscale blanche ? Les preuves d'une mystification Autour du prélèvement d'impôt à la source (2007–2008). Tangente 114, 8–10, G. Cohen, 2007, Cryptographie : la descendance de César. Différentes méthodes de cryptographie. Tangente 119, 24–26, H. Lehning, 2007, La représentation proportionnelle dans les élections. La méthode d'Hondt Attribuer les sièges aux candidats dans un système de partis lors d'élections proportionnelles. Tangente 130, V. Henry, 26–27, 2009,			
APBG (Association des professeurs de biologie géologie)							
C 10	Catalogue des productions APBG			Des kits de TP pour les nouveaux programmes, MPS : Le kit ADN entier Le kit ADN hydrolysés pour les empreintes génétiques Le kit ADN Hydrolysés pour le diagnostic de pathologies génétiques			Matériel http://www.apbg.org/wp-content/uploads/2015/01/catalogue-APBG-2015-03.pdf
UdPPC (Union des professeurs de physique et de chimie)							
C 11	Revue BUP N°932 UdPPC	Enquête policière	MARINUCCI DE REGUARDATI, Sophie Mars 2011	Article : La réforme nationale des lycées, entrée en vigueur en septembre 2010, impose des enseignements d'exploration adressés à la classe de seconde, parmi lesquels figurent : méthodes et pratiques scientifiques. Un des thèmes proposés est « Sciences et investigation » dont le but est de faire découvrir les sciences de façon ludique et innovante, au travers du métier de la police scientifique. Les élèves pourront ainsi mieux intégrer des notions de sciences en endossant un rôle de détective. Le présent article propose des	Chimie SVT		Papier http://www.udppc.asso.fr/bupdoc/consultation/sommaires-an.php

				expériences de chimie liées à ce thème et des pistes d'implications possibles d'enseignement des sciences de la vie et de la terre.			
Forum des professeurs de sciences physiques Partager pour mieux enseigner							
	Forum francophone d'échange et de discussion entre professeurs de physique-chimie de collège et de lycée. Nombreuses ressources dans le dossier MPS mais réservées aux professeurs de physique-chimie. Réponses, commentaires apportées par les autres membres.						http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76
C 13	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	MPS	19 Juillet 2010 à Oct 2010 Fifa03 (pseudo)	Demandes de pistes à partager : je suis en train de réfléchir sur l'option MPS et en particulier sur la partie sciences et investigation policière. J'ai quelques idées d'expériences: - le principe de la loupe pour visualiser les traces de cheveu. - la mesure de la taille du cheveu par diffraction. - l'étude de trajectoire avec webcam et analyse du mouvement. vitesse. - la photographie argentique et numérique pour numériser les indices et argumenter le dossier. Est-ce que vous auriez des idées de scénario ou de séquences à me proposer ? 5 messages en réponse sans fichier joint de juillet 2010 à octobre 2010 (référence à Eduscol)	SPC		Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
C 14	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	Investigation policière	Dec 2010 Dubiez (pseudo)	Compte rendu succinct de mise en œuvre sans fichier joint : Répartition des indices entre les disciplines : SVT : séance organisée en "TP mosaïque" (les 4 postes suivants se déroulent de manière synchrone ; la rotation entre les postes s'effectue à la séance suivante.) Poste 1 : Retrouver l'heure ou la date du crime, courbe de décroissance thermique Poste 2 : Les groupes sanguins Poste 3 : Les empreintes génétiques Poste 4 : Analyse de grains de pollen Mathématiques 1ère séance : Travail sur la projection du sang sur le mur 2ème séance : Balistique 3ème séance : Décodage du petit message codé par codage César 4ème séance : Décodage du grand message par codage affine Physique Chimie 1ère séance : Détermination de la taille d'un cheveu par spectrophotométrie. 2ème séance : Analyse de l'encre utilisée pour le message par chromatographie. 3ème séance : Analyse chimique de la terre retrouvée sur le lieu du crime. 4ème séance : Etude des empreintes digitales à l'aide du logiciel Digit ID Demo. 4 messages en réponse sans fichier joint Serait issu du site SVT de Montpellier !	SPC SVT Maths		Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
C 15	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	Composition de la terre	26 sept 2010 Nani (pseudo)	Question, demande d'aide : j'enseigne en seconde, en MPS et je dois préparer une séance sur la composition d'un échantillon de terre trouvée dans la pièce du meurtre : savoir si le sol est acide ou basique pas de souci mais cela ne fera pas une séance, je sais que dans un ancien programme de seconde on faisait ce genre de TP est ce que quelqu'un du forum garderait ces archives ..., avez-vous des idées ?			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75

				26 messages réponses avec trois fichiers joints			
C 16	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	MPS, Chromato, paracétamol (Investigation policière)	17 mars 2011 Fabosoleil (pseudo)	Compte rendu rapide de mise en œuvre et demande d'infos sur le TP chromatographique Disparition d'une préparatrice du labo (indices : sang, verre avec substance blanche et empreintes, cheveux) Les élèves analysent ces différents indices (électrophorèse, diffraction, groupe sanguin, chromatogramme, relevés empreintes) Puis rebondissement dans l'enquête : on découvre le corps de la préparatrice (nouveaux indices : empreinte chaussure, sable et pollen, message codé, présence mouches, impact balle dans mur) Nouvelles investigations Originalité : le coupable est l'un des élèves 7 messages en réponse avec 4 fichiers joints	SPC (SVT)		Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
C 17	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	Comment fonctionne le Fingerprint	Février 2011 Delimat (pseudo)	Question : j'essaie de mettre en place une activité pour les MPS investigation policière : comment identifier une empreinte. J'ai vu que certains utilisent le logiciel fingerprint qui semble convenir pour identifier une empreinte dans une base de données. Par contre, malgré mes efforts je n'arrive pas à la faire fonctionner correctement : même si je fais une recherche avec une copie d'une empreinte de ma base de données, il ne l'identifie pas... Une réponse avec un fichier joint			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
C 18	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	Envoi d'une fiche élève investigation policière	19 mai 11 Cipango (pseudo)	Un message et un fichier joint			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	MPS éclaboussure de sang, besoin et avis ...	19 mars 11 Mirabelle (pseudo)	Question : Je voudrais monter une séquence d'une ou plusieurs séances sur les traces de sang : l'étude des formes des éclaboussures du sang en fonction de plusieurs paramètres... Pas de prof de maths dans l'équipe 8 messages en réponse et un fichier joint			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
C 19	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	MPS police scientifique, liens	11 Sept 2010 Agn01 (pseudo)	Un fichier avec des liens vers des sites traitant des différents sujets pouvant permettre de monter des séances sur le thème. Les liens pointent aussi bien sur des sites apportant des compléments d'information que sur des sites proposant des séquences d'enseignement. 19 messages, 4 fichiers joints			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
C 20	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	MPS Balistique	7 sept 2011 Sophie (pseudo)	Question : Nous avons trouvé une scène de crime (à retravailler car tout n'est pas au point) et je dois m'intéresser à l'analyse de cheveux, l'identification d'une poudre et à la balistique pour déterminer la position du tireur. Pour les cheveux je pense utiliser le phénomène de diffraction. Pour la poudre une chromatographie Pour la balistique : un travail de recherches sur l'aspect historique puis sur la balistique externe, effectuer des lancers de balle et utiliser le logiciel dynamique Est-ce que parmi vous quelqu'un aurait fait ce travail sur l'étude des trajectoires? 3 messages en réponse avec 2 fichiers joints			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
C 21	Forum des professeurs de sciences physiques	MPS Investigations policières	Oct 11 Cisco (pseudo)	Un fichier : Les expériences ne sont pas plus originales que celles déjà disposées sur ce forum mais la manière de les présenter est un peu différente. Nous avons préparé une scène de crime (cf photo) où les élèves ont relevés des indices. Les élèves			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=

	Dossier MPS			sont ensuite réparties en plusieurs centres de recherche et sont invités à établir un protocole expérimental afin d'aider la police à résoudre l'enquête.			76&start=75
C 22	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	Scénarios pour MPS et police scientifique	10 dec 10 Vador1968 (pseudo)	Recherche de 6 scénarios différents pour caser les indices retenus : - sable - projectile : simulation logiciel regressi ou dynamic - pollen : SVT - tache de sang / vin : luminol + dosage colorimétrique, Fer dans la vin - poudre blanche (paracétamol-aspirine) : chromatogramme - mégot pour ADN- : kit adn en svt - séance cheveux (animal et humain) : diffraction - date de l'heure de mort Fiches TP fournies 9 messages en réponse et un fichier joint			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
C 23	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	MPS, Sciences et investigations policières	Avril 11 Rphilippe (pseudo)	Fichier : fiche d'introduction donnée aux élèves pour réflexion. 7 messages en réponses avec 6 fichiers joints			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
C 24	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	Investigation policière, caractéristique de la terre	31 juillet 2012 Natou (pseudo)	Fichier : TP fait avec les élèves pour qu'ils recherchent les caractéristiques de la terre laissée sous les chaussures du suspect recherches ions, pH, CAH deux séances de deux heures Autonomie et organisation des groupes leur sont demandés 5 messages en réponses avec 2 fichiers joints			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
C 25	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	MPS, investigation policière	18 août 2012 Orain (pseudo)	Compte rendu de mise en œuvre avec fichiers joints Trois enseignants (maths, SPC et SVT), créneaux d'1h30, les élèves ont travaillé en binômes. Première séance à 3 profs pour présenter le travail et le scénario 3 séances dans nos disciplines respectives Maths : décrypté un message codé SVT : le sang et le cheveu SPC : la CCM de la poudre blanche retrouvée dans le verre, mesure du diamètre du cheveu, l'analyse de la terre A la fin de ces séances, nous avons organisé deux séances durant lesquelles les élèves ont rédigé leur rapport en qualité de techniciens 5 messages en réponse avec un fichier joint			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
C 26	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	Investigation policière et spectrométrie	2 mai 2012 Aurel62 (pseudo)	Fichier : Après que les élèves aient utilisé la chromatographie pour séparer les constituants de la poudre blanche, ils ont découvert une tâche inconnue. Je leur ai donc dit qu'une partie de l'échantillon serait envoyée dans un laboratoire. La séance suivante je leur ai distribué le document mis en ligne et ils ont dû réaliser un compte rendu qui permet d'expliquer si l'espèce inconnue est un barbiturique. Les élèves étaient intéressés car ils utilisaient l'informatique et découvraient de nouvelles notions par eux-mêmes (la masse molaire). 6 messages en réponse avec un fichier joint			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
C 27	Forum des professeurs de sciences physiques	MPS investigation policière, tâches de sang, angle	7 mars 2013 Mtc (pseudo)	Fichier : TP fait en MPS sur les tâches de sang. 2 messages en réponse avec un fichier joint			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=

	Dossier MPS	et position					76&start=75
C 28	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	Prise d'empreintes digitales, révélations d'empreintes	16 nov 2012 Physicus (pseudo)	Fichier : Descriptions de deux expériences trouvées sur des sites nord-américains et testés, liens vers les sites : - méthode fort astucieuse (trouvée sur des sites nord-américains) pour révéler des empreintes déposées sur un objet : le fumage de l'objet par des vapeurs de Super Glue . Méthode pour enregistrer l'empreinte de quelqu'un très facilement 9 messages en réponse avec un fichier joint			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
C 29	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	MPS investigation policière	29 juin 2013	Fichier : 2 TP -L'identification de différents tissus : coton , lin, polyamide, laine polaire, soie, polyester,..... -La fabrication d'un éthylotest et la détermination par mesure d'absorbance d'une solution de concentration inconnue en éthanol. 6 messages en réponse sans fichier joint			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
C 30	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	Investigations policières, sujet d'évaluation finale	6 août 2013 S.F (pseudo)	Fichier : Sujet d'évaluation du cycle sciences et investigations policières. Les élèves doivent utiliser l'ensemble des connaissances vues au cours des différents TP de présentation des techniques pour établir une frise chronologique et proposer un scénario cohérent. 5 messages en réponse sans fichier joint			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
C 31	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	Etude de la terre retrouvée sous les chaussures	7 février 2013 Diouse (pseudo)	Fichier : Test aux ions chlorure plus net dans "l'eau de terre" obtenue après filtration, comparaison des pH de plusieurs terres 2 messages en réponse avec 1 fichier joint			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
C 32	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	Sang et luminol	15 oct 2013 Lenym (pseudo)	Fichier : activité sur le sang. Deux tests sont étudiés: - le test à l'eau oxygénée (introduction de la notion de faux positif) - le test au luminol (il est demandé aux élèves de souiller avec du sang des échantillons de tissus puis de les laver de différentes manières afin de vérifier après séchage si le sang est encore visible). Aucun message en réponse			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
C 33	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	MPS, Homo Orcus, Science et investigation policière	17 juillet 2014 Stefano (pseudo)	Fichier : Au travers d'un extrait vidéo sur une hypothétique nouvelle espèce d'hominidé qui aurait survécu dans les Pyrénées (canular très bien construit et passé sur Planète le 1er avril 2011), on applique ici différentes techniques d'identification ainsi qu'une étude balistique (tir à l'arc). C'est bien une investigation de type «policière » mais sans crime ni cadavre, plutôt dans l'esprit d'une investigation archéologique (paléanthropologique pour être plus précis). Les différentes sources utilisées sont précisées dans le document lui-même ainsi que les liens vers les vidéos requises. Un message en réponse sans document joint			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
C 34	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	Séquence complète police scientifique	19 mai 2014 S.F	Fichier : la séquence complète de police scientifique. 18 messages réponses avec 6 fichiers joints			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75
C 35	Forum des professeurs de sciences physiques	MPS enquête policière, étude d'indices	5 nov 2014 Agalanie (pseudo)	Fichiers : deux sujets de TP sous forme de démarche d'investigation pour étudier les indices trouvés sur la scène du crime : - les cheveux : déterminer à qui ils appartiennent par la méthode de diffraction.			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=

	Dossier MPS	cheveu et terre		- la terre trouvée sous l'empreinte de pas (étudiée normalement en mathématiques) et déterminer par comparaison d'où elle provient. 2 messages en réponse sans fichier joint			76&start=75
C 36	Forum des professeurs de sciences physiques Dossier MPS	MPS balistique Tâche complexe	25 janvier 2015 Keplerus (pseudo)	Fichier : activité proposée en introduction à la MPS. Tâche complexe, dans laquelle il faut retrouver le coupable d'un lancer de pierre sur un camarade. A l'aide de nombreux documents (tableaux, graphiques, données, photographie...) et d'un fichier géogébra dynamique (assez basique), les élèves doivent prouver l'innocence/ la culpabilité des différents suspects. Ils peuvent pour cela prendre en compte plus ou moins de facteurs (distance, hauteur, vitesse de lancé etc...). 4 messages en réponses avec un fichier joint			Numérique http://physiquechimie.forum.free.fr/viewforum.php?f=76&start=75

FORUM NATIONAL de SVT (Site de l'académie de Toulouse) Forum des enseignants et techniciens des Sciences de la Vie et de la Terre							
C 37	Forum national de SVT	Enseignement d'exploration MPS : Science et investigation policière	27 avril 2010 Zouic (pseudo)	Fil de discussion Sujet : Je propose un fil dédié uniquement à ce thème, afin de commencer à échanger sur les ressources, les contenus, les idées de manips, les liens avec des activités en Maths ou en SPC, etc ... 107 messages en réponse avec des liens vers des sites d'avril 2010 à aout 2013	SVT		Numérique http://forum-svt.ac-toulouse.fr/viewtopic.php?f=107&t=2156
C 38	Forum national de SVT	MPS entomologie	20 sept 2011 Ludeau (pseudo)	Fil de discussion : Sujet : demande pour préparer une séance en classe entière traitant de l'entomologie : -Un peu de cours sur le développement des insectes et leur organisation. Identification de quelques insectes à l'aide de photographies (vu les conditions, pas de manipulation), sous forme d'exercices en groupe. Le but serait d'estimer la date de la mort. -Demande de liens, de documentation notamment sur les principaux insectes, l'ordre d'apparition avec le moment, etc. 9 messages en réponse entre sept et oct 2011	SVT		Numérique http://forum-svt.ac-toulouse.fr/viewtopic.php?f=107&t=3308

GEOGEBRA TUBE							
	Site	Titre	Auteur(s) / Date	Type / Description RFDE : Ressource fille du document Eduscol	Disciplines associées	Type de travail collectif	Nature / Adresse
C 39	GeoGebra Tube	MPS sang	Avril 2015 Sébastien Cario	5 fichiers GeoGebra Ces fichiers semblent permettre l'analyse des trajectoires de gouttes de sang.			http://tube.geogebra.org/search/perform/search/MPS
C 40	GeoGebra Tube	MPS Surveillance	Mars 2015 Sébastien Cario	16 fichiers GeoGebra Ces fichiers semblent permettre d'explorer les champs de vision de gardiens postés à différents endroits de pièces de formes différentes			http://tube.geogebra.org/search/perform/search/MPS
C 41	GeoGebra Tube	Trajectoire d'un projectile	Dec 2014 Valérie Bonnet	1 fichier GeoGebra Le fichier permet de représenter, dans un repère, la trajectoire d'un projectile lancé à une vitesse v suivant un angle a avec l'horizontale. Deux curseurs permettent de modifier v et a.			http://tube.geogebra.org/search/perform/search/MPS
C 42	GeoGebra Tube	MPS localisation portable	Nov 2014 Pascal Guilloux	1 fichier GeoGebra Plan d'une île qui comporte trois antennes relais pour les téléphones mobiles (notées par les points A1,A2 et A3). Le relevé effectué auprès des trois agences qui gèrent ces antennes indique qu' à 22:53			http://tube.geogebra.org/search/perform/search/MPS

				le portable de C.B. était logué sur les trois antennes avec : distance à A1====> 940m, distance à A2====>1620m et distance à A3====>966m			
C 43	GeoGebra Tube	Retrouver l'origine de traces de sang projetées 3D	Fév 2014 François Byasson	1 fichier GeoGebra Ce fichier permet un travail sur le thème de la criminalistique : Des tâches ont été obtenues par projection violente de gouttelettes à partir d'un point central; l'objectif est de retrouver l'origine des projections en étudiant l'image obtenue. (On suppose que les gouttelettes sont sphériques et que leur trajectoire est rectiligne puisque leur mouvement est rapide). Pour retrouver l'origine des tâches, il suffit d'ajuster des ellipses sur les tâches de l'image, en commençant par les tâches les plus éloignées.			http://tube.geogebra.org/search/perform/search/MPS
C 44	GeoGebra Tube	MPS trajectoires	Sept 2013 Hartung	1 fichier GeoGebra Permet de visualiser une trajectoire en parabole dépendant de deux curseurs			http://tube.geogebra.org/search/perform/search/MPS
C 45	GeoGebra Tube	MPS Tâches de sang	Sept 2013 Hartung	1 fichier GeoGebra Le fichier permet de déterminer les taches de sang sur le sol en fonction de leur rayon et l'angle avec le sol. Deux curseurs permettent de modifier le rayon et l'angle avec le sol.			http://tube.geogebra.org/search/perform/search/MPS
C 46	GeoGebra Tube	Chiffre de César	Janv 2013 Flavalf	1 fichier GeoGebra Le fichier permet de coder ou décoder un message par la méthode de César. Un curseur commande le décalage. Un cadran type cadran d'Alberti permet de visualiser le décalage			http://tube.geogebra.org/search/perform/search/MPS
C 47	GeoGebra Tube	Chiffrement affine	Fév 2012 - Noël LAMBERT	1 fichier GeoGebra Ce fichier permet en cryptographie d'appliquer un chiffrement/déchiffrement affine à un texte constitué uniquement de lettres majuscules. Deux curseurs permettent de choisir a (premier avec 26) et b			http://tube.geogebra.org/search/perform/search/MPS
C 48	GeoGebra Tube	Vigenère pas à pas	Déc 2011 Noël LAMBERT	1 fichier GeoGebra Il s'agit d'un fichier décrivant pas à pas les actions ou commandes à effectuer pour chiffrer un texte en utilisant le code Vigenère.			http://tube.geogebra.org/search/perform/search/MPS
C 49	GeoGebra Tube	César	Oct 2011 Noël LAMBERT	1 fichier GeoGebra Ce fichier permet de chiffrer/déchiffrer un texte n'utilisant que des lettres majuscules ou des espaces par la méthode de César Un curseur permet de choisir le décalage			http://tube.geogebra.org/search/perform/search/MPS

ANNEXE 3

Offre de ressources MPS « Science et investigation policière » RESSOURCES INDIVIDUELLES/PERSONNELLES Décembre 2014/Janvier 2015							
	Site	Titre	Auteur(s) / Date	Type / Description RFDE : Ressource fille du document Eduscol	Disciplines associées	Type de travail collectif	Nature / Adresse
P1	Site de Vincent Obaton (Maths)	Sciences et investigation policière	Vincent Obaton (Maths) 2011/2012	Dossier contenant 16 fichiers pdf : supports, fiches élèves Déroulement du thème, planning Scénario pour les élèves 7 procès-verbaux Plan de l'appartement séance cryptographie congruence (fiche élève) séance cryptographie code ascii (fiche élève) séance cryptographie in vivo (ADN) (fiche élève) pharmacocinétique (fiche élève) recherche d'empreintes dans un fichier(fiche élève) un peu de balistique (fiche élève) et 5 liens : -logiciel pour faire des portraits robots -logiciel pour vieillir -autopsie d'un meurtre (Montréal) -la cryptographie expliquée -la cryptographie simple scénario de meurtre, analyse d'indices : empreintes digitales, poils, sang, tasse de thé, feuille avec des chiffres et des hiéroglyphes, goutte de liquide, quelques longs cheveux, Smartphone dont l'écran est cassé.	Maths SPC SVT		Numérique http://www.vinc-entobaton.fr/MathsLycee/MPS.htm#1
P2	Le site Web de Didier POL (SVT)	Biologie amusante : la police scientifique	Didier POL (SVT) Mars 2001	Cours : Apports de connaissances sur les empreintes digitales, le sang, les poils et cheveux, l'entomologie, ... Proposition d'expérience : détecter des traces de sang invisible Lien depuis le site de l'académie de Lille	SVT		Numérique http://www.didier-pol.net/1poli-sc.htm
P3	SVT BERBEY Lycée Saint Jean	MPS sciences et investigation policière	Elisabeth BERBEY (SVT) Lycée Saint Jean Limoges	Ensembles de supports de séances pour présenter les 5 différentes intrigues (une par année) Résoudre une nouvelle enquête en combinant : -des réflexions en mathématiques et cryptologie, -des expérimentations pratiques en Chimie et SVT, -des recherches sur Internet, -la rédaction d'un rapport d'enquête. L'ensemble partiellement in English !	SVT SPC Maths Anglais		Numérique https://sites.google.com/site/websvtberbey/mps---science-et-investigation-policiere
P4	Site	MPS	G	Dossier MPS, support de séances et fiches	Maths		Numérique

	Mathématiques Lycée Mangin	octobre 2010	WAERHEN (Maths)	élèves : Tache de sang énoncé du TP : fiche élève taches 1.jpeg version agrandie taches 2.jpeg version agrandie taches .jpeg études gouttes de sang projeté RFDE (extrait) Cryptographie énoncé du TP : fiche élève César.pdf : article HS tangente Affine.pdf : fiche élève Alkindi.pdf : article HS tangente Message crypté.odt Balistique énoncé du TP : fiche élève			http://g.waehren.pagesperso-orange.fr/MPS.html
P5	Delfoide Mathématiques au lycée	TP MPS en seconde	David VAVASSEUR (maths) Lycée Guez de Balzac Angoulême Mai 2013	Fiches élève TP1 : Etude de la forme des taches de sang TP2 : Détermination de la zone d'origine du sang trouvé sur les murs TP3 : Cryptologie et codage TP4 : Cryptologie et codage : chiffre de Vigenère RFDE (extrait)	Maths		Numérique https://deltoide.wordpress.com/2013/05/11/tp-mps-en-seconde/
P6	Aide à la Physique Chimie au lycée	FaceGen Modeller	M.CHOUCHE Dec 2014	Tutoriel : Dans le cadre de la MPS, la version gratuite de FaceGen Modeller permet de réaliser un portrait-robot à partir d'un témoignage ou d'une vidéo Liens vers des articles sur les portraits robots	SPC		Numérique http://r.chouchi.free.fr/

ANNEXE 4

Offre de ressources MPS « Science et investigation policière » RESSOURCES MARCHANDES Décembre 2014/Janvier 2015						
	Site	Accès Dossier	Type / Description RFDE : Ressource fille du document Eduscol	Disciplines associées	Type de travail collectif	Nature / Adresse
Ma1	JEULIN	Enseignement d'exploration / Sciences et investigations policières	Une quarantaine d'articles divers vendus à l'unité ou sous forme de kits allant de quelques euros à presque deux cents Kit électrophorèse d'ADN Kit ADN criminalistique Sang synthétique Combinaison de protection intégrale Enceinte entomologie criminelle Kit indices cheveux Poudre magnétique noire Poudre conventionnelle bi-chromatique noire Divers pinceaux vendus à l'unité Transfert blanc prêt à l'emploi Divers rubans adhésifs et dévidoirs vendus à l'unité Plaques rigides blanches ou noires Tampon Lunettes colorimétriques rouges Planches objets bureau ou figure humaine Kits de moulage Indices cheveux et poils d'animaux Canon de pistolet rayé Lame de sang humain Un dossier pédagogique criminalistique (DVD-Rom) « la science au service de l'investigation policière » développé en partenariat avec le Palais de la découverte et une équipe de professeurs.			http://www.jeulin.fr/produits/enseignement-d-exploration/sciences-et-investigations-policieres.html
Ma2	Site Sordalab Tout pour les sciences	MPS	Une quarantaine d'articles divers vendus à l'unité, en lots ou sous forme de kits allant de quelques euros à presque deux cents classés dans des sous dossiers : Analyse des chaussures du suspect Analyse du cheveu de la victime Analyses génétiques Analyses sanguines Balistique Détection, mise en évidence de sang Entomologie Etude de la scène de crime Protections Relevé d'empreintes digitales			http://www.sordalab.com/catalogue/famille.php?num=278
Ma3	Site Pierron	Catalogue SVT/ MPS/ Science et investigation policière	Environ 25 articles de moins de 100€ Kit cheveux, Kit fibres, Kit sang, Kit indices divers, Kit cartouches, Kit balles, Kit douilles Bluestar (révélateur de sang) Poudres, pinceaux Transfert pour empreintes Quatre épisodes de la série « C'est pas sorcier »			http://www.pierro n.fr/ressources/CataloguesInteractif/svt15/index.html

Ma4	La librairie Archimède	POLE/ Maths et Culture/ MPS	Lot 1/8n MPS avec HS Thématique Science et investigation policière HS Tangente–La Recherche : Jeux & énigmes, police scientifique HS 17 magazine : Hasard et probabilités Tangente 77, 2001, dossier Faut-il se fier aux statistiques ? Tangente 84, 2002, dossier Les secrets de l’euro BD logique : Oedipeland			http://www.librairie-archimede.com/boutique/archimede_art.php?art=MPS
-----	---------------------------	--------------------------------------	--	--	--	---

ANNEXE 5

MPS DANS VOTRE ETABLISSEMENT

Nom, Prénom : _____

Discipline : _____

Etablissement : _____

1. LES MOYENS

1.1 Combien d'élèves de seconde ont choisi MPS en 2012/2013 dans votre établissement ?

1.2 Sur combien de classes sont-ils répartis ?

1.3 Quel sera l'effectif de chaque groupe MPS (constant, fluctuant) ?

1.4 Dans quel type de salle allez-vous enseigner (banalisée, équipée d'un vidéoprojecteur, équipée d'un TBI, labo de sciences, salle informatique, CDI ...) ?

1.5 Quel seront le jour et la plage horaire attribués à cet enseignement ?

2. LES INTERVENANTS

2.1 Quelles sont les matières concernées par MPS ? (Maths, PC, SVT, sciences de l'ingénieur, ...) ?

2.2 Etiez-vous volontaire pour participer à cet enseignement d'exploration ? _____

2.3 Les autres enseignants de votre équipe étaient-ils volontaires ? _____

2.4 Pendant les séances, serez-vous seul face aux élèves ou avec d'autres collègues ?

2.5 Est-il prévu que d'autres personnels du lycée interviennent en MPS ? (Assistants pédagogiques, documentaliste...)

2.6 Allez-vous faire appel à des intervenants extérieurs pour MPS ? _____

Si oui, lesquels ? _____

2.7 Pensez-vous organiser des sorties pédagogiques en MPS ? _____

Si oui, lesquelles ? _____

3. LE TRAVAIL COLLECTIF

3.1 L'ordre d'alternance des séances d'intervention des différents enseignants a-t-elle été décidée de manière administrative ou a-t-elle été adaptée à la progression du projet ?

3.2 Y-a-t-il eu une concertation préalable, c'est-à-dire avant que les cours de MPS ne commencent ?

Si oui, sur quels moments ? (fin d'année scolaire, pendant les vacances de juillet/Aout, lors de la journée de pré-rentree, sur les créneaux de

MPS avant que les cours ne commencent,...)

Si non, qu'est ce qui ne l'a pas permis ?

3.3 Par la suite, comment va se dérouler cette concertation ? (réunions au lycée, échange de mails, réunions en dehors du lycée, discussions rapides en salle des profs, heures de concertations prévues sur les heures de MPS, ...)

3.4 Jusqu'à présent, diriez-vous que le travail d'équipe avec les autres enseignants impliqués en MPS a été ? (inexistant, insuffisant, satisfaisant mais certains se sont impliqués plus que d'autres, satisfaisant et équilibré, ...)

4. LES THEMES ET LES SUJETS

4.1 Combien de thèmes envisagez-vous de traiter cette année ?

Lesquels ?

4.2 Quels sera pour chaque thème, le projet proposé aux élèves ?

4.3 Quel sera le premier thème traité et le projet proposé ?

4.5 Avez-vous prévu la progression ou pensez-vous vous adapter au fur et à mesure ?

4.6 Comment se sont faits ces choix ? (Concertation entre les enseignants, choix d'un seul enseignant accepté par les autres, implication des élèves dans le choix ...)

4.7 Qu'est ce qui a motivé ces choix ? (Les ressources disponibles, le matériel disponible au lycée, le réinvestissement d'un travail antérieur, le centre d'intérêt d'un des enseignants, les demandes des élèves, ...)

4.8 Quelles contraintes ont limité vos choix ? (Manque de ressources, problèmes matériels, plages horaires trop courtes, effectifs trop élevés, problèmes budgétaires, difficultés pour organiser des sorties, concertations insuffisantes, ...)

4.9 Quelles ressources avez-vous utilisées pour lancer cet enseignement d'exploration ?

(Programme paru au BO n°4 du 10 avril 10, ressources du site EduScol, autres sites, manuels scolaires, logiciels, activités faites dans un autre cadre, travail effectué par d'autres collègues, ...)

4.10 Pensez-vous que pour ce premier projet, les disciplines pourront s'articuler réellement entre elles ou plutôt qu'elles vont se juxtaposer mais sans réelle interaction ou au contraire qu'aucune pluridisciplinarité ne pourra se mettre en place.

Autres informations que vous jugez utiles pour comprendre le fonctionnement de MPS dans votre établissement :

Annexe 6

Le travail réalisé et la qualité des présentations sur le dispositif MPS montrent des possibilités d'innovation importantes. Les lycées sont classés en fonction du ratio : nombre d'élèves en S-SI sur le nombre d'élèves en seconde.

Lycées	Elèves Sec	Elèves 1S-SI	1S- SI/Sec	EL. MPS	Disciplines	effectif/grou pe	Thème1	Thème2	Thème3	Evaluation
Maison Blanche	65				indéterminé	indéterminé	indéterminé	indéterminé	indéterminé	indéterminé
Lycée de Ste-Anne	168			45	SVT/SPC/Maths	15	Investigation policière	Vision		Compétences TPE
Lycée St-Paul IV	199	26	13,07	39	SVT/SPC	18	Vision			Compétences TPE
Lycée Jean Hinglo	301	59	19,60	90	SVT/SPC/Maths	15	Art	Investigation policière	Epidémiologie	Compétences et Notation
Lycée Ambroise Volland	348	70	20,11	70	SVT/SPC/Maths	17	Art (Jardins)	Investigation policière		Compétences TPE
Lycée de Bois Dolive	254	54	21,26	35	Maths	35	Art	Investigation Policière	DD	
Lycée Le Verger	285	61	21,40	105	SVT/SPC	35	Investigation policière	Risques	Alimentation	grille Compétences
Lycée Boisjoly Potier	205	45	21,95	30	SVT/HG/Maths/SPC	15	Art/DD	Investigation policière/DD		Compétences TPE
Lycée MahatmaGandhi	222	50	22,52	40	SVT/SPC	20	Investigation policière			
Lycée Georges Brassens	388	90	23,20	140	SVT/SPC/Maths/SI	24	Investigation policière	Vision	Alimentation	Notation Comptes rendus
Lycée de Bel Air	206	50	24,27	34	SVT/SPC ou SPC/Maths	17	Epidémiologie	Alimentation	Vision	grille Compétences
Lycée de Bras Fusil	124	31	25,00	60	SVT/SPC/Maths	15	Investigation policière	Vision (Cristallographie)		grille Compétences
Lycée Lislet Geoffroy	335	85	25,37	72	SVT/SPC/Maths	18	Investigation policière	Nutrition		Compétences TPE
Lycée Antoine Roussin	257	68	26,46	84	SVT/SPC/Maths	21	Art	Investigation policière		Compétences TPE
Lycée Pierre Poivre	278	76	27,34	80	SVT/SPC/Maths	17	Risques	Vision	Cosmétologie	Compétences TPE
Lycée de Trois-Bassins	209	58	27,75	60	SVT/SPC	30	Investigation policière			Notation orale
Lycée de Bellepierre	357	104	29,13	150	SVT/SPC/Maths	17	Son	Investigation policière		QCM/Compétences TPE
Lycée Stella	199	59	29,65	40	SPC/SVT	20	Investigation policière			
Lycée Roland Garros	558	170	30,47	105	SVT/SPC/Maths	17	Vision	Son	Investigation policière	
Lycée Leconte de Lisle	371	114	30,73	55	SVT/HG/SPC	20	Alimentation			
Lycée des Avirons	239	74	30,96	135	SVT/Maths	20	parfums	art	alimentation	Compétences TPE
Lycée de Vincendo	204	64	31,37		SPC					
Lycée de Bras-Panon	139	44	31,65	33	SPC/Maths	16	Eau			Compétences TPE
Lycée E. de Parry	452	148	32,74	210	SVT/SPC/Maths	35	Alimentation	Investigation policière		Compétences TPE
Lycée Jean Joly	235	77	32,77	30	SPC	15	Alimentation	Cosmétologie	Investigation policière	Compétences TPE
Lycée du Moulin Joli	285	97	34,04	90	SVT/SPC/Maths	15	Cosmétologie	Alimentation (Canne)	Vision	Grille Compétences
Lycée Sarda Garriga	367	133	36,24	30	SVT/SPC	15	Alimentation (vanille)	Investigation policière	Cosmétologie	
Lycée Saint-Charles	272	111	40,81	72	SVT/SPC	18	Investigation policière	DD(récif de St-Pierre)	Santé	
Lycée L. Payen	210	87	41,43	58	SVT/SPC/Maths	19	Vision	Art	Investigation policière	
Lycée Anirail P. Bouvet	143	60	41,96	17	SVT/SPC	17	Investigation policière	Alimentation (Vin)		
Lycée Levavasseur	281	121	43,06	140	SVT/SPC	20	Investigation policière	Vision (Images)		
Lycée Pierre Lagourgue	203	98	48,28	35	SVT/SPC/Maths	17	Nutrition (Spiruline)	Maladies Vectorielles	Vision	
Total	4515	1561	34,57	1200						

En 2009 le taux de bacheliers S par génération d'élèves présentait un différentiel négatif de 4,68 % par rapport à la France métropolitaine soit 655 élèves.

	Reçus bac 2009	Pourcentage	Différentiel	Classe d'âge
France métropolitaine	148531	18,11%		820000
Réunion	1880	13,43%	4,68%	14000
Nombre d'élèves			655	

Table des illustrations

<i>Illustration 1. Deux descriptifs de démarches en classe, d'après Cariou, (2010, p. 59).....</i>	<i>46</i>
<i>Illustration 2. Modèle d'analyse de l'activité enseignante d'après Vannier (2012, p.135).....</i>	<i>78</i>
<i>Illustration 3. Schéma de la double régulation d'après Rogalski (2010a, p. 30).....</i>	<i>79</i>
<i>Illustration 4. Le modèle ESFI à six dimensions d'après Grangeat (2013, p. 183).....</i>	<i>85</i>
<i>Illustration 5. Représentation schématique de la genèse d'un document d'après Gueudet et Trouche (2010, p. 59).....</i>	<i>90</i>
<i>Illustration 6. Les différents systèmes et leurs articulations d'après Gueudet et Trouche, (2010, p. 70).....</i>	<i>93</i>
<i>Illustration 7. Eléments à prendre en compte pour analyser la tâche effective.....</i>	<i>106</i>
<i>Illustration 8. Tableau panoptique, projet ReVEA</i>	<i>120</i>
<i>Illustration 9. Planning des entretiens avec Teddy et Boris</i>	<i>136</i>
<i>Illustration 10. Tableau récapitulatif, Lycées et Professeurs</i>	<i>138</i>
<i>Illustration 11. Scénario global, 2012-2013, Dominique.....</i>	<i>183</i>
<i>Illustration 12. Article journal, 2012-2013, Dominique</i>	<i>183</i>
<i>Illustration 13. Compte rendu première séance MPS, 2012-2013, Dominique,.....</i>	<i>184</i>
<i>Illustration 14. Planning thème 1, 2012-2013, Dominique.....</i>	<i>185</i>
<i>Illustration 15. Grille d'évaluation diaporama, Dominique en 2012-2013</i>	<i>186</i>
<i>Illustration 16. Fiche élève n°1, heure du décès, 2012-2103, Dominique</i>	<i>189</i>
<i>Illustration 17. Extrait de la ressource transmise par Isabelle à Dominique sur la datation du décès</i>	<i>192</i>
<i>Illustration 18. Constellation modèle ESFI, heure du décès, 2012-2013, Dominique</i>	<i>193</i>
<i>Illustration 19. Support 1, Décodage, 2012-2013, Isabelle</i>	<i>194</i>
<i>Illustration 20. Support 2, Décodage, 2012-2013, Isabelle</i>	<i>195</i>
<i>Illustration 21. Support 3, Décodage, 2012-2013, Isabelle</i>	<i>195</i>
<i>Illustration 22. Support 4, Décodage, 2012-2013, Isabelle</i>	<i>196</i>
<i>Illustration 23. Support 5, Décodage, 2012-2013, Isabelle</i>	<i>197</i>
<i>Illustration 24. Support 6, Décodage, 2012-2013, Isabelle</i>	<i>197</i>
<i>Illustration 25. Support 7, Décodage, 2012-2013, Isabelle</i>	<i>199</i>
<i>Illustration 26. Support 1, Décodage, 2012-2013, Dominique</i>	<i>200</i>
<i>Illustration 27. Support 2, Décodage, 2012-2013, Dominique</i>	<i>201</i>
<i>Illustration 28. Transcription n°1, Décodage, 2012-2013, Dominique.....</i>	<i>203</i>
<i>Illustration 29. Feuille de calcul Excel, Décodage, 2012-2013, Dominique</i>	<i>204</i>
<i>Illustration 30. Constellation modèle ESFI, Décodage, 2012-2013, Dominique.....</i>	<i>205</i>
<i>Illustration 31. Fiche élève, Bactéries du Yaourt, 2012-2013, Dominique</i>	<i>210</i>
<i>Illustration 32. Constellation modèle ESFI, bactéries du yaourt, 2012-2013, Dominique.....</i>	<i>211</i>
<i>Illustration 33. Fiche élève, pot de yaourt, 2012-2013, Dominique,</i>	<i>213</i>
<i>Illustration 34. Scénario distribué aux élèves, 2013-2014, Dominique</i>	<i>232</i>
<i>Illustration 35. Liens entre les TP et l'intrigue, ressource non divulguée aux élèves, 2013-2014, Dominique... ..</i>	<i>233</i>
<i>Illustration 36. Extrait 1 du carnet de bord de Dominique, 2013-2014.....</i>	<i>235</i>
<i>Illustration 37. Extrait 2 du carnet de bord de Dominique, 2013-2014.....</i>	<i>236</i>
<i>Illustration 38. Fiche élève, heure du décès, semestre 1, 2013-2014, Dominique</i>	<i>236</i>
<i>Illustration 39. Fiche élève, Décodage, 2013-2014, Dominique.....</i>	<i>239</i>
<i>Illustration 40. Feuille de calcul EXCEL, Décodage, 2013-2014, Dominique.....</i>	<i>239</i>
<i>Illustration 41. Extrait du carnet de bord de Dominique, Décodage, 2013-2014.....</i>	<i>240</i>

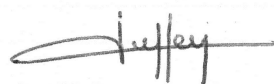
<i>Illustration 42. D'après fiche élève, Trajectoire de la pierre, 2013-2014, Dominique</i>	241
<i>Illustration 43. Extrait du carnet de bord, Trajectoire de la pierre, 2013-2104, Dominique</i>	243
<i>Illustration 44. Constellation modèle ESFI, Trajectoire de la pierre, 2013-2014, Dominique</i>	244
<i>Illustration 45. Fiche élève n°1, Code de César, 2010/2011, Teddy</i>	255
<i>Illustration 46. Support projeté, analyse fréquentielle, 2010-2011, Teddy</i>	256
<i>Illustration 47. Fiche élève n°2, Analyse fréquentielle, 2010/2011, Teddy</i>	257
<i>Illustration 48. Support projeté, Message de César à Cléopâtre 2010-2011, Teddy</i>	257
<i>Illustration 49. Support projeté n°1, Séance 1, 2012/2013, Teddy</i>	259
<i>Illustration 50. Support projeté n°2, Séance 1, 2012/2013, Teddy</i>	260
<i>Illustration 51. Fiche élève n°1, Séance 1, 2012/2013, Teddy</i>	260
<i>Illustration 52. Disque d'Alberti, Séance 1, 2012-2013, Teddy</i>	261
<i>Illustration 53. Support projeté n°3, Séance 1, 2012/2013, Teddy</i>	261
<i>Illustration 54. Fiche autoévaluation par compétence, Séance 1, 2012/2013, Teddy</i>	263
<i>Illustration 55. D'après support projeté n°1, Séance 2, 2012/2013</i>	265
<i>Illustration 56. Support projeté n°2, Fiche élève n°1, Séance 2, 2012/2013, Teddy</i>	265
<i>Illustration 57. Support projeté n°3, Fiche élève n°2, Séance 2, 2012/2013, Teddy</i>	266
<i>Illustration 58. Support projeté n°4, Séance 2, 2012/2013, Teddy</i>	268
<i>Illustration 59. Support projeté n°5, Séance 2, 2012-2013, Teddy</i>	268
<i>Illustration 60. Fiche autoévaluation, Séance 2, 2012/2013, Teddy</i>	269
<i>Illustration 61. Support projeté n°1, Séance 3, 2012-2013, Teddy</i>	271
<i>Illustration 62. Fiche élève n°1, Support projeté n°2, Séance 3, 2012-2013, Teddy</i>	272
<i>Illustration 63. Feuille de calcul Excel, Support projeté n°3, Séance 3, 2012/2013, Teddy</i>	272
<i>Illustration 64. Support projeté n°4, 2012/2013, Teddy, Séance 3</i>	273
<i>Illustration 65. Fiche autoévaluation, Séance 3, 2012/2013, Teddy</i>	274
<i>Illustration 66. Constellation modèle ESFI, DI sur le code de César, 2012-2013, Teddy</i>	280
<i>Illustration 67. Constellation modèle ESFI, DI sur le codage affine, 2012-2013, Teddy</i>	281
<i>Illustration 68. Constellation modèle ESFI, DI sur l'analyse fréquentielle, 2012-2013, Teddy</i>	282
<i>Illustration 69. Constellations modèle ESFI, 2012-2013, Teddy</i>	282
<i>Illustration 70. Ecran élève n°1, pendant le mixage, Séance 1, 2012-2013, Boris</i>	287
<i>Illustration 71. Support projeté n°1, Séance 1, 2012-2013, Boris</i>	287
<i>Illustration 72. Ecran élève n°2, pendant l'investigation, Séance 1, 2012-2013, Boris</i>	288
<i>Illustration 73. Photo n°1, présentation fonction « Zoom avant », Séance 1, 2012-2013</i>	289
<i>Illustration 74. Photo n°2, présentation fonction « Tracer le spectre », Séance 1, 2012-2013, Boris</i>	289
<i>Illustration 75. Support projeté n°1, Séance 2, 2012-2013, Boris</i>	292
<i>Illustration 76. Grille d'autoévaluation, Séance 2, 2012-2013, Boris</i>	297
<i>Illustration 77. Reproduction du tableau de l'enseignant (TBI)</i>	301
<i>Illustration 78. Constellation modèle ESFI, Séance 1, 2012-2013, Boris</i>	305
<i>Illustration 79. Constellation modèle ESFI, Séance 2, 2012-2013, Boris</i>	307
<i>Illustration 80. Constellation modèle ESFI, Séance 3, 2012-2013, Boris</i>	308
<i>Illustration 81. Constellations obtenues avec le modèle ESFI des trois séances, 2012-2013, Boris</i>	308
<i>Illustration 82. Grille auto-évaluation, Séance 1, 2013-2014, Olivier</i>	315
<i>Illustration 83. Fiche élève n°1, Séance Code de César, 2013-2014, Olivier</i>	317
<i>Illustration 84. Fiche élève n°2, Séance code de César, 2013-2014, Olivier</i>	317
<i>Illustration 85. Fiche élève n°3, Séance code de César, 2013-2014, Olivier</i>	318
<i>Illustration 86. Fiche auto-évaluation, 2013-2014, Olivier</i>	319

LETTRE D'ENGAGEMENT DE NON-PLAGIAT

Je, soussigné(e) **Chantal TUFFERY-ROCHDI**,
en ma qualité de doctorant(e) de l'Université de La Réunion, déclare être conscient(e) que le plagiat est un acte délictueux passible de sanctions disciplinaires. Aussi, dans le respect de la propriété intellectuelle et du droit d'auteur, je m'engage à systématiquement citer mes sources, quelle qu'en soit la forme (textes, images, audiovisuel, internet), dans le cadre de la rédaction de ma thèse et de toute autre production scientifique, sachant que l'établissement est susceptible de soumettre le texte de ma thèse à un logiciel anti-plagiat.

Fait à **Saint-Denis** le : **15/05/2016**

Signature :



Extrait du Règlement intérieur de l'Université de La Réunion
(validé par le Conseil d'Administration en date du 11 décembre 2014)

Article 9. Protection de la propriété intellectuelle – Faux et usage de faux, contrefaçon, plagiat

L'utilisation des ressources informatiques de l'Université implique le respect de ses droits de propriété intellectuelle ainsi que ceux de ses partenaires et plus généralement, de tous tiers titulaires de tels droits.

En conséquence, chaque utilisateur doit :

- utiliser les logiciels dans les conditions de licences souscrites ;
- ne pas reproduire, copier, diffuser, modifier ou utiliser des logiciels, bases de données, pages Web, textes, images, photographies ou autres créations protégées par le droit d'auteur ou un droit privatif, sans avoir obtenu préalablement l'autorisation des titulaires de ces droits.

La contrefaçon et le faux

Conformément aux dispositions du code de la propriété intellectuelle, toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle d'une œuvre de l'esprit faite sans le consentement de son auteur est illicite et constitue un délit pénal.

L'article 444-1 du code pénal dispose : « Constitue un faux toute altération frauduleuse de la vérité, de nature à causer un préjudice et accomplie par quelque moyen que ce soit, dans un écrit ou tout autre support d'expression de la pensée qui a pour objet ou qui peut avoir pour effet d'établir la preuve d'un droit ou d'un fait ayant des conséquences juridiques ».

L'article L335_3 du code de la propriété intellectuelle précise que : « Est également un délit de contrefaçon toute reproduction, représentation ou diffusion, par quelque moyen que ce soit, d'une œuvre de l'esprit en violation des droits de l'auteur, tels qu'ils sont définis et réglementés par la loi. Est également un délit de contrefaçon la violation de l'un des droits de l'auteur d'un logiciel (...) ».

Le plagiat est constitué par la copie, totale ou partielle d'un travail réalisé par autrui, lorsque la source empruntée n'est pas citée, quel que soit le moyen utilisé. Le plagiat constitue une violation du droit d'auteur (au sens des articles L 335-2 et L 335-3 du code de la propriété intellectuelle). Il peut être assimilé à un délit de contrefaçon. C'est aussi une faute disciplinaire, susceptible d'entraîner une sanction.

Les sources et les références utilisées dans le cadre des travaux (préparations, devoirs, mémoires, thèses, rapports de stage...) doivent être clairement citées. Des citations intégrales peuvent figurer dans les documents rendus, si elles sont assorties de leur référence (nom d'auteur, publication, date, éditeur...) et identifiées comme telles par des guillemets ou des italiques.

Les délits de contrefaçon, de plagiat et d'usage de faux peuvent donner lieu à une sanction disciplinaire indépendante de la mise en œuvre de poursuites pénales.