Conditions d'avancée des savoirs et déterminants de l'action professorale : étude de cas sur l'enseignement des phases de la Lune au cycle 3

Géraldine Boivin-Delpieu

▶ **To cite this version:**

Géraldine Boivin-Delpieu. Conditions d'avancée des savoirs et déterminants de l'action professorale : étude de cas sur l'enseignement des phases de la Lune au cycle 3. Education. Université Claude Bernard - Lyon I, 2015. Français. NNT : 2015LYO10070 . tel-01334591

HAL Id: tel-01334591

https://theses.hal.science/tel-01334591

Submitted on 21 Jun 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.

Année 2015

THESE DE L'UNIVERSITE DE LYON

Délivrée par

L'UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1

ECOLE DOCTORALE 485 EPIC-Education, Psychologie, Information et Communication

Pour l'obtention du grade de
Docteur en Sciences de l'Education

Spécialité : Didactique des Sciences Physiques

Soutenue publiquement le 15 juin 2015

par

Géraldine BOIVIN-DELPIEU

Conditions d'avancée des savoirs et déterminants de l'action professorale : étude de cas sur l'enseignement des phases de la Lune au cycle 3

Sous la direction de

Madame Karine BECU-ROBINAULT

Monsieur Philippe LAUTESSE

JURY

Karine Bécu-Robinault (Co-directrice) : Maître de conférences, ENS de Lyon.
Cécile De Hosson : Professeure, Université Paris Diderot.
Philippe Lautesse (Co-directeur) : Professeur, Université Lyon 1.
Ludovic Morge : Professeur, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand.
Patrice Venturini : Professeur, Université Jean-Jaurès, Toulouse.
Gérard Sensevy : Professeur, Université Rennes 2.

RESUME en français : Cette thèse se propose d'étudier les conditions d'avancée des savoirs dans la classe à partir de situations de classe en cycle 3 de l'école élémentaire française. Ces situations concernent la compréhension des phases de la Lune. Les analyses de pratiques effectives visent à inférer les déterminants de l'action professorale et leur rôle. Trois déterminants ont été retenus, à savoir l'action adressée du professeur, son épistémologie pratique ainsi que les savoirs en jeu. Afin d'identifier ces déterminants dans l'action *in situ*, leurs caractéristiques ont préalablement été établies à travers une analyse *a priori* des savoirs en jeu, des instructions officielles et de l'épistémologie pratique des enseignants. Une enquête, diffusée à l'échelle nationale, a permis de mettre en évidence les représentations des enseignants vis-à-vis des sciences et de leur enseignement. L'élaboration des items de cette enquête repose sur une étude épistémologique des démarches scientifiques et du statut des savoirs. Cette étude a également été mobilisée pour l'analyse des instructions officielles.

Les analyses de l'action professorale s'appuient sur la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD). Les notions de tâches épistémiques et de niveaux de modélisation ont été convoquées pour la description de l'avancée des savoirs dans la classe. Ces notions permettent une analyse fine de l'action didactique en documentant notamment le triplet des genèses et en particulier la chronogénèse.

Cette recherche précise le rôle des tâches épistémiques et des niveaux de modélisation sollicités dans l'avancée des savoirs et montre que le poids des déterminants varie d'une part selon la phase de travail du professeur et d'autre part selon l'anticipation de l'action enseignante en réaction aux actions des élèves.

TITRE en anglais : Caraterization of knowledge progression and teachers'action determinants : a case study concerning the phases of the moon in higher level of primary school

RESUME en anglais : this PhD analyses the conditions to advance knowledge in class during a science lesson in higher level of primary school (5th grade,10-year-old pupils) of the French elementary school. The teaching situations concern the phases of the moon. From the analysis of effective practices, this research deduce the determiners of teacher's action and their role. The determiners analysed are : the knowledge, official instructions and teachers' representations towards science and science teaching. In order to identify these determiners through effective pratices, their characteristics have been established : an a priori analysis of knowledge, official instructions and practical epistemology of teachers is proposed. A questionnaire aiming at collecting data on teachers' views of science and sciences teaching have been disseminated at the national leevl. An epistemological study of science approach and knowledge guided the elaboration of items and underlies the analysis the official instructions..

The analysis the teachers' activities is based on the Joint Action Theory in Didactics (JATD). Additional theoretical tools have been integrated to describe the way knowledge progresses in the classroom : epistemic tasks and modeling levels. These additional concepts allow a detailed analysis of the didactic action including the triple genesis, especially chronogenesis.

Our research precises the role of epistemic tasks and modeling levels requested in order to advance knowledge and shows that some determinants act primarily to other, depending on the teachers' tasks concerning the lesson and the anticipation of students' actions.

DISCIPLINE : Didactique des Sciences Physiques

MOTS-CLEFS : Démarche d'investigation. Théorie de l'action conjointe en didactique. Tâches épistémiques. Niveaux de modélisation. Epistémologie. Représentations. Déterminants de l'action professorale. Avancée des savoirs.

INTITULE ET ADRESSE DE L'U.F.R. OU DU LABORATOIRE :

S2HEP (Sciences et Société ; Historicité, Education et Pratiques), EA 4148, Université Claude Bernard– Lyon 1, Bâtiment « La Pagode », 38 boulevard Niels Bohr, Campus de la Doua, 69622 Villeurbanne.

Remerciements

Bien qu'un travail personnel, une thèse est loin d'être un travail solitaire et c'est pourquoi je tiens à remercier toutes les personnes m'ayant accompagnée et ayant contribué à son aboutissement.

Mes premiers remerciements s'adressent à mes directeurs de thèse, Philippe Lautesse et Karine Bécu-Robinault, qui ont accepté de suivre mon travail.
Merci à Philippe Lautesse pour la confiance qu'il m'a toujours témoignée : il m'a laissé toute l'autonomie souhaitée pour explorer différentes pistes de recherche tout en faisant preuve d'optimisme et de bienveillance. Je retiens également ses encouragements réconfortants, particulièrement à l'occasion de communications.
Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Karine Bécu-Robinault, pour le sérieux de son suivi et sa disponibilité malgré ses nombreuses charges. Ses compétences, sa rigueur scientifique, le bien fondé de ses suggestions, la pertinence de ses relectures et le soutien qu'elle m'a témoigné, m'ont permis de mener à bien cette recherche avec beaucoup de plaisir. J'ai énormément appris à ses cotés, et il est difficile en quelques mots de retranscrire la richesse de ces quatre années mais je retiendrais surtout la façon profondément humaine dont elle m'a encadrée. Nos discussions tant scientifiques qu'amicales vont me manquer …

Je tiens sincèrement à remercier Gérard Sensevy et Patrice Venturini d'avoir accepté d'être les rapporteurs de cette thèse ainsi que Cécile de Hosson, et Ludovic Morge pour l'intérêt qu'ils portent à ma recherche en acceptant de faire partie de mon jury. C'est un honneur pour moi.

Merci aux professeurs des écoles et à leurs élèves pour la confiance qu'ils m'ont témoignée en m'accueillant dans leur classe et sans qui, ce travail n'aurait aucun sens. Je remercie également tous les enseignants qui se sont volontiers pliés aux questionnaires et dont la contribution fut essentielle pour mener à bien cette réflexion.

Je remercie, pour leur accueil, les membres du laboratoire S2HEP et les membres de l'équipe Eductice, que j'ai côtoyés pendant ces quatre années.

Je tiens à remercier également mes plus proches collègues de l'ESPE de Lyon pour l'intérêt qu'ils ont manifesté à l'égard de mon travail. Merci à Christine, qui malheureusement n'a pas eu la possibilité de relire ce manuscrit, mais qui l'aurait souhaité. Je remercie chaleureusement mes collègues et amis Jocelyne Blanchefleur-Faillard et Olivier Morin dont j'apprécie le soutien, les remarques toujours pertinentes et nos discussions parfois mouvementées. Merci de m'avoir encouragée, il y a maintenant quelques années, à m'inscrire en master !

Toutes mes pensées vont aussi à l'ensemble de mes amis. Parfois curieux, ils m'ont questionnée sur ce que je faisais, d'autres fois plus détachés, ils se sont demandés pourquoi je faisais tout cela. Mais ils ont toujours respecté mon manque de disponibilité, et l'éloignement que j'ai parfois imposé malgré moi. Aujourd'hui nous allons pouvoir rattraper le temps perdu !

Un grand merci à toute ma famille et belle famille qui m'a toujours encouragée et soutenue.

Merci particulièrement à mes parents pour leur soutien inconditionnel et bienveillant. Même si parfois ils ont trouvé que je travaillais trop, ils ont toujours été là pour moi. Je les remercie aussi pour s'être souvent occupés de Mathéo et de Maé, et particulièrement pour le babysitting fréquent du mercredi. Je remercie également mon père pour sa relecture attentive du manuscrit, et en un temps record ! Merci à ma sœur, Ludivine, qui a eu la générosité d'utiliser une partie de son congé maternité pour relire les annexes. Même si cette tâche n'est pas passionnante, elle l'a volontiers réalisée. Son soutien et ses encouragements m'ont profondément touchée.

Enfin, mes plus vifs remerciements vont à Mathéo, Maé et Anthony.
Mes enfants, on peut dire que vous avez suivi une partie de cette thèse de « l'intérieur » ce qui j'espère ne vous aura pas trop perturbés mais donné le goût à l'effort intellectuel. J'aimerais que vous vous souveniez qu'il est toujours possible d'entreprendre de nouveaux projets, que rien n'est figé dans la vie et que vos limites seront celles que vous vous imposerez. C'est grâce à votre papa que je l'ai compris.
Anthony, je te remercie pour ton soutien, ta patience et tes encouragements qui m'ont permis de me surpasser.
Merci à vous trois, vous m'avez donné des ailes, cette aventure c'est la nôtre. Quelle sera la prochaine ?

A Anthony, mon mari
A Mathéo et Maé, mes enfants

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS 3

TABLE DES MATIERES 6

INTRODUCTION 12

CHAPITRE 1 :CONTEXTE DE LA RECHERCHE 14

1 CONTEXTE INSTITUTIONNEL DE LA RECHERCHE 14

1.1 LES ORIGINES DE LA DEMARCHE D'INVESTIGATION A L'ECOLE ELEMENTAIRE 14
1.1.1 LA MAIN A LA PATE 14
1.1.2 LE PRESTE 16
1.2 LA DEMARCHE D'INVESTIGATION DANS LES PROGRAMMES DE L'ECOLE PRIMAIRE 17
1.2.1 LES PROGRAMMES EN VIGUEUR EN 2014 AU MOMENT DE NOTRE ETUDE 17
1.2.2 LES PROGRAMMES DE 2002 18
1.2.3 LE SOCLE COMMUN DE CONNAISSANCES ET DE COMPETENCES 19
1.2.4 SYNTHESE DES INSTRUCTIONS OFFICIELLES 21

2 POINTS DE VUE DE LA RECHERCHE SUR LA DEMARCHE D'INVESTIGATION 22

2.1 DEMARCHE D'INVESTIGATION : UNE DEMARCHE OU UNE METHODE UNIQUE ? 22
2.2 DIDACTIQUE ET DEMARCHE D'INVESTIGATION 23

3 LE PROJET DE RECHERCHE DANS LEQUEL S'INTEGRE CETTE THESE. 25

CHAPITRE 2 : CADRES THEORIQUES 26

1 THEORIE DE L'ACTION CONJOINTE EN DIDACTIQUE 26

1.1 LES CONCEPTS FONDAMENTAUX DE LA TACD 27
1.2 LE JEU DIDACTIQUE : JEU JOUE IN SITU 28
1.2.1 CARACTERISTIQUES DU JEU 28
1.2.2 QUELQUES CONCEPTS FONDAMENTAUX POUR DECRIRE L'ACTION DIDACTIQUE *IN SITU* 29
1.2.2.1 La notion de contrat didactique. 29
1.2.2.2 La notion de milieu didactique 29
1.2.2.3 Le quadruplet de la caractérisation de l'action professorale 30
1.2.2.4 Le triplet fondamental des genèses 31
1.3 LA CONSTRUCTION DU JEU 32
1.4 LES DETERMINATIONS DU JEU 33

2 LES DETERMINANTS DE L'ACTION DIDACTIQUE DU PROFESSEUR. 34

2.1 LES SAVOIRS 34
2.1.1 JEUX EPISTEMIQUES EMERGENT ET SOURCE 35
2.1.1.1 Un outil pertinent 35
2.1.1.2 Exemples de jeux épistémiques en sciences expérimentales 36
2.1.1.2.1 Des jeux aux tâches épistémiques 36
2.1.1.2.2 Définitions des tâches épistémiques 37
2.1.1.3 Conclusion 44
2.1.2 ACTIVITES DE MODELISATION 45
2.1.2.1 La modélisation, au cœur de l'activité du physicien 45
2.1.2.2 La modélisation, au cœur de l'activité scolaire 47
2.2 EPISTEMOLOGIE PRATIQUE 49

2.2.1 EPISTEMOLOGIE DES ENSEIGNANTS *VIS-A-VIS* DES SCIENCES 49
2.2.1.1 Représentations des enseignants comme déterminants de l'action professorale 49
2.2.1.2 Catégorisation de l'expérimentation en fonction des postures épistémologiques 50
2.2.1.2.1 Polysémie du terme expérience 51
2.2.1.2.2 Modes d'élaboration des connaissances et type de raisonnement sollicité 51
2.2.1.2.3 La nature des données et des connaissances scientifiques 59
2.2.1.2.4 Liens entre postures épistémologiques et pratiques d'enseignement des sciences 63
2.2.2 EPISTEMOLOGIE DES ENSEIGNANTS *VIS-A-VIS* DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES. 65
2.2.2.1 Quel mode d'acquisition des connaissances : empirisme et rationalisme vus par les psychologues 65
2.2.2.1.1 L'empirisme vu par les psychologues 65
2.2.2.1.2 Le rationalisme en psychologie de l'éducation 66
2.2.2.1.3 Points de convergence 67
2.2.2.2 Mise en relation des courants épistémologiques, psychologiques et des tendances didactiques. 67
2.3 CARACTERE ADRESSE DE L'ACTION DU PROFESSEUR : LES INSTRUCTIONS OFFICIELLES. 73
2.3.1 LA DEMARCHE D'INVESTIGATION : QUELLES POSTURES EPISTEMOLOGIQUES ? 73
2.3.2 CONCLUSION : DEUX LECTURES POSSIBLES DE LA DEMARCHE ET DE MULTIPLES PRATIQUES 75

CHAPITRE 3 : PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES DE TRAVAIL 76

1 PROBLEMATIQUE 76

2 HYPOTHESES DE TRAVAIL 77

CHAPITRE 4 : METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE 79

1 PRINCIPES GENERAUX 79

1.1 UNE DEMARCHE FONDEE SUR UNE APPROCHE CLINIQUE/EXPERIMENTALE. 79
1.2 LE DISPOSITIF DE RECHERCHE 80
1.2.1 DISPOSITIF GLOBAL DU PROJET DE RECHERCHE 80
1.2.2 NOTRE DISPOSITIF DE RECHERCHE AU SEIN DU DISPOSITIF GLOBAL 83
1.2.2.1 Production d'une analyse argumentée 83
1.2.2.2 Sélection des données à analyser 86
1.2.2.3 Articulation des données sélectionnées 86

2 CORPUS PRINCIPAL 87

2.1 RECUEIL DES DONNEES 87
2.1.1 LE FILM COMME « UN MEDIUM PRIVILEGIE » 87
2.1.2 METHODES 88
2.2 PROCESSUS DE TRAITEMENT ET REDUCTION DES DONNEES 89
2.2.1 PREMIERE REDUCTION DES DONNEES : LA TRANSCRIPTION 89
2.2.2 PROCESSUS DE DECOUPAGES : DU MACROSCOPIQUE AU MICROSCOPIQUE 90
2.2.2.1 Découpage à l'échelle macroscopique 90
2.2.2.2 Découpage à l'échelle mésoscopique 91
2.2.2.3 Découpage à l'échelle microscopique. 91
2.2.2.4 Synthèse sous forme de tableaux 91
2.3 ELABORATION DE CRITERES D'ANALYSES PAR JEUX D'APPRENTISSAGE 92
2.3.1 DECRIRE L'ACTION ENSEIGNANTE A TRAVERS LES JEUX D'APPRENTISSAGE 92
2.3.2 DESCRIPTION DE L'AVANCEE DU SAVOIR DANS LA CLASSE. 94
2.4 CONSTITUTION DES DONNEES DU CORPUS PRINCIPAL 95
2.4.1 LES DONNEES BRUTES 95
2.4.2 ORGANISATION DES DONNEES ET MISE EN NARRATION 95
2.4.2.1 Découpages de la séquence menée par PA 95

2.4.2.2 Récapitulatif des découpages macroscopique, mésoscopique pour la séquence menée par l'enseignante PA 97
2.4.2.3 Découpages de la séquence menée par PB 98
2.4.2.4 Récapitulatif des découpages macroscopique, mésoscopique pour la séquence menée par l'enseignant PB 101
2.4.3 CONSTRUCTION DES SIGNES POUR DECRIRE L'ACTION CONJOINTE 104
2.4.4 SYNTHESE : MISE EN RELATION DES DECOUPAGES ET DES CRITERES D'ANALYSE 106

3 CORPUS SECONDAIRE 106

3.1 ENTRETIENS MENES AVEC LES PROFESSEURS 106
3.2 ELABORATION DE L'ENQUETE, ELEMENT CENTRAL DU CORPUS SECONDAIRE 106
3.2.1 ELABORATION DE LA PREMIERE PARTIE DE L'ENQUETE : REPRESENTATIONS DES ENSEIGNANTS VIS-A-VIS DES SCIENCES 107
3.2.1.1 Elaboration de la version initiale 107
3.2.1.2 Elaboration de la version intermédiaire 108
3.2.1.3 Elaboration de la version finale. 110
3.2.2 ELABORATION DE LA SECONDE PARTIE DE L'ENQUETE 115
3.2.3 DIFFUSION DE L'ENQUETE 116

CHAPITRE 5 : ANALYSE ET INTERPRETATION DE L'ENQUETE 117

1 PRESENTATION DE LA POPULATION ENQUETEE ET METHODOLOGIE DE TRAITEMENT DES DONNEES 118

1.1 PRESENTATION DE LA POPULATION ENQUETEE 118
1.1.1 RESULTATS BRUTS 118
1.1.2 PROFIL DES REPONDANTS 118
1.2 METHODOLOGIE DE TRAITEMENT DES DONNEES 120
1.2.1 PREMIERE PARTIE DE L'ENQUETE 120
1.2.2 DEUXIEME PARTIE DE L'ENQUETE 122

2 REPRESENTATIONS DES ENSEIGNANTS *VIS-A-VIS* DES SCIENCES : INTERPRETATION DES RESULTATS 122

2.1 LES METHODES UTILISEES PAR LES SCIENTIFIQUES POUR ETABLIR DES THEORIES SCIENTIFIQUES : RESULTATS ET INTERPRETATIONS 122
2.2 LE STATUT DU MONDE EXTERIEUR : RESULTATS ET INTERPRETATIONS 125
2.3 LE STATUT DES THEORIES : RESULTATS ET INTERPRETATIONS 127
2.4 LA NATURE DE LA RELATION ENTRE LE MONDE DES THEORIES ET LE MONDE REEL : RESULTATS ET INTERPRETATION 128
2.5 L'EXISTENCE POTENTIELLE DE CRITERES UNIVERSELS POUR DIFFERENCIER UNE PROPOSITION SCIENTIFIQUE D'UNE PROPOSITION NON SCIENTIFIQUE : RESULTATS ET INTERPRETATIONS 131
2.6 LA SPECIFICITE DE L'ACTIVITE DU SCIENTIFIQUE : COLLECTIVE OU ISOLEE ; NEUTRE OU CONTEXTUALISEE : RESULTATS ET INTERPRETATIONS 132
2.7 LE MYTHE SCIENTISTE : RESULTATS ET INTERPRETATIONS 134
2.8 SYNTHESE : LES REPRESENTATIONS DES ENSEIGNANTS *VIS-A-VIS* DES SCIENCES 134

3 REPRESENTATIONS DES ENSEIGNANTS *VIS-A-VIS* DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES 137

3.1 LES ENSEIGNANTS FACE AUX INSTRUCTIONS OFFICIELLES 138
3.1.1 FINALITES ET DEMARCHES LIEES A L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES 138
3.1.2 DEFINITION GENERALE DE LA DEMARCHE D'INVESTIGATION DONNEE PAR LES ENSEIGNANTS 139
3.1.3 DEFINITION DES ETAPES DE LA DEMARCHE D'INVESTIGATION 143

3.1.3.1 La situation d'entrée 143
3.1.3.2 La formulation du questionnement 144
3.1.3.3 L'élaboration des hypothèses 145
3.1.3.4 L'investigation conduite par les élèves 145
3.1.3.5 La structuration des connaissances 147
3.2 PRATIQUE PRESCRITE DE LA DEMARCHE FACE AUX PRATIQUES DECLAREES 147
3.2.1 PROFIL GENERAL DE LA MISE EN ŒUVRE DES SEQUENCES DE SCIENCES. 148
3.2.2 LES ETAPES DE LA DEMARCHE D'INVESTIGATION 150
3.2.2.1 La prise en compte des conceptions initiales des élèves 150
3.2.2.2 Choix du contenu de la séquence 152
3.2.2.3 La phase de questionnement 152
3.2.2.4 L'élaboration des hypothèses 153
3.2.2.5 L'expérimentation 154
3.2.2.6 La structuration 156
3.3 CONCLUSION : LES ENSEIGNANTS ET LES PRATIQUES DECLAREES LIEES A LA DEMARCHE D'INVESTIGATION 157

CHAPITRE 6 : CARACTERISATION DES DETERMINANTS 159

1 ANALYSE *A PRIORI* DES SAVOIRS ENJEU DANS UNE SEQUENCE SUR LES PHASES DE LA LUNE 159

1.1 LES PHASES DE LA LUNE DANS LES INSTRUCTIONS OFFICIELLES AU CYCLE 3 159
1.2 ORGANISATION DES SAVOIRS VISES DANS UNE CARTE HEURISTIQUE 160
1.2.1 PRESENTATION DE LA CARTE HEURISTIQUE 160
1.2.2 CONSEQUENCES 164

2 ANALYSE DES REPRESENTATIONS DES ENSEIGNANTS PB ET PA *VIS-A-VIS* DES SCIENCES ET DE SON ENSEIGNEMENT CETTE PARTIE PREND APPUI SUR LES RESULTATS DE L'ENQUETE SOUMISE AUX ENSEIGNANTS PB ET PA. 165

2.1 INTERPRETATION DES RESULTATS DE L'ENQUETE : REPRESENTATIONS DE L'ENSEIGNANTE PA 165
2.1.1 L'ENSEIGNANTE PA ET SES REPRESENTATIONS *VIS-A-VIS* DES SCIENCES 165
2.1.2 L'ENSEIGNANTE PA ET SES REPRESENTATIONS *VIS-A-VIS* DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES 168
2.2 INTERPRETATION DES RESULTATS DE L'ENQUETE: REPRESENTATIONS DE L'ENSEIGNANT PB 171
2.2.1 L'ENSEIGNANT PB ET SES REPRESENTATIONS *VIS-A-VIS* DES SCIENCES 171
2.2.2 L'ENSEIGNANT PB ET SES REPRESENTATIONS *VIS-A-VIS* DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES 173

CHAPITRE 7 : ANALYSE DE L'ACTION ENSEIGNANTE A TRAVERS LES DEMARCHES MISES EN ŒUVRE 176

1 SEQUENCE MENEE PAR L'ENSEIGNANTE PA SUR LES PHASES DE LA LUNE 176

1.1 PRESENTATION GLOBALE DES SEQUENCES PREVUE ET MISE EN ŒUVRE PAR L'ENSEIGNANTE PA SUR LES PHASES DE LA LUNE 176
1.1.1 PRESENTATION DE LA SEQUENCE INITIALEMENT PREVUE PAR L'ENSEIGNANTE PA SUR LES PHASES DE LA LUNE 176
1.1.1.1 Les objectifs visés 176
1.1.1.2 Le déroulement prévu de la séquence 177
1.1.2 PRESENTATION GLOBALE DE LA SEQUENCE REELLEMENT MISE EN ŒUVRE EN CLASSE PAR L'ENSEIGNANTE PA SUR LES PHASES DE LA LUNE 177
1.1.2.1 Vue synoptique 177
1.1.2.2 Comparaison sommaire des séquences prévue et réalisée 178

1.1.2.3 Séance 5 réellement mise en œuvre : élaboration de la trace écrite 179
1.2 ANALYSE CHRONOLOGIQUE DE LA SEQUENCE FILMEE 180
1.3 INTERPRETATION DES RESULTATS LIES AUX PRATIQUES DE CLASSE DE L'ENSEIGNANTE PA A PARTIR DE LA SEQUENCE SUR LES PHASES DE LA LUNE. 180
1.3.1 POINT DE VUE MACROSCOPIQUE : L'ACTIVITE ADRESSEE COMME PUISSANT ORGANISATEUR DE LA PRATIQUE. 180
1.3.2 POINTS DE VUE MESOSCOPIQUE ET MICROSCOPIQUE : LES REPRESENTATIONS COMME PILOTE IMPLICITE MAIS OMNIPRESENT DE LA PRATIQUE. 182
1.4 SYNTHESE : LES DETERMINANTS DE L'ACTION ENSEIGNANTE DE PA 196

2 SEQUENCE MENEE PAR L'ENSEIGNANT PB SUR LES PHASES DE LA LUNE. 196

2.1 PRESENTATION DES SEQUENCES PREVUE ET MISE EN ŒUVRE PAR L'ENSEIGNANT PB 196
2.1.1 PRESENTATION DE LA SEQUENCE INITIALEMENT PREVUE PAR L'ENSEIGNANT PB SUR LES PHASES DE LA LUNE 196
2.1.1.1 Les objectifs visés 196
2.1.1.2 Le déroulement prévu de la séquence 197
2.1.2 PRESENTATION GLOBALE DE LA SEQUENCE REELLEMENT MISE EN ŒUVRE EN CLASSE PAR L'ENSEIGNANT PB SUR LES PHASES DE LA LUNE 198
2.1.2.1 Vue synoptique 198
2.1.2.2 Comparaison sommaire des séquences prévue et réalisée 199
2.2 ANALYSE CHRONOLOGIQUE DE LA SEQUENCE FILMEE 200
2.3 INTERPRETATION DES RESULTATS LIES AUX PRATIQUES DE CLASSE DE L'ENSEIGNANTE PB A PARTIR DE LA SEQUENCE SUR LES PHASES DE LA LUNE 200
2.3.1 D'UN POINT DE VUE MACROSCOPIQUE : REPRESENTATIONS DE L'ENSEIGNANT *VIS-A-VIS* DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES COMME ORGANISATEUR DE LA PRATIQUE. 200
2.3.2 D'UN POINT DE VUE MESOSCOPIQUE ET MICROSCOPIQUE : LES REPRESENTATIONS DE L'ENSEIGNANT *VIS-A-VIS* DES SCIENCES COMME PILOTE IMPLICITE DE LA PRATIQUE 207
2.3.2.1 Les questions adressées aux élèves 207
2.3.2.1.1 Articulation des jeux S1J1 et S2J2 : formes de la Lune indépendamment des conditions de visibilité 207
2.3.2.1.2 Articulation des jeux S1J2 et S2J3, S2J4 : formes de la Lune pour des observateurs situés dans l'espace et sur Terre 209
2.3.2.1.3 Jeu S3J7 : suite du recueil des représentations sur l'apparence de la Lune 211
2.3.2.1.4 Synthèse : Modalités d'introduction des problèmes à résoudre dans le milieu 212
2.3.2.2 Précisions sur les modalités d'élaboration des hypothèses 212
S2J5 : ELABORER UN PROTOCOLE PERMETTANT DE VALIDER /INVALIDER UNE HYPOTHESE. 213
S2J6 : ELABORER DE NOUVELLES HYPOTHESES POUR EXPLIQUER L'ORIGINE DES PHASES DE LA LUNE POUR UN OBSERVATEUR TERRESTRE. 213
2.3.2.3 Modalités choisies pour la validation de la première hypothèse 214
2.3.2.3.1 Description des jeux d'apprentissage en lien avec le processus de validation de la première hypothèse 214
2.3.2.3.2 Interprétation des jeux d'apprentissage en lien avec le processus de validation de la première hypothèse 217
2.3.2.4 Modalités choisies pour la validation de la seconde hypothèse 218
2.3.2.4.1 Description des jeux d'apprentissage en lien avec le processus de validation de la seconde hypothèse 218
2.3.2.4.2 Interprétation de la modélisation comme investigation retenue pour valider la seconde hypothèse 219
2.3.2.5 Recours à un logiciel de simulation en guise de conclusion sur l'origine des phases de la Lune 220
2.3.2.5.1 Description des jeux d'apprentissage contribuant à la structuration des savoirs visés 220
2.3.2.5.2 Interprétations des jeux d'apprentissage mettant en jeu un logiciel de simulation pour structurer les savoirs visés 222
2.3.2.6 Elaboration de la trace écrite 223

2.4 SYNTHESE : LES DETERMINANTS DE L'ACTION ENSEIGNANTE DE PB 225

CHAPITRE 8 : ANALYSE DE L'ACTION ENSEIGNANTE A TRAVERS LES SAVOIRS MOBILISES 226

1 CONDITIONS D'AVANCEE DES SAVOIRS A TRAVERS L'ANALYSE DES TACHES EPISTEMIQUES MISES EN ŒUVRE 226

1.1 CHRONOGENESE ET TACHES EPISTEMIQUES, QUELLES RELATIONS ? 226
1.1.1 TACHES EPISTEMIQUES IDENTIQUES AU SEIN D'UNE MEME SEANCE. 227
1.1.2 TACHES EPISTEMIQUES IDENTIQUES AU SEIN D'UNE MEME SEQUENCE 228
1.1.3 NOUVELLE TACHE EPISTEMIQUE AU SEIN DE LA SEQUENCE. 232
1.1.4 JEUX D'APPRENTISSAGES SANS TACHE EPISTEMIQUE 234
1.1.5 SYNTHESE: 235
1.2 TACHES EPISTEMIQUES ET EPISTEMOLOGIE PRATIQUE DU PROFESSEUR 235
1.3 COMPARAISON DES PRATIQUES ENSEIGNANTES DE PB ET PA A TRAVERS LES TACHES EPISTEMIQUES MISES EN ŒUVRE 246

2 LES SAVOIRS DU POINT DE VUE DES ACTIVITES DE MODELISATION 246

2.1 SEQUENCE MISE EN ŒUVRE PAR L'ENSEIGNANTE PA 247
2.1.1 REPRESENTATIONS GRAPHIQUES 247
2.1.2 CONDITIONS D'AVANCEE DES SAVOIRS EN LIEN AVEC LES NIVEAUX DE MODELISATION 247
2.2 SEQUENCE MISE EN ŒUVRE PAR L'ENSEIGNANT PB 258
2.2.1 REPRESENTATIONS GRAPHIQUES 258
2.2.2 CONDITIONS D'AVANCEE DES SAVOIRS EN LIEN AVEC LES NIVEAUX DE MODELISATION 258
2.3 SYNTHESE 268

CHAPITRE 9 : DISCUSSION ET PERSPECTIVES 269

1. DISCUSSION DES RESULTATS DE LA RECHERCHE 269

2. DISCUSSION SUR DES ELEMENTS THEORIQUES : DECOUPAGE EN JEUX D'APPRENTISSAGE 275

ENCHAINEMENT DES JEUX D'APPRENTISSAGE 275
PERTINENCE DES CRITERES D'ANALYSE RETENUS 281

3. DISCUSSION SUR LA COMPATILITE DES CADRES THEORIQUES CONVOQUES 284

4. PERPECTIVES EN TERME DE FORMATION 286

5. PERSPECTIVES EN TERME DE RECHERCHE 288

BIBLIOGRAPHIE 290

TABLES DES ILLUSTRATIONS 299

TABLE DES FIGURES 299

TABLE DES TABLEAUX 302

INDEX DES AUTEURS 304

Introduction

Depuis les années 90, la situation de l'enseignement scientifique en France mais aussi en Europe est source d'inquiétude. En effet, le manque d'intérêt des jeunes pour les filières scientifiques et technologiques s'amplifie et accroissant leur désertion, à terme, menace la qualité des recherches et ainsi la capacité de l'Europe à innover. Aussi, de nombreux rapports (Rolland, 2006 ; Rocard & al. , 2007) ont tenté de rechercher des moyens pour rendre ces filières plus attrayantes. Un consensus émerge concernant l'intérêt de pratiques pédagogiques basées sur des méthodes d'investigation. En France, la démarche d'investigation, incluant une dimension expérimentale forte, est présentée comme étant une solution pour rendre les sciences plus attractives, moins déductives et d'inciter à l'interdisciplinarité (Coquidé et al. , 2009).

> « ***Par définition, une investigation est un processus intentionnel de diagnostic des problèmes, de critique des expériences réalisées, de distinction entre les alternatives possibles, de planification des recherches, de recherche d'hypothèses, de recherche d'informations, de construction de modèles, de débat avec des pairs et de formulation d'arguments cohérents »*** (Linn, Davis, & Bell, 2004, in rapport Rocard, 2007)

Malgré tout, l'enseignement des sciences reste encore peu dispensé à l'école primaire et les pratiques enseignantes, y compris au collège, sont loin de représenter une interprétation univoque de ces injonctions (Mathé & al. , 2008). La réalité de la pratique en classe montre que, dans la plupart des pays européens, y compris la France, l'enseignement des sciences n'est pas basé sur cette approche. En effet, si les professeurs appliquent bien les premières étapes, à travers notamment les situations problèmes proposées, ils éprouvent des craintes quant aux autres étapes. Ces appréhensions sont principalement liées à des difficultés de gestion de la classe et de disponibilité du matériel mais aussi à un manque de confiance des enseignants envers leurs propres connaissances et leur capacité à enseigner les sciences. Elles expliquent la prise en compte insuffisante des représentations ou encore la faible mise en œuvre des phases de discussion (Coquidé et al. , 2009). Malgré toutes les recommandations pour l'enseignement scientifique et technologique, les écarts entre le curriculum prescrit et le curriculum réel sont révélateurs de difficultés persistantes.

Ces constats nous ont conduit à étudier les leviers et les freins à l'enseignement des sciences et de la technologie, sur la base d'analyses de pratiques effectives. Nous nous intéressons plus particulièrement à l'action professorale dans le contexte des démarches d'investigation. Nous cherchons à caractériser l'enseignement scientifique afin de cibler, dans les démarches mises en œuvre, ce qui facilite l'avancée du savoir dans la classe ou, au contraire, ce qui fait obstacle. De plus, nous souhaitons identifier l'origine des choix opérés lors de l'élaboration et de l'implémentation de cette démarche, notamment lors de la mise en place d'expérimentations. Cette étude donnera des éléments de description et de compréhension de l'action professorale en lien avec les savoirs à transmettre.

Dans un premier chapitre, nous détaillons le contexte institutionnel dans lequel cette recherche s'inscrit afin de mieux cerner la nature de la démarche d'investigation prescrite. Dans un deuxième chapitre, nous présentons les cadres théoriques sur lesquels nous nous

sommes appuyées pour décrire et analyser l'action professorale au sein des transactions didactiques. Nous avons eu recours à la théorie de l'action conjointe (TACD) dont l'organisation par strates répondait à notre désir de distinguer les pratiques enseignantes *in situ*, les pratiques des enseignants lors de l'élaboration des séquences et enfin les déterminations de ces pratiques (Sensevy, 2000). C'est l'étude de ces déterminations qui nous a conduit à recourir à d'autres outils théoriques. En effet, les déterminations dépendant essentiellement du savoir à enseigner et de l'épistémologie pratique du professeur, nous avons choisi d'associer la TACD à des outils théoriques complémentaires. Le recours aux niveaux de modélisation (Bécu-Robinault, 2002) ainsi qu'aux tâches épistémiques (Tiberghien et al. , 2005) nous a permis d'étayer notre étude du savoir en jeu dans la classe. Enfin, les travaux sur les postures épistémologiques ont facilité l'analyse de l'épistémologie pratique des professeurs. C'est sur cette base que nous formulerons, dans le chapitre 3, notre problématique portant sur les déterminants de l'action professorale au sein des transactions didactiques liées à l'enseignement des sciences.

Dans le chapitre 4, nous présentons la méthodologie retenue pour répondre à ces questions, Nous avons choisi de produire une analyse argumentée de deux séquences menées par deux enseignants différents dans des conditions ordinaires (Leutenegger, 2000). Notre recherche s'inscrivant en didactique des sciences physiques, nous avons étudié des séquences en lien avec l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre au cycle 3. Cette analyse, constitutive de notre corpus principal, est liée aux systèmes de descripteurs organisés en différentes stratifications de la TACD. Pour inférer les déterminants de l'action professorale, nous avons mis en parallèle cette analyse avec celle de questionnaires sur les sciences et leur enseignement. L'argumentation des réponses aux questions posées résulte du croisement de ces deux systèmes.

Dans le chapitre 5, nous présentons les résultats de l'analyse de questionnaires élaborés dans le but de recueillir les représentations des enseignants *vis-à-vis* des sciences et de leur enseignement. Le chapitre 6 est consacré à l'analyse *a priori* des déterminants que nous avons retenus : les savoirs en jeu dans les séquences étudiées à propos de l'origine des phases de la Lune, les représentations des enseignants dont nous étudions les pratiques et les instructions officielles. Il est suivi des chapitres 7 et 8 dans lesquels l'analyse argumentée de l'action enseignante à travers les démarches et les savoirs mobilisés.

Après une synthèse des résultats, nous discutons à la fois de la pertinence des outils théoriques et méthodologiques utilisés ainsi que les résultats de cette recherche dans le chapitre 9. Nous évoquons également les conséquences de nos résultats sur la formation des enseignants ainsi que nos nouvelles perspectives de recherche.

Chapitre 1
Contexte de la recherche

1 Contexte institutionnel de la recherche

La désaffection des filières scientifiques et technologiques observée depuis plusieurs années est souvent expliquée par un enseignement classique qui ne motive pas les élèves (Venturini, 2012). De nombreuses recommandations (Rolland, 2006 ; Rocard et al., 2007, P.O.L.L.E.N., 2009) ont tenté d'analyser, d'expliquer et surtout de trouver des solutions face à ce déclin. Toutes s'accordent sur le fait que des pratiques pédagogiques basées sur des méthodes d'investigation permettraient de remédier à cette situation. Ces préconisations se sont traduites dans la plupart des curricula par la mise en place d'approches de type *Hands'on* (Giordan 2010) telle que l' « *Inquiry-Based Science Education* » (IBSE) et ses déclinaisons. En France, c'est la démarche d'investigation qui est présentée comme une solution permettant de rendre les sciences plus attractives, moins déductives et incitant à l'interdisciplinarité. (Coquidé et al., 2010).
Cette recherche sur les pratiques enseignantes a pour origine un intérêt marqué pour l'enseignement des sciences à l'école primaire. Aussi, comprendre les réalités de ces pratiques nécessite de les mettre en tension avec le contexte institutionnel dans lequel elles sont amenées à évoluer. Nous verrons donc dans cette partie comment la démarche d'investigation est présentée aux enseignants depuis son introduction dans les programmes de l'école en 2002 et les directives associées à cette démarche. Nous étudierons également les conditions institutionnelles de son implantation.

1.1 Les origines de la démarche d'investigation à l'école élémentaire

1.1.1 La Main à la Pâte

En 1995, il devient impératif de réformer l'enseignement des sciences à l'école primaire dont la situation est très préoccupante. En effet, l'enseignement des sciences est très peu dispensé : selon la direction des Ecoles de l'époque, seuls 5% des enseignants appliquent le programme de sciences en 1995, 85% d'entre eux se déclarent incompétents en matière d'enseignement scientifique et d'autres observations montrent que lorsque les sciences sont enseignées, elles le sont majoritairement de manière dogmatique.
Concernés par l'enseignement des sciences et soucieux d'agir, des scientifiques de l'Académie des sciences, Yves Quéré et Pierre Léna, s'intéressent alors à une expérimentation pédagogique se déroulant aux États-Unis et visant à revaloriser l'école aux yeux des élèves. C'est ainsi que le prix Nobel Georges Charpak décide de se rendre dans ce pays au printemps 1995, accompagné de représentants du ministère de l'Education Nationale et visite des classes des quartiers défavorisés de Chicago. Son objectif est de découvrir les méthodes choisies par son homologue américain Léon Lederman pour enseigner les sciences à de jeunes enfants. Il constate qu'une méthode basée sur la manipulation et l'expérimentation est source de

motivation. Le but affiché est de former les jeunes à une démarche autonome, comparable à celle des chercheurs. Suite à ce voyage, l'I.N.R.P.[1] remet en décembre 1995 le rapport (non publié) « *Les activités américaines et leur compatibilité avec le système français* » au directeur des écoles. En parallèle, lors de la publication du B.O.E.N. du 21 mars 1996, Marcel Duhamel, alors directeur des écoles, annonce sa volonté de renforcer l'enseignement des sciences à l'école primaire. Pour cela, il met en place un plan d'action où il propose à des enseignants volontaires des départements pilotes (Rhône, Yvelines, Loire et Cher, Meurthe et Moselle et Loire-Atlantique) de produire des fiches pédagogiques, des listes de matériel et des cahiers d'expérience. La circulaire B.O.E.N. du 5 décembre 1996 signale l'existence de « *ces outils pédagogiques élaborés par les équipes départementales et examinés par un groupe national d'accompagnement présidé par le directeur des écoles* » et qui « *feront l'objet d'une diffusion ultérieure lors de l'extension qui débutera en septembre 1997* ». Le dispositif « *la Main à la pâte* » est né et se développe peu à peu : en 1997, un partenariat entre l'Académie des Sciences et l'I.N.R.P. se met en place, le site internet de la Main à la Pâte est créé début 1998 suivi en septembre par la publication des dix principes de la Main à la Pâte. Ces principes sont comparables à la charte de la Main à la Pâte. Les six premiers principes sont destinés à décrire la démarche pédagogique que préconise la Main à la pâte et les quatre derniers mentionnent les partenariats possibles[2] dans le cadre de l'enseignement des sciences.
La démarche pédagogique est alors nommée **démarche d'investigation scientifique** comme indiqué dans la brochure de présentation de la Main à la pâte : « *L'opération la Main à la pâte a été lancée en 1996, à l'initiative du professeur Georges Charpak, prix Nobel de physique en 1992, et de l'Académie des sciences. Elle vise à promouvoir, au sein de l'école primaire, une démarche d'investigation scientifique* »[3]

Les six premiers principes de la Main à la pâte :

1. *Les enfants observent un objet ou un phénomène du monde réel, proche et sensible, et expérimentent sur lui.*
2. *Au cours de leurs investigations, les enfants argumentent et raisonnent, mettent en commun et discutent leurs idées et leurs résultats, construisent leurs connaissances, une activité purement manuelle ne suffisant pas.*
3. *Les activités proposées aux élèves par le maître sont organisées en séquence en vue d'une progression des apprentissages. Elles relèvent des programmes et laissent une large part à l'autonomie des élèves.*
4. *Un volume minimum de deux heures par semaine est consacré à un même thème pendant plusieurs semaines. Une continuité des activités et des méthodes pédagogiques est assurée sur l'ensemble de la scolarité.*
5. *Les enfants tiennent chacun un cahier d'expériences avec leurs mots à eux.*
6. *L'objectif majeur est une appropriation progressive, par les élèves, de concepts scientifiques et de techniques opératoires, accompagnée d'une consolidation de l'expression écrite et orale.*

Document 1 : les six premiers principes de la Main à la Pâte ; Extrait consulté le 1 février 2015 à l'adresse : http://www.fondation-lamap.org/fr/page/15318/description-des-10-principes.

[1] INRP : institut national de recherche pédagogique
[2] Famille, quartier, partenaire scientifique (universités, grandes écoles), IUFM…
[3] Disponible à l'adresse http://lamap.bibalex.org/bdd_image/51_brochure_lamap.pdf, consultée le 1 février 2015.

Cette démarche a pour objectif de rendre l'élève acteur dans ses apprentissages en menant une réflexion à partir de sa propre manipulation. Les échanges argumentés et le recours à l'écrit sont favorisés autant que possible. C'est en s'appuyant sur le travail de scientifiques de l'Académie des sciences que le ministère de l'Education Nationale a entrepris de réformer l'enseignement des sciences.

1.1.2 Le PRESTE

En 2000, Jack Lang, ministre de l'Education Nationale, lance le PRESTE : plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie. En lien avec le contexte de l'époque, ce plan a deux objectifs principaux : rendre l'enseignement des sciences et de la technologie effectif dans toutes les classes de l'école primaire et permettre aux élèves de s'interroger, d'agir de manière raisonnée et de communiquer.
A l'époque et selon le Bulletin Officiel du ministère de l'Education Nationale et du ministère de la Recherche n°23 du 15 juin 2000[4], les méthodes d'enseignement des sciences semblent converger vers la nécessité de donner une dimension expérimentale à ces enseignements afin de « *développer la capacité d'argumentation et de raisonnement des élèves, en même temps que leur appropriation progressive de concepts scientifiques*. » C'est donc tout naturellement qu'il s'inspire de l'opération la Main à la Pâte, dont les ambitions correspondent aux volontés affichées de ce nouveau plan. En effet, le bilan de l'initiative du prix Nobel Georges Charpak et de l'Académie des sciences est alors présenté comme étant très positif. « *Il paraît dès lors légitime de tirer parti du bilan positif de l'ensemble de ces avancées. Tout en respectant la diversité des choix, en identifiant les dénominateurs communs des réussites et en maintenant l'esprit d'initiative des maîtres, il est aujourd'hui possible de fonder un plan d'action réaliste en vue de rénover l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école, distinct de l'opération "La Main à la pâte", mais qui prenne en compte ses acquis et l'intègre en tant que pôle innovant.* »
Le PRESTE privilégie une démarche d'investigation pour l'enseignement des sciences et encourage l'enseignement de thèmes proches des préoccupations de la vie courante en prenant pour exemple l'opération de la Main à la Pâte.
Avec pour modèle la démarche d'investigation préconisée par la Main à la Pâte, ce nouveau programme incite les enseignants à créer des conditions favorables à l'activité intellectuelle de leurs élèves afin que ces derniers soient acteurs dans la construction des connaissances. Le plan ne nomme pas la démarche que les professeurs devront faire suivre à leurs élèves mais indique à la fois les étapes incontournables des activités des élèves et de celles du maître :

> Pour les élèves :
> « *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,*

[4] Disponible à l'adresse : http://www.education.gouv.fr/bo/2000/23/ensel.htm.

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. »

Pour le maître :
« *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. »

Document 2 : Extrait du bulletin officiel du ministère de l'Education Nationale et du ministère de la recherche n°23, 15 juin 2000.

Même si l'expression « démarche d'investigation » n'est pas mentionnée, ces préconisations sont largement influencées par la démarche pédagogique de la Main à la Pâte. En effet, le départ de la démarche est l'observation du monde réel suivie de la recherche à mener pour répondre aux questions soulevées par l'observation du réel, que cette recherche soit expérimentale ou documentaire. Enfin, une place importante est consacrée aux échanges et à l'argumentation.
Cependant, une différence entre la présentation retenue par le PRESTE et celle de la Main de la pâte est à relever : le PRESTE distingue bien l'activité du maître de celle de l'élève. Ce sont les élèves qui construisent peu à peu leurs connaissances, encouragés par le maître à chaque étape de leur raisonnement. Le maître veille ainsi à créer les conditions optimales pour permettre aux élèves d'avancer vers la construction de concepts scientifiques.
En outre, certains points de ce nouveau programme auraient gagné à être précisés. En effet, selon le PRESTE, l'enseignant doit viser une appropriation progressive « *de démarches scientifiques* » mais celles-ci ne sont pas définies.

1.2 La démarche d'investigation dans les programmes de l'école primaire

1.2.1 Les programmes en vigueur en 2014 au moment de notre étude

Sciences expérimentales et technologie. Cycle 3

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. [...]. 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.

Document 3 : Extrait du Bulletin Officiel hors série n°3 du 19 juin 2008, p. 21

Le bulletin officiel du 3 juin 2008[5] fixe les contenus et les conditions d'enseignement à l'école primaire. Dans le cadre de notre étude, nous nous intéressons uniquement aux informations relatives au cycle 3.

Au cours de ce cycle, la « *découverte du monde* » laisse place à l'enseignement des « *sciences expérimentales et de la technologie* » dont l'objectif principal est de permettre aux élèves de comprendre le monde qui les entoure. Ainsi, les élèves seront amenés à distinguer *faits et hypothèses vérifiables d'une part, opinions et croyances d'autre part*. Pour cela, les enseignants devront favoriser *observation, questionnement, expérimentation et argumentation pratiqués, par exemple, selon l'esprit de la Main à la Pâte.* La finalité de cet enseignement n'est pas seulement de l'acquisition de connaissances mais aussi le développement des attitudes scientifiques telles que « *la curiosité, l'esprit critique et l'intérêt pour le progrès scientifique et technique*. »

Pour atteindre ces buts, les programmes préconisent de pratiquer les sciences expérimentales et la technologie dans le cadre d'une démarche d'investigation. Or, aucune description de cette démarche n'est réalisée. Seule la mention « selon l'esprit de la Main à la Pâte » est une incitation à se référer aux textes de la Main à la Pâte dans lesquels des informations sont données sur la mise en place de cette démarche. Cependant, une autre référence, plus ancienne, reste accessible aux enseignants. En effet, les programmes de 2002 explicitent les étapes d'une démarche d'investigation comme nous allons le voir dans la partie suivante.

1.2.2 Les programmes de 2002

Le contenu des programmes de 2002 est fixé par le B.O.E.N. hors série n° 1 du 14 février 2002 qui affirme l'importance de l'expérimentation pour l'enseignement des sciences pour « *la construction d'une représentation rationnelle de la matière et du vivant* ». Pour atteindre ces objectifs, la ***démarche constructive d'investigation*** est proposée. Ainsi, l*es compétences et les connaissances sont construites dans le cadre d'une méthode qui permet d'articuler questionnement sur le monde et démarche d'investigation.*

Cette démarche d'investigation est basée sur un premier principe d'unité selon lequel elle doit permettre l'élaboration de nouvelles connaissances grâce à une investigation menée par les élèves, guidée par le maître et faisant suite à un questionnement. Le second principe de diversité expose la pluralité des méthodes d'investigation telles « *l'expérimentation directe (à privilégier chaque fois qu'elle est possible) conçue et réalisée par les élèves, la réalisation matérielle (recherche d'une solution technique), l'observation directe ou assistée par un instrument, avec ou sans mesure, la recherche sur des documents et l'enquête et visite* »

En complément, les documents d'accompagnement des programmes, *«Collection École documents d'accompagnement des programmes, Enseigner les sciences à l'école, outil pour la mise en œuvre des programmes 2002, cycles 1, 2 et 3 Ministère de la Jeunesse, de l'éducation nationale et de la Recherche, Direction de l'enseignement scolaire Académie des*

[5] Voir Annexe n°1.

sciences »[6], proposent un déroulement possible de la démarche d'investigation. Ils identifient 5 étapes fondamentales mais mettent en garde sur le fait que la présentation linéaire ne doit pas constituer un modèle.

> « *La démarche d'investigation se structure autour d'étapes fondamentales qui doivent assurer à la fois l'unité (la cohérence de l'ensemble de la démarche) mais aussi la diversité (de par la variété des modes d'investigations). Elle s'articule autour de cinq moments clefs :*
>
> *Le choix de la situation de départ :*
> *Le choix de cette situation est faite par le maître en fonction des objectifs fixés par le programme. Elle est choisie en fonction des ressources locales et de son caractère productif vis-à-vis du questionnement des élèves.*
>
> *La formulation du questionnement des élèves :*
> *Il s'agit d'un travail guidé par le maître qui devra orienter le questionnement des élèves afin que celui-ci soit productif et débouche sur des connaissances visées par le programme. Cette phase devra favoriser l'émergence des conceptions initiales des élèves et ainsi pourra mettre en évidence leur éventuelle divergence.*
>
> *L'élaboration des hypothèses et la conception de l'investigation à réaliser pour les valider/invalider :*
> *Le maître devra gérer les modes de groupement des élèves afin de favoriser la formulation d'hypothèses en leur sein. Cette phase se poursuit par l'élaboration éventuelle des protocoles et la formulation par les élèves des prévisions des résultats. Enfin, elle s'achève par la communication à la classe des hypothèses et protocoles proposés.*
>
> *L'investigation conduite par les élèves :*
> *Les élèves pourront au sein de leur groupe, débattre des modalités de la mise en œuvre des expériences, agir sur la variation de paramètres. Ils devront être capables de décrire l'expérience et ses conditions de mise en œuvre.*
>
> *L'acquisition et la structuration des connaissances*
> *Les élèves pourront comparer et mettre en relation les résultats obtenus dans les différents groupes. La formulation écrite sera élaborée par les élèves avec l'aide du maître et pourra ainsi débouchée sur de nouvelles connaissances. »*

Document 4 : La démarche d'investigation en cinq étapes, d'après les documents d'accompagnement des programmes de 2002

Le canevas proposé s'appuie sur la prise en compte des idées préalables des élèves et privilégie l'expérience comme investigation. La pluralité des méthodes d'investigation suggérées en introduction n'étant pas reprise dans la description de l'étape d'investigation, les modalités possibles d'investigation ne sont pas explicitées.

1.2.3 Le socle commun de connaissances et de compétences

Dans les instructions officielles, l'objectif majeur de la démarche d'investigation est d'aiguiser l'intérêt des élèves pour les disciplines scientifiques en leur permettant

[6] Voir Annexe n°2.

principalement de participer activement à l'élaboration des savoirs. Les compétences développées à cette occasion sont évaluées et notifiées en fin de cycle 3 à travers l'attestation de la maîtrise des connaissances et compétences du socle commun.
Introduit en France par la loi d'orientation pour l'avenir de l'école de 2005, le socle commun de connaissances et de compétences est ensuite instauré par le décret du 11 juillet 2006, même si cette base commune de savoirs et d'aptitudes trouve un écho dans le rapport Thélot de 2004. Le socle commun, constitué de sept compétences, est décliné en trois paliers (le premier à la fin du CE1 : seules 3 compétences sont à maîtriser ; le second à la fin du CM2 et enfin le dernier à la fin de la scolarité obligatoire) a surtout une vocation pédagogique en permettant de valoriser les acquis des élèves.

Afin de préciser la pratique de l'enseignement scientifique préconisée, nous nous intéresserons à la compétence 3 « *Les principaux éléments de mathématiques et la culture scientifique et technologique* » scindée en deux parties : « *Pratiquer une démarche scientifique ou technologique* » et *« Maîtriser des connaissances dans divers domaines scientifiques et les mobiliser dans des contextes scientifiques différents et dans des activités de la vie courante ».*

« *Pratiquer une démarche scientifique ou technologique* » est maîtrisée si l'élève est capable de :

- ✓ Pratiquer une démarche d'investigation : savoir observer, questionner.
- ✓ Manipuler et expérimenter, formuler une hypothèse et la tester, argumenter, mettre à l'essai plusieurs pistes de solutions.
- ✓ Exprimer et exploiter les résultats d'une mesure et d'une recherche en utilisant un vocabulaire scientifique à l'écrit ou à l'oral.

Document 5 : Items relatifs à la compétence 3 : pratiquer une démarche scientifique et technologique ; extrait du livret personnel de compétences, grilles de références pour l'évaluation et la validation des compétences du socle commun au palier 2.

Ces items sont explicités dans le livret personnel de compétences, grilles de références pour l'évaluation et la validation des compétences du socle commun au palier 2[7] :

> **- L'item 1 : « Pratiquer une démarche d'investigation : savoir observer, questionner »** devrait ainsi nous renseigner sur la définition de la démarche d'investigation **:** « *La démarche d'investigation se développe en trois phases successives dont la première consiste à poser une question à partir de l'observation d'un phénomène ou d'informations fournies et d'envisager une ou plusieurs explications possibles*. »
> **- L'item 2 : « Manipuler et expérimenter, formuler une hypothèse et la tester, argumenter, mettre à l'essai plusieurs pistes de solutions** » : « *Elle conduit ensuite, à partir de ce questionnement, à essayer de trouver une réponse par l'expérimentation ou la documentation : prévoir puis tester un dispositif d'expérimentation (en faisant plusieurs essais) ou rechercher dans une documentation ; recueillir et consigner les résultats obtenus par l'observation, par la mesure ou par la recherche documentaire ;*

[7] Disponible à l'adresse http://cache.media.eduscol.education.fr/file/socle_commun/99/7/Socle-Grilles-de-reference-palier2_166997.pdf.

confronter les résultats avec les hypothèses de départ ; argumenter pour valider, ou non, l'hypothèse de départ. »
- L'item 3 : « **Exprimer et exploiter les résultats d'une mesure et d'une recherche en utilisant un vocabulaire scientifique à l'écrit ou à l'oral » : «** *Produire un court texte faisant la synthèse des observations et des conclusions (le texte produit utilise un vocabulaire spécifique et peut être accompagné d'un schéma explicatif); Rendre compte de la recherche, des résultats obtenus et formuler une conclusion. S'appuyer sur un ou plusieurs schémas*. »

La présentation en cinq étapes de la démarche d'investigation dans les instructions officielles de 2002 laisse place ici à une présentation en trois phases. Cependant, toutes les étapes sont bien incluses dans ces phases.

1.2.4 Synthèse des instructions officielles

Nous proposons un tableau récapitulatif de l'ensemble des instructions officielles en vigueur en 2015, dans lequel nous avons intégré les recommandations de la Main à la Pâte. Nous avons distingué les éléments relevant d'une démarche d'enseignement de ceux relevant d'une démarche d'apprentissage :

Les étapes principales	**Objectifs généraux**	**Rôle du maître**	**Rôle des élèves**
La situation d'entrée	Cette situation doit avoir un sens pour les élèves, elle doit susciter leur intérêt. Elle peut s'ancrer sur des problématiques, des centres d'intérêt, qui font écho à leur vie de tous les jours.	Il l'a choisie en fonction des compétences à faire acquérir, du caractère productif du questionnement qu'elle va susciter, des acquis initiaux des élèves, ou des représentations des élèves, des difficultés persistantes.	Ils se questionnent par rapport à la situation choisie et entrent ainsi dans la séance.
Une question productive	Une question exploitable en classe doit émerger de la discussion issue de la situation d'entrée. A l'issue de cette phase, on doit passer d'une question de la vie de tous les jours à une question scientifique.	Le maître organise la discussion en classe. De plus, il fait émerger et prend ainsi connaissance des conceptions initiales des élèves. Il organise la confrontation d'éventuelles divergences entre les élèves. Cette phase favorise également l'expression orale, l'écoute et la prise en compte de tous les points de vue. Les élèves apprennent à s'exprimer, à écouter, à respecter différents points de vue.	Les élèves formulent leurs questions, en discutent collectivement. Ils reformulent le problème en termes qui vont leur permettre de trouver une démarche de recherche (expérimentale, documentaire, ...) qui va les conduire à un nouveau savoir (appropriation du problème par les élèves). Le problème à résoudre doit être compris par tous (fondamental).
Formulation d'hypothèses	Il s'agit de faire des propositions de réponses à la question qui pourront être mises à l'épreuve.	Le maître vérifie ainsi l'appropriation du problème par chaque élève et peut, là aussi, recueillir les idées préalables.	Les élèves formulent de préférence individuellement une hypothèse
Résolution du problème par une investigation	L'objectif est de valider les hypothèses en menant une investigation qui peut être de différentes natures: l'expérience (à privilégier à chaque fois que cela est possible), la réalisation matérielle, l'observation, l'enquête ou la recherche documentaire.	Le maître vérifie le bon déroulement de cette étape et valide ou non l'investigation retenue. Il peut, si nécessaire, aider les élèves par un jeu de questions.	Les élèves débattent par groupes et imaginent une investigation pour vérifier leurs hypothèses. Les élèves réalisent leur investigation, le maître vérifie son bon déroulement et se charge de fournir le matériel. Les élèves transcrivent leurs résultats en vue de les

			communiquer
Mise en commun et Structuration	L'objectif est l'institutionnalisation du savoir acquis par investigation.	Le maître organise la mise en commun et choisit le support de la trace écrite. Il veillera à proposer une situation de réinvestissement.	Les élèves établissent ensemble un savoir qui deviendra un savoir de référence pour la classe

Tableau 1 : Les étapes de la démarche d'investigation du point de vue de l'enseignant et des élèves

2 Points de vue de la recherche sur la démarche d'investigation

En France, la recherche en didactique s'est emparée depuis plusieurs années des injonctions et pratiques autour des démarches d'investigation. Dans cette partie, nous ne prétendons pas dresser une liste exhaustive de ces différentes recherches mais nous souhaitons présenter les plus pertinentes par rapport à notre étude. Le premier paragraphe sera consacré aux interprétations possibles de la démarche. Dans le second, des résultats de recherches en didactique des sciences sur les 5 étapes de la démarche d'investigation seront exposés. Nous avons délibérément écarté les recherches sur la nature épistémologique de la démarche car nos cadres théoriques intègrent cette approche *(Voir chapitre 2, 2.3.1.* La démarche d'investigation : quelles postures épistémologiques ?*)*

2.1 Démarche d'investigation : une démarche ou une méthode unique ?

Boilevin et al. (2015, p. 16) soulignent la difficulté à définir de façon univoque un enseignement fondé sur l'investigation à travers les curriculums français et internationaux au delà même de la variété des expressions utilisées (Inquiry based science, Inquiry based instruction, Inquiry based science education, Inquiry based science teaching). Calmettes (2015) définit la pratique scientifique d'investigation comme « *un processus au cours duquel les élèves, par l'expérimentation directe sur la matière et l'observation, par la consultation de livres, d'autres ressources, d'experts, et par le débat, élaborent leur propre compréhension d'idées scientifiques fondamentales ; tout ceci se déroulant sous la direction du professeur* ». Autrement dit, la pratique de la démarche d'investigation doit permettre aux élèves de « *participer à la résolution des problèmes de recherche et pour cela ils doivent être engagés dans une activité originale d'ordre conceptuel et scientifique*. » (Ibid., p. 4). Les effets positifs ont aussi été pointés par l'Inspection Générale parallèlement à des dérives possibles notamment le risque du « tout méthodologique »[8].
A cette dérive, Dell'Angelo, Coquidé et Magneron (2012) rappellent que les instructions officielles préconisent à la fois des démarches, des connaissances et des compétences. Elles soulignent la nécessité d'utiliser de nouveaux outils d'évaluation liés au socle commun. Pour cela, les enseignants de cycle 3 doivent évaluer leurs élèves selon trois items *(Voir 1.2.3* Le socle commun de connaissances et de compétences*)* de façon binaire (acquis ou non acquis). Leur recherche montre que les méthodes et les contenus ne sont pas suffisamment dissociés : la démarche d'investigation est présentée comme étant un moyen pour acquérir non seulement des connaissances mais aussi des méthodes de travail. Les auteures alertent sur un effet

[8] Dès 1999, l'Inspection générale de l'Education Nationale (rapporteur Jean-Pierre Sarmant) note « *les effets positifs induits par cette méthodologie sur le comportement social et moral des élèves, sur l'amélioration de l'esprit logique et des capacités d'expression ainsi que sur l'acquisition de connaissances scientifiques* » (Boilevin et al., 2015, p. 15)

pervers de cette double ambition qui serait de mettre en œuvre non pas une démarche d'investigation avec de véritables situations de recherche mais une démarche stéréotypée, linéaire limitant la réflexion des élèves. Cariou (2015) signale également ce risque d'interpréter la démarche d'investigation présentée dans l'introduction commune des programmes au Collège, non pas comme une démarche mais comme une méthode.

2.2 Didactique et démarche d'investigation

A l'instar de Triquet & al. (2012), nous avons choisi d'éclairer chacune des étapes de la démarche d'investigation par des travaux de recherche.

La première étape de la démarche d'investigation est une situation choisie en fonction de son caractère productif *vis-à-vis* du questionnement des élèves. Cette phase est souvent assimilée à la problématisation qui constitue en réalité la deuxième étape de la démarche.
Citant Bachelard, Orange (2012, p. 17) souligne l'importance de cette seconde phase dans l'élaboration des savoirs scientifiques :

> « *L'esprit scientifique nous interdit d'avoir une opinion sur des questions que nous ne comprenons pas, sur des questions que nous ne savons pas formuler clairement. Avant tout, il faut savoir poser des problèmes. Et quoi qu'on dise, dans la vie scientifique, les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes. C'est précisément ce sens du problème qui donne la marque du véritable esprit scientifique. Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit.* » (Bachelard, la formation de l'esprit scientifique, 1938, p. 14)

Selon Orange, les élèves n'avancent vers des savoirs scientifiques qu'à la condition d'être confrontés à des problèmes nécessitant une explication. Ainsi, il adhère au point de vue de Popper sur la nature des savoirs scientifiques selon lequel un problème scientifique est avant tout lié à la recherche d'explications.
Dans le cadre de notre étude, nous avons choisi de considérer uniquement les problèmes de nature scientifique et non ceux traitant de questions socialement vives. Globalement ces problèmes sont relatifs à des questions scientifiques très largement résolues par la communauté scientifique et ayant fait l'objet d'une transposition didactique pour apparaître dans les programmes scolaires.
Orange (2005) précise que la façon d'envisager le travail de problématisation varie selon les auteurs : elle peut correspondre au développement d'un questionnement (Toussaint & Lavergne, 2005), à la formulation du questionnement par les élèves en terme de concepts scientifiques (Boilevin, 2005) ou à l'élaboration collective d'un ensemble de représentations de la controverse (Albe, 2005). La problématisation peut également être envisagée comme la construction du champ des possibles. Problématiser, « *c'est s'engager dans un processus rationnel correspondant à une exploration du possible, de l'impossible et du nécessaire. Et cet accès aux nécessités - pas simplement « savoir que » mais « savoir pourquoi cela ne peut pas être autrement» caractérise le dépassement de la connaissance commune et l'accès aux savoirs scientifiques. Comme le signale Canguilhem (1985, p. 47), cité par Yann Lhoste « Connaître c'est moins buter contre un réel que valider un possible en le rendant nécessaire* ». (Orange, 2005, p. 9)
Quelle que soit la forme donnée à cette phase de problématisation, Martinez Barrera et al. (2015, p. 6) soulignent que « *la production du savoir en science relève autant de la construction des problèmes que de leur résolution* ».

La troisième étape de la démarche d'investigation est liée à l'élaboration d'hypothèses. La formulation d'hypothèses, dont on précise progressivement le domaine de validité en utilisant une attitude réflexive, est une étape fondamentale de la démarche d'investigation mais présentant de véritables difficultés de mises en œuvre (Triquet & al., 2012). Les instructions officielles précisent également que « *les conceptions des élèves* » pourront être recueillies à l'occasion de cette étape afin de les confronter et de *« favoriser l'appropriation du problème par la classe »*. Les travaux sur les conceptions sont un apport majeur de la didactique des sciences pour éclairer les difficultés d'enseignement et d'apprentissage. Giordan et De Vecchi (1987, p. 85) définissent une conception initiale comme étant « *un processus personnel par lequel un apprenant structure au fur et à mesure les connaissances qu'il intègre* ». Dans certaines situations, ces conceptions peuvent aboutir à des solutions convenables mais dans d'autres contextes, elles peuvent conduire à des erreurs. Cependant, même erronée, une conception peut être opératoire ce qui explique l'immense difficulté pour un élève de l'abandonner au profit d'une autre explication. Dans cette perspective et en référence à l'épistémologie de Bachelard, les conceptions sont assimilées à des obstacles que l'action didactique doit permettre de franchir. Les connaissances scientifiques se construisent alors en rupture avec les connaissances premières de l'apprenant. D'autres recherches (Spada, 1994 ; Vosniadou, 1994 ; Bécu-Robinault, 2015) renoncent à la possibilité de remplacer des connaissances communes par des connaissances scientifiques mais définissent l'apprentissage comme la capacité à mobiliser les connaissances scientifiques dans des contextes variés.

Les instructions officielles encouragent ensuite le recours à l'expérimentation même si d'autres modes de validation des hypothèses sont possibles. Arcà (1999, p. 191) reconnaît l'importance de l'expérimentation dans la construction des savoirs mais souligne son insuffisance. En effet, les élèves doivent « *établir une relation cohérente entre les faits et leurs explications* » pour parvenir à « *constituer une trame de références conceptuelles susceptibles de soutenir et de donner une signification même aux activités expérimentales les plus complexes* ». L'expérience s'inscrit dans une démarche de résolution de problème de type hypothético-déductif (Robardet, 1990). Dans ce cas, Koffi (2015) signale que les expériences sont conçues pour mettre à l'épreuve les hypothèses formulées par les élèves. « *Dès lors, le lien entre hypothèses formulées et expérience (phase de validation) est explicite et construit, et les élèves sont des acteurs incontournables* » (Ibid., p. 81)
Triquet & al. (2012) montrent que trop souvent l'expérimentation ne permet de vérifier qu'une seule hypothèse ne laissant pas la possibilité aux élèves de confronter leurs idées au réel. L'hypothèse unique est choisie et imposée par l'enseignant en fonction des objectifs de connaissances visées. Koffi (2015, p. 81) parle alors d'expériences monstratives, ne présentant « *aucun lien logique avec les hypothèses initiales des apprenants » et « mises en place par l'enseignant pour montrer une loi et non pour expliciter une conception en vue de la dépasser* ».

Enfin, la phase de structuration constitue un moment privilégié de l'élaboration d'une trace écrite même si le recours à l'écrit est fondamental tout le long de la démarche. En 2001, Fillon et Vérin sont chargés de coordonner la rédaction d'un numéro de la revue Aster « *Ecrire pour comprendre les sciences* ». Dans cet ouvrage, les auteurs montrent que la combinaison des activités pratiques et langagières incite les élèves à participer activement à la construction de leurs connaissances scientifiques. Fillon & al. (2001, p. 5) indiquent que l'ensemble des résultats de la recherche dans ce domaine s'accorde sur le fait que ce n'est pas « *seulement la production d'écrits en elle-même, mais […] aussi les échanges langagiers et les interactions avec les investigations empiriques autour de ces écrits qui favorisent les avancées conceptuelles. Ce qui se joue dans les temps d'élaboration collective préparant ou accompagnant*

l'écriture, dans les retours critiques et les discussions est tout aussi important que ce qui est en jeu dans les temps de rédaction et de réécriture, et cela en détermine d'ailleurs le sens pour les élèves ».

3 Le projet de recherche dans lequel s'intègre cette thèse.

Notre recherche est associée à un projet s'inscrivant sur une durée de trois ans et financé par l'Institut Français de l'Education : « *Etude longitudinale de l'évaluation des compétences en sciences du primaire au collège (2011-2013)* ». Porté par Karine Bécu-Robinault, il vise à identifier les continuités et les ruptures dans les compétences mises en œuvre en sciences par les élèves et évaluées par les enseignants entre les paliers 2 (CM2) et 3 (troisième). Il s'inscrit dans la lignée d'une précédente recherche, dans laquelle chercheurs et enseignants collaboraient pour élaborer et implémenter des séquences d'enseignement en sciences physiques au collège et les évaluations de compétences correspondantes. Aussi, le projet s'appuie sur l'étude des pratiques enseignantes en lien avec des démarches fondées sur l'investigation. La méthodologie retenue prévoit de relever et d'analyser des données de différentes natures comme des enregistrements vidéographiques de l'activité *in situ*, des entretiens aux modalités variables (un ou plusieurs enseignants), ou encore les documents produits par les enseignants et les élèves. *In fine,* ce projet doit permettre d'élaborer un ensemble de repères à destination des enseignants leur permettant de préciser les choix effectués pour concevoir et évaluer des séquences de sciences.
Nous détaillons, dans le chapitre 4 consacré à la méthodologie de notre recherche, le contenu de ce projet et nous précisons notre participation.

Chapitre 2
Cadres théoriques

Nos questionnements initiaux nécessitent le recours à un cadre théorique permettant à la fois d'identifier les conditions d'avancée des savoirs lors des pratiques de classe, dans le contexte des démarches d'investigation mais aussi l'origine des choix didactiques réalisés par l'enseignant lors de l'élaboration et de l'implémentation des séquences de sciences expérimentales.

Dans le premier paragraphe de ce chapitre, nous montrons en quoi la théorie de l'action conjointe en didactique répond en partie à ces exigences. En effet, elle fournit des outils pour la description et l'analyse de l'action *in situ* correspondant à une vision de l'apprentissage basée sur la co-construction pensée-langage. Elle donne à voir l'action conjointe du point de vue du milieu, du contrat et renseigne sur l'évolution des savoirs dans la classe à travers les caractéristiques du triplet des genèses. De plus, son organisation en strates permet d'envisager à la fois la reconstitution de l'action professorale lors de la construction des séquences mais aussi d'élucider en partie des déterminants de l'action professorale. En revanche, nous montrons l'insuffisance des outils proposés par la TACD pour indiquer les spécificités des savoirs manipulés et leurs conditions d'avancée.

Le second paragraphe, consacré aux déterminants de l'action professorale, nous incite à solliciter d'autres cadres théoriques : la notion de tâche épistémique et les niveaux de modélisation. La notion de tâche épistémique renseigne les conditions d'avancée des savoirs en jeu en lien avec les opérations réalisées sur ces savoirs et permet de mettre à jour une tâche émergente des pratiques de classe en lien avec les pratiques scientifiques. Le recours aux niveaux de modélisation contribue également à renseigner sur les conditions d'évolution des savoirs. En effet, tout en intégrant les spécificités du fonctionnement des savoirs scientifiques, ce cadre conduit à identifier à la fois les objets utilisés par les interactants et la signification qui leur est donnée en fonction des relations établies entre les différents niveaux.

Enfin, nous développons un cadre lié aux postures épistémologiques en le justifiant par l'étude des déterminants liés à l'épistémologie pratique des enseignants. Ce cadre, en donnant des caractéristiques de différentes postures épistémologiques, permettra de renseigner les représentations des enseignants sur les sciences mais aussi d'inférer de la pratique des déterminations liées à ces postures.

1 Théorie de l'action conjointe en didactique

La théorie de l'action conjointe en didactique (TACD) émane des travaux menés en 2000 par Sensevy, Mercier et Schubauer-Léoni. Selon Sensevy (2007, p. 13). La fonction essentielle de cette théorie « *consiste dans la production d'un vocabulaire qui permette des descriptions systémiques des processus d'enseignement et d'apprentissage* ». Elle permet de penser l'action didactique de l'enseignant dans un cadre qui intègre les pratiques de l'enseignant et des élèves tout en fournissant des outils d'analyse de ces pratiques

Au fil de notre exposé, nous expliciterons les hypothèses épistémologiques de la TACD et en présenterons les concepts fondamentaux : nous montrerons en quoi l'action didactique peut être considérée comme une transaction et nous définirons la notion de jeu. Puis, nous verrons

que plusieurs facteurs déterminent l'action didactique du professeur ce qui justifient que la théorie de l'action didactique conjointe utilise des descripteurs organisés en strates. C'est en suivant cette organisation hiérarchisée que nous présenterons les différents outils de la TACD.

1.1 Les concepts fondamentaux de la TACD

Cette théorie est fondée sur l'hypothèse principale selon laquelle « *l'image du jeu est sans doute la moins mauvaise pour évoquer les choses sociales* » (Bourdieu, 1987, p. 80, in Sensevy, 2011, p. 42). La seconde hypothèse repose sur la notion de *posture grammaticale* issue des travaux de Wittgenstein (in Sensevy, 2011, p. 18) : il existe une grammaire capable de décrire les jeux c'est-à-dire l'action didactique et d'en comprendre le fonctionnement. Enfin, la TACD se fonde dans une *approche actionnelle* du discours issue de la philosophie du langage (Vernant, 1997, in Sensevy, 2007, p. 15) et préfère décrire l'action didactique comme une transaction.
Sur ces bases, la théorie de l'action conjointe en didactique propose un cadre pour caractériser des processus d'enseignement et d'apprentissage.
Le premier postulat sur lequel repose ce cadre théorique est que l'action de l'enseignant ne peut être décrite et analysée sans prendre en compte l'action de(s) élève(s). Le second postulat est que le savoir qui doit être transmis se situe au sein de cette relation. Ainsi, l'action didactique, c'est-à-dire « *ce que les individus font dans des lieux (des institutions) où l'on enseigne et l'on apprend* » (Sensevy & Mercier, 2007, p. 14) est nécessairement *conjointe* : c'est le résultat d'une relation *coordonnée* et *coopérative*.

> « *Ce qui me semble caractériser avant tout autre chose l'action didactique, [c'est] tout d'abord le fait qu'une action didactique est nécessairement conjointe. Le terme enseigner, d'une certaine manière, demande le terme apprendre ; le terme apprendre demande le terme enseigner. Il existe certes des moments où quelqu'un enseigne sans que personne n'apprenne rien ; on peut d'autre part clairement apprendre certaines choses sans être enseigné. Mais ce qui caractérise une institution didactique, c'est qu'on y enseigne à des censées apprendre.* »
> (Sensevy & Mercier, 2007, p. 14)

Autrement dit, l'action didactique devra être considérée comme une *transaction* : considérer une action particulière de l'un des actants doit inciter à chercher les implications des autres transactants. Cette transaction est à la fois *intersubjective* et *intramondaine* : « *la transaction intersubjective est ce mouvement par lequel les interlocuteurs se reconnaissent mutuellement comme co-locuteurs dans leurs dimensions psychologiques, sociales, idéologiques, etc. La transaction intramondaine met en cause le rapport des co-agents au problème qu'ils rencontrent dans une situation qu'ils partagent* » (Vernant, 2004, p. 88, in Sensevy, 2011, p. 82). Ainsi, décrire une transaction didactique nécessite de centrer sa description sur les savoirs puisque ce sont eux qui façonnent les interactions entre les transactants ; ce sont les contenus épistémiques des transactions qui déterminent leurs structures.
Au sein de cette théorie, les *transactions didactiques* sont modélisées à l'aide de la notion de *jeu didactique* pour mettre en évidence « *les aspects affectifs de l'action (l'investissement dans le jeu) et ses aspects effectifs, pragmatiques (quand et comment on gagne-t-on ?)* ». (Sensevy & Mercier, 2007, p. 19). Lorsque que l'objet transactionnel entre les acteurs de l'action didactique est lié à un savoir particulier, le jeu didactique pourra être assimilé à un *jeu d'apprentissage*, l'entrée dans ce jeu ne préjugeant des apprentissages réels des élèves. Nous définirons plus longuement ce modèle dans la suite de notre exposé.

Notons cependant que l'analyse de l'action enseignement-apprentissage dans la classe ne peut se restreindre à la prise en compte d'éléments internes à la classe. L'activité au sein de la classe « *trouve certains de ses buts dans une structure intentionnelle qui la dépasse*. » (Sensevy & Mercier, 2007, p. 33). Les programmes, le chef d'établissement, les parents d'élèves ou encore la relation que le professeur entretient à « *propos du savoir lui-même, de la nature foncière de l'apprentissage, de la signification de l'enseignement* » sont autant de déterminants de l'organisation de l'action du professeur dans sa classe. (Sensevy & Mercier, 2007, p. 33).
La prise en compte de cette pluralité de facteurs déterminants l'action didactique de l'enseignant justifie l'organisation en strates de descripteurs de l'action. Nous nous attachons, dans la suite de ce texte, à définir les trois strates de la TACD et les outils descriptifs utilisés pour chaque niveau :

- La description du jeu didactique *in situ* : faire jouer le jeu (paragraphe 1.2.) ;
- La reconstitution de l'action de construction du jeu par le professeur : construire le jeu (paragraphe 1.3) ;
- L'élucidation des déterminants généraux de l'action du professeur : les déterminations du jeu (paragraphe 1.3.).

> « *L'action humaine ne se comprend et ne s'explique que par référence aux situations et aux institutions en lesquelles elle se déploie.* » (Sensevy, 2011, p. 43)

1.2 Le jeu didactique : jeu joué in situ

1.2.1 Caractéristiques du jeu

Comme nous l'avons vu, la TACD modélise *l'action didactique* comme un ensemble de jeux dont il convient de donner les caractéristiques essentielles qui ont été résumées comme ci-dessous par Marlot (2008, p. 52) :

Le jeu didactique est intrinsèquement *coopératif* : il s'agit d'un jeu particulier pouvant être caractérisé de « *gagnant-gagnant* ». Le professeur et les élèves interagissent à propos d'un même objet transactionnel, le savoir.

Le jeu est *contraint* du point de vue de l'élève : « *l'élève doit gagner dans son propre mouvement (clause proprio motu)* », (Sensevy, 2011, p. 88). Cette clause met en évidence la nécessité du processus de *dévolution* : « *le professeur doit faire en sorte que l'élève assume la responsabilité de jouer vraiment au jeu (…) il doit accepter en première personne le jeu de savoir.* » (Sensevy & Mercier, 2007, p. 20). De plus, mener à bien le jeu suppose de la part du professeur une certaine *réticence didactique.* « *Au sens vieilli du terme, la réticence désigne le fait de cacher (une partie) de ce que l'on sait (c'est d'ailleurs toujours le sens actuel du terme anglais* » (Sensevy & Mercier, 2007, p. 21)

Le jeu peut être qualifié de *conditionnel* dans le sens où le professeur atteint son objectif seulement si l'élève apprend. Cette clause a pour conséquence de rendre le jeu *paradoxal* : en effet, la situation est complexe puisque le professeur est à la fois juge et partie. « *Il doit en effet permettre à A (l'élève), de façon nécessairement indirecte, de produire des stratégies gagnantes, mais c'est aussi lui qui reconnaît comme telle ces stratégies* » (Sensevy & Mercier, 2007, p. 20). Ce paradoxe peut entraîner deux effets didactiques que Brousseau (1998) a qualifiés *d'effet Topaze et d'effet Jourdain*. Le premier se manifeste lorsque le professeur, par son comportement, incite l'élève à enfreindre la clause *proprio motu* : le

savoir n'est pas alors à l'origine du comportement gagnant de l'élève mais c'est le professeur qui donne des informations concernant le savoir. On parlera du second effet lorsque le professeur reconnaît une stratégie gagnante et déclare l'élève vainqueur à partir d'une production de l'élève qui n'est pas en lien avec le savoir visé.

Dans le cas particulier de séquences d'enseignement, des jeux didactiques successifs apparaissent avec la nécessité d'avancer dans le savoir à construire : comme nous l'avons vu précédemment, ils sont alors assimilés à des jeux d'apprentissages. En prenant la métaphore du théâtre, ces jeux peuvent être vus comme des scènes dont les bornes sont constituées d'une entrée en matière et d'une conclusion. Pour décrire ces jeux particuliers, la TACD fait appel à deux concepts cruciaux que sont le milieu et le contrat didactiques.

1.2.2 Quelques concepts fondamentaux pour décrire l'action didactique *in situ*

1.2.2.1 La notion de contrat didactique.

La notion de *contrat didactique*, conceptualisée par Brousseau (1986) constitue un élément central de la TACD. Il s'agit des règles pour la plupart implicites qui régissent la relation didactique entre enseignant et élèves à propos des savoirs en jeu dans la situation. « *Nous appelons contrat didactique l'ensemble des comportements (spécifiques) du maître qui sont attendus de l'élève et l'ensemble des comportements de l'élève qui sont attendus du maître.* » (Sensevy & Mercier, 2007, p. 18)
Selon Sensevy (2011), le contrat didactique peut être perçu comme un ensemble de *répétitions et d'habitudes* mais aussi de *nouveautés* apportées par la situation *hic et nunc* en laquelle un savoir est inclus. La complexité de cette notion débouche sur un double paradoxe :

- Un paradoxe pour l'enseignant : « *tout ce qu'il entreprend pour faire produire par l'élève les comportements qu'il attend, tend à priver ce dernier des conditions nécessaires à la compréhension et à l'apprentissage de la notion visée : si le maître dit ce qu'il veut, il ne peut plus l'obtenir* » (Brousseau 1986, p. 66).
- Un paradoxe pour l'élève : « *s'il accepte que selon le contrat le maître lui enseigne les résultats, il ne les établit pas lui-même et donc il n'apprend pas de mathématiques, il ne se les approprie pas*» (Brousseau, 1986, p. 66).

Ces paradoxes, mêmes s'ils peuvent entrainer des dysfonctionnements dans la relation didactique tels que les effets Jourdain et Topaze évoqués précédemment, ne constituent pas toujours un obstacle à l'apprentissage visé. Il en résulte que le contrat didactique pourra et devra, au fur et à mesure de l'avancée des savoirs, être adapté au savoir à construire. Ce contrat didactique évolue au fur et à mesure des actions conduites conjointement par les élèves et l'enseignant.

1.2.2.2 La notion de milieu didactique

La notion de *milieu,* intimement liée à celle de contrat didactique, peut être envisagée de deux façons. Elle a été initialement définie comme un *système antagoniste* et adidactique en référence aux travaux de Brousseau (1986). Chevallard (1989), quant à lui, introduit la notion de milieu dans le cadre de l'approche institutionnelle :

> « *Au cours de l'évolution temporelle de l'institution, des sous-systèmes du système général des objets institutionnels vont se stabiliser durablement, en ce sens que les rapports institutionnels à*

> *ces objets vont, sur une période assez longue, cesser d'évoluer, se révéler "robustes" face aux perturbations extérieures, et se "naturaliser", en devenant transparents aux acteurs de l'institution. [On pourra dire alors] que tel ou tel système d'objets institutionnel fonctionne comme un milieu pour les acteurs de l'institution en telle ou telle position. [Ce milieu] apparaissant doué d'une objectivité échappant au contrôle ou à l'intentionnalité de l'institution: on pourra dire alors que le milieu est "a-institutionnel"..»* (Chevallard Y., 1989, p. 215)

Dans cette approche, le milieu, nécessaire au fonctionnement de la relation didactique, est constitué de l'ensemble des objets institutionnels avec lesquels les sujets vont entretenir des relations stables.

Dans le cadre de la TACD, Sensevy (2011) redéfinit le milieu comme *contexte cognitif de l'action* et *système antagoniste.*

> « *[...] ce qu'on trouve dans les deux modèles, c'est l'idée que l'élève qui apprend le fait en s'appuyant sur un certain nombre d'objets, qui ont pour lui la force de l'évidence (quel que soit le rôle que la situation fait jouer à cette évidence) et qu'il est absolument nécessaire, si l'on veut comprendre l'enseignement/apprentissage, ou si l'on veut le modifier, de prendre en compte et de caractériser le rapport à ces objets* » (Sensevy, G., 1998, p. 87).

Il considère que le milieu est avant tout le résultat d'une action conjointe, d'un processus de co-construction engendré par le professeur et les élèves. Toute transaction didactique s'appuie nécessairement sur « *un arrière fond commun* », dont chacun des acteurs construit une signification. Une signification commune de ce milieu n'est pas suffisante à la production des stratégies gagnantes. En effet, le contexte cognitif commun n'englobe pas la réponse aux problèmes nouveaux soumis aux élèves lors de l'évolution de ce milieu: « *ces problèmes nécessiteront l'accommodation du contexte cognitif actuel* ». (Sensevy & Mercier, 2007, p. 24)
En ce sens, le milieu apparaît non pas comme un donné mais comme un construit permanent. « *A chaque instant, le milieu apparaît subjectivement comme un donné ; mais c'est en vérité un construit permanent* » (Chevallard, 1996, pp. 173-174).

Pour analyser une séquence d'enseignement, il ne suffit pas de décrire les jeux d'apprentissage successifs mais il faut également décrire la manière dont le professeur va organiser leur succession en fonction de ce qu'il perçoit de la transaction didactique. Pour cela, la TACD adjoint aux notions de milieu et de contrat d'autres descripteurs tels que le triplet des genèses et le quadruplet de la caractérisation des jeux.

1.2.2.3 Le quadruplet de la caractérisation de l'action professorale

Dans le but de reconstituer la grammaire d'un jeu d'apprentissage et plus particulièrement les fonctions de l'action du professeur, Sensevy (2007) a retenu quatre notions essentielles : « *Définir, Dévoluer, Réguler, Institutionnaliser* » qu'il appelle « *le quadruplet des jeux* ».
Pour amorcer un jeu, le professeur doit à la fois le définir et le dévoluer.

- ✓ **Définir**

La définition d'un jeu est réalisée par l'enseignant lorsque celui-ci transmet les *règles constitutives* et *définitoires* du jeu. Il permet non seulement aux élèves d'accéder à la description des tâches à réaliser mais aussi aux enjeux et au gain du jeu. Définir le jeu permet

à chacun des transactants de connaître sa part d'action dans le jeu et ainsi de confirmer le contrat didactique.

- ✓ **Dévoluer**

L'investissement des élèves est indispensable à l'avancée d'un nouveau jeu ce qui implique que ces derniers acceptent de jouer au jeu d'une manière adéquate. Ainsi, le professeur est chargé de proposer aux élèves une situation qui leur permet de prendre la responsabilité de s'engager dans le jeu de façon autonome. Ce processus de dévolution s'exprime dans la grammaire du jeu à travers la clause *proprio motu* que nous avons défini préalablement.

- ✓ **Réguler**

L'action de régulation « *caractérise tout comportement de l'enseignant produit en vue de faciliter l'adoption, par les élèves, de stratégies gagnantes, la compréhension des règles stratégiques du jeu.* » (Sensevy & Mercier, 2007, p. 28). Cette tâche constitue le cœur de l'activité enseignante *in situ* : le professeur intervient dès lors qu'il constate que le jeu didactique ne se déroule pas comme initialement prévu et fait en sorte d'orienter les élèves vers une stratégie gagnante. Il s'avère que toute la difficulté de la régulation repose sur la clause de *réticence didactique* que le professeur doit habilement maîtriser afin d'influer sur la production des stratégies gagnantes sans les révéler. Le processus de régulation peut ainsi se faire à l'intérieur d'un jeu d'apprentissage ou aboutir à un changement de jeu lorsque le professeur juge nécessaire de donner un autre milieu et un autre contrat à la transaction didactique.

- ✓ **Institutionnaliser**

L'action d'institutionnalisation consiste à légitimer les savoirs produits par les élèves à l'issue de la stratégie gagnante d'un jeu d'apprentissage. « *Le professeur assure les élèves que leur activité leur a permis de retrouver des savoirs légitimes hors de l'institution classe, et par lequel il les rend comptable dorénavant de ces savoirs* » (Sensevy & Mercier, 2007, p. 29). Aucun jeu d'apprentissage ne peut s'affranchir de cette étape puisque « *l'avancée dans le jeu d'apprentissage suppose ainsi la production d'institué* » (Sensevy, 2011, p. 147).

1.2.2.4 Le triplet fondamental des genèses

Au quadruplet de la caractérisation des jeux décrits précédemment, la TACD adjoint un triplet de descripteurs solidaires permettant de décrypter les modifications du milieu et du contrat didactique en les situant dans le temps. Il s'agit de la genèse des milieux (*mésogenèse*), de la genèse du temps didactique (*chronogenèse*), et de la genèse des responsabilités *vis-à-vis* du savoir assumées par le professeur et par les élèves (*topogenèse*).

- ✓ **Mesogenèse**

Etymologiquement, mésogénèse signifie genèse du milieu (Chevallard, 1992). Il s'agit de l'étude de l'évolution des significations partagées par les transactants au sein des transactions didactiques. En effet, comme nous l'avons vu précédemment, le milieu n'est pas un donné mais un construit : son contenu est en permanence redéfini par les transactants en fonction de son efficacité vis-à-vis de l'élaboration des stratégies gagnantes.

> « *On peut alors considérer cette catégorie comme une manière de décrire spécifiquement le travail conjoint du professeur et des élèves, mais plus largement comme une fonction didactique (pour qu'un jeu didactique se déploie, il doit nécessairement y avoir création de*

> *contenu), à laquelle contribuent effectivement les élèves (et le professeur), de diverses manières, qu'il faut empiriquement analyser. La catégorie mésogenèse répond donc à l'élaboration d'un système de significations communes de l'action conjointe. Elle constitue un outil d'appréhension du renouvellement du système.* » (Sensevy, 2011, p. 147)

- ✓ **Chronogenèse**

La notion de chronogenèse est liée à celle de mésogenèse : elle décrit l'avancée des savoirs dans le temps. Si la chronogenèse évolue, c'est que l'introduction d'un nouvel élément dans le milieu a permis l'avancée du temps didactique. Autrement dit, la chronogenèse évolue au fil des transactions entre le professeur et les élèves.

> « *Le jeu didactique se caractérise avant tout par le fait que son contenu se modifie incessamment. Ce qui donne forme à cette modification, c'est le fait que le savoir soit disposé sur l'axe du temps* » (Sensevy & Mercier, 2007, p. 30)

La première étape du travail du professeur fait référence à la transposition didactique interne décrite par Chevallard. Le professeur construit son enseignement selon une progression qu'il inscrit dans une perspective temporelle. C'est le premier niveau de description du temps didactique.
Un second niveau de description du temps didactique se situe dans le déroulement de la classe : les contenus des interactions peuvent conduire à tout moment à une accélération du temps didactique, par exemple en abordant une nouvelle notion, ou au contraire à un ralentissement en cas de difficulté constatée.
Cependant, le temps didactique ne peut se confondre avec le temps d'apprentissage. Une des difficultés à enseigner à une classe se trouve d'ailleurs dans le fait que certains élèves se trouvent en avance sur le temps didactique alors que d'autres sont en retard. Selon Sensevy (2011) c'est ce retard qui caractérise les élèves en difficultés.

- ✓ **Topogenèse**

Ce dernier descripteur permet de décrire le partage des responsabilités des transactants au sein des transactions didactiques *vis-à-vis* de l'avancée du savoir. En s'intéressant à la place spécifique de chacun des acteurs dans l'élaboration des savoirs, la topogenèse fournit un éclairage de la mésogenèse et de la chronogenèse en donnant par exemple des indications sur les raisons de modifications du contrat ou encore celles des changements de jeu d'apprentissage.
Pour reprendre les propos de Chevallard (1991), la topogenèse permet de décrire la *force transactionnelle* de l'action didactique, c'est-à-dire d'évaluer l'activité épistémique partagée entre le professeur et les élèves au sein des interactions didactiques. En d'autres termes, ce descripteur permet de se centrer à la fois :

- Sur l'enseignant : organisation du savoir à enseigner, structuration l'espace de travail, préparation des tâches à réaliser ;
- Et sur les élèves : propositions permettant l'avancée des savoirs.

1.3 La construction du jeu

Les transactions didactiques observées au sein de la classe sont pensées et construites hors de celle-ci. La structure des transactions, c'est-à-dire la succession des activités, les objectifs, les moyens de régulation est élaborée en amont des séances jouées dans la classe. Aussi pour

comprendre les pratiques de l'enseignant, il faut analyser en amont le travail de construction du jeu réalisé par l'enseignant. La TACD définit deux types de descripteurs :

- **Le premier descripteur est une analyse *épistémique des tâches*[9] *données aux élèves***

Selon Sensevy (2007), l'objectif de cette *analyse épistémique* est d'identifier, pour l'accomplissement d'une tâche particulière, le système de connaissances activé. Cette analyse permet de comprendre comment le professeur conçoit cette tâche et prévoit sa mise en œuvre dans la classe.

- **Le second descripteur est les rapports épistémique et épistémologique aux objets de savoirs**

Cette *analyse épistémologique*, au sens étymologique de la théorie du savoir, concerne « *le rapport spécifique que le professeur entretient aux objets de savoir cristallisés dans les tâches qui médiatisent sa relation aux élèves, et qui dessinent la forme des transactions* » (Sensevy & Mercier, 2007, p. 36). Obtenue par une étude préalable, ce rapport au savoir peut expliquer les choix de l'enseignant non seulement dans la conception des séquences mais aussi lors de la régulation des activités des élèves au sein des jeux d'apprentissage.

Il apparaît de cette strate que la construction des jeux serait intentionnelle. L'enseignant opérerait des choix délibérés à ce niveau. Toutefois, nous ne pouvons affirmer avec certitude que l'enseignant active effectivement en pleine conscience un système de connaissances particulier, ni même qu'il entretienne avec ces connaissances des rapports qu'il peut expliciter.

1.4 Les déterminations du jeu

Les outils précédemment présentés font référence aux actions du professeur qui sont supposées intentionnelles, aussi bien lorsqu'il fait jouer le jeu que lorsqu'il le construit. Toutefois, en marge de « *ces déterminations recherchées dans les formes intentionnelles du professeur, résident d'autres déterminations, sans doute tout aussi agissantes* » (Sensevy & Mercier, 2007, p. 37).
Rechercher les déterminants de l'action professorale revient à identifier des origines implicites du comportement didactique observé lors de la création et de l'implémentation des jeux didactiques. C'est la prise en compte de ces éléments extérieurs qui justifie l'existence de la troisième strate de l'action didactique conjointe à savoir les *déterminations du jeu* au sein de laquelle, chaque déterminant sera utilisé dans le sens de « *processus qui dirige* » (Sensevy, 2011, p. 152).

Dans la TACD, les déterminants font référence à deux grands types de contraintes :

- **le caractère adressé de l'action du professeur**

L'action du professeur est assujettie à des contraintes imposées par plusieurs institutions dans lesquelles il agit ou avec lesquelles il interagit : les instructions officielles, les collectifs de parents, les élèves, les collègues, la hiérarchie sont autant d'institutions à

[9] « *La tâche, dans cette acception très simple, c'est ce qu'il y a à faire* » (Sensevy, 2007, p. 35)

considérer pour mieux comprendre l'action didactique intentionnelle du professeur. En d'autres termes, l'action du professeur est adressée à l'ensemble de ces institutions qui imposent ainsi à l'enseignant un certain nombre de contraintes telles que les savoirs à enseigner et les démarches d'enseignement à adopter en ce qui concerne les instructions officielles. Même si dans ce système de ressources institutionnelles, certaines sont consciemment mobilisées par le professeur lors de la construction des jeux, d'autres *« échappent à la conscience, au moins à celle du travail : elles appartiennent à un air du temps local, elles manifestent un style de pensée spécifique à l'institution dans laquelle on travaille. Le jeu du Professeur sur le jeu de l'Élève est ainsi tributaire du jeu du Professeur dans l'institution dont il est lui-même sujet.* » (Sensevy, 2011)[10]

- **les soubassements épistémologiques de l'action professorale**

Dans la TACD, les soubassements épistémologiques de l'action professorale font référence aux connaissances de l'enseignant sur les savoirs à enseigner, l'enseignement de ces savoirs, l'apprentissage, les difficultés d'apprentissage. Sensevy (2007) les considère plus « *comme un tropisme d'action qui surdétermine le pilotage de la classe que comme une base de connaissances appliquée.* »
Cette épistémologie est qualifiée de pratique pour plusieurs raisons. En premier lieu, c'est une théorie de la connaissance essentiellement produite par et pour la pratique. En effet, elle a des conséquences pratiques puisqu'elle agit directement ou indirectement sur le fonctionnement de la classe et elle est produite pour la pratique.

La prise en compte de nos questionnements initiaux, liés à la volonté de caractériser l'action professorale et d'en identifier les déterminants, mais aussi des contraintes considérées par la TACD comme des déterminants de l'action professorale, nous amène à expliciter une première hypothèse fondatrice de notre recherche : l'action didactique du professeur est orientée par des déterminants non intentionnels qu'il est possible de repérer à travers l'analyse des pratiques professorales. En nous appuyant sur cet exposé, nous avons repéré que le savoir et les représentations des enseignants *vis-à-vis* des sciences et de son enseignement sont des déterminants particuliers dont nous cherchons à identifier le rôle lors de l'élaboration et de l'implémentation des séquences. Aussi, nous justifions dans la partie suivante ce choix en montrant notamment leur rôle fondamental sur l'action didactique professorale. Pour cela, nous prenons appui à la fois sur d'autres cadres théoriques que nous explicitons et sur des résultats de recherche que nous exposons.

2 Les déterminants de l'action didactique du professeur.

2.1 Les savoirs

Décrire une transaction didactique revient à centrer sa description sur les savoirs puisque ce sont les *contenus épistémiques* des transactions qui déterminent leurs structures. Aussi, cela revient « *à postuler que le premier déterminant de l'action didactique conjointe*

[10] Chapitre 5, uniquement en ligne à l'adresse : http://python.espebretagne.fr/sensevy/sensdusavoir/LeSensDuSavoirChap5.pdf.

est le savoir en tant qu'enjeu de la relation didactique » (Sensevy, 2011, p. 152). Pour ce faire, nous serons amenée à produire une analyse *a priori* pour rechercher « *les caractères de la situation qui influent sur la forme et la signification des comportements manifestes vis-à-vis de ce savoir* » (Sensevy, 2011, p. 154). L'analyse *a priori* sera utilisée comme une référence à laquelle nous pourrons soumettre l'action effective préparant l'observation des jeux didactiques. La nécessité d'étudier les savoirs au sein de la relation didactique implique l'utilisation d'outils pour rendre compte de l'évolution de ces savoirs.

Dans un premier temps, nous utilisons l'association de jeux épistémiques aux jeux didactiques comme proposée par la TACD. Nous montrons que l'intérêt de recourir à cet outil est multiple puisqu'il permet aussi de faire les liens avec d'autres déterminants de l'action professorale tels que les représentations de l'enseignant *vis-à-vis* des sciences que nous présenterons dans la partie suivante.

Puis, nous nous proposons de situer notre analyse épistémique par rapport à des recherches en didactique sur les mécanismes de construction des connaissances scientifiques et de leurs apprentissages. Cette seconde partie nous permettra de mettre à jour des indices pour suivre l'évolution des connaissances dans la classe comparativement au savoir visé et ainsi de caractériser les conditions d'avancée de ces savoirs.

2.1.1 Jeux épistémiques émergent et source

2.1.1.1 Un outil pertinent

Modéliser le savoir en termes de jeux épistémiques implique de considérer ce dernier comme une praxéologie (Chevallard, 1992). L'enseignant donne aux élèves une image simplifiée et donc approximative de situations scientifiques dans lesquelles une connaissance fonctionne. Autrement dit, « *le professeur et l'élève jouent un jeu d'apprentissage pour rendre l'élève capable de jouer à terme un jeu épistémique.* » (Sensevy, 2011, p. 123). Cependant, même à terme, le jeu épistémique que l'élève sera en mesure de jouer est différent du jeu épistémique de référence ce qui justifie de distinguer deux formes de jeux épistémiques : le jeu épistémique *émergent* et le jeu épistémique *source.*

Le jeu épistémique source est comparable à la *pratique sociale* (Martinand, 1985). Il renvoie à une pratique savante, il s'agit « *d'un modèle d'une pratique de savoir* » (Sensevy, 2011, p. 126) alors que le jeu épistémique émergent fait référence aux pratiques scolaires. Autrement dit, il modélise « *une pratique de savoir qu'on peut inférer à partir d'une activité didactique* » (Sensevy, 2011, p. 132). Selon Sensevy (2011), cette distinction entre jeux épistémiques source et émergent repose à la fois sur la nature de l'action didactique et sur les modes de déterminations des jeux : d'une part, il existe un décalage entre le résultat de l'activité didactique au sein des transactions didactiques et la pratique savante de référence, et d'autre part, se référer à un jeu épistémique source sous-entend comprendre les différents modes possibles d'élaboration des savoirs.

Notre recherche vise à caractériser des déterminants de l'action professorale dont les représentations des enseignants *vis-à-vis* des sciences. Aussi, nous pensons que l'étude des jeux épistémiques nous donnera non seulement des indications sur l'évolution des savoirs au sein de la classe mais aussi sur les postures épistémologiques prises comme référence par les enseignants. Ainsi, nous émettons l'hypothèse que l'étude des jeux épistémiques émergents des pratiques de classe renseigne sur les postures épistémologiques des enseignants, en lien avec les jeux épistémiques sources. A travers l'analyse des jeux d'apprentissage, nous

vérifierons l'impact des représentations des enseignants *vis-à-vis* des sciences sur les jeux élaborés.

2.1.1.2 Exemples de jeux épistémiques en sciences expérimentales

2.1.1.2.1 Des jeux aux tâches épistémiques

La notion de *jeux épistémiques* au sens d'activités scientifiques apparaît initialement dans les travaux de Collins et Ferguson (1993). A leur suite, Ohlsson (1996) affirme que différents types de raisonnement peuvent permettre d'établir des relations entre les éléments de connaissance. Il construit alors une catégorisation des *tâches épistémiques* (décrire, expliquer, argumenter, prédire, critiquer, définir) rendant compte de ces raisonnements.
Les travaux de Tiberghien, Buty et Le Maréchal (2005) complètent cette classification : une nouvelle catégorie de tâches épistémiques est proposée (questionner) et les conditions de mise en œuvre pour chacune des tâches sont précisées.

Epistemic tasks	Theme (Object of the task)	How
Describing	- observable facts (events, objects, indications) - graph, schema, image	
Interpreting	- Observed facts - Concepts - Principle, laws, theoretical definition - Strategy of using principle, laws, theoretical definition, concept	- Constructing relation between objects-events - Constructing relation between objects - events and physical quantities - Constructing relation between physical quantities
Predicting	- Experimental facts - Theoretical element - Relation between facts and theoretical element	- Intuitively - From observation of objects or events - From theoretical elements
Defining	- Observed facts - Concepts - Principle, laws, theoretical definition	
Explaining	- Observed facts - Concepts - Principle, laws, theoretical definition - Strategy of using principle, laws, theoretical definition, concept	- Constructing relation between objects-events - Constructing relation between objects-events and physical quantities - Constructing relation between physical quantities
Questioning	- Observed facts - Concepts - Principle, laws, theoretical definition - Strategy of using principle, laws, theoretical definition, concept	
Arguing	- Observed facts - Concepts - Principle, laws, theoretical definition - Strategy of using principle, laws, theoretical definition	
Critiquing (evaluating).	- Observed facts - Concepts - Principle, laws, theoretical definition Strategy of using principle, laws, theoretical definition, concept	knowledge produced - by him/herself - by other

Tableau 2 : Categories of epistemic tasks (Tiberghien, Buty & Le Maréchal, 2005, p. 42)

Afin de constituer une grille d'analyse, nous définissons chacune des tâches épistémiques listées par Tiberghien. Fondées et adaptées des travaux de Malkoun (2007) et de Santini (2009), les définitions proposées sont parfois des citations exactes parfois des reformulations de leurs propositions. Une analyse *a priori* des tâches usuellement assignées aux élèves dans le cadre de l'enseignement des sciences et de la démarche préconisée, nous a amené à la compléter avec d'autres objets que ceux proposés initialement par Tiberghien. Dans ce qui suit, nous présentons la grille ainsi constituée. Nous l'illustrons par quelques exemples extraits de nos analyses où les tâches épistémiques liées aux pratiques scolaires (tâches épistémiques émergentes) ont été distinguées des tâches épistémiques liées aux pratiques savantes (tâches épistémiques source).

2.1.1.2.2 Définitions des tâches épistémiques

(D'après Malkoun (2007) et Santini (2009))

- **Décrire** : Construire un discours se rapportant à quelque chose de manière à rendre compte de certains traits de cette chose à décrire. Ainsi une personne participant au discours devra acquérir une conception précise de cette chose. « *On peut donc décrire des faits observables (évènement, objets, indices), une représentation effective (graphique, schéma, image, etc.), une démarche ou une représentation de ce que l'on peut avoir en tête.* » (Malkoun, 2007, p. 63)

Etant données les dérives possibles de la démarche prescrite mise en évidence lors de l'analyse *a priori*, nous avons anticipé sur un nouvel objet lié à la description de la démarche. En effet, la démarche est fréquemment perçue comme un objet d'enseignement, même si les recommandations officielles mettent en garde les enseignants sur « *la dérive du tout méthodologique où l'acquisition des connaissances devient un objectif mineur par rapport aux procédures utilisées* »[11] . De plus, du fait que les élèves s'appuient sur leurs connaissances préalables, du peu de matériel disponible dans la classe, nous avons également ajouté un objet évoqué comme objet possible.

Tâches épistémiques	**Objets de la tâche (Tiberghien & al.)**	**Objets de la tâche ajoutés**
Décrire	Faits observables (événements, objets, indices) représentation effective Graphique, schéma, image	Une démarche Un objet évoqué

[11] PRESTE, 2000.

Exemples issus de notre analyse [12]:

Tâches épistémiques : Décrire

- Objets de la tâche : des faits observables.

- Décrire des faits observables à partir de dessins d'observations (S1J1 ; enseignante PA) :

  Les élèves sont amenés à décrire la Lune telle qu'ils l'ont observée pendant plusieurs jours auparavant. Cette tâche épistémique émergente issue de la pratique scolaire peut être transposée à la pratique scientifique. En effet, dans certains courants épistémologiques comme l'empirisme, l'observation joue un rôle important et les scientifiques sont amenés à décrire des faits observables à partir d'observations rigoureuses du réel. Nous considérons les tâches épistémiques émergente et source comme similaires;

- Décrire un objet évoqué (S1J2 et S2J2 ; enseignante PA) :

  Les élèves font part de leurs souvenirs liés à l'observation de la Lune. Dans ce cas, les descriptions faites de la Lune ne sont pas vérifiées par une observation construite. C'est pourquoi, cette tâche épistémique, propre aux pratiques scolaires, n'est pas associée à une tâche épistémique source.

  - Objets de la tâche : des images.

- Décrire un document sur lequel figure l'ensemble des phases de la Lune dans l'ordre chronologique d'apparition (S1J4 ; enseignante PA) :

  Cette tâche épistémique émergente apparaît lorsque les élèves décrivent les formes de la Lune à partir d'un ensemble de photographies. Dans le milieu scolaire, le document est fourni aux élèves alors que dans le milieu scientifique, il serait élaboré par le chercheur. Cette tâche épistémique émergente n'est pas associée à une tâche épistémique source.

  - Objets de la tâche : une démarche.

- Décrire la démarche suivie (S1J3 et S2J3 ; enseignante PA) :

  L'enseignante amène les élèves à nommer les étapes de la démarche suivie lors des séquences de sciences. Le chercheur peut aussi être amené à décrire sa démarche de recherche notamment lors de communications.

  - Remarque :

    Nous avons choisi le terme « décrire » plutôt que « définir » car les élèves nomment certaines des étapes de la démarche suivie sans en spécifier le contenu.

> ➢ **Définir** : Définir un mot à quelqu'un, c'est formuler de manière précise son sens de manière à ce que ce dernier puisse acquérir une compréhension plus claire de sa signification. On peut définir des faits observables, des concepts, des principes, des lois, des définitions théoriques mais aussi une démarche, un énoncé, des consignes.

[12] Voir Annexes n°36 à 39, Analyse chronologique de la séquence menée par PA et annexes n°54 à 58, Analyse chronologique de la séquence menée par PB.

Comme précédemment, l'analyse *a priori* des instructions officielles nous a incité à ajouter la démarche comme objet de la tâche à ceux initialement prévus par la classification de Tiberghien. De plus, étant donné notre connaissance des habitudes d'enseignement à l'école primaire, nous avons ajouté un énoncé et/ou une consigne comme objet pouvant être définis.

Tâches épistémiques	**Objets de la tâche (Tiberghien & al.)**	**Objets de la tâche ajoutés**
Définir	Faits observables Concepts Principe, loi, définition théorique	Une démarche Un énoncé Une consigne

Exemples :

Tâches épistémiques : Définir

- Objets de la tâche : une démarche

- Définir la démarche suivie (S2J4 ; enseignante PA) :
  Les élèves sont amenés à définir l'étape dite de validation des hypothèses. Le chercheur est lui aussi amené à décrire sa démarche de recherche notamment lors de communications.
  Remarque :
  Nous avons choisi le terme « définir » plutôt que « décrire » car les élèves ne se contentent pas de nommer l'étape de la démarche suivie, ils en donnent également la signification.

➢ **Questionner** : Faire une demande pour obtenir une information.

Tâches épistémiques	**Objets de la tâche (Tiberghien & al.)**	**Objets de la tâche ajoutés**
Questionner	Faits observables Concepts Principe, loi, définition théorique Stratégie d'utilisation d'un principe, d'une loi, d'une définition théorique, d'un concept	

Exemples :

Tâches épistémiques : Questionner

- Objets de la tâche : des faits observables

- Questionner des faits observables (S1J5 ; enseignante PA) :
  A partir du document récapitulatif des phases de la Lune, les élèves sont amenés à formuler des questions scientifiques. Les tâches épistémiques émergente et

source sont similaires : en effet, dans certains courants épistémologiques comme le positivisme, le questionnement scientifique est directement issu des observations.

> ➢ **Prédire** : *« Annoncer une chose comme devant se produire, par connaissance inductive, rationnelle des causes et des effets". Ici "quelque chose " peut être un élément matériel (fait observable) ou un élément théorique (un principe, une loi, une définition théorique) ou encore une stratégie d'utilisation d'un principe, d'une loi, d'une définition théorique ou d'un concept. De plus, cette annonce peut être faite à partir d'une intuition, ou de connaissances théoriques ou expérimentales » (Malkoun, p. 67)*

Tâches épistémiques	**Objets de la tâche (Tiberghien & al.)**	**Objets de la tâche ajoutés**
Prédire	Faits observables Elément théorique Relation entre faits observables et élément théorique	

Exemples :

Tâches épistémiques : Prédire

- Objets de la tâche : une relation entre faits observables et éléments théoriques

- Prédire une relation entre faits et éléments théoriques intuitivement (S1J6 ; enseignante PA) :

  Les élèves émettent individuellement des hypothèses sur l'origine des phases de la Lune. Ils doivent intuitivement prédire une relation entre les faits observés (la Lune change de formes) et les éléments théoriques dont ils disposent (connaissances naïves en lien avec l'optique et la mécanique). La tâche épistémique émergente implique ensuite de mettre en œuvre un raisonnement hypothético-déductif.

> ➢ **Critiquer** : Critiquer un produit culturel c'est l'examiner pour juger, pour rendre compte de ses qualités et de ses défauts, ou encore de sa cohérence interne. Tout objet culturel peut être la cible de la critique, y compris des descriptions (de faits observables par exemple), des définitions (par exemple un principe, une loi, une définition théorique), des arguments, des explications par exemple stratégies d'utilisation d'un principe, d'une loi, d'une définition théorique, d'un concept) ou encore des prévisions. Cette critique peut concerner un objet culturel produit par soi ou par autrui.

Comme précédemment, prenant appui sur notre connaissance des pratiques usuelles d'enseignement à l'école primaire, nous avons ajouté une prévision comme pouvant faire l'objet d'une critique.

Tâches épistémiques	**Objets de la tâche (Tiberghien & al.)**	**Objets de la tâche que ajoutés**
Critiquer	Faits observables Concepts Principe, loi, définition théorique Stratégie d'utilisation d'un principe, d'une loi, d'une définition théorique, d'un concept Savoir produit par soi par l'autre	Une prévision

Exemples :

Tâches épistémiques : Critiquer

- Objets de la tâche : une prévision

- Critiquer les prévisions d'autrui concernant une relation entre faits et éléments théoriques (S1J7 ; enseignante PA) :

  Au sein de groupes de travail, les élèves doivent exposer leurs prévisions afin d'en sélectionner une. Ainsi, chaque élève doit à la fois J7 son point de vue mais aussi *critiquer* les autres prévisions. Toutes les prévisions seront ainsi examinées, celle qui sera jugée la plus cohérente étant sélectionnée. Une tâche épistémique source identique peut être envisagée dans un contexte où les chercheurs travaillant en équipe, sont amenés à argumenter leurs idées.

- **Interpréter** : Interpréter quelque chose c'est le comprendre en fonction de sa vision personnelle, d'un point de vue.
  - *« Dans le cas de la modélisation, il s'agit de donner un sens à quelque chose (situation matérielle, partie de texte, etc.), tirer une signification de " quelque chose du monde matériel " ou de " quelque chose de la théorie " ou de " quelque chose de la relation théorie/modèle avec le monde matériel " en mettant en jeu un point de vue, un élément de théorie ou de modèle (scientifique ou quotidien) qui va être mis en œuvre pour rendre compréhensible ou clarifier cette chose. Ainsi l'interprétation met nécessairement en jeu une relation entre niveaux (ou sous niveaux) de savoir du point de vue de la modélisation ;*
  - *Dans le cas des représentations (ou registres sémiotiques), il s'agit de donner un sens à quelque chose (situation matérielle, partie de texte, etc.), tirer une signification de " quelque chose d'un texte, d'une représentation (image, schéma, graphe, vecteurs, etc.) " avec un point de vue mettant en jeu une autre représentation (ou d'autres règles de la même représentation). Ainsi l'interprétation met nécessairement en jeu une relation entre représentations » (Malkoun, p. 69-70)*

Tâches épistémiques	**Objets de la tâche (Tiberghien & al.)**	**Objets de la tâche ajoutés**
Interpréter	Faits observables Concepts Principe, loi, définition théorique Stratégie d'utilisation d'un principe, d'une loi, d'une définition théorique, d'un concept	

Exemples :

Tâches épistémiques : Interpréter

- Objets de la tâche : des faits observables

- Interpréter un fait observable (S2J1 ; enseignante PA) :
  A partir d'une observation du ciel, certains élèves invalident leur hypothèse selon laquelle les phases de la Lune sont dues aux nuages. Ils interprètent les faits observés (croissant de Lune sans nuage) en construisant une signification de cette observation en lien avec leur hypothèse concernant l'origine des phases de la Lune. Les tâches épistémiques émergente et source sont similaires ;

- Interpréter des faits observables (les phases de la Lune) en mettant en relation les faits observés dans la réalité avec ceux observés lors de la mise en œuvre du modèle (S2J6 ; enseignante PA).
  Les élèves doivent donner du sens aux phases de la Lune en mettant en jeu le modèle élaboré. Cette modélisation doit permettre de rendre compréhensibles les différentes formes de la Lune visibles pour un observateur terrestre. Les tâches épistémiques émergente et source sont similaires.

- **Expliquer** : Expliquer un évènement c'est le mettre en relation avec d'autres évènements, c'est établir des rapports de cause à effet de façon à ce qu'une personne qui participe à ce discours comprenne pourquoi cet évènement s'est produit.

Comme précédemment, prenant appui sur notre connaissance des pratiques usuelles d'enseignement à l'école primaire, nous avons ajouté une prévision comme pouvant faire l'objet d'une critique

Tâches épistémiques	**Objets de la tâche (Tiberghien & al.)**	**Objets de la tâche que nous avons ajoutés**
Expliquer	Faits observables Concepts Principe, loi, définition théorique Stratégie d'utilisation d'un principe, d'une loi, d'une définition théorique, d'un concept	Des prévisions ; hypothèses.

Exemples :

Tâches épistémiques : expliquer

- Objets de la tâche :

- Expliquer ses hypothèses (S1J8 ; enseignante PA) :
  Les élèves énoncent puis expliquent l'hypothèse retenue par leur groupe à l'ensemble de la classe. Ils expliquent l'origine des phases de la lune pour un observateur terrestre en établissant des rapports de cause à effet par exemple entre les rayons du Soleil stoppés par la Terre et l'ombre de la Terre sur la Lune. Les interventions de chacun des élèves ont pour objectif de faire comprendre à la classe pourquoi un observateur terrestre peut voir la Lune sous différentes formes.
  Le chercheur expliquant également ses hypothèses, les tâches émergente et source sont confondues.

- Expliquer la mise en relation effectuée entre les observations réalisées de la Lune et les résultats obtenus lors de la modélisation ou de la recherche documentaire (S3J3 ; enseignante PA) :
  Les élèves expliquent les phases de la Lune en mettant en relation ces faits observables avec ceux obtenus lors de la modélisation (variation de la zone éclairée sur la balle représentant la Lune) ou avec les informations extraites des documents. Dans le cas de la modélisation, les tâches épistémiques émergentes et sources sont similaires.

- Expliquer le principe d'utilisation d'un modèle (S4J4 ; enseignante PA) :
  Les élèves listent les éléments théoriques ayant un effet sur la mise en œuvre des éléments du modèle. Dans une épistémologie constructiviste, le chercheur inscrit sa recherche dans un paradigme et donc s'appuie explicitement sur des éléments théoriques.

- Expliquer, construire une relation entre objet et événement (S4J6 ; enseignante PA):
  Les élèves, en faisant fonctionner le modèle selon les éléments théoriques dont ils disposent, essaient de comprendre puis d'expliquer l'origine des faits observés à savoir les phases de la lune. Les tâches épistémiques émergente et source sont identiques.

- **Argumenter** *:* Argumenter, c'est donner des raisons pour faire admettre une position particulière sur une certaine question et ainsi faire admettre au second locuteur l'exactitude de la position.

Comme précédemment, prenant appui sur notre connaissance des pratiques usuelles d'enseignement à l'école primaire, nous avons ajouté une prévision comme pouvant faire l'objet d'une critique

Tâches épistémiques	Objets de la tâche (Tiberghien & al.)	Objets de la tâche ajoutés
argumenter	Faits observables Concepts Principe, loi, définition théorique Stratégie d'utilisation d'un principe, d'une loi, d'une définition théorique, d'un concept	Une prévision

Exemples :

Tâches épistémiques : Argumenter

- Objets de la tâche : une prévision

- Argumenter des prévisions (S1J7[13] ; enseignante PA) :

  Les élèves sélectionnent une hypothèse au sein d'un groupe. Pour cela, ils doivent argumenter leur prévision en mettant en relation leur point de vue avec les faits observables et leurs connaissances. Dans ce jeu, chaque élève essaie de faire admettre sa prévision comme étant exacte aux autres élèves du groupe de façon à ce qu'elle soit ensuite retenue. Les tâches épistémiques source et émergente sont identiques dans le sens où les chercheurs travaillent en équipe et sont amenés à argumenter leurs idées.

2.1.1.3 Conclusion

Tiberghien et al. (2005) estiment que la compréhension d'un concept nécessite d'établir de nouvelles relations entre les éléments de savoir. Ces relations peuvent être construites par différents types de raisonnement qui sont caractérisés au sein des tâches épistémiques :

> « From the learning point of view, we consider that constructing an understanding of a concept or a notion necessitates establishing *new relations between elements of knowledge. (…)* Relations between elements of knowledge can be constructed through different types of reasoning. To characterize them we refer to the epistemic tasks (Ohlsson, 1996) such as describing, explaining, arguing predicting, critiquing, defining. » (Tiberghien, Buty & Le Maréchal, 2005 p. 31)

Aussi, prenant appui sur ces résultats, **nous vérifierons à travers l'analyse de nos données que la richesse d'un jeu d'apprentissage en tâches épistémiques est un témoin possible de l'avancée des savoirs dans la classe.**
En marge de ces jeux épistémiques, nous mettrons en évidence l'existence d'autres marqueurs possibles de l'avancée des savoirs au sein de la classe. C'est ce point que nous développerons dans la partie suivante.

[13] Même jeu que l'exemple choisi pour la tâche critiquer ; les deux jeux ne sont généralement pas identiques mais dans ce cas les élèves sont amenés à argumenter pour sélectionner.

2.1.2 Activités de modélisation

Certains auteurs (Bécu-Robinault, 2002 ; 2004 ; Buty, Tiberghien, & Le Maréchal, 2004 ; Tiberghien, 1994) considèrent que, pour donner du sens à un concept scientifique, il est nécessaire que la démarche implique la mise en place de situations au sein desquelles les élèves devront mettre en relation des éléments des « *modèles et théories enseignés et la description d'une situation matérielle en termes d'objets et d'évènements* » (Bécu-Robinault, 2004, p. 118). Le monde des objets et des évènements est principalement constitué des données issues du monde réel et celui des théories de champ théorique, de concepts, de règles, de théories construites à partir d'une abstraction des données empiriques. Pour illustrer ces propos, nous proposons, dans un premier temps, d'assimiler ces deux mondes aux champs théorique et empirique décrit par Robardet et al. (Figure 1)

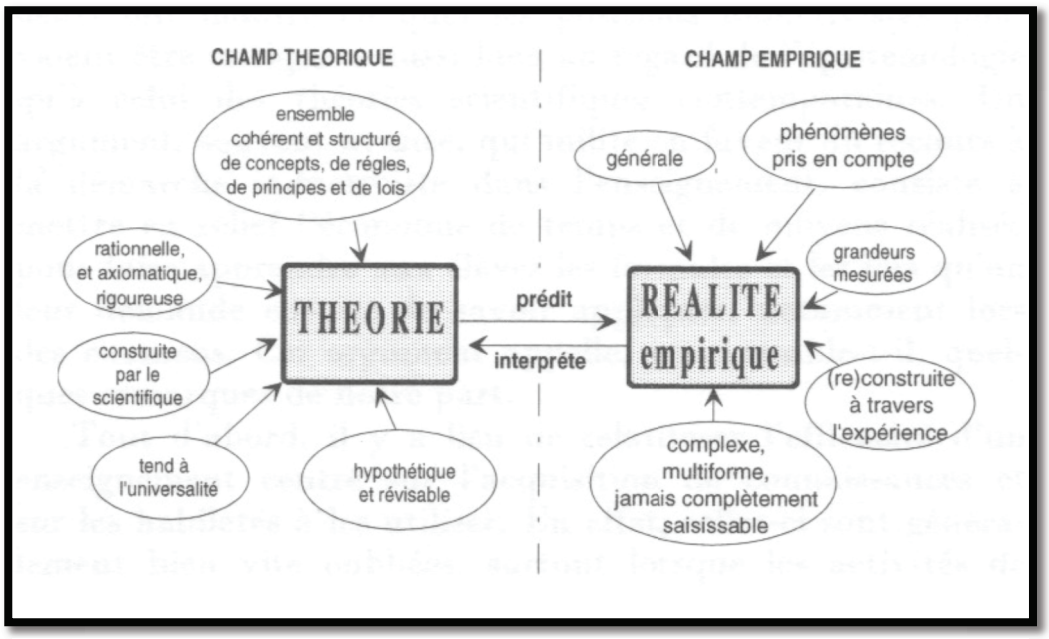


Figure 1 : Caractéristiques principales du système théorie/réalité. (Robardet, Guillaud, 1997, p. 77

Ce processus cognitif de mise en relation des deux mondes (ou champs théorique et empirique) donne lieu à des *activités de modélisation* (Bécu-Robinault, 2002 ; Buty, Tiberghien, & Le Maréchal, 2004 ; Tiberghien, 1994). Or, ces activités de modélisation, indispensables à l'apprentissage de la physique, constituent également le cœur du travail du physicien.

2.1.2.1 La modélisation, au cœur de l'activité du physicien

L'activité de modélisation n'est pas propre à l'enseignement des sciences : elle constitue avant tout la tâche centrale du scientifique (Bunge, 1975) dont les objectifs sont de décrire, d'interpréter et de prévoir les phénomènes du monde sensible. Pour ce faire, le scientifique construit des théories qui seront susceptibles d'évoluer voire même de disparaître mais dont le but ultime est de tendre vers l'universalité. Il procède à une recherche de mise en relation permanente entre données expérimentales et constructions théoriques, le modèle étant

l'instrument de cette mise en relation. Cependant, une définition unique de ce terme n'est pas simple à déterminer :

> *« La notion de modèle, bien que fort répandue dans la pratique scientifique comme dans la recherche épistémologique, ne ressort pas d'une définition unique. […]. La définition du terme n'est donc pas établie, et il n'est pas sûr qu'un consensus même approché existe à ce propos parmi les utilisateurs."* (Johsua et Dupin, 1989).

Comme le souligne Walliser (1997), le modèle, vaste notion recouvrant toute représentation d'un système réel, « *qu'elle soit mentale ou physique, exprimée sous forme verbale, graphique ou mathématique* », est souvent associée à des constructions très formalisées. La définition donnée par Suzanne Bachelard (1979) en témoigne :

> *« Il **représente** non pas les propriétés du réel, mais seulement **certaines propriétés**. Il a une **fonction sélective** des données de l'expérience ; il sépare le pertinent du non-pertinent par rapport à la problématique considérée. Il est un instrument d'intelligibilité d'un réel dont la complexité des propriétés ne permet pas l'entière compréhension par la science : disons de façon plus explicite qu'en physique par exemple, la modélisation, par la sélection des données, par la considération exclusive de certains paramètres, par la précision d'hypothèses simplificatrices, permet la mise en œuvre de la mathématisation."*

En optant pour une définition moins restrictive selon laquelle un modèle apparaît « *comme un système homomorphe à un système donnée mettant en évidence certaines de ses caractéristiques* » (Walliser, 1997), la variété des types de modèles utilisés en sciences semble plus large. Plusieurs types de modèles peuvent être distingués :

- Les *modèles descriptifs* tels que des maquettes, des copies simplifiées des objets tels que nous les percevons (système solaire) ;
- Les *modèles images* qui décrivent des objets non perceptibles par des copies supposées très agrandies (exemple du modèle planétaire de l'atome). Autrement dit, les modèles images englobent tout ce qui n'est pas accessible par nos sens ;
- Les *modèles analogiques* qui s'appuient sur l'idée d'exploiter une ressemblance partielle entre deux réalités, l'une d'elles devant aider à mieux comprendre l'autre (analogie avec l'eau en électricité) ;
- Les *modèles symboliques* qui traduisent une situation physique dans un langage plus ou moins abstrait. Ce langage peut-être d'ordres multiples : le langage iconiques tels que des symboles, des graphiques, des schémas, des courbes, des diagrammes (représentation linéaire de la loi d'ohm, courbe de croissance) ; le langage logico-mathématiques tel que des formules (U= RI).

De même, et toujours en accord avec les propos de Walliser (1997), les modèles peuvent assurer diverses fonctions :

- De représentation (cela permet de visualiser, favorise la représentation mentale, permet de mieux appréhender la réalité) ;
- D'explication *;*
- De prévision.

Un modèle permet de traiter une situation physique elle-même attachée à un objet en donnant une représentation simplifiée de la situation. Par exemple, le modèle des sphères dures dans la théorie des gaz.

Walliser (1997) conçoit le modèle comme « *un médiateur entre un champ théorique dont il est une interprétation et un champ empirique dont il est une synthèse* » et rend compte de la dynamique du processus de modélisation à travers la figure n°2.

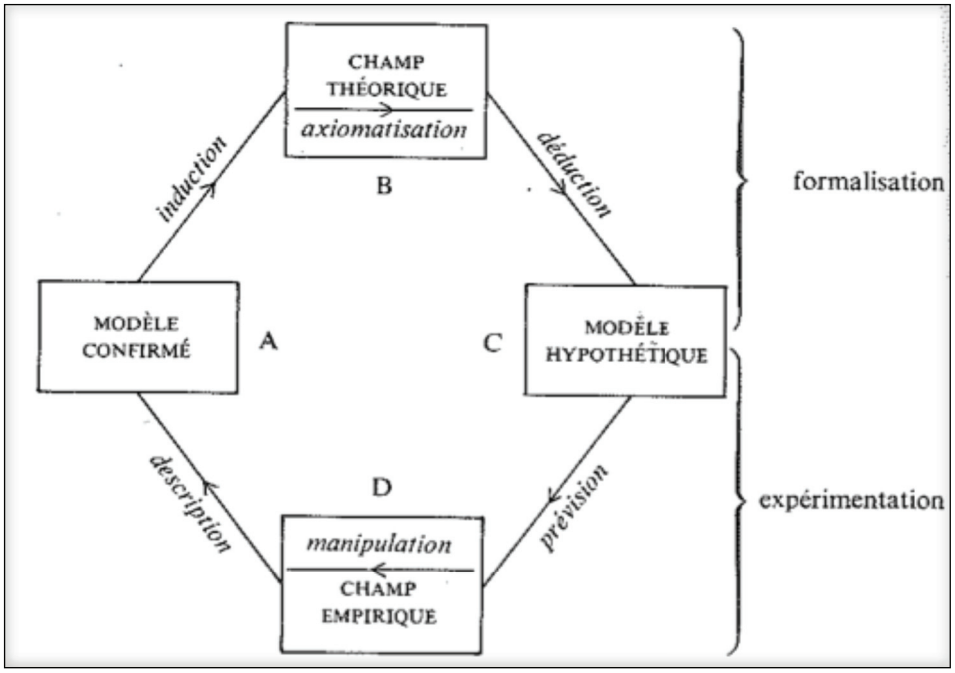


Figure 2 : Représentation de la dynamique de modélisation (Walliser, 1997, p. 156)

2.1.2.2 La modélisation, au cœur de l'activité scolaire

L'activité de modélisation des scientifiques est fondamentalement différente de celle des élèves. Les modèles élaborés en classe sont relatifs à des savoirs reconnus par la communauté scientifique et ayant fait l'objet de transpositions didactiques. Du fait que ces activités de modélisation sont constitutives de l'élaboration des savoirs, leur analyse informe sur l'avancée des savoirs en classe. Aussi, considérer ces activités de modélisation implique de définir les limites relatives au monde des objets et des évènements et au monde des théories. Dans cette optique, Bécu-Robinault (1997) définit cinq niveaux de modélisation répartis dans le monde des théories et le monde des choses. Elle considère que les activités des élèves pourront relever des cinq niveaux, le modèle ayant une fonction d'intermédiaire relationnel entre la théorie et le monde des choses.

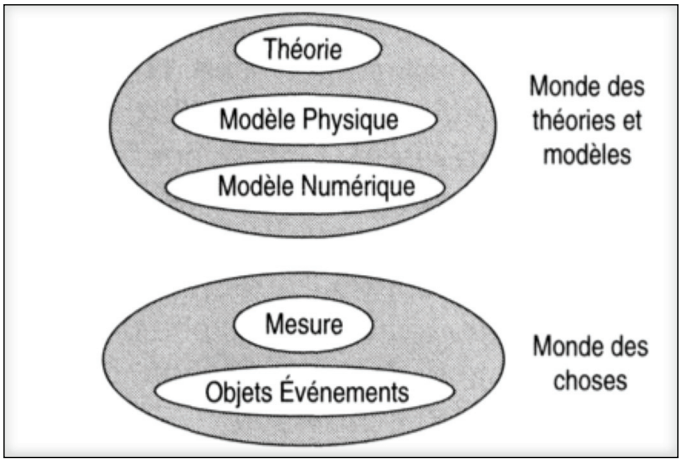


Figure 3 : « Place des aspects quantitatifs dans la description des deux mondes en relation », (Bécu-Robinault, 1997, p. 12)

Les éléments relevant du monde des objets et des évènements sont ceux permettant à l'élève de se questionner, d'interpréter, de se représenter ou de prévoir des faits expérimentaux. Le modèle peut être de deux types : le modèle physique englobe « *toutes les grandeurs pertinentes à l'interprétation de la situation expérimentale* » et le modèle numérique « *les variables pertinentes du point de vue du traitement des données* » (Bécu-Robinault, 1997, p. 13). Il contient également les éléments théoriques qui appartiennent au système explicatif : ce sont les propositions que l'élève tient pour vraies. Ainsi, une proposition sera considérée comme théorique si elle permet de donner « *une explication à une relation entre des éléments du monde des objets/événements ou du modèle. Nous trouverons dans ce niveau de la théorie : les paradigmes au sens de Kuhn, les principes, les lois, mais aussi la causalité, qui est un des principes explicatifs les plus utilisés chez les élèves (Viennot, 1993)* » (Bécu-Robinault,1997, p. 15).
Le « monde des choses » est le niveau des objets et événements : il contient tous les éléments matériels avec lesquels les élèves peuvent interagir. Les mesures appartiennent au monde des choses en ce sens qu'elles n'ont de significations qu'en référence aux objets correspondant en apportant une précision quantitative.
Considérant que « *la construction, par un apprenant, du sens d'un concept, (…) se fait en partie à travers les mises en relation que l'apprenant construit entre les différents niveaux de modélisation* » (Bécu-Robinault, 1997, p. 13), **nous nous attacherons à repérer dans nos données ce qui relève des différents niveaux de modélisation et nous considérons que le nombre de relations établies entre les deux mondes peut renseigner sur l'avancée du savoir dans la classe**.

Considérant le savoir comme un des déterminants principal de l'action professorale en accord avec la TACD, nous avons choisi, dans notre recherche, de recourir à d'autres outils théoriques dont nous postulons la pertinence pour rendre effectivement compte de l'évolution des savoirs au sein des transactions. Nous pensons que la densité et la diversité des jeux épistémiques au sein des jeux d'apprentissages associées à un repérage des différents niveaux de modélisation pourront témoigner des conditions d'avancée des savoirs dans la classe. De plus, nous pensons que l'association de ces éléments théoriques est d'autant plus pertinente qu'elle devrait nous permettre de faire des liens avec d'autres déterminants possibles de l'action professorale.

2.2 Epistémologie pratique

La TACD postule que les soubassements épistémologiques de l'action professorale ont un rôle déterminant dans le pilotage de la classe. Etymologiquement, l'épistémologie désigne la théorie de la connaissance en général. C'est l'usage le plus courant qui en est fait dans les pays anglo-saxons. Introduite en France en 1901 dans la traduction de l'essai sur les fondements de la géométrie de Russel, l'épistémologie désigne « *la théorie de la connaissance appuyée sur l'étude critique des sciences* [14]». Il s'agit alors d'une partie de la philosophie qui étudie spécifiquement les connaissances scientifiques, l'objectif étant de comprendre le fonctionnement des connaissances en général à partir des sciences. Dans la théorie des situations didactiques, Brousseau (1998) a défini l'épistémologie du professeur comme étant l'ensemble de ses connaissances, de ses savoirs, de ses méthodes et de ses croyances explicites ou implicites sur la façon de trouver, d'apprendre ou d'organiser un savoir.
A la suite de Brousseau et dans le cadre de la TACD, nous considérons que l'épistémologie pratique de l'enseignant détermine en partie son action didactique. **Nous examinons en particulier les déterminants en lien avec les représentations de l'enseignant *vis-à-vis* du savoir scientifique savant et des démarches scientifiques mais aussi *vis-à-vis* de l'apprentissage en général et de l'apprentissage des sciences en particulier**.

2.2.1 Epistémologie des enseignants *vis-à-vis* des sciences

2.2.1.1 Représentations des enseignants comme déterminants de l'action professorale

La recherche en didactique a montré l'importance des représentations des enseignants *vis-à-vis* des sciences dans les choix de situations proposées aux élèves. Outre les contenus et les stratégies pédagogiques, Roletto (1998) signale que ces représentations ont un fort impact sur leur façon d'enseigner les sciences et ce indépendamment du niveau scolaire, du contexte culturel et du domaine scientifique. Autrement dit, la représentation d'un enseignant vis-à-vis des sciences peut affecter directement les stratégies d'enseignement élaborées (Brickhouse, 1990). Par exemple, les enseignants ayant une vision empiriste de la science seraient « *davantage portés à utiliser un enseignement de type déductif et à enseigner des vérités établies, plutôt que leur mode de production*» (Guilbert & Meloche, 1993). Bader et Therriault (2008) affirment aussi l'importance de travailler sur ces représentations si l'on souhaite que les enseignants soient en mesure de donner à leurs élèves des éléments sur le processus d'élaboration des savoirs. Elles ajoutent que cette position est nécessaire pour développer chez les élèves « *des compétences transversales comme le jugement critique et les capacités d'argumentation et d'ouverture au point de vue des autres* ». On sait aujourd'hui que la plupart des enseignants du secondaire mais aussi du primaire ont une image de la science dite empirico-réaliste (Abd-El-Khalick, 2005 ; Cobern et Loving, 2002). Ils conçoivent les sciences comme étant indépendantes de tout contexte et ne prennent pas en considération les enjeux économiques liés à leur élaboration. Dans ces conditions, les savoirs produits par les scientifiques sont perçus comme étant des certitudes ne pouvant être remises en cause (Bader et Therriault, 2008). Les connaissances scientifiques seraient alors cumulatives et la réalité accessible : le travail du scientifique serait de découvrir les lois qui régissent la nature en appliquant une unique méthode, établie et reconnue par la communauté scientifique. La démarche scientifique serait majoritairement perçue comme étant une

[14] A . Rey (dir.) : *Le Robert historique de la langue française*, Paris, éd. France Loisirs, 1994, p. 710, art. « épistémologie ».

démarche logique et rigoureuse, basée sur l'observation et l'expérience et comme permettant d'atteindre des vérités absolues (Roletto, 1998). On retrouve également chez certains enseignants des traces du mythe scientiste puisqu'ils perçoivent la science comme étant la conquête du vrai par la rigueur d'une méthode (Guilbert & Meloche, 1993). Quelques tendances « constructivistes » apparaissent minoritairement chez les enseignants qui décrivent la science actuelle comme une activité humaine : ils acceptent alors l'idée que la science puisse comporter des défauts car les scientifiques eux mêmes sont soumis à une part de subjectivité (Robardet & Vérin, 1998).

Nous augurons dans le cadre de notre recherche que l'accès, même partiel, aux représentations des enseignants sur les fondements de la science, son origine, ses relations avec la vérité nous permettra de caractériser l'action didactique du professeur au sein de la classe mais aussi d'inférer des déterminants de cette action.

2.2.1.2 Catégorisation de l'expérimentation en fonction des postures épistémologiques

Nous avons choisi une approche centrée sur l'expérimentation car comme nous l'avons montré dans le premier chapitre, celle-ci constitue l'approche à privilégier selon les instructions officielles de l'école primaire. Nous avons choisi d'étudier les démarches scientifiques selon les rôles attribués à l'expérimentation, en relation à des postures épistémologiques. Cette approche a pour avantage de fournir une catégorisation des expérimentations en lien avec des formes de raisonnements.
Nous avons procédé à une revue de la littérature à partir d'articles de didactique présentant une approche épistémologique ou historique des sciences. En effet, de nombreux didacticiens (Brickhouse, 1990 ; Larochelle & al., 1992 ; Guilbert & Meloche, 1993 ; Larochelle & al., 1995 ; Robardet & Vérin, 1998 ; Roletto, 1998 ; Porlan & al., 1998 ; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000 ; Cobern et Loving, 2002 ; Pelissier et al., 2007 ; Bader & Therriault, 2008), étudient les représentations des enseignants sur la science, en utilisant des catégories relevant de postures épistémologiques. Ainsi, **l'empirisme** est souvent cité quant au statut des connaissances, le **réalisme** quant aux objets auxquelles elles se rapportent, le **positivisme** quant à l'existence d'une démarche standard et anhistorique pour en assurer la validité, l**'induction** pour ce qui est du processus d'élaboration (Pelissier, Venturini, & Calmettes, 2007). Le **scientisme** est également utilisé pour qualifier le statut des connaissances. Enfin les termes de **constructivisme** ou de socioconstructivisme ont été relevés pour qualifier la démarche globale actuelle des scientifiques. Ce sont ces catégories que nous avons choisies de documenter et de compléter par le point de vue d'auteurs essentiellement didacticiens des sciences mais aussi, quant cela nous a semblé nécessaire, par des historiens des sciences. C'est à partir de ces catégories que nous avons construit un cadre théorique nous permettant à la fois d'élaborer un questionnaire visant à accéder, au moins partiellement, aux représentations des enseignants sur la science (*Voir Chapitre 3 Méthodologie, partie 3.2.3* Elaboration de la première partie de l'enquête : représentations des enseignants vis-à-vis des sciences*)* mais aussi de qualifier certaines postures épistémologiques *(Voir Chapitre 7, Analyse de l'action enseignante à travers les démarches mises en œuvre).*
Après avoir donné ce que recouvre le terme « expérience » dans le contexte de notre étude, nous détaillons les postures épistémologiques. Nous avons choisi de caractériser les postures épistémologiques suivant des dimensions relatives au rôle de l'expérimentation dans l'établissement de connaissances reconnues par la communauté scientifique, au raisonnement sollicité, à la nature des données et des connaissances scientifiques. Chacune de ces dimensions est modélisée par un axe sur lequel nous positionnons les postures

épistémologiques extrêmes et intermédiaires. Enfin dans une dernière partie, nous établissons des liens entre les caractéristiques de ces postures et les stratégies pédagogiques d'un professeur.

2.2.1.2.1 Polysémie du terme expérience

D'après l'encyclopédie Larousse, le mot expérience désigne « *la pratique de quelque chose, de quelqu'un, dont découle un savoir, une connaissance, une habitude* ». Dans le langage courant, on parlera de quelqu'un qui a de l'expérience comme d'une personne qui a appris de sa confrontation à la réalité. Dans le dictionnaire de l'éducation, Legendre (1993) précise que l'expérience désigne les connaissances de l'homme acquises de façon empirique par ses facultés sensorielles en ce sens qu'elle est un «*contact direct avec un objet ou un phénomène, qui contribue à l'élargissement des connaissances et des habiletés d'une personne* ». Selon Thomas (2014), le mot expérience a un sens plus spécifique en sciences : elle consiste « *à modifier les conditions de la manifestation d'un phénomène qu'on veut étudier. Son emploi rigoureux caractérise la méthode expérimentale. Cette rigueur exige la répétition et la comparaison avec un système témoin n'ayant pas subi d'intervention* ». Le terme expérience désigne alors une démarche volontaire visant à étudier un phénomène dans le but de recevoir de nouvelles informations :

> « *L'expérience désigne ce qui arrive, ce qui s'impose, l'expérimentation consiste à modifier délibérement les conditions de manifestation des phénomènes à des fins explicatives. C'est donc la mise en scène de l'expérience dans une démarche construite* » (Carret & Chabot, 2008, p. 10).

Lors d'une expérimentation, le scientifique pourra avoir recours à des instruments soit pour mieux percevoir les phénomènes soit pour en mesurer des caractéristiques dans le but de les définir selon des critères préalablement définis. Les conditions d'expérimentation seront spécifiées de façon à ce qu'elles soient reproductibles.
Dans la suite de notre texte, le terme « expérience » sera utilisé avec une signification spécifique au domaine scientifique. La définition de l'expérimentation sera, quant à elle, fonction des postures épistémologiques adoptées par les scientifiques.

2.2.1.2.2 Modes d'élaboration des connaissances et type de raisonnement sollicité

Les premières dimensions étudiées concernent les modes d'élaboration des connaissances scientifiques et les types de raisonnements sollicités :

La connaissance scientifique est-elle issue d'une confrontation au réel ou est-elle produite uniquement par la raison ?

Quels sont les types de raisonnements sollicités lors de l'élaboration des connaissances scientifiques ?

Notre revue de la littérature indique que les représentations des enseignants relèvent majoritairement de l'**empirisme** quant au statut des connaissances. Pour les historiens épistémologues[15], ce mode d'élaboration des connaissances s'oppose au **rationalisme**. Aussi,

[15] Notre étude s'appuie en grande partie sur les écrits de Chalmers, historien épistémologue. En cas de nécessité, nous faisons référence à d'autres auteurs, scientifiques, philosophes et historiens.

à travers un bref historique, nous proposons de confronter ces deux postures épistémologiques selon des critères relevant du mode d'élaboration du savoir savant et des raisonnements sollicités. Notre étude ayant pour objet d'analyser l'épistémologie se manifestant dans l'action didactique des professeurs, nous considérons dans cette partie une troisième posture, ne s'appuyant pas sur une posture identifiée par les historiens : le **constructivisme.** Enfin, le recours à d'autres courants épistémologiques s'est parfois avéré nécessaire pour rendre compte de l'évolution possible d'un des types de raisonnement développé dans les courants principaux.

✓Le rationalisme :

Pythagore (570-480) et Thalès (625-547) sont considérés comme étant les premiers mathématiciens souhaitant élaborer des connaissances à partir « *d'un discours rationnel sur la Nature* » (Hagège, 2007). A leur suite, et en rupture avec la tradition idéaliste de son maître Platon[16] (428-348), Aristote (384-322) développe l'idée selon laquelle le point de départ de la connaissance est lié à l'observation du monde sensible suivi d'un raisonnement et d'une argumentation logique : l'expérience sensible seule n'étant pas fiable car les sens peuvent inciter l'homme au plaisir ou à la colère, la condition essentielle pour atteindre une connaissance est de s'en affranchir au profit de la raison. Ainsi l'élaboration des connaissances est basée sur un raisonnement logique allant du général (l'abstrait) au particulier (le concret). L'analyse de l'argumentation déductive est à l'origine de l'établissement de la preuve.

De ces idées découlent un courant de pensée qualifié de **rationaliste** et dont la filiation se retrouve chez bon nombre de scientifiques.

Par exemple, Descartes (1596-1650) privilégie la voie mathématique déductive en vue d'une physique quantitative fondée sur la raison. L'expérimentation ne joue qu'un rôle restreint comme l'atteste cet extrait du discours de la Méthode :

> « *La nécessité des expériences est proportionnelle à l'avancement des connaissances. (…) Quand la connaissance progresse, les expériences, certes, deviennent nécessaires, mais elles ont surtout un rôle d'adjuvant, et servent surtout à pallier les limites de la théorie pure.*»

D'autres penseurs, tel que Kant[17] (1724-1804), définissent également la connaissance scientifique en purs logiciens : l'esprit humain est constitué de structures innées pour percevoir le monde extérieur afin de construire des connaissances. Kant estime que la connaissance d'un objet nécessite de le situer dans l'espace et le temps, qui sont des formes constitutives *a priori* de l'esprit humain. Même si l'expérimentation n'est pas à proscrire, elle ne permet pas à l'homme d'avancer vers la connaissance scientifique, car la perception des objets dépendra de la structure même de l'entendement humain. Pour développer de telles connaissances, l'homme devra appliquer aux objets des concepts qui se rapportent uniquement à cet entendement.

Dans une posture rationaliste, l'expérimentation n'est pas déterminante pour élaborer des connaissances scientifiques. Ces dernières résultent d'un raisonnement déductif : l'expérimentation n'est pas indispensable et peut-être réalisée par la pensée (Voir encadré).

[16] Nous reviendrons sur ce point dans la partie consacrée à la Nature des données.
[17] Idée développée après son œuvre « Critique de la raison pur » (1781).

Le raisonnement déductif :
L'esprit humain est à l'origine de la construction des connaissances, la production de savoir part de l'abstrait pour aller vers le concret. A partir d'une ou plusieurs propositions considérées comme vraies, le scientifique est amené à conduire un raisonnement basé sur la logique qui consiste à tirer une autre proposition à partir des prémisses. **L'expérimentation est acceptée comme une vérification de ce qui aura été déduit par le raisonnement**. Selon les rationalistes, toutes les expérimentations peuvent être reproduites par la pensée. Autrement dit, les scientifiques établissent des lois et des théories universelles par le raisonnement. De ces théories, ils pourront en tirer des conséquences pouvant constituer des explications ou des prédictions.

Conditions de fonctionnement :
Il est impossible de vérifier la justesse des prémisses. Un raisonnement logique peut seulement assurer que si les prémisses sont vraies alors la conclusion le sera également.

- ✓ **Critique de la raison pure : vers l'empirisme :**

La logique aristotélicienne est critiquée dès la fin du Moyen-Age du fait des syllogismes qu'elle génère. Ces critiques du raisonnement logique pur vont conduire peu à peu à l'émergence de nouvelles méthodes basées davantage sur l'expérimentation[18] et dont Galilée (1564-1642) est l'un des précurseurs. Observation instrumentée du monde, l'expérimentation permet de vérifier des prédictions obtenues par le raisonnement[19] : il s'agit **d'un raisonnement hypothético-déductif de vérification.** Marqué par la révolution scientifique, le 17ème siècle connaît de grands bouleversements induits par Galilée : une nouvelle vision des méthodes scientifiques devant allier à la fois la raison et l'expérience vont peu à peu s'imposer. « *Ce n'est plus la cohérence des théories avec l'immédiateté de nos sens, ni la cohérence interne aux théories, mais une cohérence entre théorie et observations, et prédictions, validée par les applications mathématiques, qui est prônée* » (Hagège, 2007, p. 7). **Les hypothèses, obtenues par le raisonnement, sont vérifiées expérimentalement**.

Dans ce contexte, Francis Bacon (1561-1626), homme d'état et philosophe anglais, est reconnu comme le véritable fondateur de **l'empirisme**. Il pense que la construction des savoirs scientifiques nécessitent « *de ne pas faire des théories trop prématurées, en effectuant un va-et-vient constant entre observation/expérience et théorie* » (Hagège, 2007, p. 7). Il énonce les principes de la méthode dite expérimentale, même s'il ne la pratique pas personnellement, dans une œuvre majeure «*Novum Organum »* où il incite à revenir à une observation construite de la Nature pour en tirer des théories :

[18] Rosmorduc (1996) schématise la démarche expérimentale de Galilée en cinq points :
- La prise en compte de la réalité dans son ensemble, des observations, des faits ;
- L'expérimentation comme une pratique systématique ;
- L'utilisation du langage mathématique ;
- La naissance de la mesure et son introduction comme composante fondamentale d'une démarche scientifique ;
- Le refus systématique d'arguments d'autorité.

[19] On admet que le images obtenues par des instruments sont fidèles à la réalité et peuvent être considérées comme des données scientifiques.

> « *On pourra espérer beaucoup des sciences, lorsque, par la véritable échelle, c'est-à-dire par de degrés continus, sans interruption, sans vide, on saura monter des faits particuliers aux axiomes du dernier ordre, de ceux-ci aux axiomes moyens, lesquels s'élèvent peu à peu les uns au-dessus des autres, pour arriver enfin aux plus généraux de tous.* » (Bacon F & Buchon J-A, 2008, p. 303)

Il est convaincu que l'observation de cas particuliers associés à un raisonnement approprié doit permettre d'établir des lois universelles. **Le raisonnement basé sur l'induction est né**.

Avec un raisonnement basé sur l'induction, apparaît la volonté de prélever dans l'observation des phénomènes, des éléments qui déboucheront sur des conclusions générales. (Voir encadré ci-dessous)

Le raisonnement par induction :
Ce mode de raisonnement propose de rechercher des énoncés universels à partir d'énoncés singuliers résultant de l'observation : les sciences progressent en accumulant des observations dont on peut extraire des lois par un raisonnement inductif qui va du concret vers l'abstrait. Le procédé pour passer de l'observation au savoir scientifique a une base probabiliste. Les théories universelles trouvent leur fondement sur des énoncés d'observations qui eux sont limités de part même leur nature.
Conditions de fonctionnement :
Ainsi, le raisonnement basé sur l'induction, qualifié de naïf, est considéré comme étant légitime par ses utilisateurs à trois conditions :
« *- le nombre d'énoncés observés formant la base de la généralisation doit être élevé*
- les observations doivent être répétées dans une grande variété de conditions
- aucun énoncé d'observations accepté ne doit entrer en conflit avec la loi universelle »
(Chalmers, 1987, p. 22-23)
Ce raisonnement ne peut produire des énoncés universels qu'à la condition de considérer que les énoncés singuliers eux même ne dépendent pas de l'observateur et qu'ils aient un caractère objectif. Ainsi chaque énoncé d'observation devra pouvoir être vérifié par n'importe quel observateur en possession totale et normal de ses sens.

Globalement, ce point de vue peut se résumer ainsi :
« *Les théories scientifiques sont tirées de façon rigoureuse des faits livrés par l'observation et l'expérience. Il n'y a pas de place dans la science pour les opinions personnelles, gout et spéculation de l'imagination. On peut se fier au savoir scientifique parce que c'est un savoir objectivement prouvé* » (Chalmers, 1987, p. 21)
Autrement dit, dans le cas du raisonnement par induction, le scientifique observe une série de phénomènes et met en évidence une caractéristique constante dans les faits observés. Il généralise le résultat observé sur un certain nombre de cas afin d'élaborer une règle, une théorie.

Même si les empiristes admettent l'utilité d'un raisonnement déductif notamment pour élaborer des hypothèses, ils considèrent que seules les expériences permettent l'émergence de nouvelles connaissances. Globalement, ils privilégient « *un raisonnement créatif plutôt que rigoureux et l'on devrait peut-être appeler abduction ou conjecture : l'induction scientifique qui, à partir d'un ensemble d'expériences connues, permet d'en imaginer de nouvelles. Pour*

les empiristes, le manque de rigueur d'un raisonnement ne l'empêche pas nécessairement de contribuer à la progression des connaissances puisque la seule véritable rigueur provient de l'expérience et que la nature n'a pas forcément de compte à rendre à la raison. » (Riopel, 2005, p. 7). Nous préférons donner à ce raisonnement dit par **abduction** un statut spécifique, même si certains épistémologues le considèrent comme étant un raisonnement par induction spécifique car nous l'estimons utile pour comprendre le raisonnement mis en œuvre lors des démarches d'investigation. *(Voir Chapitre 2, 2.3.* Caractère adressé de l'action du professeur : les instructions officielles*.)*

Ce raisonnement est intégré à la démarche expérimentale, décrite par Claude Bernard (1813-1878) comme méthode universelle et anhistorique permettant d'aboutir à des connaissances scientifiques. Cette méthode passe par plusieurs étapes : le scientifique constate un fait, il essaie de l'interpréter puis il met en place une expérience afin d'observer de nouveaux phénomènes ; ensuite, il émet grâce à ce raisonnement par **abduction** une hypothèse afin d'expliquer ses observations[20] ; le savant doit ensuite mettre au point une expérimentation[21] lui permettant de vérifier la validité de son hypothèse par un **raisonnement hypothético-déductif** ; le raisonnement par **induction** intervient ensuite lorsque le savant procède à la généralisation de ses résultats.[22]

Le raisonnement par abduction :
Peirce (traduction 2002) définit le raisonnement par abduction comme étant le processus permettant d'expliquer un phénomène ou une observation à partir de certains faits. Le raisonnement par abduction est le raisonnement qui permet au scientifique l'élaboration d'une conjecture.
Le scientifique travaille dans un cadre dont il connaît les théories. Lorsqu'il observe un phénomène, il essaie de mettre en relation la théorie et le phénomène en formulant une conjecture.

L'empirisme, prônant l'expérimentation comme point de départ de la connaissance, va connaître des critiques. On reproche à cette doctrine de ne pas évacuer la possibilité pour un scientifique d'inclure dans son discours des considérations d'ordre métaphysique. En effet, certains discours mêlent des faits expérimentaux avec des éléments relevant plus de l'opinion personnelle notamment concernant les causes premières des phénomènes. C'est pour tenter de faire évoluer cette forme d'empirisme que nombre de scientifiques se sont regroupés autour d'Auguste Comte (1798-1857) et de son mouvement positiviste. Influencé par Bacon ou Galilée, Comte essaie de redéfinir **les connaissances scientifiques et la méthode qui permet de les construire** : selon lui, toute connaissance avant d'atteindre l'état scientifique ou positif

[20] Il admet donc que cette hypothèse comporte une partie théorique.
[21] Claude Bernard définit les principes sur lesquels toute expérimentation doit être fondée :
- L'expérience doit être reproductible, on doit pouvoir répéter le phénomène étudié ;
- L'expérience doit laisser la possibilité de varier les conditions ;
- Le phénomène étudié doit pouvoir être ralenti ou différé ;
- Le phénomène étudié doit pouvoir être isolé, il peut donc être simplifié.

Avec la démarche expérimentale, l'expérimentation sert alors à vérifier une conjecture par un raisonnement hypothético-déductif**.**
[22] Souvent caricaturée par le schéma OHERIC (Observations, Hypothèse, Expérience, Résultats, Interprétation, Conclusion), cette représentation de la démarche scientifique est en fait une reconstruction idéale du raisonnement réel du scientifique car elle n'intègre pas les *a priori* du chercheur, ses préjugés, les pressions sociales ou politiques dans le travail mental de l'élaboration de l'hypothèse. Il avouera lui même avoir privilégié sa théorie à des faits en certaines circonstances. (Hagège, 2007)

passe par deux autres états, l'état théologique ou fictif puis l'état métaphysique ou abstrait. Autrement dit, en progressant, l'esprit scientifique va remplacer les croyances théologiques (Perfection de la Nature crée par un Dieu unique) puis métaphysiques (Existence de forces abstraites) par des connaissances scientifiques. Dans l'état scientifique, l'homme ne s'intéresse plus aux causes premières, à l'origine de l'univers mais aux causes de production des phénomènes. Il recherche alors des lois universelles expliquant les phénomènes observés. L'esprit positif abandonne la résolution des questions commençant par « pourquoi » au profit de celles débutant par « comment ». Toute proposition scientifique doit être fondée sur des faits et doit être expérimentalement vérifiable. Comte (1975, § 12, p. 65-68.) dira à ce propos :

> « *Toute proposition qui n'est strictement réductible* à *la simple énonciation d'un fait, ou particulier ou général, ne peut offrir aucun sens réel et intelligible* ».

Pour le scientifique positiviste, une question n'a de sens que si elle peut être traitée par l'expérience.
La méthode scientifique est réduite à la construction de lois, exprimées de préférence dans un langage mathématique. Pour cela, Auguste Comte réaffirme la **valeur de l'induction** puisqu'il affirme que le travail du scientifique est de mettre à jour des relations mathématiques s'appliquant aux phénomènes et ce à partir des observations répétées. Il dira d'ailleurs du modèle de la science positive qu'il est la relation du concret à l'abstrait.[23]
Lecourt (2001) retiendra comme étant le cœur de cette doctrine le principe de vérification : « *Un énoncé n'a de sens cognitif que s'il est vérifiable* ». Ainsi, tous les énoncés métaphysiques sont rejetés puisque seul ce qui est observable peut être vérifié et donc seuls les objets perceptibles par les sens peuvent être à l'origine des connaissances scientifiques. Le savoir est donc issu d'énoncés protocolaires vérifiables.

Avec le positivisme, l'expérimentation devient le cœur de l'activité du scientifique : toutes les questions ne pouvant pas être vérifiées par l'expérience sont alors rejetées. La preuve expérimentale devient l'essence même du savoir scientifique.

✓ **Le constructivisme :**

Les articles en didactique des sciences relatifs aux représentations des enseignants identifient le **constructivisme** comme étant une posture épistémologique possible. D'après Jean-Louis Le Moine (1995), la reconnaissance des épistémologies constructivistes date de 1967 et de la conclusion rédigée par Jean Piaget de « *l'Encyclopédie Pléiade, Logique et connaissance scientifique* ». Il définit le terme « *constructivisme dialectique* », emprunté au mathématicien hollandais Brouwer (1881-1966). Selon lui, « *le réel existant et connaissable peut être construit par ses observateurs qui sont ses constructeurs*» (Le Moigne J-L, 1995, p. 40). Les objets du réel sont connus grâce aux constructions telles que les « *les figures géométriques, les nombres ou les opérateurs symboliques* » (Le Moigne J-L, 1995, p. 40). Brouwer a utilisé ce terme pour se démarquer des écoles logistique et formaliste et définir sa position quant à la question des fondements en mathématiques.

[23] Ce mouvement compte des physiciens tels que Newton qui affirme que la force n'est pas la cause du mouvement mais seulement une expression : « *La question non positive de la cause du mouvement, donc de la force, est rejetée hors de la science, dans le domaine des hypothèses dont il convient de s'abstenir rigoureusement*. » (Robardet & Guillaud, 1997, p. 24). Il disait à propos de l'attraction universelle : « *Cette façon de considérer la force centripète est purement mathématique et je ne prétends pas en donner la cause physique* » (Robardet & Guillaud, 1997, p. 24).

« *L'école logistique tente de fonder l'ensemble des mathématiques sur la logique des propositions, l'école formaliste, tente de démontrer la consistance de tous les axiomes fondamentaux des mathématiques et l'école constructiviste n'accepte comme vrai que ce que l'on peut construire (en un nombre fini d'étapes) à partir d'idées que l'intuition accepte comme vraies*» (Riopel, 2009).

Même si Brouwer est reconnu comme le père de ce mouvement constructiviste, des prémisses existaient chez les sophistes[24] grecs notamment chez Héraclite (550-480 av. J.-C.) avec l'ambiguïté du réel.
Selon les constructivistes, les connaissances scientifiques sont construites par l'homme et de ce fait ne peuvent pas être objectives ; elles sont une représentation de l'activité cognitive et impliquent un sujet connaissant. Elles n'ont pas de sens ou de valeur en dehors du sujet connaissant (Le Moigne, 1995). Le rôle de la science est, à partir d'expériences matérielles ou cognitives, de construire des théories représentantes d'une réalité possible. L'un des objectifs du scientifique serait de définir au mieux le réel, sans jamais pouvoir le faire complétement. La science est donc une activité humaine conditionnée socialement, historiquement et politiquement.

> « *Plusieurs philosophes, sociologues ou épistémologues (Kuhn, 1972 ; Popper, 1962 ; Lakatos, 1970 ; Toulmin, 1972 ; Laudan, 1977 ; Shapere, 1977 ; Suppe, 1977) se sont consacrés à caractériser la nature de la science et le mode de production de son savoir. Par leurs travaux, ces auteurs ont contribué à définir le savoir scientifique comme une construction intellectuelle dans un contexte socio-historico-politique. L'idée de science à laquelle nous adhérons s'apparenterait aux idées mises en avant par Toulmin et Kuhn, selon lesquelles les théories seraient des constructions spéculatives permettant une collecte plus systématique d'observations. Elles tireraient leur origine d'un acte créatif tenant à la fois de la logique et de la créativité, c'est-à-dire d'une construction de l'esprit confrontée à l'expérimentation. L'abandon d'une théorie pour une autre serait un processus collectif influencé à la fois par le contexte socio-historique, des valeurs professionnelles, sociales et psychologiques, mais aussi par la valeur prédictive et l'utilité de la théorie. L'observation seule ne permettrait pas la falsification d'une théorie puisqu'il n'y aurait pas d'expérience cruciale. Ainsi, la véracité du savoir ne pourrait être ni prouvée, ni confirmée par des observations, mais seulement objectivée collectivement. Il n'y aurait pas préexistence d'une réalité indépendante de nous, telles des lois immuables vers lesquelles tendrait le savoir scientifique dans sa quête de vérité. Le progrès du savoir ne serait pas une progression continue vers une vérité, mais plutôt une notion relative jugée selon le contexte historique.* » (Guilbert & Meloche, 1993, p. 9-10)

Au sein de ce courant, l'expérimentation permet non seulement de confirmer (ou d'infirmer) la validité d'un modèle mais elle permet aussi de faire le lien entre le monde des objets et des évènements et celui des théories. L'expérimentation est incluse dans les activités de modélisation, (voir partie 2.1.1 *Activités de modélisation* de ce chapitre). Les écarts entre les résultats de l'expérimentation et la théorie pourront être discutés à partir des conditions expérimentales ; ces anomalies permettent d'affiner les modèles, les articulations entre expérimentation et modélisation aident aussi à déterminer les limites de validité de ces modèles.

[24] Des spécialistes tel que Lloyd (1974) estime qu'avant Thalès (625-547 av J-C), les connaissances reposaient essentiellement sur la description de techniques élaborées empiriquement. Transmises oralement par un maître à ses élèves, elles sont de l'ordre de l'accumulation encyclopédique. Des maitres de rhétorique et de philosophe enseignent alors l'art de parler en public et de défendre des thèses même contradictoires avec des arguments bien choisis. Usant de sophismes pour convaincre, ils sont parfois accusés de mauvaise foi.

✓ **Bilan : principales postures épistémologiques intervenant dans le mode d'élaboration des connaissances.**

La figure 4 rend compte des principales postures épistémologiques développées à propos de la production des savoirs.

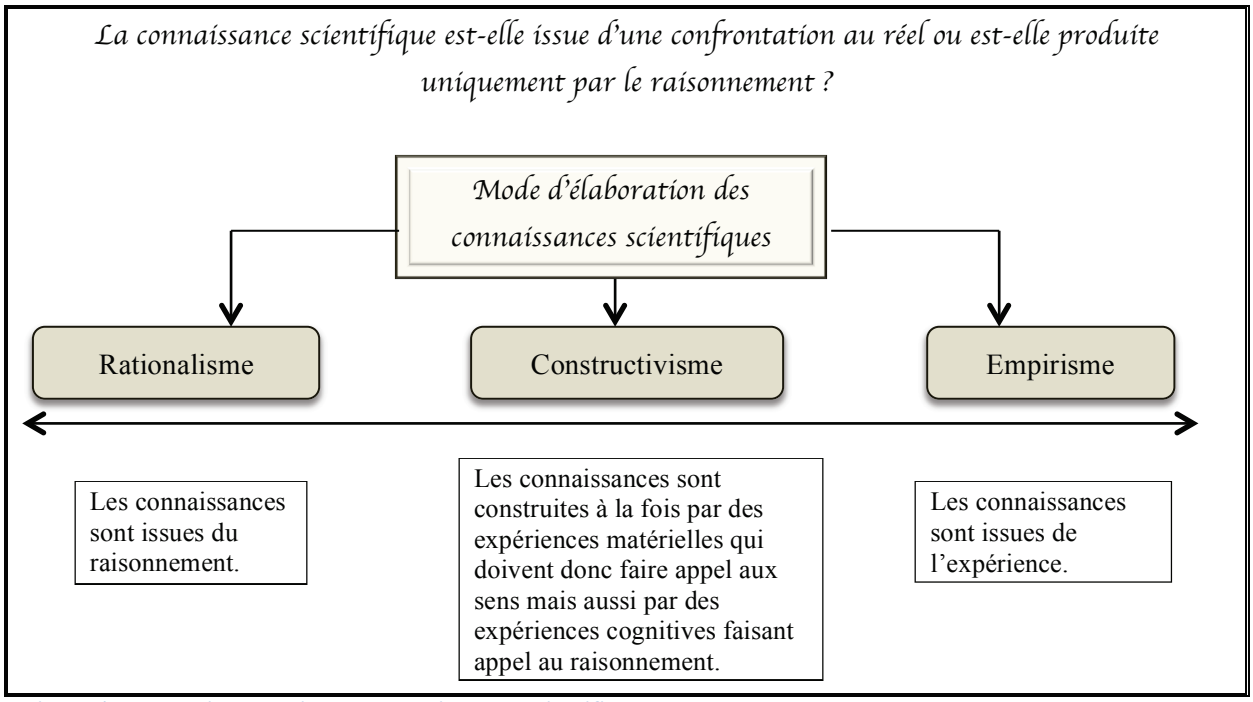


Figure 4 : Mode d'élaboration des connaissances scientifiques

✓ **Types de raisonnement sollicités lors de l'élaboration des connaissances scientifiques :**

Nous dressons une synthèse des types de raisonnement sollicités en fonction des postures épistémologiques étudiées en nous appuyant sur la représentation de Mbengue et al. et en la complétant sur la base de notre exposé (figure 5).

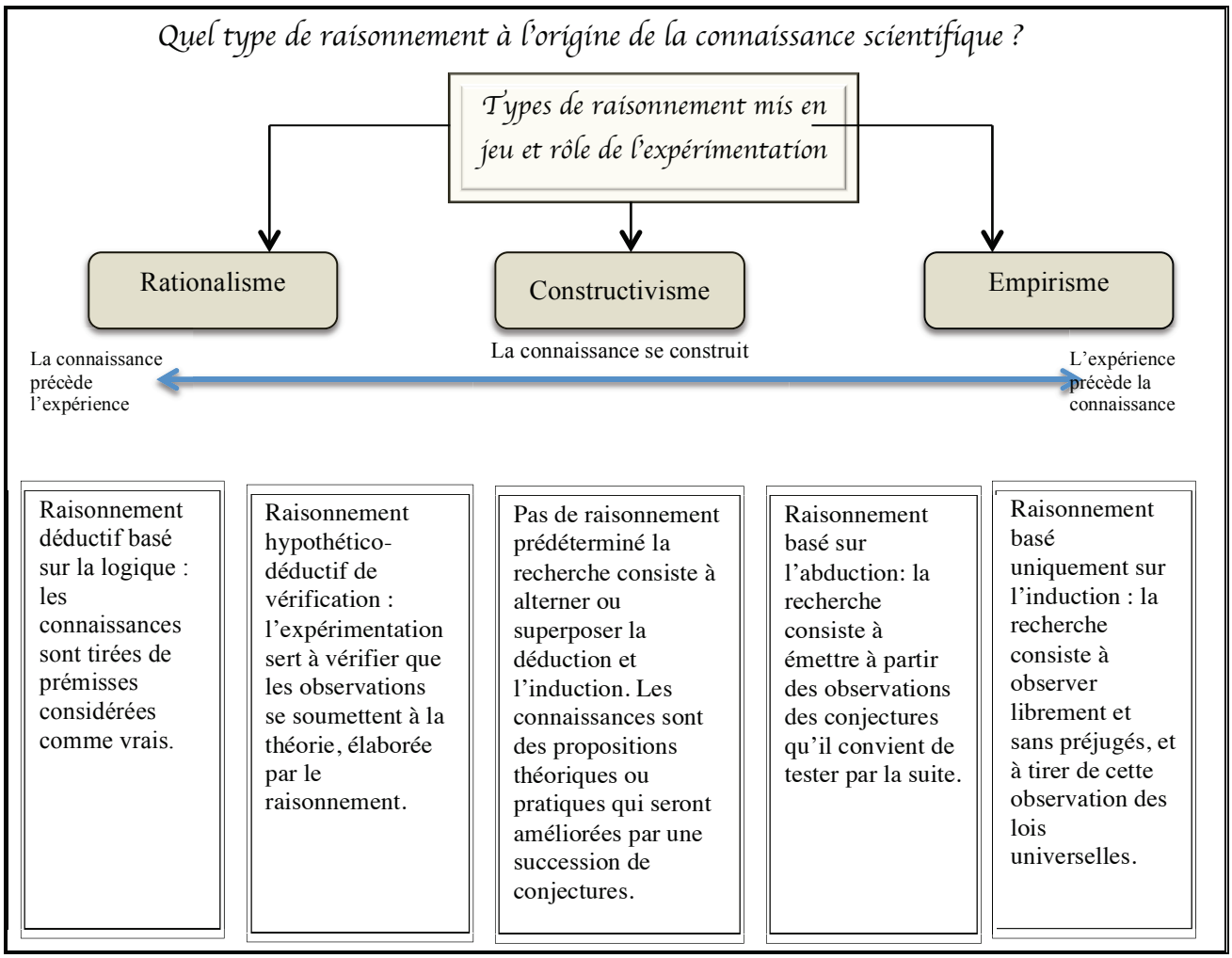


Figure 5 : Modes de raisonnement dans l'établissement des connaissances scientifiques. (D'après Mbengue, Vandangeon-Derumez, (2005))

2.2.1.2.3 La nature des données et des connaissances scientifiques

L'étude de l'évolution des postures épistémologiques nous conduit à considérer d'autres dimensions relatives au rôle de l'expérimentation dans l'établissement des connaissances scientifiques. Le constructivisme considère les connaissances scientifiques comme des constructions humaines. S'appuyant sur le postulat que la réalité n'est pas accessible, ce mouvement considère que toute donnée intégrée à une démarche scientifique n'est pas extraite de la Nature mais construite par l'homme. Nous avons étudié à travers l'histoire et la philosophie des sciences, les courants s'appuyant sur des postulats similaires et ceux relevant de postures antagonistes. Dans cette partie, nous catégorisons d'un point de vue épistémologique la nature des données et des connaissances scientifiques afin de situer le constructivisme.

- ✓ Nature des données issues du monde extérieur :

Nous avons identifié deux courants antagonistes concernant la nature des données.

Selon les **réalistes**, les objets et les phénomènes existent et constituent le monde qui nous entoure indépendamment de l'idée que nous en avons. Autrement dit, il existe « un déjà là » appelé par les réalistes le **monde réel** et auquel l'homme peut accéder. Ce monde, accessible aux scientifiques, fournit des données qui intégrées à une démarche expérimentale permettront de connaître les objets de la Nature. Ainsi, ce courant suppose que le réel existe en dehors et indépendamment de chaque individu qui, quel qu'il soit, peut y accéder.

En opposition au réalisme, l'**idéalisme**[25], considère que le monde qui nous entoure n'existe pas en dehors de la représentation que nous nous en faisons. Le philosophe irlandais G. Berkeley (1685-1753) résume cette doctrine de la façon suivante :

« *Etre, c'est être perçu* »[26].

La position constructiviste *vis-à-vis* du monde extérieur est à rapprocher de celle des idéalistes : en effet, les constructivistes affirment qu'il n'existe pas de réalité indépendante de l'observateur.

> « *Nous ne pouvons connaître la réalité en soi, dans son essence (hypothèse ontologique), et nous ne connaissons que les représentations (les dénominations) par lesquelles nous percevons les phénomènes dont nous expérimentons les sensations.* » (Le Moigne, 1995, p. 45)

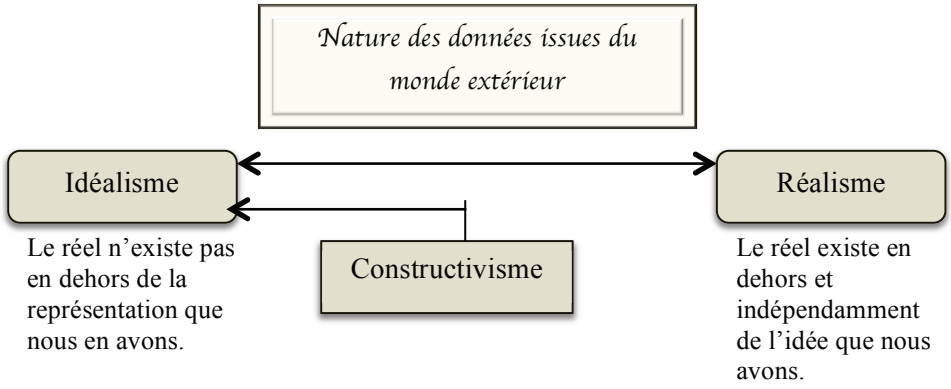


Figure 6 : Nature des données issues du monde extérieur

✓ Nature des théories scientifiques :

Dans le prolongement de la philosophie dite réaliste, **l'objectivisme** est un courant selon lequel il existe bien un monde objectif indépendant du sujet qui le perçoit. Le travail du scientifique serait de révéler les choses cachées dans la nature. Dans ce cadre, réalité et théories scientifiques sont vues comme étant aussi indépendantes de l'esprit humain. Ainsi, les théories seraient révélatrices de la réalité et comporteraient des propriétés objectives dont

[25] Platon affirmait que ce nous percevons n'est pas la réalité mais et que l'âme des hommes avant de s'incarner aurait contemplé le monde des idées. Ainsi, apprendre c'est avant tout se souvenir d'une connaissance enfouie à laquelle nous avons déjà eu accès.

[26] Remarque : Héritiers de cette position, les agnostiques sont moins radicaux: ils refusent de se poser la question de l'existence réelle des choses que nous percevons car la réponse n'est pas accessible.

le scientifique n'a pas obligatoirement conscience. C'est ainsi qu'une théorie pourra être réutilisée par d'autres scientifiques pour expliquer ou prédire des phénomènes pour lesquelles elle n'avait pas été conçue initialement. Chalmers (1987, p. 189) précise « *Les relations objectives peuvent exister entre certaines parties de la structure indépendamment de la connaissance qu'en a chaque individu* ». Certains auteurs qualifient parfois cette doctrine philosophique de réalisme.

Certains philosophes opposent à cette idée d'objectivisme, le subjectivisme ou encore le relativisme, nous avons choisi de privilégier le terme retenu par Chalmers (1987, p. 185) à savoir **l'individualisme** :

> « *L'individualisme voit la connaissance comme un agencement particulier de croyances possédées par les individus et qui se situent dans leurs esprits ou cerveaux* ».

Ce point de vue considère non seulement que les objets de la nature n'ont pas une réalité unique mais aussi que la relation de cet objet avec un sujet cognitif dépend du sujet lui même. Ainsi, les théories scientifiques sont le fruit du travail cognitif d'un individu, elles existent dans son esprit mais ne font pas partie de la nature elle-même.

Selon le point de vue moderne des sciences auquel nous avons choisi d'adhérer, les théories scientifiques sont aussi décrites comme des constructions intellectuelles. En cela, nous pouvons le rapprocher de la théorie individualiste selon laquelle les théories, agencements particuliers de croyances, n'existent pas dans la nature. Le courant constructiviste ajoute à cela l'idée que les théories construites par l'homme dépendent du contexte socio-historico-politique du moment. On retrouve cette interprétation de la connaissance chez Von Glazersfeld (1917-2010) :

> « *La connaissance ne reflète pas une réalité ontologique objective, mais concerne exclusivement la mise en ordre et l'organisation d'un monde constitué par notre expérience* » (Le Moigne, 1995, p. 62)

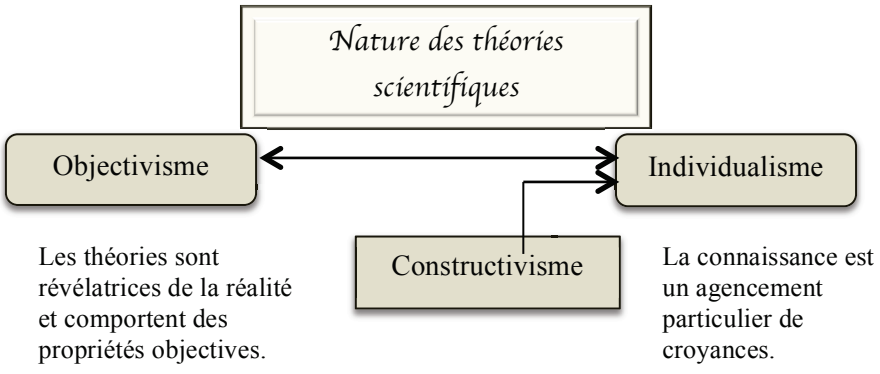


Figure 7 : Nature des théories scientifiques

✓ Nature du lien entre données expérimentales et théories scientifiques **:**

La façon de considérer les données expérimentales et les théories scientifiques implique un point de vue sur la nature de la relation entre le monde des objets et des évènements et le monde des théories. Nous envisageons ici deux points de vue antagoniste : le réalisme et

l'instrumentalisme.

- Pour les réalistes, les théories définissent le monde tel qu'il est en réalité ; Chalmers (1987, p. 243) cite l'exemple suivant :

> « *La théorie cinétique des gaz décrit ce à quoi ressemblent réellement les gaz. La théorie cinétique s'interprète comme une théorie affirmant que les gaz sont réellement constitués de molécules animées d'un mouvement aléatoire et qui entrent en collision les unes avec les autres et avec les parois du récipient qui le contient.* »[27]

Pour les instrumentalistes, les théories scientifiques ne sont que des instruments nous permettant de comprendre les phénomènes, de les expliquer et de les prédire ou encore permettant de relier des phénomènes entre eux. Les théories scientifiques ne sont alors pas considérées comme vraies mais elles doivent être explicatives et prédictives. Les instrumentalistes ne rejettent pas l'idée que les entités observables dans le monde réel existent réellement mais en revanche ils refusent de penser que les théories décrivent le monde tel qu'il est.

> « *Les ampèremètres, la limaille de fer, les planètes et les rayons lumineux existent dans le monde. Les électrons, les champs magnétiques, les épicycles de Ptolémée et l'éther n'ont pas besoin d'exister* » (Chalmers, 1987, p. 236).[28]

Cette vision n'est donc pas incompatible avec la vision réaliste du monde décrite plus haut.

Pour les constructivistes, les théories sont des instruments permettant une représentation possible de la réalité qui doivent avoir une utilité pour comprendre le monde qui nous entoure et éventuellement nous permettre de prévoir des évènements.

[27] Point de vue à rapprocher de celui des empiristes, pour qui une théorie scientifique n'a de sens que si elle porte sur des données observables. « *Par exemple, les travaux expérimentaux de Dalton (1766-1844) qui fondèrent l'atomisme chimique soulevèrent la question fondamentale de l'existence réelle des atomes. Les empiristes de l'époque croyaient en général que les atomes, puisqu'ils étaient nécessaires pour expliquer les résultats expérimentaux, existaient vraiment (...)* » (Riopel, 2005).

[28] A rapprocher du positivisme : Selon les positivistes, les théories scientifiques ont recours à des modèles qui sont des créations du scientifiques et n'ont pas d'existence réelle : « *Les positivistes s'opposaient farouchement à l'existence des atomes parce que ceux-ci n'étaient pas directement observables : les atomes étaient des modèles (le pourquoi) permettant d'expliquer les expériences (le comment). Pour les positivistes, les modèles sont des créations humaines qui n'ont strictement aucune valeur autre que d'être utiles. Les positivistes se sont ainsi opposés catégoriquement à tout ce qui, dans les modèles scientifiques, n'était pas directement observable.* » (Riopel, 2005).

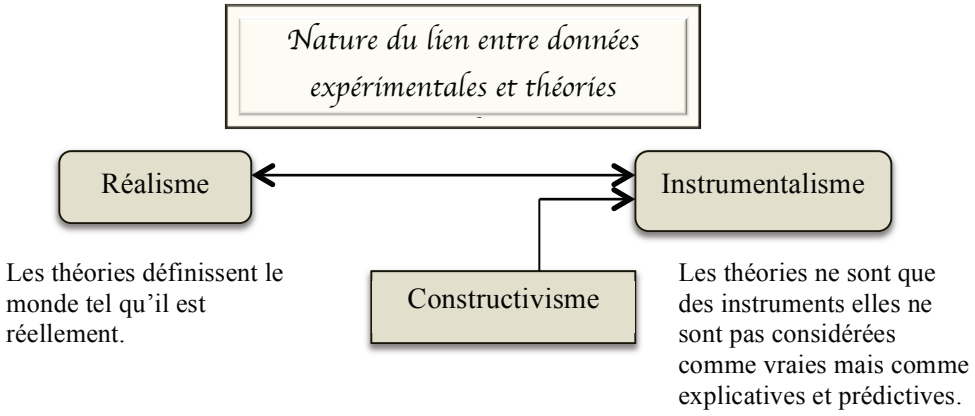


Figure 8 : Nature du lien entre les données expérimentales et théories

2.2.1.2.4 Liens entre postures épistémologiques et pratiques d'enseignement des sciences

Nous faisons l'hypothèse que toute démarche d'enseignement scientifique est le reflet d'une posture épistémologique ou d'une combinaison de postures de la part de l'enseignant, qu'il en soit conscient ou non. Nous tentons de rassembler les informations mises en évidence dans les parties précédentes sur les différentes postures épistémologiques et de faire un lien avec les stratégies didactiques possibles.

Courant épistémologique	**Fonction principale de l'expérimentation**	**Raisonnement convoqué**	**Représentation de la réalité et des théories**	**Stratégie didactique possible D'après Riopel, 2005**
Sophisme (Chez les grecs avant Pythagore)	N'intervient pas dans le mécanisme de production de nouvelles connaissances.	Pas de raisonnement : les connaissances sont transmises oralement ; Argument d'autorité.		Connaissances transmises sous l'autorité du maître.
Rationalisme (Aristote, Descartes, Kant…)	- N'intervient pas dans le mécanisme de production de nouvelles connaissances. - Sert à vérifier ce qui a été déduit par le raisonnement.	- Raisonnement **déductif** qui va de l'abstrait vers le concret : extraire du particulier à partir de l'universel. - Raisonnement **hypothéticodéductif** pour vérifier des faits empiriques.	Les théories sont le reflet du monde réel qui est connaissable.	« *Insister sur l'importance de la rationalisation au détriment de l'expérimentation* » .
Empirisme (Bacon, Locke, Newton…)	-Permet de rendre compte de la réalité, de la comprendre - Permet de construire des cadres théoriques - Permet de prouver le savoir scientifique vrai. (Les connaissances scientifiques sont supérieures aux	- Raisonnement **créatif** qui doit aboutir à de nouvelles expériences. - Privilégie le raisonnement par **abduction et par induction**.	Les connaissances sont considérées comme étant le reflet de la réalité On admet cependant que les hypothèses sont empruntes de théorie.	« *Insister sur l'importance de l'expérimentation au détriment de la rationalisation.* »

	autres connaissances)			
Positivisme (Comte, Mach, Carnap, Newton…)	- Mariée à un raisonnement, elle permet de construire des cadres théoriques. - Doit permettre de mieux comprendre les phénomènes afin de mieux les prévoir. - Explique le comment des choses mais pas le pourquoi.	Raisonnement **inductif** rigoureux. On accepte l'existence d'une démarche universelle et anhistorique permettant de prouver la validité des connaissances.	Les modèles théoriques sont perçus comme des créations humaines. Ce qui n'est pas directement observable n'est pas considéré comme étant scientifique.	« *Reconnaître l'importance complémentaire de l'expérimentation et de la rationalisation en insistant sur la démarche scientifique qui fait progresser la science.* »
Démarche expérimentale (Bernard)	- Sert alors à **vérifier par un raisonnement hypothético-déductif une conjecture.**	Raisonnement global de **type inductif** permettant la généralisation des résultats. Les hypothèses sont émises par un raisonnement par **abduction**. Elles sont validées par un raisonnement de type **hypothético-déductif.**		Application de la démarche OHERIC
Constructivisme (Brouwer, Piaget, Pascal, Bachelard…)	- Sert à montrer la cohérence d'un système théorique, à confirmer la validé d'un modèle. Rôle social et politique.	Pas de raisonnement prédéterminé : alliance entre le rationalisme et l'empirisme. ¨Processus collectif admettant l'idée de subjectivité et réfutant l'idée d'expérience cruciale.	Les connaissances sont des agencements particuliers de croyances, les théories n'existent pas dans la Nature mais sont une construction humaine. Elles dépendent du contexte socio-historico-politique du moment.	« *Insister sur le caractère arbitraire ou subjectif des modèles scientifiques en encourageant l'élève à construire ses connaissances* »

Tableau 3 : Liens possibles entre postures épistémologiques et stratégies didactiques

2.2.2 Epistémologie des enseignants *vis-à-vis* de l'enseignement des sciences.

Considérer l'épistémologie pratique du professeur comme un déterminant de son action didactique implique d'étudier non seulement ses représentations *vis-à-vis* des sciences mais aussi *vis-à-vis* de l'apprentissage en général et de l'apprentissage des sciences en particulier.
Pour cela, nous avons procédé à une revue de la littérature concernant les théories sur l'apprentissage en général et en sciences. L'objectif est de dégager des indices repérables pour chaque courant psychologique et de les mettre en parallèle avec les postures épistémologiques présentées dans la partie précédente. Nous avons choisi de synthétiser les résultats de cette revue de la littérature sous forme de tableau en évitant un développement descriptif pour chaque courant psychologique et pédagogique rencontré. Cependant, notre partie précédente ayant mis en évidence à la fois l'importance et l'opposition des courantes épistémologiques empiristes et rationalistes, nous, développons le point de vue des psychologues à leur propos. Nous mettons ensuite en relation les courants épistémologiques, psychologiques et les tendances didactiques.

2.2.2.1 Quel mode d'acquisition des connaissances : empirisme et rationalisme vus par les psychologues

Les pédagogues s'appuient sur des hypothèses psychologiques pour décrire et comprendre les mécanismes d'apprentissages. Tout individu possède des connaissances préalables qui lui permettent, dans une situation adaptée, d'apprendre. Le mode d'acquisition des connaissances partage les psychologues en deux grands groupes. Les deux positions extrêmes qui s'opposent sont celles de **l'empirisme** et celle du **rationalisme**. Ces deux courants sont ceux que nous avons déjà relevés dans la partie épistémologie. Les sens de ces mots sont-ils identiques d'un point de vue de l'épistémologie et d'un point de vue de la psychologie ? Quel rôle l'expérimentation joue t-elle dans ces deux modes dans l'acquisition de connaissances ?

2.2.2.1.1 L'empirisme vu par les psychologues

L'empirisme développé par les psychologues s'appuie sur une hypothèse similaire à celles des épistémologues :

> « *Tout ce que l'esprit humain connaît lui vient du dehors et, plus particulièrement de l'expérience sensible qu'il a du réel. Par ses contacts directs avec son environnement, l'individu reçoit des impressions sensorielles qu'il stocke dans sa mémoire. Bref, l'homme peut apprendre parce que l'esprit reçoit des informations venant de l'extérieur, appelées jadis sensation, et que la mémoire les enregistre* » (Crahay, 2005, p. 13).

Selon ce point de vue, l'esprit peut être comparé à une cire vierge sur laquelle le monde extérieur pourrait poser son empreinte et façonner notre esprit et ainsi nos idées. Dans cette lignée, l'éducation passe par une surveillance accrue de l'expérience des enfants puisqu'elle est source de savoir. Ces idées constituent la genèse des recommandations de Rousseau (1712-1778) sur l'éducation. Selon son principe « *d'Education négative* », les enfants ne devaient pas être exposés à des expériences nuisibles comme des éléments grossiers

ou *indignes de la condition des hommes libres*. Cette idée que les sensations et simulations extérieures puissent marquer notre cerveau rassemble bon nombre de philosophes tels que Locke (1632-1702), Hume (1711-1776), Condillac (1714-1796) ou encore Helvétius (1715-1771) au sein de la théorie sensualiste. Suite à l'expérience, la pensée humaine s'enrichit grâce à des opérations intellectuelles basées sur l'association des idées. Louis Not (1982) résume la psychologie sensualiste-associationniste par quatre idées principales :

> « *1. Les perceptions se prolongent purement et simplement en représentations*
> *2. La pensée correspond essentiellement à l'accumulation d'images et d'informations verbales ; celles-ci sont le produit direct de la réception d'informations venant de l'extérieur ou de la copie d'objets ou d'évènements perçus de l'extérieur.*
> *3. La perception de l'enfant est identique à celle de l'adulte.*
> *4. La structure synthétique ou finale des processus mentaux est conforme à l'ordre naturel de présentation de ses composantes : on va du simple au complexe* »

Même si les empiristes reconnaissent l'emprise des connaissances préalables sur la sélection des idées, leur comparaison ou encore leur association en vue d'arriver à de nouvelles conclusions, l'expérience reste l'unique source de connaissance.

2.2.2.1.2 Le rationalisme en psychologie de l'éducation

Au point de vue empiriste s'oppose le point de vue rationaliste dont les fondements se retrouvent chez des scientifiques comme Descartes (1596-1650) pour qui la seule base valable pour la connaissance est la raison. Les sens pouvant nous tromper, la connaissance du monde par l'expérience est source d'erreur. Pour les rationalistes, les connaissances fiables émanent d'un raisonnement : « *De manière générale, le rationalisme affirme la préformation des structures psychologiques, qu'elles soient cognitives ou linguistiques. De ce fait, il ramène l'apprentissage et le développement à l'émergence ou à l'actualisation de formes préexistantes à l'état potentiel.* » (Crahay, 2005, p. 22). Selon Crahay (2005, p. 18), les fondements de cette vision éducative se retrouve dans l'ouvrage « *De magistro* » de Saint Augustin (354-430). « *Apprendre n'est jamais que découvrir en soi les vérités éternelles que chacun porte sans en avoir conscience* ».

Dans une approche rationaliste, le rôle de l'enseignant n'est pas de transmettre des connaissances mais de formuler le bon questionnement pour aider l'élève à accéder aux connaissances qui sont enfouies au fond de son esprit :

> « *La culture n'est point ce que certains, qui font profession de la donner, disent qu'elle est. Ils prétendent, si je ne me trompe, que dans une âme au dedans de laquelle n'est pas le savoir, eux, ils l'y déposent, comme si en des yeux aveugles ils déposaient la vision. (…) Or, ce que fait voir justement le présent langage, c'est qu'au dedans de son âme, chacun possède la puissance du savoir, ainsi que l'organe au moyen duquel chacun acquiert l'instruction ; et que, pareil à un regard supposé incapable, autrement qu'avec le corps tout entier, d'évoluer de ce qui est obscur vers ce qui est lumineux, de même c'est avec l'âme toute entière que doit s'opérer (…) la conversion de cet organe, jusqu'au moment où il sera enfin capable, dirigé vers le réel, de soutenir la contemplation de ce qu'il y a dans le réel de plus lumineux. Or, c'est cela qu'est, déclarons-nous, le bien* » (Hannoun, 1995, p. 25)

2.2.2.1.3 Points de convergence

Que ce soit du point de vue épistémologique ou psychologique, les courants rationaliste et empirique se différencient par l'origine de la connaissance : au cœur de l'esprit humain pour les uns, au cœur de la nature pour les autres. En revanche, quelle que soit la position psychologique adoptée, la connaissance visée semble universelle et sa nature n'est pas questionnée. Dans tous les cas, l'accès au savoir peut être facilité par l'intervention d'une tierce personne qui sera soit l'organisatrice des interactions entre le réel et l'individu soit le déclencheur d'une prise de conscience des connaissances déjà là.

Empirisme		
Les connaissances proviennent de l'expérience		
Courant psychologique associé	Théorie sensualiste-associationniste	
Principes	**Généraux**	La perception, le travail des sens sont mis au centre. Les opérations intellectuelles permettant d'enrichir la pensée humaine suite à l'expérience s'expliquent par l'association des idées.
	Rôle de l'expérimentation	L'expérimentation est le point de départ de l'apprentissage
	Rôle du maître	Le rôle du maître est d'éveiller l'intelligence de l'enfant en proposant les bonnes expériences
	Rôle des élèves	L'élève doit écouter le maître

Tableau 4 : Empirisme et pédagogie

Rationalisme		
Les connaissances proviennent de la raison		
Courant psychologique associé	Principe de réminiscence	
Principes	**Généraux**	L'apprentissage consiste à mettre à jour nos idées innées et à les mettre en relation : l'esprit va alors classer les connaissances selon les types de relation entre les différentes idées auxquelles elles sont associées.
	Rôle de l'expérimentation	L'expérimentation n'a aucun rôle
	Rôle du maître	Le rôle du maître est d'organiser une suite de raisonnement
	Rôle des élèves	L'élève doit réussir à comprendre le raisonnement voire à le reproduire.

Tableau 5 : Rationalisme et pédagogie

2.2.2.2 Mise en relation des courants épistémologiques, psychologiques et des tendances didactiques.

En procédant de la même manière que dans la partie précédente pour les courants rationaliste et empiriste, nous avons construit un tableau récapitulatif de notre revue de la littérature.

Courant épistémologique	Description	Courant psychologique	Description	Tendance pédagogique : principe	- Rôle de l'enseignant - Rôle de l'élève - Avantages - Limites
Sophisme	Les connaissances, transmises oralement par un maître à ses disciples, sont de l'ordre de l'accumulation encyclopédique.			Transmissif : Le maître détient le savoir.	Le maître transmet son savoir à un apprenant L'élève passif écoute pour tenter d'assimiler les connaissances. Avantage : méthode rapide. Limite : l'élève doit avoir les capacités cognitives suffisantes pour comprendre et assimiler le discours du maître.[29]
Rationalisme	Les connaissances proviennent principalement de la raison.			Privilégier la rationalisation et négliger l'expérimentation.	Le maître organise une suite de raisonnements. L'élève doit réussir à le comprendre, voire à le reproduire.
		Innéisme. Réminiscence.	Les connaissances sont innées, elles font partie du sujet.	Pour connaître, il faut rechercher en soi les idées dont nous sommes dotés dès notre naissance. L'apprentissage consiste à mettre au jour nos idées innées et à les mettre en relation. Il s'agit d'une théorie de l'endogène.[30]	Le sujet est responsable de son apprentissage. Le rôle du Maître est un rôle d'accoucheur[31]

[29] D'après le site : http://www.youtube.com/watch?v=Cs-xsvvtEZA consulté le 30 septembre 2014
[30] Develay, 1992, De l'apprentissage à l'enseignement, ESF éditeur, ISBN Paris, p 106-109
[31] Develay, 1992, De l'apprentissage à l'enseignement, ESF éditeur, ISBN Paris, p 106-109

		Psychologie de la forme.	Le tout est différent de la forme. Le processus d'apprentissage dépend de la perception que nous avons d'un objet, elle même dépendante de nos idées préalables et de la structure de notre esprit. Notre esprit structure et organise le monde selon des structures préformées dont il est doté.	Méthode globale d'apprentissage. (par exemple méthode globale de lecture de Decroly) Pédagogie de projet. Remarque : Selon Decroly, la perception, au départ globale est nécessaire à l'apprentissage. En ce sens, il est porteur des idées des empiristes.	L'enseignant doit trouver des situations pertinentes pour mettre au jour les connaissances. L'élève est responsable de son apprentissage. Avantage : stimulation de la motivation, responsabilisation des élèves. Limites : incertitude quant à la progression du projet
Empirisme	Les connaissances proviennent essentiellement de l'expérience.			Privilégier l'expérimentation et négliger la rationalisation.	Théorie de l'endogène Pédagogie de l'objet Maître organisateur[32]
		Théorie associationiste-sensualiste.	Les opérations intellectuelles, enrichissant la pensée humaine suite à l'expérience, s'expliquent par l'association des idées.	Pédagogie de la découverte Pédagogie active.	L'expérimentation est le point de départ de l'apprentissage. La perception, le travail des sens sont mis au centre de toute éducation. Le rôle du maître est d'éveiller l'intelligence de l'enfant. L'apprentissage de l'élève dépend des objets qui lui seront soumis. Avantages : responsabilisation de l'élève, autonomie, intérêt. Limites : toutes les connaissances ne peuvent pas être acquises de cette façon.
		Béhaviorisme.	L'apprentissage	Pédagogie par objectifs.	Le maître est responsable de

[32] Develay, 1992, p. 106-109.

				résulte d'une modification du comportement suite à des récompenses : on cherche à modeler le comportement des apprenants.			l'apprentissage des élèves ; il doit découper les tâches complexes en tâches plus simples. Les élèves subissent cette organisation : ils ne prennent pas en charge leur apprentissage. Cette méthode est efficace lorsqu'il s'agit d'apprentissage nécessitant des exercices de répétition : elle permet aux élèves d'acquérir des procédures, des automatismes. Elle trouve ses limites lorsqu'il s'agit de tâche complexe impossible à découper, elle ne développe pas l'autonomie des élèves.
Positivisme	**Méthode expérimentale**	Par un raisonnement inductif, le scientifique extrait des théories à partir d'observations et de mesures extraites du monde extérieur.	L'élaboration des connaissances scientifiques est liée à une méthode universelle et anhistorique qui accorde une plus grande importance à l'expérience qu'au raisonnement.			Privilégier l'expérimentation et les mesures sans négliger le raisonnement qui doit permettre des généralisations.	La démarche scientifique est assimilée à la démarche OHERIC (observations, hypothèse, expérience, résultats, interprétation, conclusion).	
Constructivisme.		Le savoir scientifique est une construction intellectuelle : les connaissances sont des agencements particuliers de croyances. Les théories				Encourager les élèves à construire leur connaissance, leur faire prendre conscience du caractère subjectifs et provisoires des modèles scientifiques. Montrer	

	n'existent pas dans la nature mais sont une construction humaine : elles dépendent du contexte socio-historico-politique du moment. Ce sont des instruments permettant une représentation possible de la réalité qui doivent avoir une utilité pour comprendre le monde qui nous entoure et éventuellement nous permettre de prévoir des évènements.			qu'un modèle permet de décrire la réalité et de prévoir des phénomènes mais qu'il n'est pas la réalité.	
		Epistémologie génétique.	Théorie piagétienne qui affirme que les connaissances ne se transmettent pas mais sont construites.	Le constructivisme.	Le rôle de l'enseignant consiste à créer des situations[33] d'apprentissage pour fournir à l'élève les moyens de reconstruire le savoir. Théorie de l'exogène Dialectique sujet/objet Maître entraineur.[34]
		Cognitivisme.	L'apprentissage résulte de l'ajout d'informations aux informations existantes dans la mémoire à long terme. L'apprentissage ne peut se faire qu'en prenant en compte les idées préalables des apprenants.	Modèle centré sur le traitement de l'information. Enseignement stratégique	Le maître aide à la construction ou à l'organisation des connaissances. Il clarifie les processus d'apprentissage pour permettre aux élèves non seulement de comprendre comment ils apprennent mais aussi de mieux exploiter les réseaux de concepts. Les élèves sont actifs car ils sont engagés consciemment dans le traitement de l'information. Si trop axé sur l'organisation des constructions sans axer sur le contexte on peut assister sur un échec de transfert.
		Dimension sociale.	L'apprentissage résulte	Socioconstructivisme.	Le maître est responsable des situations mises à disposition

[33] Psychologie et pédagogie à la recherche des fils de la trame (suivi d'un glossaire des principes notions) ; Alain Rieunier Article paru dans le numéro 191 d'*Actualité de la formation permanente* (« Formation des salariés : quels choix pédagogiques ? », juillet-août 2004) et reproduit avec l'aimable autorisation de l'auteur.
[34] Develay, 1992, p. 106-109.

			d'interactions sociales : les échanges avec autrui permettent d'acquérir un niveau de connaissances plus grands que celui que l'on aurait pu atteindre seul. Le développement cognitif dépend des échanges avec autrui et de l'élaboration de consensus. [35]		des élèves. Il doit prévoir des moments d'échanges et de mise en commun pour favoriser l'apprentissage.
		Constructivisme-interactionnisme.	L'apprentissage résulte de l'activité de l'élève qui abandonne ses représentations au profit d'autres plus scientifiques. Les connaissances se construisent aussi grâce aux interactions sociales et aux échanges avec le milieu.	Constructivisme-interactionnisme.	Le maître est responsable des situations avec lesquelles les élèves interagissent. Ces situations permettent de faire évoluer les conceptions initiales et aident les élèves à mobiliser les systèmes de connaissances appropriées à la situation. Il doit prévoir des moments d'échanges et de mise en commun pour favoriser l'apprentissage.

[35] D'après le site : http://www.youtube.com/watch?v=Cs-xsvvtEZA consulté le 30 septembre 2014.

2.3 Caractère adressé de l'action du professeur : les instructions officielles.

La TACD postule que le caractère adressé de l'action professorale a un rôle déterminant dans le pilotage de la classe. Dans le cadre de notre recherche, nous avons choisi d'étudier particulièrement le rôle des instructions officielles parmi les contraintes imposées par les institutions aux professeurs. En effet, sans sous-estimer le rôle des collectifs de parents, des collègues, de la hiérarchie, **nous postulons que les savoirs à enseigner et les démarches d'enseignement imposés par les instructions officielles sont des déterminants majeurs de l'action professorale.**

Nous proposons dans cette partie non pas de décrire la démarche préconisée par les instructions officielles, ce qui a déjà été fait dans la partie 1.2. (La démarche d'investigation dans les programmes de l'école primaire*)* du chapitre 1 mais d'en proposer une analyse épistémologique au regard du travail théorique réalisé dans les parties 2.2.1. *(*Epistémologie des enseignants *vis-à-vis* des sciences*)* et 2.2.2. *(Epistémologie des enseignants vis-à-vis de l'enseignement des sciences)* de ce chapitre. Cette analyse épistémologique et le point de vue de la recherche en didactique des sciences exposé dans le chapitre *1(2.2. Didactique et démarche d'investigation*) permettront de proposer des lectures possibles des instructions officielles.

2.3.1 La démarche d'investigation : quelles postures épistémologiques ?

La Main à la Pâte, référence des instructions officielles françaises des programmes de cycle 3 souhaite relancer l'enseignement scientifique en « *permettant à tous les enfants d'acquérir une culture scientifique élémentaire, selon une démarche expérimentale qui respecte la nature propre de ces sciences* » (Ernst, 1997). Or, même si certaines problématiques sont communes au monde des chercheurs et à celui de la démarche d'investigation et même si les activités scientifiques de l'école peuvent être conçues en prenant pour modèle des activités scientifiques dites de référence (Martinand, 1983), il n'en reste pas moins que les contraintes en milieu scolaire complexifient toute tentative de transposition sans compter que la nature des savoirs en jeu est complétement différente (Calmettes, 2010, p. 10). Nous n'allons pas ici identifier la démarche d'investigation à une démarche scientifique particulière mais nous allons en chercher les origines épistémologiques possibles.

Une étude historique de l'enseignement des sciences montre que « *la démarche d'investigation, s'opposant à des démarches de « présentation » ou « d'illustration », valorise une démarche inductiviste* » (Coquidé & Al, 2009, p. 52). Dans ce cadre, et en référence à l'étude menée dans le paragraphe *2.2.1.2. (Expérimentation et postures épistémologiques)* de ce chapitre, les savoirs sont construits à partir de l'observation rigoureuse de faits et/ou de l'expérimentation. L'expérimentation permet de rendre compte de la réalité et de la comprendre, de construire des théories sur la réalité, de conforter le savoir scientifique. Dans cette posture épistémologique, issue de l'empirisme, l'expérimentation est privilégiée. Cette tendance se retrouve dans les programmes « *l'expérimentation directe (à privilégier chaque fois qu'elle est possible) conçue et réalisée par les élèves, la réalisation matérielle (recherche d'une solution technique), l'observation directe ou assistée par un instrument, avec ou sans mesure, la recherche sur des documents et l'enquête et visite* »[36] . Ainsi, l'objectif « *connaître les phases de la Lune, savoir qu'elles se reproduisent dans le même ordre, avec la même*

[36] B.O.E.N. hors série n° 1 du 14 février 2002

durée »[37] pourra émaner d'une observation construite de la Lune et dont le résultat généralisé permettra d'élaborer une règle.

La connaissance naît ainsi de l'expérience. Or, la démarche d'investigation préconisée par les programmes, en filiation directe avec la Main à la pâte *« s'inscrit dans un cadre de référence où la connaissance vient de l'expérience ou du « faire » c'est-à-dire clairement dans une approche qui est celle du pragmatisme de Dewey* » (Pautal, 2012, p. 60). Moreau et al. (2004, p. 181 ; 189) signale, en référence à Peirce, que le pragmatisme s'appuie sur un raisonnement lié à l'abduction qu'il explique en citant Khun :

> *« C'est d'abord une hypothèse formée au sein d'une culture et d'une tradition donnée : elle emprunte à la fois des percepts propres à l'expérience familière et à l'observation quotidienne, et à la fois des concepts de la langue empruntés métaphoriquement à d'autres registres référentiels : comme celui de « fluide » pour interpréter l'électricité »*
>
> Longtemps méconnue dans la tradition didactique française, ce raisonnement permet aux élèves de réunir tous les éléments déjà présents nécessaires à l'élaboration de l'hypothèse. (Moreau et al., 2004, p. 191)

Néanmoins, en listant les étapes souhaitables de la démarche d'investigation, les instructions officielles semblent se référer à une démarche scientifique basée sur un raisonnement hypothético-déductif. De plus, la référence aux conceptions des élèves incite à une vision bachelardienne de la science. (Mathé, Méheut & De Hosson, 2008). L'étude menée dans le paragraphe *2.2.1.2. (*Catégorisation de l'expérimentation en fonction des postures épistémologiques*)* de ce chapitre montre qu'un raisonnement hypothético-déductif peut-être mis à contribution dans plusieurs types de démarches :

- Dans une démarche de type rationaliste pour vérifier des faits expérimentaux. Dans ce cas, les données théoriques sont premières, l'expérimentation est acceptée comme une vérification de ce qui aura été déduit par le raisonnement, elle n'intervient plus dans le mécanisme de production de nouvelles connaissances ;
- Dans une démarche expérimentale mettant en œuvre un raisonnement global de type inductif permettant la généralisation des résultats. Les hypothèses sont émises par un raisonnement par abduction et sont validées par un raisonnement de type hypothético-déductif ;
- Dans une démarche constructiviste qui n'a pas recours à un raisonnement prédéterminé mais qui peut allier induction et déduction.

Un enseignant s'inscrivant dans une épistémologie constructiviste ne pourra donc pas réduire sa pratique à un seul type de raisonnement et se contenter de mener « *non pas une démarche d'investigation permettant de véritables situations de recherche mais une démarche stéréotypée, linéaire limitant la réflexion des élèves* » (Dell'Angelo, Coquidé et Magneron, 2012). Il devra proposer des activités pertinentes permettant l'émergence des connaissances, et une prise de conscience du caractère subjectif et provisoire des modèles scientifiques. Enfin, les activités proposées devront montrer qu'un modèle permet de décrire la réalité et de prévoir des phénomènes mais qu'il n'est pas la réalité.

Dans ce cadre, et selon une vision bachelardienne, l'apprentissage résulte de l'activité de l'élève qui abandonne ses représentations au profit d'autres plus abouties. Les connaissances se construisent aussi grâce aux interactions sociales et aux échanges avec le milieu. Le maître est responsable des situations avec lesquelles les élèves pourront interagir et qui devront leur

[37] B.O.E.N. hors série du 3 juin 2008

permettre de faire évoluer leurs représentations initiales. Il doit prévoir des moments d'échanges et de mise en commun pour favoriser l'apprentissage. Cette épistémologie ne peut être mise en œuvre qu'à la condition que les savoirs présentés aux élèves soient problématisés *(Voir chapitre 1, 2.2. Didactique et démarche d'investigation)*.

2.3.2 Conclusion : deux lectures possibles de la démarche et de multiples pratiques

Deux lectures de la démarche d'investigation à travers les instructions officielles sont possibles : une lecture empirico-inductiviste ou une lecture constructiviste (Pautal, 2012).

Triquet, Gandit et Guillad (2012) rappellent que les activités proposées aux élèves dans le cadre des démarches d'investigation sont majoritairement fondées sur une approche empirique et inductive de la science. Les résultats de la science sont donc majoritairement présentés aux élèves comme des vérités absolues, sans remise en cause possible. L'expérimentation, centrale dans l'enseignement des sciences, apparaît alors comme la preuve irréfutable des connaissances ainsi construites sur un modèle empirico-inductiviste de la science.

Malgré la prédominance de ce modèle dans l'enseignement, il existe une grande variabilité interindividuelle et intra-individuelle dans les pratiques des enseignants concernant les déroulements des séances de sciences mettant en œuvre une démarche d'investigation (Calmettes, 2009). Aussi, Cariou (2015, p. 17), à partir de l'analyse des standards américains, du canevas français, de recherches et de projets éducatifs[38], dégage des critères fréquemment cités pour caractériser la démarche d'investigation :

- *« Initiation de l'investigation par une interrogation ;*
- *Part de responsabilité conceptuelle laissée aux élèves ;*
- *Existence de débats, d'échanges argumentés ;*
- *Existence de productions et de réalisations par les élèves. »*

[38] Linn *et al.* (2004) ; Morge et Boilevin (2007) ; Projet *Mind the Gap* (2008-2010) ; Minner *et al.* (2010) ;Projet *Fibonacci* (2010-2013) ; Grangeat (2013) ; Projet *PRIMAS* (2010-2013), Gueudet *et al.* (2010).

Chapitre 3
Problématique et hypothèses de travail

1 Problématique

Dans cette recherche, nous souhaitons caractériser les pratiques de l'enseignement scientifique dans le contexte des démarches d'investigation. Notre objectif est de donner des indications sur les freins et les leviers à l'enseignement scientifique à l'école et d'identifier, dans les démarches mises en œuvre par les enseignants, ce qui facilite ou ce qui fait obstacle à l'avancée des savoirs en classe. Nos résultats contribueront à la définition de perspectives de formation pour les enseignants.
Souhaitant analyser des pratiques naturelles, nous avons choisi d'axer notre recherche sur l'action du professeur lors de la préparation et de l'implémentation de séquences de sciences. Notre cadre théorique implique de ne pas isoler l'enseignant et de le considérer au sein d'un trièdre constitué des élèves et du savoir.
Notre étude théorique montre que les enseignants doivent opérer des choix délibérés lors de la préparation et de l'implémentation des séquences de sciences. Toutefois, des déterminations de l'action professorale sont à rechercher dans des formes non intentionnelles. La mise au jour de déterminants de l'action professorale donne à comprendre l'enchaînement chronologique des actions en classe, et la logique de cette action.
De la mise en tension de nos intentions de recherche et des cadres de théoriques de référence émerge la problématique suivante:

> Notre problématique de recherche se décompose en deux parties :
> - Identifier les conditions d'avancée des savoirs, enjeu des transactions didactiques ;
> - Identifier les déterminants de l'action professorale au sein de transactions didactiques : action adressée, épistémologie pratique des enseignants et savoir à enseigner.
> Nous nous appuyons sur deux études de cas pour analyser l'évolution des savoirs et pour inférer la part relative de chacun des déterminants.

Cette problématique peut-être déclinée en quatre questions principales :

- Comment l'étude des tâches épistémiques et la mise en relation du monde des objets et des évènements et du monde des théories renseignent sur les conditions d'avancée des savoirs *in situ* ?
- L'action adressée du professeur, malgré son caractère obligatoire, est-elle déterminante dans les choix opérés par les professeurs lors de la préparation et de l'implémentation des séquences de sciences ?
- Comment l'influence de l'épistémologie pratique du professeur se manifeste-t-elle sur son action hors et dans la classe ?
- Le savoir à enseigner détermine-t-il les pratiques des enseignants ? Les démarches implémentées permettent-elles une avancée dans les savoirs ? Les étapes prescrites de la démarche d'investigation sont-elles une réponse adaptée pour tous les savoirs à enseigner ?

2 Hypothèses de travail

Nous fondons notre travail sur des hypothèses directement liées aux cadres théoriques choisis et sur des hypothèses nouvelles issues de la mise en tension de ces différents cadres théoriques : certaines sont fondatrices de notre recherche, d'autres seront mises à l'épreuve lors de nos analyses.

Notre étude prend appui sur trois postulats de base issus de la théorie de l'action conjointe en didactique :

- L'action professorale ne peut être décrite et analysée sans prendre en compte l'action de(s) élève(s), le savoir qui doit être transmis se situant au sein de cette relation. Ainsi, même si notre problématique porte sur l'action professorale, nos analyses prendront en considération les relations de l'enseignant avec les élèves et le savoir en jeu ;
- L'action professorale est en partie déterminée par des causes qu'il est possible d'identifier, que ces déterminations soient intentionnelles ou non[39].
- Les déterminants principaux de l'action didactique sont le savoir, l'action adressée et l'épistémologie pratique des professeurs. Notre corpus de données sera organisé en fonction de ces trois déterminations principales.

Dans notre recherche, nous souhaitons étudier le savoir en tant que déterminant de l'action professorale mais aussi obtenir des éléments de compréhension sur les conditions d'avancée des savoirs, enjeu des transactions didactiques. Les cadres théoriques complémentaires que nous avons choisis pour suivre l'avancée du savoir dans la classe imposent deux nouvelles hypothèses qui seront mises à l'épreuve lors de l'analyse :

- La densité et la diversité des jeux épistémiques au sein des jeux d'apprentissages sont des indicateurs de l'avancée des savoirs dans la classe ;
- Le nombre de relations établies entre ces deux mondes témoigne de l'avancée des savoirs dans la classe.

De la mise en tension de ces postulats résultent de nouvelles hypothèses qu'il conviendra également de discuter :

- Il est possible d'inférer de la pratique des enseignants le rôle réellement joué par chacun des déterminants à condition d'avoir préalablement identifié leurs caractéristiques : une analyse *a priori* des savoirs en jeu, des instructions officielles et de l'épistémologie pratique des enseignants est nécessaire ;
- Tous les enseignants ont une représentation de la science et de son enseignement, consciente ou non, à laquelle il en partie possible d'accéder par questionnaires. L'accès au moins partiel aux représentations des enseignants sur les fondements de la science, son origine, ses relations avec la vérité nous permettra de caractériser l'action didactique du professeur au sein de la classe et d'inférer des déterminants de cette action.

[39] Ce point sera discuté dans la dernier chapitre car nous avons conscience que d'autres cadres théoriques auraient pu nous donner à voir l'action des enseignants comme étant dirigée par des objectifs à atteindre et non pas déterminée par des causes.

- Enfin, des liens sont possibles entre les différents cadres théoriques retenus à savoir la TACD, le recours aux tâches épistémiques et aux activités de modélisation. Nous pensons que l'étude de l'avancée des savoirs dans la classe doit permettre d'inférer ou de confirmer le rôle joué par certains des déterminants de l'action.

Chapitre 4
Méthodologie de la recherche

Notre travail de recherche vise à préciser des déterminants de l'action professorale en étudiant les transactions didactiques au sein du système « professeur-élèves et savoirs en jeu ». L'une de nos hypothèses principales est que les déterminants de l'action professorale peuvent être reconstruits par le chercheur à la suite de l'analyse des actions du professeur, replacées dans le contexte des transactions didactiques. Autrement dit, les déterminants de l'action du professeur ont une influence sur ses actions dans la classe et dans la préparation de sa classe.
Nous supposons également qu'il est possible d'inférer de la pratique des enseignants le rôle réellement joué par chacun des déterminants à condition d'avoir préalablement identifié leurs caractéristiques : une analyse *a priori* des savoirs en jeu, des instructions officielles et de l'épistémologie pratique des enseignants est nécessaire. Notre corpus de données s'appuie sur ces hypothèses de travail. Dans une première partie, nous exposons les principes généraux de notre méthodologie *(1.* Principes généraux*)* puis nous préciserons comment nous avons construit nos corpus principal *(2.* Corpus principal*)* et secondaire (*3.* Corpus secondaire*)*.

1 Principes généraux

1.1 Une démarche fondée sur une approche clinique/expérimentale.

Nos questions de recherche nécessitent l'étude d'un système *didactique ordinaire* permettant de « *comprendre le fonctionnement en situation d'objets que les enseignants ont pour tâche d'enseigner dans leur pratique courante* » (Leutenegger, 2000, p. 212). Cette méthodologie n'exclue pas d'extraire de nos analyses des conclusions ayant des implications sur l'enseignement, en informant notamment sur les conditions d'avancée des savoirs. Ainsi, nous renseignerons le contenu d'une séquence type en sciences *(Voir chapitre 9, 1. Discussion des résultats de la recherche)*.
Nous avons opté pour une méthode d'observation de type *clinique/expérimentale* afin d'articuler des démarches cliniques avec des contraintes expérimentales (Schubauer-Leoni & Leutenegger, 2002). Nous qualifions de clinique un dispositif ayant pour intention d'étudier un sujet au sein d'un système pour suivre, par exemple, son évolution ou la production de connaissances au sein de ce système. En effet, l'observation clinique (*du grec klinê : lit*) a pour origine les méthodes utilisées en médecine et se rapporte à l'étude que le médecin pratique au chevet de son malade. Par extension, Leutenegger (2009), citant Chevallard (1982), transpose cette méthode aux études didactiques en précisant que « *l'équivalent du "lit" du malade est, pour l'enseignement, "la classe" et non pas "l'élève"* » (Leutenegger, 2009 p. 27).
Dans notre recherche, il s'agit d'aborder l'action professorale au sein du système Professeur-élèves-savoirs. Ce système didactique est *« considérer comme une entité insécable : même si l'on « entre » par un pôle ou par un autre dans le système pour l'étudier, chacun des observables est nécessairement à replacer dans le contexte de cette relation ternaire et à rapporter aux deux autres sous-systèmes.* » (Schubauer-Leoni & Leutenegger, 2002, p. 233).

Le choix de cette méthode clinique nécessite de construire une série de signes à partir d'une série d'observations de classes. Schubauer-Léoni & Leutenegger (2002, p. 244) décrivent cette méthode en s'appuyant sur les propos de Foucault :

> *« Foucault montre qu'une approche clinique des phénomènes a permis à la médecine du XVIIIe siècle une troisième voie possible entre ce qu'on nommait « sciences de la nature » et « sciences de l'Homme». La nouveauté a consisté en une modification profonde du rapport entre l'observateur et les faits observés. Foucault insiste sur le fait que le phénomène « maladie » n'existe pas en tant que tel « dans la nature ». Ce que l'on nomme « maladie » relève d'une construction à partir de signes qui eux-mêmes proviennent de symptômes observables, mais ne s'y réduisent pas. Le signe ne donne pas à connaître mais tout au plus à reconnaître. La nuance est de taille d'un point de vue épistémologique, puisque « reconnaître » suppose des critères de reconnaissance et donc des savoirs permettant cette reconnaissance. Par opposition, « connaître », au moins dans l'acception qui était de règle dans la médecine du XVIIIe siècle, suppose plutôt l'émergence d'un savoir issu directement du réel, celui du symptôme. On est là en plein empirisme. Nous retenons chez Foucault, l'idée selon laquelle des faits, des « événements enregistrés », qui font partie d'une série aléatoire, peuvent être isolés puis regroupés en une convergence ou une divergence, par réduction progressive de l'incertitude quant à leur interprétation »*

Afin d'organiser l'étude de la réalité des transactions didactiques, nous allons construire un objet d'étude à partir des traces recueillies opérant ainsi une réduction du réel. Nous décrirons ces étapes dans la suite de notre texte. Ce sont ces ensembles de signes que nous analysons afin de « *reconnaître* » des déterminants de l'action professorale. Cette opération suppose l'élaboration des critères de reconnaissances à partir de nos cadres théoriques.
Cette approche clinique des faits didactiques en milieu ordinaire implique que le système observé peut être perturbé par les conditions expérimentales elles-mêmes susceptibles de faire réagir le système étudié. Aussi, les pratiques étudiées ne pourront pas être dissociées des conditions expérimentales dans lesquelles elles sont étudiées.

> *« En adoptant cette démarche de type clinique /expérimentale, il convient de situer le clinique au sein d'une approche où l'organisation des faits est d'emblée penser sous le contrôle de l'expérimental. En retour ce plan expérimental gagne en plasticité, accepte la suspension des interprétations exigées par les contraintes du travail clinique »* (Leutenneger, 2004, actes du 9ème colloque de AIRDF de Québec).

1.2 Le dispositif de recherche

1.2.1 Dispositif global du projet de recherche

La première année du projet de recherche dans lequel s'intègre notre recherche *(voir Chapitre 1,3.* Le projet de recherche dans lequel s'intègre cette thèse*.)* a seulement concerné le niveau de l'école primaire (cycle 3). Les enseignants mobilisés sont deux enseignants de CM2 d'une école primaire en banlieue lyonnaise. Le premier que nous nommons arbitrairement PB est un jeune enseignant (Titulaire depuis 3 ans à la mise en place du dispositif de recherche) issu d'une formation initiale en biologie. La seconde enseignante PA plus expérimentée (Titulaire depuis 7 ans à la mise en place du dispositif de recherche) a une formation initiale scientifique en sciences physiques. Tous deux se sont dirigés au cours de la seconde année vers une reprise d'étude en s'engageant dans un master *« Histoire, Philosophie et Didactique des Sciences* ». Lors de la première année, un troisième enseignant P3 souhaitait

également s'intégrer dans le projet. Nous avons filmé une de ses séances mais il n'a pas souhaité renouveler l'expérience pour des raisons personnelles indépendantes du dispositif.
Les professeurs de collège, quant à eux, ont été intégrés au dispositif les deux années suivantes. Les professeurs mobilisés enseignent, dans le collège du même secteur que l'école primaire, les sciences physiques pour le premier et les SVT pour la seconde.
Dans le cadre du dispositif général de recherche, les pratiques enseignantes ont été étudiées dans leur milieu ordinaire. La première année du dispositif, les seules consignes qui ont été données aux enseignants étaient d'élaborer une séquence de sciences afin de filmer sa mise en œuvre. L'objectif, pour les chercheurs, était de filmer une séquence dans sa globalité afin de mieux reconstruire les démarches pédagogiques mises en œuvre autour d'une thématique donnée et ce pour éventuellement constater des décalages avec les prévisions des enseignants ou encore pour pouvoir les comparer avec les instructions officielles. Ainsi, l'enseignant PB a choisi une séquence sur la notion de fruit et l'enseignante PA a choisi d'aborder la solidification de l'eau.
Lors de la deuxième année, les enseignants de l'école primaire ont choisi librement d'autres thématiques : les phases de la Lune pour PA et l'énergie avec la notion d'isolant pour PB. Afin d'interroger les pratiques des enseignants du collège sur des thématiques communes à celles étudiées au cycle 3, les séquences filmées au collège ont été choisies par les chercheurs. Une séquence sur les graines et une séquence sur les phases de la Lune ont ainsi été filmées.
Au début de la troisième année, la consigne de travail pour les enseignants de l'école primaire a été modifiée. Nous avons demandé à l'enseignant PA d'élaborer une séquence sur le thème de l'énergie et à l'enseignante PB une séquence sur les phases de la Lune. Nous n'avons pas donné de consignes supplémentaires, notre objectif étant de pouvoir comparer les approches choisies par l'un ou l'autre des enseignants sur une même thématique.
Outre les rencontres dédiées aux enregistrements vidéographiques des séquences, des rencontres avec les enseignants ont été organisées durant ces trois années, au cours desquelles des entretiens ont été conduits. Des difficultés liées au fonctionnement de l'établissement nous ont empêchées d'intégrer ces entretiens dans un protocole précis. La Figure 9 rend compte de la répartition des entretiens et des réunions menés avec les différents acteurs du dispositif de recherche. Lors de la première année, deux réunions ont été consacrées à la discussion des questionnaires de notre corpus secondaire *(3.2.* Elaboration de l'enquête, élément central du corpus secondaire*)*.

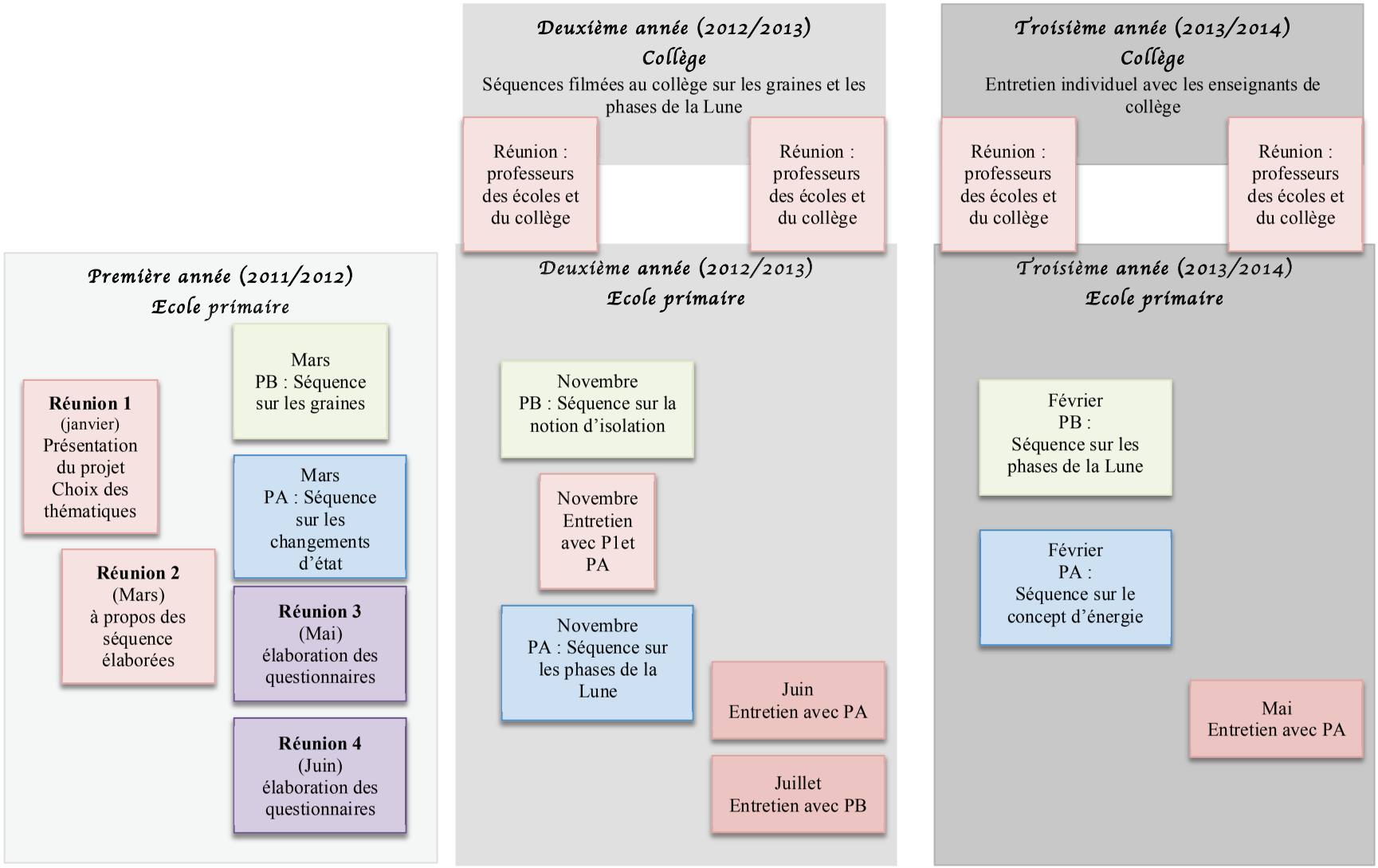


Figure 9 : Organisation du dispositif global de recherche dans lequel s'intègre cette thèse

1.2.2 Notre dispositif de recherche au sein du dispositif global

1.2.2.1 Production d'une analyse argumentée

La constitution du corpus de données émane à la fois du cadre théorique choisi et de nos hypothèses principales de travail.

Les déterminants de l'action professorale retenus font référence à des soubassements organisés autour de trois grandes dimensions : les savoirs en jeu, l'action adressée du professeur et son épistémologie pratique.

Nous supposons que les déterminants de l'action du professeur influencent ses actions *in situ* et qu'il est possible, à partir de l'analyse de la pratique des enseignants, d'inférer le rôle joué par ces déterminants à condition d'avoir préalablement défini leurs caractéristiques[40]. A ces fins, une analyse *a priori* des savoirs en jeu, des instructions officielles et de l'épistémologie pratique des enseignants est nécessaire (*Voir chapitre 5, Caractérisation des déterminants possibles).*

Ainsi, nous avons construit deux corpus de données *:*

- Un corpus principal constitué de séquences filmées et des fiches de préparations des enseignants associées ;
- Un corpus secondaire constitué d'une enquête sur les représentations des enseignants *vis-à-vis* des sciences et de son enseignement, de l'analyse *a priori* des instructions officielles, de l'analyse *a priori* des savoirs en jeu dans les séquences filmées et des entretiens menés avec les enseignants à différents moments de la recherche.

L'analyse du corpus principal est liée aux systèmes de descripteurs des trois strates de la TACD associés aux outils théoriques complémentaires pour la description de l'avancée des savoirs dans la classe. Ces outils complémentaires sollicités (tâches épistémiques et niveaux de modélisation) pour caractériser l'avancée des savoirs dans la classe permettent une analyse fine de l'action didactique notamment en documentant le triplet des genèses et particulièrement la chronogenèse. Ainsi, en lien avec nos questions de recherche, ils caractérisent les conditions d'avancée des savoirs dans le milieu. L'analyse des tâches épistémiques permettra également d'inférer des déterminants de l'action professorale.

De plus, pour comprendre le jeu *in situ*, il est nécessaire de considérer la manière dont il a été préparé. Or, notre recherche ne porte pas sur la compréhension « *des intentions professorales préalables à l'activité didactique in situ* [41]» ce qui impliquerait notamment une étude de la « *genèse documentaire* »[42]. Pour l'analyse de l'action *in situ,* nous nous appuierons seulement sur les documents préparatoires fournis par les enseignants, sans chercher à connaître les modalités d'élaboration de ces documents.

---

[40] Rechercher les déterminants de l'action professorale revient à identifier les origines implicites du comportement didactique observé de l'implémentation des jeux didactiques. Aussi, nous pensons que les enseignants peuvent donner à voir, par exemple, des éléments en lien avec leurs représentations sur les sciences sans avoir conscience de l'effet de ces représentations sur leurs actions dans la classe

[41] Sensevy, 2011, chapitre 5 en ligne à l'adresse : http://python.espe-bretagne.fr/sensevy/sensdusavoir/LeSensDuSavoirChap5.pdf.

[42] Geudet et Trouche, 2010, in Sensevy, 2011, Chapitre 5 en ligne à l'adresse : http://python.espe-bretagne.fr/sensevy/sensdusavoir/LeSensDuSavoirChap5.pdf.

Le premier descripteur fourni par la TACD concernant la construction du jeu est l'analyse épistémique intrinsèque à une tâche. Cette analyse comprend le point de vue du professeur sur la préparation et la mise en œuvre de cette tâche dans la classe. A ces fins, nous mobilisons d'une part, l'analyse des actions prévues et réalisées (à travers l'ensemble des jeux d'apprentissage), et d'autre part l'analyse des tâches épistémiques prévues et mises en œuvre afin de mettre en évidence des décalages. Nos analyses sont complétées par les justifications apportées par les professeurs lors des entretiens sur leurs préparations et les séances mises en œuvre.

Le second descripteur fourni par la TACD concernant la construction du jeu est l'analyse des rapports épistémique et épistémologique du professeur aux savoirs contenus dans les tâches mises en œuvre.

> *« Si l'on considère la didactique comme la discipline liée à l'étude des processus de transmission, et les savoirs comme entités fondamentales dans ces processus, alors le didactique, en tant que dimension du social concerne non seulement les savoirs, mais encore ce qui constitue la théorie de ce qu'est le savoir dans une institution déterminée. Le didactique est donc organiquement lié à l'épistémologie, si l'on accord à ce dernier terme le sens étymologique de « théorie du savoir ». C'est à dire que, devant l'enseignement d'un savoir, le didacticien devra toujours poser la question suivante : dans (avec) quelle épistémologie ce savoir est-il enseigné ?*
>
> *Parallèlement à ce travail épistémologique, le travail épistémique paraît décisif. Il consiste à mettre en œuvre l'analyse des savoirs rencontrés par les élèves dans une situation donnée. Cette analyse épistémique, propre aux savoirs eux mêmes peut être établie en lien avec l'analyse épistémologique (propre aux conceptions de ces savoirs actualisés dans leur étude » (Ibid, p. 36)*

L'objet de notre recherche ne se situant pas sur la phase de préparation de séances, nous n'avons pas produit d'analyse du rapport aux objets de savoirs s'inscrivant dans la théorie anthropologique de Chevallard. Nous avons préféré caractériser le rapport aux savoirs des enseignants à partir d'une analyse de leurs représentations des modes d'élaboration des connaissances scientifiques.

Concernant notre corpus secondaire, l'analyse *a priori* des savoirs visés dans les séquences constitue une référence à laquelle nous soumettons l'action didactique *in situ*. L'enquête informe sur les représentations des enseignants vis-à-vis des sciences et de leur enseignement, les résultats pourront soit conforter les résultats de l'analyse de l'action *in situ* soit fournir un nouvel éclairage. Les items de cette enquête s'appuient sur un cadre théorique de référence issu de l'épistémologie *(Voir chapitre 2, 1. Théorie de l'action conjointe en didactique)* que nous avons également mobilisé pour produire une analyse des instructions officielles.

L'argumentation de notre analyse résulte du croisement de ces systèmes, modélisé par la figure 10.

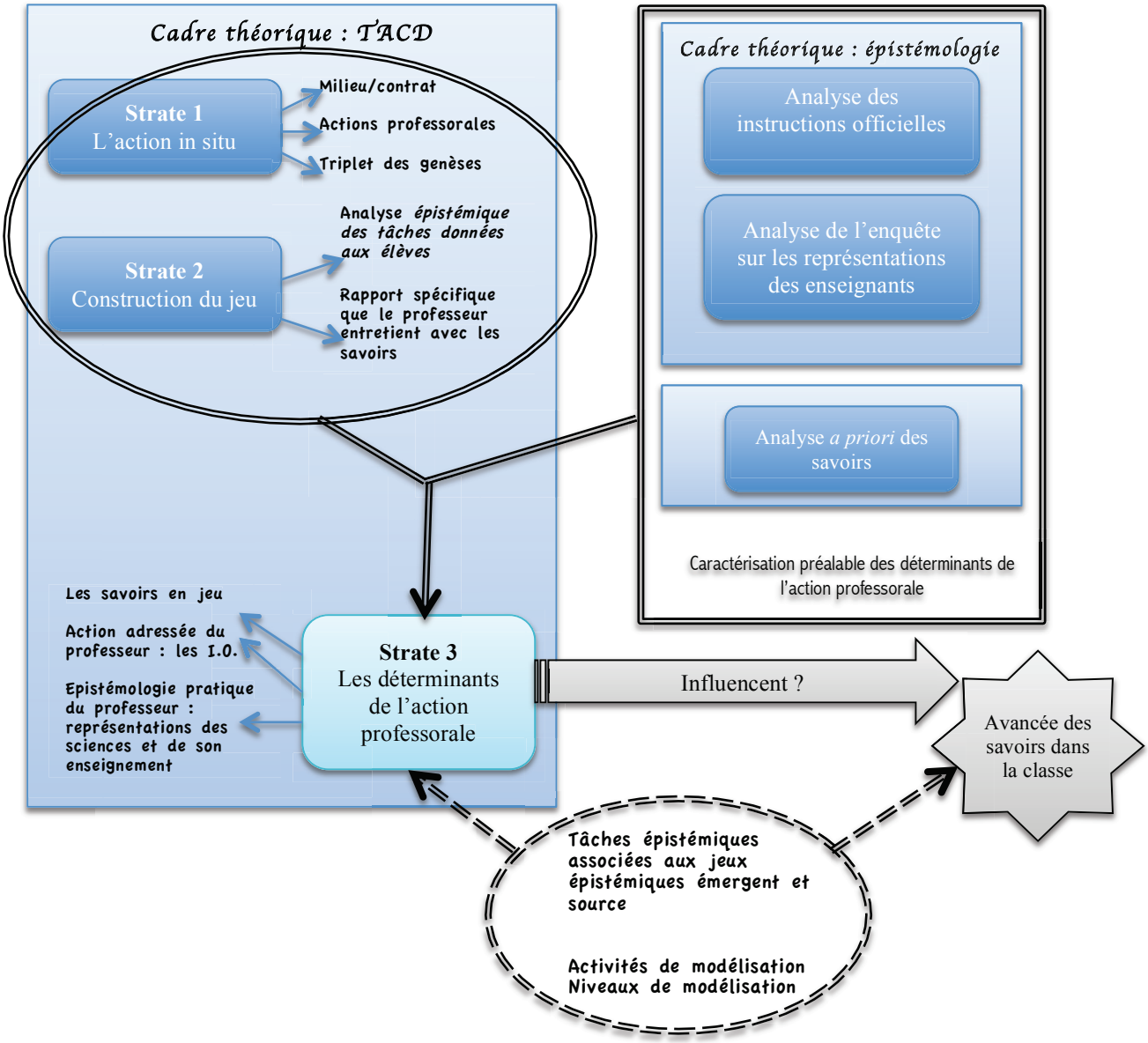


Figure 10 : Dispositif général permettant de produire une analyse argumentée.

1.2.2.2 Sélection des données à analyser

Notre recherche s'inscrivant dans un projet plus vaste, nous avons dû choisir parmi les données disponibles celles que nous souhaitions exploiter. Lors de la première année, les séquences filmées se sont avérées de mauvaises qualités ; une défaillance sur le micro d'ambiance ne nous a pas permis de faire une transcription complète des données.
De plus, la comparaison des séquences sur deux thématiques communes aux deux enseignants de cycle 3 initialement prévue n'a pas été possible. En effet, nous souhaitions comparer la mise en œuvre par deux enseignants d'une séquence sur les phases de la Lune et d'une autre sur le thème de l'Energie. Or, PB a choisi d'aborder le thème de l'énergie *via* la notion d'isolation alors que PA a choisi une approche plus conceptuelle en définissant notamment les différents types et sources d'énergie. *(Voir* Figure 11 : Constitution des corpus ; sélection des données*)*. Par conséquent, nous avons donc focalisé notre recherche sur les deux séquences sur les phases de la Lune de PB et PA.

1.2.2.3 Articulation des données sélectionnées

Le corpus principal est constitué:

- De la séquence filmée sur les phases de la Lune mise en œuvre par PA[43] et des fiches de préparation associées[44] ;
- De la séquence filmée sur les phases de la Lune mise en œuvre par PB[45] et des fiches de préparation associées[46].

Le corpus secondaire est constitué :

- De l'analyse *a priori* des savoirs en jeu dans les séquences filmées ;
- De l'analyse *a priori* des instructions officielles[47] ;
- D'une enquête sur les représentations des enseignants sur les sciences et sur l'enseignement des sciences[48] ;
- Des entretiens menés avec les professeurs de cycle 3[49].

[43] Les transcriptions des séances mises en œuvre par l'enseignante PA figurent en annexes n°28 à 31.
[44] Les fiches de préparation figurent en annexe n°27.
[45] Les transcriptions des séances mises en œuvre par l'enseignante PB figurent en annexes n°44 à 48.
[46] Les fiches de préparation figurent en annexes n°40 et 41.
[47] Voir Chapitre 2, 2.3. Caractère adressée de l'action du professeur : les instructions officielles.
[48] L'intégralité de l'enquête figure en annexes n°11 et 12.
[49] Les transcriptions des entretiens figurent en annexes n°59 à 62.

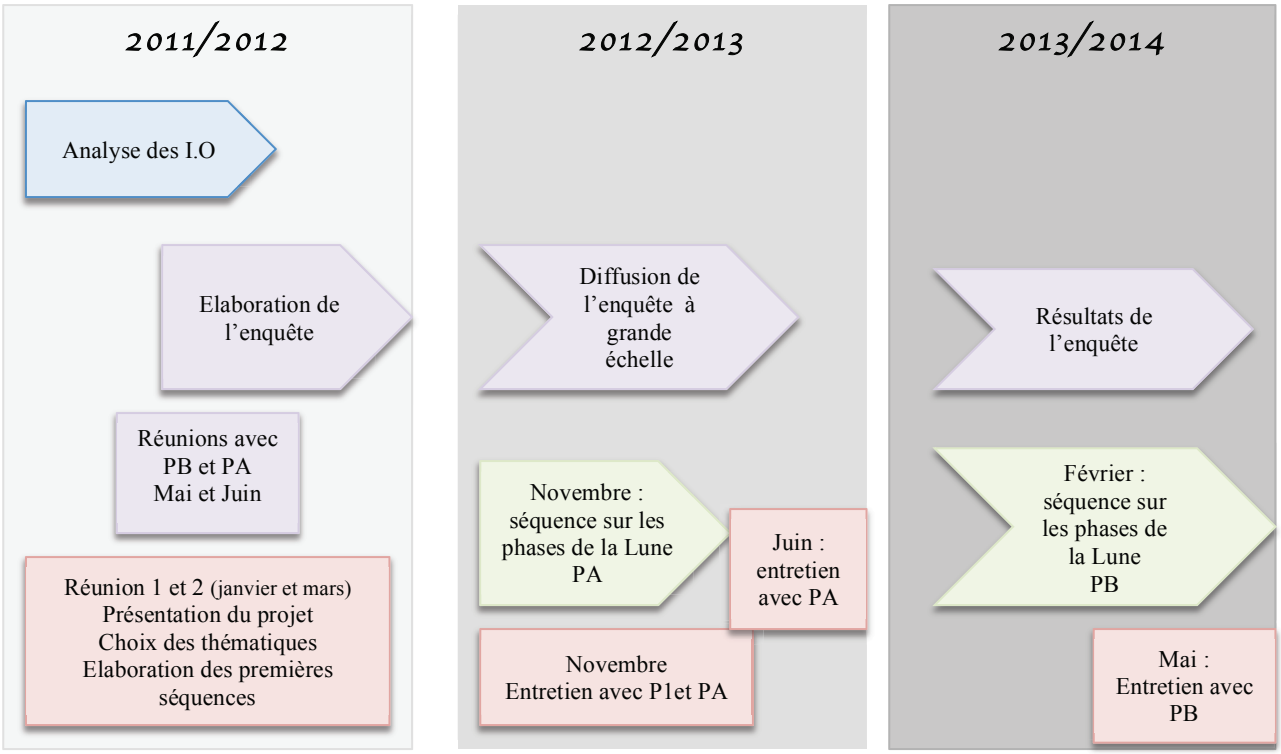


Figure 11 : Constitution des corpus ; sélection des données

2 Corpus principal

2.1 Recueil des données

2.1.1 Le film comme « un médium privilégié [50] »

Nos questions de recherche portant sur les déterminants de l'action professorale, il nous fallait un outil pour appréhender au mieux le travail de l'enseignant dans son milieu ordinaire. Nous avons choisi de recourir à des enregistrements vidéo, supports plus riches que d'autres méthodes d'observation telles qu'un enregistrement audio, des prises de notes à la volée ou encore des grilles d'analyse que nous aurions complétées en temps réel : les enregistrements audio ne rendent pas compte des comportements gestuels ; la prise de note reste difficile à mener en temps réel et le chercheur est amené à faire des choix ce qui la rend en partie subjective ; le recours à des grilles d'analyse conçues en amont suppose une maîtrise des critères d'analyse *a priori* et ne permet pas de modifications *a posteriori*. Selon Veillard (2013), l'intérêt de l'enregistrement vidéo réside essentiellement dans la possibilité pour le chercheur de conserver la totalité des comportements et des communications se trouvant dans le champ de la caméra. Les données étant ainsi disponibles pour l'analyse, le chercheur est

[50] D'après « Filmer la pratique : un point de vue de la théorie de l'action conjointe en didactique, Sensevy, Id Instrumentation de la recherche en éducation, Laurent Veillard et Andrée Tiberghien, 2013 ».

dispensé de choisir *a priori* des catégories définitives de description puisqu'il peut revoir, ralentir ou s'arrêter sur certaines données.
Sensevy (2013) décrit la prise de données vidéo comme « *analogon de la pratique* ». Le film est pour lui un système analogue ou dense qu'il oppose à un système digital formé d'unités discrètes. Il montre alors qu'une « *représentation digitale d'un fait donné est forcément lacunaire par rapport à la représentation analogique du même fait*. » (Sensevy, 2013, δ18). Les images filmiques peuvent être perçues comme une analogie de la réalité car à travers la densité de ces images « *il est toujours possible de retrouver […] une relation attestée entre les entités de la réalité* » (Sensevy, 2013, δ22). Il conclut que le film d'une séance de classe est un outil pertinent pour rendre compte des transactions didactiques, transactions qui justement sont au cœur de notre recherche.

> « *Un film d'une séance de classe peut s'apprécier comme une représentation analogique de transactions didactiques dont les éléments de savoir constituent les objets transactionnels. Il donne à voir l'ajustement mutuel à l'autre inhérent à toute action conjointe, et l'ajustement mutuel à l'autre dans le savoir inhérent à l'action didactique conjointe. Il permet d'appréhender le processus de sémiose inhérent à cette action.* » (Sensevy, 2013, δ40).

2.1.2 Méthodes

En amont des prises de vue, nous avons élaboré une enquête dans le but d'accéder aux représentations des enseignants *vis-à-vis* des sciences et de leur enseignement. Pour cela, nous avons collaboré avec les enseignants PB, PA et P3 auxquels nous avons soumis des versions intermédiaires de cette enquête et dont ils ont commenté les formulations et leurs réponses. Ces premiers échanges ont permis d'instaurer une relation de confiance avant notre « intrusion » dans les classes. De plus, afin de renforcer cette relation et dans le but de préparer au mieux les professeurs, nous avons pris le temps de leur expliquer notre objet de recherche à savoir l'étude des pratiques concernant les démarches d'enseignement des sciences. Nous n'avons pas détaillé notre problématique pour limiter notre influence sur leurs pratiques habituelles. Nous avons également informé les parents d'élèves de l'existence du projet de recherche et nous avons demandé pour chaque élève une autorisation d'utilisation de leur image.
Le dispositif retenu est une combinaison de plusieurs techniques. Nous avons eu recours à :

- Une caméra grand angle sur un trépied munie d'un micro d'ambiance. Cette caméra étant positionnée devant la classe près du tableau, elle donne à voir l'ensemble des élèves. En revanche, elle ne permet pas d'enregistrer les communications notamment lors des travaux de groupes. Nous nous sommes autorisée quelques changements de cadrage notamment lorsque les élèves passent au tableau : nous avons alors orienté la caméra de façon à ce qu'ils soient dans son champ.
- Un micro cravate relié à un enregistreur MP3 pour l'enseignant. Nous avons demandé aux professeurs filmés de porter un micro cravate afin d'enregistrer toutes leurs interventions.
- Nous avons également eu recours à une caméra à la main. Nous avons alors choisi un autre point de vue que celui de la caméra grand angle en nous positionnant au fond de la classe. Cette caméra nous a permis de zoomer sur des évènements qui nous semblaient intéressants comme par exemple certaines productions écrites affichées au tableau. De plus, les travaux de groupes étant très courants, nous avons suivi les enseignants dans leur accompagnement de chacun des groupes.

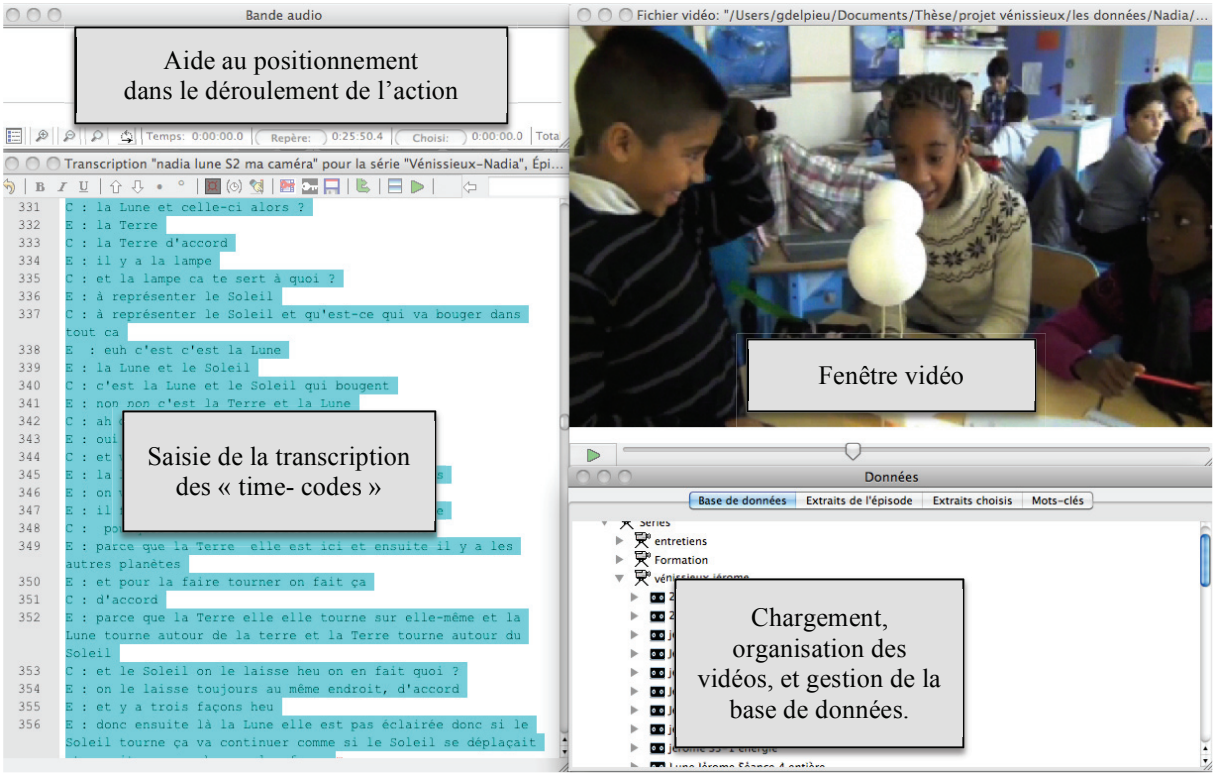
Selon les préconisations de Veillard (2013), nous sommes restée très *active* et *ouverte* sur le terrain même si le dispositif d'enregistrement a été pensé en amont des prises de données. Nous sommes restée vigilante sur les évènements que nous observions et leur lien éventuel avec notre problématique de recherche. Nous avons exploité la liberté d'action offerte par la caméra à la main pour nous autoriser parfois des déplacements non prévus. De plus, nous avons complété nos données par des photographies palliant aux limites de prises de vue de nos caméras.

2.2 Processus de traitement et réduction des données

2.2.1 Première réduction des données : la transcription

Une première réduction des données consiste à transcrire les vidéos des séquences de classe. Pour ce faire, nous avons eu recours au logiciel Transana. Nous n'avons pas choisi ce logiciel pour ces multiples fonctions d'analyse des donnés audio ou vidéo (transcrire, créer des unités d'analyse (clips) de ces transcriptions, coder les clips par des mots-clefs…) mais pour la praticité de son ergonomie. En effet, il permet, dans une même fenêtre, d'avoir accès à la vidéo avec des contrôles de navigation, de saisir la transcription, de visionner un oscillogramme permettant un repère temporel et enfin de gérer la base de données. De plus, Transana permet d'associer le texte de la transcription avec les moments spécifiques de la vidéo en insérant des « time-code » n'importe où dans la transcription.
Revenir aisément à la vidéo pour situer la verbalisation en référence aux éléments de la situation s'est avéré être un outil indispensable à l'analyse lorsque la transcription n'était pas suffisante.

Figure 12 : Les écrans de Transana[51]



Les transcriptions proposées sont réalisées à partir de la bande vidéo provenant de la caméra mobile. Lorsque la bande son n'était pas suffisamment audible, nous avons eu recours aux autres enregistrements vidéo et audio. Malgré ces différentes sources, certains échanges n'ont pas pu être transcrits. Ils sont signalés comme inaudibles dans les transcriptions.

2.2.2 Processus de découpages : du macroscopique au microscopique

A partir du cadre théorique de référence, nous avons choisi un découpage en trois niveaux à la granularité de plus en plus fine. Dans cette partie, nous définissons chacun de ces trois niveaux.

2.2.2.1 Découpage à l'échelle macroscopique

Chaque séquence d'enseignement[52] est constituée de plusieurs séances. Le premier niveau d'analyse correspond à une organisation thématique de ces séances. Ce découpage a été choisi afin de rendre compte du sens du discours de la classe du point de vue du savoir (Tiberghien, 2007). Ainsi, l'enchaînement des thèmes au sein des séances et sur la séquence globale informe sur la chronogenèse.
Chaque thème est déterminé par des marqueurs langagiers d'introduction et de conclusion et correspond à une unité de discours caractérisé par une cohérence dans le contenu (Cross, Veillard, Le Maréchal & Tiberghien, 2009).

[51] Image issue de nos transcriptions et commentaires issus du site http://python.espe-bretagne.fr/dforest/video/Transana.pdf consulté le 28 janvier 2014.
[52] Ensemble continu ou discontinu de séances articulées entre elles dans le temps et organisées autour d'une ou plusieurs activités en vue d'atteindre les objectifs fixés par les programmes d'enseignement (Terminologie de l'éducation - BOEN n°35 - 17-09-1992).

2.2.2.2 Découpage à l'échelle mésoscopique

Au sein de chaque thème, la succession des jeux d'apprentissage constitue notre second niveau d'analyse. En effet, notre étude *théorique (voir Chapitre 2)* nous a permis de conclure quant à la possibilité de reconstruire des moments particuliers caractérisés par un nouvel enjeu de savoir dans la classe. Ces moments, nés de la nécessité d'avancer dans l'apprentissage, sont repérés par un contenu de savoir. Ce contenu permet de donner des indications supplémentaires sur les conditions d'avancée du savoir dans la classe. Ils sont définis par le couple milieu/contrat et par une règle du jeu. Ils doivent commencer par un élément introductif et finir par un élément qui le clôture. Nous avons nommé chaque jeu d'apprentissage en utilisant un verbe d'action afin de rendre compte des actions réellement mises en œuvre lors des transactions didactiques. Nous avons ensuite codé chaque jeu d'apprentissage en utilisant deux lettres suivies d'un numéro : SxJy désigne la séance x et le jeu d'apprentissage y.

A l'issu de ce découpage, nous avons effectué « *une mise en narration* » de chaque jeu d'apprentissage. Une approche narrative de l'action implique d'adopter un point de vue : le notre est lié à une description de l'action conjointe. Ainsi, notre discours correspond à « *une mise en récit du jeu didactique et de ses transactions* » dont la « *valeur didactique tient au fait qu'elle est élaborée à partir de la dimension épistémique de la situation de savoir* » (Marlot, 2008, p. 132). Ainsi, toutes les actions sont décrites de manière chronologique, avec des verbes d'action, en ayant recourt le moins possible à des connecteurs logiques afin de ne pas suggérer à ce stade une interprétation de la succession de ces actions. Nous avons donc opté pour une construction grammaticale simple rendant compte de l'action d'un sujet sur un ou des objets.

2.2.2.3 Découpage à l'échelle microscopique.

Chaque jeu d'apprentissage sera découpé en épisodes selon les besoins. Cette granularité plus fine, constituant le troisième niveau, concerne les interactions entre les transactants. Selon Lémonie, Gouju & David (2007), l'action didactique « *peut se définir comme une combinaison d'actions réciproquement orientées entre l'enseignant et l'élève, motivées par le projet de transformer le flux d'expérience de l'élève en réponse à une modification du flux d'expérience de l'enseignant, ceci en référence à des contenus d'enseignement ».* Les ouvertures et fermetures de ces épisodes sont associées à des marqueurs langagiers. Chaque épisode est lié à une activité spécifique avec un contenu et un acteur donnés.

2.2.2.4 Synthèse sous forme de tableaux[53]

Pour chaque séquence, les découpages opérés selon les trois niveaux d'analyse choisi sont synthétisés dans des tableaux. Ces derniers permettent de repérer les nouveaux jeux, montrent la succession des jeux didactiques joués et les situent les uns par rapport aux autres.

[53] Les tableaux présentant les découpages réalisés figurent en annexes n°32 à 35 pour PA et en annexes n°49 à 53 pour PB.

2.3 Elaboration de critères d'analyses par jeux d'apprentissage

Notre travail de recherche s'inscrivant dans le champ de la didactique, le savoir dans la classe et son évolution sont pris en compte dans nos analyses.
Dans un premier temps, l'analyse de l'action *in situ* s'appuie sur les outils de la TACD. Dans un second temps, nous avons mobilisé les outils issus de nos cadres théoriques complémentaires, à savoir les notions de jeux épistémiques et de niveaux de modélisation.

2.3.1 Décrire l'action enseignante à travers les jeux d'apprentissage

Les outils sollicités sont ceux développés par la TACD et définis dans le chapitre 2 *(Cadres théoriques)* à savoir :

- Le contrat didactique et la règle du jeu ;
- Le milieu didactique ;
- Le quadruplet de la caractérisation professorale ;
- Le triplet des genèses.

Nous avons jugé nécessaire de définir des « niveaux » pour chacune des caractérisations professorales (définir, dévoluer, réguler et institutionaliser), l'affirmation ou la négation nous semblant trop réductrices pour rendre compte d'une action humaine.
Le choix des niveaux résulte soit de la mise en tension des objectifs visés (obtenus à partir de l'analyse des séquences planifiées par les enseignants) et des objectifs accessibles (obtenus à partir de l'analyse *a priori* des savoirs), soit de l'analyse de l'action *in situ* uniquement.

Définir : nous considérons que la définition d'un jeu est réalisée par l'enseignant lorsque celui-ci transmet les *règles constitutives* et *définitoires* du jeu. Il permet non seulement aux élèves d'accéder à la description des tâches à réaliser mais aussi aux enjeux et au gain du jeu.

> **Niveau 0** : le jeu n'est pas défini ; pas d'indices ni sur la règle constitutive ni sur la règle définitoire.
> **Niveau 1** : le jeu est partiellement défini. Il manque plus d'un élément des règles constitutive et définitoire pour que le jeu puisse être joué.
> **Niveau 2** : Le jeu est presque entièrement défini : il manque un seul élément des règles constitutive et définitoire pour que le jeu puisse être joué.
> **Niveau 3** : la règle du jeu est donnée très précisément, toutes les informations sont présentes : modalités d'organisation du jeu, description des tâches à réaliser, finalités du jeu, quand et comment on gagne.

Dévoluer : L'investissement des élèves est indispensable à l'avancée d'un nouveau jeu ce qui implique que ces derniers acceptent de « jouer d'une manière adéquate ». Ainsi, le professeur est chargé de proposer aux élèves une situation qui leur permet de prendre la responsabilité de s'engager de façon autonome. Ce processus de dévolution s'exprime dans la grammaire du jeu à travers la clause *proprio motu* que nous avons défini préalablement.

Niveau 0 : l'enseignant n'a pas proposé aux élèves une situation leur permettant de prendre en charge le jeu. Le jeu est complètement assumé par l'enseignant, les élèves ne s'investissent pas de leur propre mouvement.
Niveau 1 : la situation proposée aux élèves leur permet d'agir de façon très ponctuelle de leur propre mouvement. Peu d'autonomie est laissé aux élèves.
Niveau 2 : la situation proposée aux élèves leur permet d'agir pratiquement pendant tout le jeu de leur propre mouvement : seule quelques rares interventions de l'enseignant sont nécessaires.
Niveau 3 : la situation proposée par l'enseignant permet aux élèves de prendre en charge le jeu de façon complètement autonome. L'enseignant n'intervient plus une fois que cette situation est exposée. Les élèves initient un nouveau jeu qu'ils prennent complètement en charge.

Réguler : L'action de régulation « *caractérise tout comportement de l'enseignant produit en vue de faciliter l'adoption, par les élèves, de stratégies gagnantes, la compréhension des règles stratégiques du jeu.* » (Sensevy & Mercier, 2007, p. 28). Cette tâche constitue le cœur de l'activité enseignante *in situ* : le professeur intervient dès lors qu'il constate que le jeu didactique ne se déroule pas comme initialement prévu et fait en sorte d'orienter les élèves vers une stratégie gagnante. Il s'avère que toute la difficulté de la régulation repose sur la clause de *réticence didactique* que le professeur doit habilement maîtriser afin d'influer sur la production des stratégies gagnantes sans les révéler.

Niveau 0 : l'enseignant n'oriente pas les élèves vers la stratégie gagnante : soit parce qu'il n'offre pas la possibilité aux élèves de gagner par leur propre mouvement soit parce que les élèves ont parfaitement intégré les règles stratégiques du jeu.
Niveau 1 : l'enseignant intervient dans le but d'orienter les élèves vers une stratégie gagnante mais les élèves ont des prises de parole sans intervention de l'enseignant : elles sont plus ou moins longues ; elles sont constituées d'au moins deux échanges : c'est-à-dire la contribution d'un locuteur à un échange et l'intervention réactive d'un autre locuteur suivie d'une nouvelle contribution et d'une nouvelle réaction.
Niveau 2 : l'enseignant intervient dans le but d'orienter les élèves vers une stratégie gagnante mais les élèves ont des prises de parole sans intervention de l'enseignant : elles sont courtes ; elles sont de l'ordre de l'échange c'est-à-dire la contribution d'un locuteur à un échange et l'intervention réactive d'un autre locuteur.
Niveau 3 : chacune des interventions de l'enseignant tente d'orienter les élèves vers une stratégie gagnante, redéfinit les règles du jeu dans le but que les élèves puissent gagner dans leur propre mouvement.

Institutionnaliser : L'action d'institutionnaliser consiste à légitimer les savoirs produits par les élèves à l'issue de la stratégie gagnante d'un jeu d'apprentissage. « *Le professeur assure les élèves que leur activité leur a permis de retrouver des savoirs légitimes hors de l'institution classe, et par lequel il les rend comptable dorénavant de ces savoirs* » (Sensevy & Mercier, 2007, p. 29).

Niveau 0 : pas d'institutionnalisation.
Niveau 1 : les savoirs sont légitimés de façon implicite et l'institutionnalisation manque de cohérence avec le savoir de référence.
Niveau 2 : les savoirs sont légitimés de façon implicite ou l'institutionnalisation manque de cohérence avec le savoir de référence.
Niveau 3 : les savoirs produits sont légitimés de façon claire (soit dit oralement que c'est un savoir à retenir soit écrit) les savoirs sont cohérents par rapport au savoir académique.

Sensevy *(Chapitre 2, 1.2.2.4. Le triplet fondamental des genèses)* lie la **chronogenèse** à l'évolution dans le temps des savoirs dans la classe : « *un énoncé chronogénétique est de la forme pour telle raison, le temps didactique a avancé parce que tel élément a été introduit dans le milieu*. »
A partir de l'analyse a priori des savoirs, nous avons choisi d'exprimer l'évolution de la chronogenèse en fonction des savoirs introduits dans le milieu et de leur lien avec les savoirs visés.

Niveau 0 : les savoirs n'évoluent pas dans la classe et aucun élément en relation avec les savoirs visés n'est mentionné. Des savoirs en lien avec les jeux précédents peuvent être réactivés mais ne permettent pas de dépasser le stade précédent de connaissance.
Niveau 1 : des éléments en lien avec les savoirs visés sont mentionnés dans le milieu mais le lien avec le savoir visé n'est pas établi ; par exemple, les élèves cherchent des explications au problème posé mais aucun élément de réponse n'est apporté.
Niveau 2 : les savoirs dans la classe évoluent vers les savoirs visés :

- De nouveaux éléments sont apportés dans le milieu mais ces éléments sont incomplets par rapport au savoir visé. Ces éléments sont soit directement des éléments issus des savoirs visés soit sont en lien avec les savoirs visés et le lien est établi ;
- Les élèves avancent de nouvelles explications : le savoir visé n'est pas construit mais de nouveaux éléments participant à sa construction sont apportés ;

Niveau 3 : les savoirs présents dans le milieu coïncident avec les savoirs visés: un savoir visé est atteint ou un savoir non prévu mais en lien avec la thématique.

2.3.2 Description de l'avancée du savoir dans la classe.

Pour chaque jeu d'apprentissage, la description des éléments de savoirs présents dans le milieu permet de définir le niveau de la chronogenèse. Les jeux épistémiques émergent et source sollicités sont ensuite identifiés. Puis, les mondes mobilisés dans les activités de modélisation à partir des transcriptions des interactions sont précisés. Enfin, nous comparons la succession des actions du professeur au sein de chaque jeu d'apprentissage avec les résultats obtenus lors de l'enquête afin de mettre en évidence des points de convergence ou de divergence entre les représentations des enseignants sur les sciences et l'enseignement des sciences et leur action au sein de la classe.

2.4 Constitution des données du corpus principal

2.4.1 Les données brutes

La séquence menée par l'enseignant PB est constituée de cinq vidéos correspond chacune à une séance :

- La bande vidéo de la première séance débute à 18 :06 min après une étude de document sur le contexte de la guerre froide que nous avons choisi de ne pas transcrire et se termine à 58 min. La séance transcrite et analysée dure 40 min ;
- La bande vidéo de la deuxième séance dure 1H15 min ;
- La bande vidéo de la troisième séance dure 59 min ;
- La bande vidéo de la quatrième séance dure 1H13min ;
- La bande vidéo de la cinquième et dernière séance dure 1H30min ;

L'intégralité des transcriptions de chacune des séances (5h37min) figure en annexe.[54]

La séquence menée par l'enseignante PA est constituée quatre vidéos correspondant chacune à une séance :

- La bande vidéo de la première séance dure 1H18min ;
- La bande vidéo de la deuxième séance dure 1H05min ;
- La bande vidéo de la troisième séance dure 1H19min ;
- La bande vidéo de la quatrième séance débute à 58 min ;

L'intégralité des transcriptions de chacune des séances (4h40min) figure en annexe[55].

2.4.2 Organisation des données et mise en narration

Le premier découpage auquel nous avons procédé, sur la base des transcriptions obtenues à partir des vidéos, a pour objectif de dégager les principaux thèmes constitutifs des séquences mises en œuvre par les enseignants PB et PA. Nous proposons un découpage thématique directement à partir d'une première analyse des transcriptions pour la séquence menée par PA. En revanche, ce découpage thématique ne s'est pas avéré évident pour la séquence menée par PB : nous avons procédé aux découpages microscopique puis mésoscopique afin de pouvoir reconstruire les thématiques. Les structures des séquences des deux enseignants étant très différentes, comme nous le montrerons, nous conduisent à les présenter séparément.

2.4.2.1 Découpages de la séquence menée par PA

Le découpage macroscopique de la séquence, obtenu à partir de l'analyse des interactions entre l'enseignante et les élèves, a permis d'identifier des thèmes correspondant à une structuration du savoir par son contenu. Cependant, et contrairement à la définition retenue précédemment, les marqueurs langagiers d'introduction et de conclusion ne sont pas toujours explicites, comme en témoigne le tableau 6.

[54] L'intégralité des transcriptions de chacune des séances figure en annexes n°49 à 53 pour PB.
[55] L'intégralité des transcriptions de chacune des séances figure en annexes n°32 à 35 pour PA.

A titre d'exemple, la séance 1 est divisée en quatre thèmes[56] : le premier concerne les différents aspects de la Lune, le suivant est une phase de problématisation, le troisième permet l'émission d'hypothèses et enfin le dernier clôture de la séance.

	Marqueurs langagiers d'introduction du thème	Marqueurs langagiers de fin du thème
Thème n°1 : les différents aspects de la Lune	A propos des observations préalables de la Lune : (« PA : bien est-ce qu'il y a des élèves qui ont pu observer quelque chose ?)	
Thème n°2 : problématisation	Alors vous savez tous qu'on va travailler..	PA : Alors est-ce que vous êtes d'accord pour qu'on s'occupe de comprendre pourquoi la Lune change de forme ? hein Ee : oui
Thème n°3 : émission d'hypothèses	PA : bien. Alors je vais distribuer à chaque groupe ce document là pour que vous voyez tous ensemble les différentes formes de la Lune. Et vous allez tous ensemble enfin d'abord chacun de vous va réfléchir tout seul vous écoutez les consignes	PA : en 28 jours, tu es sure ? Bon ben écoute. On va vérifier tout ça. Bien, tu reprends tes affiches.
Thème n°4 : clôture de la séance	Vous gardez bien vos affiches, vous les pliez la grande affiche, vous mettez vos hypothèses à l'intérieur, j'en aurais besoin.	PA : d'accord. Vous rangez et vous me remettez vos affiches.

Tableau 6 : Exemples de marqueurs langagiers d'introduction et de fin de thèmes

Le découpage en jeux d'apprentissage est obtenu à partir des thèmes au sein desquels les actions à réaliser suivant une règle définie sont repérées. Pour chaque jeu, le couple milieu/ contrat est explicité ; un changement de milieu ou de règles du jeu implique un changement de jeu.

Nous donnons à titre d'exemple dans le tableau n°7 les jeux d'apprentissages issus de la première séance[57] :

Thèmes	**Jeux d'apprentissages**
Thème n°1 : les différents aspects de la Lune	**J1** : décrire les résultats des observations « organisées» de la lune lors du travail préliminaire
	J2 : décrire les observations faites de la Lune lors de son expérience personnelle
	J3 : décrire la démarche scientifique
Thème n°2 : problématisation	**J4** : comparer les formes proposées dans un document récapitulatif des phases de la Lune avec celles observées
	J5 : proposer puis sélectionner des questions
Thème n°3 : émission d'hypothèses	**J6** : émettre individuellement des hypothèses
	J7 : soumettre les hypothèses émises à la critique et sélectionner une hypothèse
Thème n°4 : clôture de la séance	**J9 :** écouter et comprendre des consignes

Tableau 7 : Jeux d'apprentissage de la séance n°1, séquence menée par PA

[56] L'intégralité du découpage figurant en annexe n°32.
[57] L'intégralité du découpage figurant en annexe n°32.

Une mise en narration de chacun des jeux est ensuite réalisée selon une approche descriptive de l'action conjointe. *(Voir chapitre 4, 1.2.2.4.* Découpage à l'échelle mésoscopique*)*

Nous donnons à titre d'exemple dans les figures 15 et 16 la mise en narration du premier jeu d'apprentissage de la première séance sur les phases de la Lune menée par l'enseignante PA ainsi que la règle du jeu associée. [58]

Thème n°1 : les différents aspects de la Lune
J1 : décrire les résultats des observations « organisées» de la lune lors du travail préliminaire
Mise en narration

En amont de la séance, l'enseignante a demandé aux élèves de dessiner la Lune telle qu'elle apparaissait dans le ciel et ce sur plusieurs jours. (« Consigne donnée en amont : chaque jour, vous devrez essayer d'observer la Lune et vous devrez la dessiner telle que vous la voyez »)
Ce jeu est **initié par l'enseignante** qui demande aux élèves de restituer à l'ensemble de la classe leurs observations. Les élèves à tour de rôle prennent la parole : différentes phases de la Lune sont alors nommées (*quartier, croissant et pleine Lune*), d'autres sont seulement décrites (les lunes gibbeuses). Même si l'aspect cyclique des phases de la Lune n'est pas évoqué (en lien avec les savoirs visés), l'idée de l'évolution des formes de la Lune en fonction du temps est abordée (E : *Elle était ronde après ça faisait un croissant après ça retournait et ça faisait un croissant de l'autre côté*).
Lorsque les propositions des élèves ne sont pas en adéquation avec le savoir académique (E : *la Lune était allumée*), l'enseignante reprend systématiquement ce qui a été dit par l'élève et l'interroge pour l'inciter à reformuler (P : *elle était allumée, allumée ? Il y a avait de la lumière ?*). Cependant, certaines propositions sont validées, oralement **institutionnalisées,** alors qu'elles sont erronées (P : *5 jours de suite qu'elle était en pleine Lune, hein ? oui*). Les prises de parole des élèves rythment l'intégralité du jeu ; l'enseignante **régule** les interventions.

Figure 13 : Mise en narration du premier jeu d'apprentissage de la séance n°1

Thème n°1 : les différents aspects de la Lune
J1 : décrire les résultats des observations « organisées» de la lune lors du travail préliminaire
Contrat/milieu
Règle du jeu

Contrat, règle du jeu : la consigne est de montrer à l'enseignante le résultat des observations faites de la Lune mais l'enseignante limite l'enjeu puisqu'elle annonce qu'elle donnera un document sur le thème dans le cas où les élèves ne fera pas part du résultat de leurs observations.
Milieu : constitué des observations des élèves et des dessins de ces observations ainsi que des prises de parole des élèves (en constante évolution puisque chaque élève enrichit le milieu de ses propres résultats d'observation)

Figure 14 : Contrat, règle du jeu et milieu du premier jeu d'apprentissage de la séance n°1

Enfin, selon les besoins, chaque jeu d'apprentissage a été découpé en épisodes.[59]

2.4.2.2 Récapitulatif des découpages macroscopique, mésoscopique pour la séquence menée par l'enseignante PA

Le tableau 8 synthétise les découpages macroscopique et mésoscopique de la séquence de l'enseignante PA. Le découpage (microscopique) en épisodes de certains jeux d'apprentissage n'apparaît pas afin de ne pas en alourdir la présentation.

[58] L'intégralité de la mise en narration des jeux d'apprentissages mis en œuvre par PA figure en annexes n°36 à n°39 .
[59] L'intégralité du découpage de la séquence mise en œuvre par PA figure en annexes n°32 à 35.

Séances	Thèmes Niveau macroscopique	Jeux d'apprentissage Niveau mésoscopique
Séance n°1	**Thème n°1** : les différents aspects de la Lune	**J1** : décrire les résultats des observations « organisée » de la Lune lors du travail préliminaire
		J2 : faire part de son expérience personnelle vis-à-vis de l'observation de la Lune
		J3 : décrire la démarche scientifique
	Thème n°2 : problématisation	**J4** : commenter un document récapitulatif des phases de la Lune
		J5 : comparer les formes proposées (doc de référence) à avec celles observées
		J6 : proposer puis sélectionner des questions
	Thème n°3 : émission d'hypothèses	**J7** : émettre individuellement des hypothèses
		J8 : soumettre les hypothèses émises à la critique et sélectionner une hypothèse
		J9 : exposer l'hypothèse retenue à l'ensemble de la classe
Séance 2	**Thème n°1** : rappel de la séance précédente	**J1** : justifier de la validité ou de la non validité de certaines hypothèses en fonction des observations faites la veille
		J2 : décrire les observations de la Lune faites la veille
	Thème n°2 : la démarche scientifique	**J3** : trouver l'étape suivant celle de l'émission d'hypothèses
		J4 : énoncer les moyens possibles pour valider/invalider les hypothèses
	Thème n°3 : élaboration et mise en œuvre du protocole de validation des hypothèses	**J5** : écouter et comprendre les consignes liées au travail à réaliser
		J6 : élaboration et mise en œuvre du protocole
	Thème n°4 : communiquer à l'ensemble de la classe les techniques utilisées pour valider les hypothèses et les résultats	**J7** : présenter des résultats à l'ensemble de la classe
		J8 : écouter les consignes de travail
Séance n°3	**Thème n°1 :** Bilan des séances précédentes	**J1** : énumérer les questions posées dans les séances précédentes
		J2 : rappeler des hypothèses émises
		J3 : présenter et expliquer des modalités de recherche et les résultats par groupe
		J4 : synthétiser les résultats obtenus les séances précédentes
	Thème n°2 : recherche documentaire	**J5** : écouter et comprendre les consignes de travail vis à vis de la recherche documentaire
		J6 : analyser des documents par groupe
		J7 : mettre en commun des résultats
Séance n°4	**Thème n°1** : rappel des différents aspects de la Lune.	**J1** : nommer les différentes formes de la Lune
		J2 : décrire l'évolution des formes de la Lune au cours du cycle
	Thème n°2 : élaborer et mettre en œuvre un modèle « témoin » par groupe	**J3** : lister le matériel nécessaire
		J4 : lister les éléments indispensables du cadre théorique de référence
		J5 : écouter et comprendre les consignes de travail
		J6 : mettre en œuvre le modèle élaboré par groupe
	Thème n°3 : mise en commun/modélisation commune/ institutionnalisation	**J7** : discuter les approximations utiles à la réussite de la mise en œuvre du modèle
		J8: mettre en œuvre un modèle et le discuter collectivement
		J9 : construire une interprétation commune des résultats
		J10 : écouter et comprendre les consignes de travail en vue d'une institutionnalisation écrite

Tableau 8 : Découpages macro et mésoscopique de la séquence sur les phases de la Lune menée par l'enseignante PA

2.4.2.3 Découpages de la séquence menée par PB

Lors de la première lecture des transcriptions, les thématiques au sein des séances n'ont pu être identifiées comme pour l'enseignante PA : les parties du texte rendant compte du savoir discuté dans la classe n'ont pas pu être aisément isolées. Les thématiques ne s'enchaînent pas linéairement mais s'imbriquent les unes dans les autres. Nous reviendrons sur cette imbrication dans le *Chapitre 10,(* Discussion sur des éléments théoriques : découpage en jeux d'apprentissage*)*. Face à cette difficulté, nous avons procédé à un découpage microscopique afin de recomposer les découpages mésoscopiques et macroscopiques.

A titre d'exemple, le Tableau 9 : Episodes, séance 1 de la séquence menée par PB rend compte des cinq premiers épisodes de la séance 1 :

Episode n°1 : Présentation de l'objectif globale du travail à effectuer TP 1 à TP3 De (00 :18 :06) à (00:19:14.7)
Episode N°2 : Distribution du matériel TP 4 à TP 12 De (00:19:14.7) à (0:20:06.6)
Episode N°3 : Précision des consignes de travail TP 13 à TP 31 De (0:20:06.6) à (0:22:03.7)
Episode n°4 : Travail individuel des élèves TP 32 à TP 50 De (0:22:03.7) à (00:25:01.0)

Tableau 9 : Episodes, séance 1 de la séquence menée par PB

A partir de ce découpage microscopique, les jeux d'apprentissage ont été constitués en regroupant les interactions des élèves obéissant à une même règle du jeu et se déroulant dans un même milieu didactique. Le Tableau 10 donne un exemple extrait de la séance 1 :

J1 : Dessiner l'astre lunaire tel que vous pensez qu'il est dans l'espace De (00 :18 :06) à (00:25:01.0) TP 1 à TP 51	**Episode n°1 :** Présentation de l'objectif globale du travail à effectuer TP 1 à TP3 De (00 :18 :06) à (00:19:14.7)
	Episode N°2 : distribution du matériel TP 4 à TP 12 De (00:19:14.7) à (0:20:06.6)
	Episode N°3 : Précision des consignes de travail TP 13 à TP 31 De (0:20:06.6) à (0:22:03.7)
	Episode n°4 : travail individuel des élèves TP 32 à TP 50 De (0:22:03.7) à (00:25:01.0)
J2 : Dessiner la Lune pour des observateurs situés sur Terre et dans l'espace De (00:25:01.0) à (0:58:46.5) TP 51 à 586	**Episode n°1 :** Consignes concernant le point de vue de l'observateur situé dans l'espace TP 51 à 74 De (00:25:01.0) à 0:27:36.6)
	Episode n°2 : Consignes concernant le point de vue de l'observateur terrestre TP 75 à 94 De (00:25:01.0) à (0:28:38.4)
	Episode n°3 : Précisions des consignes à propos des deux tâches à réaliser TP 95 à 101 De (0:28:38.4) à (0:28:58.5)

Tableau 10 : Exemples de jeux d'apprentissages issus de la séance 1, séquence menée par PB

Enfin, nous avons regroupé les jeux d'apprentissage ainsi définis selon le sens du savoir développé de façon à proposer un découpage thématique dont le Tableau 11 donne un exemple [60]:

[60] L'intégralité du découpage de la séquence mise en œuvre par PB figure en annexes n°49 à 53.

Thème n°2 : Recueil des représentations des élèves sur la forme réelle et visible de la Lune selon différents points de vue	TP 1 à TP 586 De (00 :18 :06) à (0:58:46.5)	**J1 : dessiner l'astre lunaire tel que vous pensez qu'il est dans l'espace** De (00 :18 :06) à (00:25:01.0) TP 1 à TP 51	**Episode n°1 :** Présentation de l'objectif globale du travail à effectuer TP 1 à TP3 De (00 :18 :06) à (00:19:14.7)
			Episode N°2 : distribution du matériel TP 4 à TP 12 De (00:19:14.7) à (0:20:06.6)
			Episode N°3 : Précision des consignes de travail TP 13 à TP 31 De (0:20:06.6) à (0:22:03.7)
			Episode n°4 : travail individuel des élèves TP 32 à TP 50 De (0:22:03.7) à (00:25:01.0)
		J2 : dessiner la Lune pour des observateurs situés sur Terre et dans l'espace De (00:25:01.0) à (0:58:46.5) TP 51 à 586	**Episode n°1 :** Consignes concernant le point de vue de l'observateur situé dans l'espace TP 51 à 74 De (00:25:01.0) à 0:27:36.6)
			Episode n°2 : Consignes concernant le point de vue de l'observateur terrestre TP 75 à 94 De (00:25:01.0) à (0:28:38.4)
			Episode n°3 : Précisions des consignes à propos des deux tâches à réaliser TP 95 à 101 De (0:28:38.4) à (0:28:58.5)

Tableau 11 : Exemple de thème issu de la séance1, séquence menée par PB

Comme pour PA, nous avons ensuite procédé à la mise en narration de chacun des jeux d'apprentissage et défini pour chaque jeu le couple milieu/contrat ainsi que la règle du jeu. Nous donnons à titre d'exemple, dans la Figure 15 et la Figure 16, la mise en narration du premier jeu d'apprentissage de la première séance sur les phases de la Lune menée par l'enseignant PB ainsi que la règle du jeu associée.[61]

Thème n°2 : Recueil des représentations des élèves sur la forme réelle et visible de la Lune selon différents points de vue
Jeu n°1 : dessiner l'astre lunaire tel que vous pensez qu'il est dans l'espace
Mise en narration

Mise en narration : après une étude du contexte dans lequel s'est déroulée la « conquête » de la Lune, l'enseignant recueille les « connaissances » des élèves sur l'astre lunaire. Il leur demande de dessiner la Lune dans l'espace telle qu'ils se la représentent. Ce travail doit être effectué individuellement sur le document distribué par le maître.

[61] L'intégralité de la mise en narration des jeux d'apprentissages mis en œuvre par PB figure en annexes n°54 à n°58.

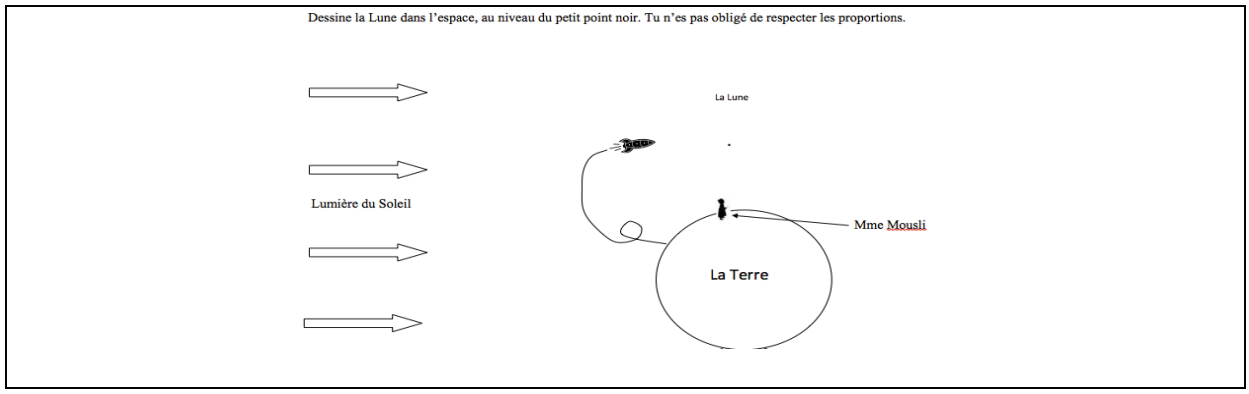


Figure 15 : Mise en narration du premier jeu d'apprentissage de la séance 1 mise en œuvre par PB.

Thème n°2 : Recueil des représentations des élèves sur la forme réelle et visible de la Lune selon différents points de vue
Jeu n°1 : dessiner l'astre lunaire tel que vous pensez qu'il est dans l'espace
Contrat/milieu
Règle du jeu

Contrat, règle du jeu :
Les élèves doivent dessiner la Lune sur le schéma fourni par l'enseignant. Le travail doit se faire individuellement et sans échange entre les élèves. L'enseignant précise que la réussite du travail demeure uniquement dans le fait de parvenir à dessiner sa propre représentation. Toutes les représentations seront traitées dans une premier temps de façon similaire. *(« PB : vous ne pouvez pas vous tromper vous dites vraiment ce que vous pensez vous regardez pas le voisin vous faites vraiment vous ce que vous pensez comme à chaque fois en sciences quand je vous demande ce que vous pensez vous vous ne devez pas écrire ce que font les voisins d'accord »)*

Milieu :
Le milieu est constitué du travail préliminaire sur le contexte de la guerre froide, des connaissances des élèves et du document distribué par le maître.

Figure 16 : Contrat, règle du jeu et milieu du premier jeu d'apprentissage de la séance 1 mise en œuvre par PB.

2.4.2.4 *Récapitulatif des découpages macroscopique, mésoscopique pour la séquence menée par l'enseignant PB*

Le Tableau 12 rend compte des découpages macroscopique et mésoscopique issus de notre analyse. Le découpage (microscopique) en épisodes de certains jeux d'apprentissage n'apparaît pas dans le tableau récapitulatif afin de ne pas en alourdir la présentation[62]

Numéro de la	Découpage thématique de la séance réelle	Découpage en jeux d'apprentissages
Séance n°1	Thème n°1 : travail préliminaire sur le contexte de la guerre froide	Non analysé
	Thème n°2 : recueil des représentations des élèves sur la forme réelle et visible de la Lune selon différents points de vue	Jeu n°1 : dessiner l'astre lunaire tel que vous pensez qu'il est dans l'espace
		Jeu n°2 : dessiner la Lune pour des observateurs situés sur Terre et dans l'espace
S é	Thème n°1 : rappel le contexte de la guerre	Jeu n°1 : décrire le contexte de la guerre froide dans

[62] Le découpage microscopique de chacune des séances est présenté en annexes 49 à 53.

	froide	lequel les premiers hommes ont marché sur la Lune
	Thème n°2 : réflexion autour des représentations des élèves à propos des formes réelle et visibles de la Lune suivant le point de vue de l'observateur.	Jeu n°2 : représenter la forme de la Lune telle qu'elle est dans l'espace et justifier la représentation choisie
		Jeu n°3 : discuter les propositions des élèves sur les formes possibles de la Lune vue par un observateur dans l'espace s'approchant de la Lune
		Jeu n°4 : discuter les propositions des élèves sur les formes possibles de la Lune vue par un observateur terrestre
		Jeu n°5 : élaborer un protocole permettant de valider /invalider une hypothèse
		Jeu n°6 : Elaborer de nouvelles hypothèses pour expliquer l'origine des phases de la Lune
	Thème n°3 : lien entre la naissance de la Lune et sa qualité de source secondaire de lumière	Jeu n°7 : mettre en relation des informations issues d'un document sur l'origine de la Lune avec le fait qu'elle puisse être une source primaire de lumière
		Jeu n°8 : extraire et comprendre les informations issus de l'émission radio.
		Jeu n°9 : reprise du jeu n°7
	Thème n°4 : institutionnalisation des connaissances	Jeu n°10 : élaborer une trace écrite
Séance n°3	Thème 1 : rappels des séances précédentes	J1 : décrire la constitution de la sphère lunaire
		J2 : écouter le récapitulatif du maître sur les formes possibles données par des élèves à la séance précédente de la Lune en fonction du point de vue de l'observateur et leurs origines éventuelles.
	Thème 2 : argumentation des représentions à propos de l'apparence de la Lune en dehors de l'atmosphère	J3 : décrire la Lune telle qu'on pense qu'on la verrait si on était en dehors de l'atmosphère près d'elle et loin d'elle
		Jeu 4 : argumenter son point de vue et se positionner pour l'un ou l'autre des deux avis divergents explicités dans la classe : les phases de la Lune pour un observateur hors atmosphère et éloigné de la Lune sont dues aux nuages
	Thème 3 : utiliser le calendrier lunaire pour déterminer si l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre peut s'expliquer par la présence de nuages	Jeu n°5 : écouter l'objectif de l'activité définie par le maître : utiliser le calendrier lunaire pour déterminer si les nuages sont à l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrien
		Jeu n°6 : comprendre les règles de lecture d'un calendrier lunaire
		Jeu n°7 : interpréter des aspects particuliers de la Lune que l'on a pu observer dans la vie courante
		Jeu n°8 : identifier les phases de la Lune présentes dans le calendrier lunaire et leur associer une date
		Jeu n°9 : comparer les informations données par le calendrier lunaire avec celles susceptibles d'être données par la météorologie
		Jeu n °10 : compter des intervalles définis par le maître entre différentes phases de la Lune pour faire le lien avec l'hypothèse selon laquelle les nuages sont à l'origine des phases de la Lune
	Thème 4 :élaboration et mise en œuvre d'un modèle pour déterminer si l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre peut s'expliquer par la présence de nuages	Jeu n°11 : proposer un modèle permettant de déterminer si l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre peut s'expliquer par la présence de nuages
		Jeu n°12 : mettre en œuvre le modèle proposer pour déterminer si l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre peut s'expliquer par la présence de nuages
		Jeu n°13 : interpréter les résultats obtenus lors de la

		modélisation afin de déterminer si les nuages peuvent expliquer les différentes phases de la Lune pour un observateur terrien
	Thème 5 : structuration des connaissances	Jeu n°14 : écrire dans le cahier de sciences la leçon élaborée par le maître et notée au tableau
Séance n°4	Thème 1 : rappel des séances précédentes	Jeu n°1 : rappeler tout ce qui a été appris dans les séances précédentes
		Jeu n°2 : rappeler les arguments construits lors de la séance précédente pour invalider l'affirmation selon laquelle les phases de la Lune s'expliquent par la présence de nuages
	Thème n°2 : comprendre et mettre en œuvre un modèle pour déterminer si les phases de la Lune pour un observateur terrestre s'expliquent par la variation de la zone éclairée par le Soleil	Jeu n°3 : écouter l'objectif de l'activité définie par le maître : vérifier par une modélisation que les phases de la Lune s'expliquent par le fait que le Soleil n'éclaire pas toujours la Lune de la même manière
		Jeu n°4 : définir le mot modélisation à partir de l'exemple du système Soleil, Terre, Lune
		Jeu n°5 : nommer les objets utilisé dans le modèle pour représenter les astres du système Soleil-Terre-Lune
		Jeu n°6 : écouter et comprendre les consignes liées à la mise en œuvre du modèle choisi dans le but d'expliquer l'origine des phases de la Lune
		Jeu n°7 : mettre en œuvre le modèle décrit dans le jeu précédent
	Thème n°3 : bilan lié à la mise en œuvre du modèle	Jeu n°8 : faire le bilan de la modélisation réalisée
		Jeu n°9 : observer l'expérience « balle éclairée par une lampe »
		Jeu n°10 : reproduire la modélisation correspondante à la pleine Lune
		Jeu n°11 : faire le bilan de ce que la classe a appris
Séance n°5	Thème n°1 : rappel de la séance précédente : observer les phases de la Lune à partir de la mise en œuvre d'un modèle	Jeu n°1 : décrire l'activité principale de la séance précédente
		Jeu n°2 : décrire l'activité de modélisation réalisée lors de la séance précédente en la différenciant d'une expérience
	Thème n°2 : comprendre l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre en utilisant un logiciel de simulation	Jeu n° 3 : écouter l'objectif principal de la séance : reprendre le travail d'association d'une phase de la Lune avec une position de la Lune sur son orbite en ayant recours à un logiciel de simulation et à un nouveau schéma
		Jeu n°4 : décrire et expliquer un schéma
		Jeu n°5 : écrire dans le cahier de sciences la leçon élaborée par le maître et notée au tableau
		Jeu n° 6 : les élèves questionnent le maître
		Jeu n°7: utiliser des informations présentes dans calendrier lunaire
		Jeu n°8 : commenter un nouveau document correspond à des photographies de la Lune dans différentes phases
		Jeu n°9 : reprendre le travail d'association d'une phase de la Lune avec une position de la Lune sur son orbite (en lien avec le jeu n°3)
		Jeu n°10 : utiliser un logiciel de simulation, comprendre et commenter le modèle utilisé dans le but d'expliquer l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre
		Jeu n°11 : associer une phase de la Lune avec une position sur son orbite autour de la terre (En lien avec le jeu n°3)
		Jeu n°12 : associer une phase de la Lune avec une

		position sur son orbite autour de la terre et vérifier le résultat avec le logiciel de simulation en cas de désaccord (En lien avec les jeux n°3 et 11)
		Jeu n°13 : répondre à la question : la Lune est-elle toujours éclairée de la même manière
		Jeu n°14 : utiliser le logiciel pour valider les réponses données lors du jeu précèdent.
		Jeu n°15 : expliquer l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre
		Jeu n°16 : écrire dans le cahier de sciences la leçon notée au tableau. En lien avec le jeu n°5
	Thème n°3: comprendre l'origine de la phase cachée de la Lune	Jeu n°17 : comprendre pourquoi la Lune nous montre toujours la même face
	Thème n°4 : retour sur les idées préalables des élèves à propos du point de vue d'un observateur hors atmosphère terrestre	Jeu n°18 : dessiner la Lune telle que Neil Armstrong l'a vue en avant d'alunir : si il était dos au soleil puis si il était face au soleil En lien avec le jeux n°2 (séance 1)
		Jeu n°19 : prévoir ce que voit Armstrong lorsqu'il s'approche à 1mètre de la Lune et toujours face au Soleil

Tableau 12 : Récapitulatif des découpages macroscopique et mésoscopique de la séquence menée par l'enseignant PB

2.4.3 Construction des signes pour décrire l'action conjointe

Après avoir procédé aux découpages macroscopique, mésoscopique et microscopique pour chacune des séquences analysées, nous avons construit les signes pour décrire de l'action conjointe.[63]
A titre d'exemple, la Figure 17 et la Figure 18 récapitulent les signes construits pour la première séance de chacune des séquences menées par les enseignants PB et PA.[64]

Thème n°1 : les différents aspects de la Lune
J1 : décrire les résultats des observations « organisées» de la lune lors du travail préliminaire
Signes liés à l'action conjointe

Caractérisation professorale : **définir** (la règle du jeu est donnée mais le mode de restitution n'est pas précisé les enfants doivent-ils décrire leurs dessins ou les montrer ? **niveau 2**), **réguler** (l'enseignante gère les prises de parole mais elle ne les oriente pas systématiquement **niveau 2**) et institutionnaliser (oralement, avec des erreurs par rapport au savoir scientifique de référence **niveau 2**), **dévoluer** (cette action est partielle car l'enseignante annonce qu'elle prendra en charge l'avancé du savoir si les élèves n'y parviennent pas ; de plus le milieu est tel que les élèves n'ont pas la possibilité de faire avancer seuls les savoirs **niveau 1**)

Le triplet fondamental des genèses :
Chronogenèse : **niveau 2** (savoir apporté dans le milieu sont incomplets par rapport au savoir visé mais non institutionnalisé)
Topogenèse : enseignante-élèves (ce sont les interventions des élèves qui permettent de construire le savoir mais c'est l'enseignante qui a construit le jeu)

[63] Ces signes ont déjà été décrits dans le *Chapitre 4 Méthodologie, 2.3.* Elaboration de critères d'analyses par jeux d'apprentissage.
[64] L'intégralité de l 'analyse des séquences mises en œuvre par PB figure en annexes n° 54 à 58 ; L'intégralité de l 'analyse des séquences mises en œuvre par PA figure en annexes n°36 à 39.

D'un point de vue du savoir : la Lune apparaît sous différentes formes ; les phases de la Lune sont citées partiellement.
L'idée de l'évolution de la forme de la Lune au cours du temps est donnée mais l'ordre des phases de la Lune n'est pas donnée, l'aspect cyclique non plus. La durée de chacune des phases n'est pas évoquée.

Tâches épistémiques mises en œuvre *: décrire* des faits observables (la description s'appuie sur des dessins d'observations que les élèves ont du réaliser seuls)
Jeu épistémique source : décrire des faits observables à partir d'observations rigoureuses du réel (des critères précis d'observations sont donnés)

D'un point de vue de la modélisation : **Monde des objets et des événements** (le jeu est en relation avec le monde des choses, en particulier avec les évènements liés aux phases de la Lune)
Niveau 1 : monde des choses et des objets

Figure 17 : Description de l'action conjointe pour le premier jeu d'apprentissage de la séance 1 menée par l'enseignante PA

Thème n°2 : recueil des représentations des élèves sur la forme réelle et visible de la Lune selon différents points de vue
Jeu n°1 : dessiner l'astre lunaire tel que vous pensez qu'il est dans l'espace
Signes liés à l'action conjointe

Caractérisation professorale :
Définir (niveau 3) : la règle du jeu est très précise, les modalités d'organisation du jeu sont données, la tâche à réaliser est explicitée, le maître précise quand le jeu est gagné
Dévoluer (niveau 3) : la situation proposée par l'enseignant permet aux élèves de prendre en charge de façon autonome le jeu ; chaque élève joue au jeu de la manière attendue par le professeur
Réguler (niveau 0) : une fois les consignes données, l'enseignant n'intervient pas auprès des élèves pendant la production du travail demandé
Institutionnaliser (niveau 0) : pas d'institutionnalisation

Le triplet fondamental des genèses :
Chronogenèse : niveau 1 les élèves doivent s'interroger sur la forme de la Lune dans l'espace
Topogenèse : le jeu est initié par l'enseignant mais ce sont les élèves qui réalisent la tâche E/**Ee**

D'un point de vue du savoir : il est demandé aux élèves de dessiner la Lune tel qu'ils pensent qu'elle est dans l'espace

Tâches épistémiques mises en œuvre :
Décrire (en dessinant) l'astre lunaire
Pas de tâche épistémique source car la description se fait à partir des représentations des élèves ; elle ne s'appuie pas sur une observation de la Lune ou sur des éléments théoriques

D'un point de vue de la modélisation : Monde des objets et des évènements / Monde des théories
Monde des objets et des évènements (les idées préalables des élèves sont recueillies à partir dans un modèle du système Soleil Terre Lune)
En proposant aux élèves de compléter un schéma, l'enseignant propose une modélisation du système Soleil-Terre-Lune :
- système à deux dimensions
- les rayons lumineux sont modélisés par des flèches parallèles (PB : « vous avez vu le Soleil n'a pas été dessiné il est très loin et il est très loin sur la gauche on ne voit que la lumière qui arrive de la gauche)
- le personnage est positionné « aux pôles nord » comme si la gravité ne s'appliquait pas à des latitudes moyennes (PB : « et là où il y a une petite flèche où il y a écrit madame PA je ne sais pas pourquoi ça ça ne s'est pas imprimé)

D'un point de vue de la démarche :
La situation d'entrée permet de recueillir les conceptions des élèves

Lien avec les conceptions de l'enseignante sur la démarche scientifique :
Dans le questionnaire, l'enseignant affirme que la démarche pédagogique mise en œuvre en sciences doit permettre de déconstruire des conceptions initiales. Il les relève donc systématiquement

Figure 18 : Description de l'action conjointe pour le premier jeu d'apprentissage de la séance 1 menée par l'enseignante PB.

2.4.4 Synthèse : mise en relation des découpages et des critères d'analyse

Nous proposons pour chacune des séances un tableau synthétique du découpage thématique, des jeux d'apprentissages et des critères d'analyse. L'ensemble de ces tableaux figure dans le fascicule « Annexes complémentaires ».

3 Corpus secondaire

3.1 Entretiens menés avec les professeurs

Ces prises de données en classe *in situ* ont été complétées par des entretiens, qui, malheureusement, n'ont pas pu être réalisé selon le schéma classique des entretiens *ante* et *a postériori*.[65]

Lors de la première année, deux entretiens en amont des séquences filmées ont été menés pour informer les enseignants sur le projet de recherche et choisir les thématiques abordées. Nous avons ensuite demandé aux enseignants de fournir les fiches de préparation correspondantes et de les commenter. Nous les avons laissé argumenter librement leurs choix tant au niveau des démarches que des contenus. En cas de nécessité, nous avons recentré le discours des enseignants en leur posant des questions du type « *Quels objets, pourquoi, comment, avec quels élèves, sur quelle durée, avec quel degré d'anticipation dans les décisions* » (Schubauer-Leoni & Leutenegger, 2002, p. 243).

Lors de la seconde année, le premier entretien mené avec les enseignants s'est déroulé entre deux séances filmées. Nous avons demandé aux enseignants de commenter non seulement les séances déjà réalisées mais l'organisation des séances futures. Ce travail s'est effectué à partir des fiches de préparation et des documents mis à disposition des élèves.

Enfin, des entretiens *a posteriori* ont été menés lors de la seconde et troisième année après chacune des séquences filmées. L'objectif était de recueillir des éléments d'analyse réflexive des enseignants sur les séquences implémentées.

3.2 Elaboration de l'enquête, élément central du corpus secondaire

Notre corpus secondaire comprend également une enquête dont l'objectif était d'accéder aux représentations des enseignants.

Cette enquête a été conçue en deux parties : une première partie concernant les représentations des enseignants *vis-à-vis* des sciences, une seconde concernant leurs représentations *vis-à-vis* de l'enseignement des sciences. Notre recours aux questionnaires est justifié par le souci d'étudier les représentations d'un grand nombre d'enseignants. En effet, même si notre recherche porte sur des études de cas, il nous semblait important de pouvoir comparer la position des enseignants étudiés au sein d'une population plus large.

[65] L'organisation de la prise de données est décrite dans le *chapitre 4 Méthodologie,* Notre dispositif de recherche au sein du dispositif global.

3.2.1 Elaboration de la première partie de l'enquête : représentations des enseignants vis-à-vis des sciences

3.2.1.1 Elaboration de la version initiale

Nous avons choisi une méthode couramment utilisée pour évaluer des attitudes, à savoir une échelle de Likert. Le principe est de soumettre une série d'affirmations aux enseignants qui expriment alors leur degré d'approbation sur une échelle comportant 4 niveaux : tout à fait d'accord, plutôt d'accord, plutôt pas d'accord et pas d'accord du tout.

La première étape de conception du questionnaire a été d'élaborer des affirmations représentatives d'une part des courants épistémologiques évoqués dans le chapitre 1, Cadres théoriques *(2.2.1.2.* Catégorisation de l'expérimentation en fonction des postures épistémologiques) et d'autre part de ceux mis en évidence à travers la revue de littérature des articles sur les représentations des enseignants *(2.2.1.1.* Représentations des enseignants comme déterminants de l'action professorale). Nous avons ainsi élaboré des affirmations représentatives de sept postures épistémologiques[66] marquantes de l'histoire des sciences : empirisme, réalisme, positivisme, rationalisme, scientisme, constructivisme et une dernière position qui constituerait à voir l'activité du scientifique comme une entité isolée. Chaque posture a fait l'objet de plusieurs affirmations afin de vérifier la cohérence de l'ensemble.
Dans le but de faciliter le traitement des données et l'analyse des réponses, nous avons ensuite regroupées les affirmations en 3 catégories :

- **La méthode utilisée par les scientifiques. (groupe A)**

Les enseignants imaginent-ils des méthodes scientifiques s'appuyant sur un raisonnement basé sur l'induction ou sur la déduction ? Imaginent-ils que le scientifique puisse avoir recours à ces deux modes de raisonnement ? Les résultats de cette catégorie sont à rapprocher des méthodes mises en œuvre dans la classe afin de mettre en évidence un lien éventuel.

- **Les connaissances scientifiques. (groupe B)**

Les enseignants considèrent-ils le savoir savant comme étant une vérité absolue et immuable ou comme une construction humaine susceptible d'évoluer ? Ces résultats sont comparés à la présentation du savoir aux élèves.

- **L'activité scientifique. (groupe C)**

Les scientifiques travaillent-ils seuls ou au contraire en groupe ? Sont-ils influencés par le contexte dans lequel ils évoluent ? Sont-ils capables de rester neutres et objectifs face au monde qui les entoure ? Ces résultats sont à mettre en relation avec les pratiques de classe notamment sur le travail de groupe, l'organisation de la structuration.

La première version du questionnaire[67] résulte de l'organisation des affirmations relatives aux courants épistémologiques selon ces trois catégories. Lors de cette mise en forme, certaines affirmations ont été supprimées car pas assez précises (« La science peut résoudre les problèmes de l'homme. »), d'autres ont été ajoutées pour compléter certains courants épistémologiques *(« Le scientifique navigue entre théorie et expérience, il ne suit pas une démarche prédéterminée ; Le scientifique, pour construire des théorie,s a recours à la fois à des expériences cognitives et matérielles ; Une théorie n'est pas applicable à tous les phénomènes du réel car elle comprend un*

[66] Ces postures épistémologiques sont présentées en annexe n°4.
[67] La première version de l'enquête sur les sciences figure en annexe n°5.

certain nombre d'hypothèses et d'approximations. ; Le chercheur n'utilise pas les faits pour bâtir sa théorie mais pour la vérifier »). Enfin, les propositions négatives ont été supprimées ou reformulées afin d'éviter les contresens. Ainsi, par exemple, « *Une découverte scientifique n'est le plus souvent que la confirmation momentanée d'une théorie* » devient « *Une nouvelle observation scientifique est le plus souvent la confirmation momentanée d'une théorie »* et d'autres propositions ont été simplifiées : « *Une théorie ne supporte pas l'approximation. Son statut est celui de l'axiomatique et de la rigueur* » devient *« Une théorie ne supporte pas l'approximation. Son statut est celui de la rigueur ».*

3.2.1.2 Elaboration de la version intermédiaire

Une version intermédiaire[68] a succédé à cette première ébauche. Les améliorations proposées résultent à la fois de précisions théoriques et d'un pré-test suivi d'un entretien avec PB et PA (Transcription en annexe[69]). Les définitions des courants épistémologiques ont été précisées, et donc le choix des termes a été affiné. Nous avons également complété les courants épistémologiques (tableau 13) :

Première version du questionnaire		**Version intermédiaire du questionnaire**	
Catégories choisies initialement	**Courants épistémologiques représentés**	**Catégories retenues dans la version intermédiaire**	**Courants épistémologiques représentés**
Méthodes	Empirisme Positivisme Rationalisme	Les méthodes utilisées par les scientifiques pour établir des théories scientifiques	Empirisme Rationalisme Constructivisme
Connaissances scientifiques	Réalisme	Statut du monde extérieur	Idéalisme/réalisme
Activités scientifiques	Constructivisme Scientisme Activité isolée	Statut des théories	Objectivisme/individualisme
		La nature de la relation entre le monde des théories et le monde réel	Instrumentalisme/ réalisme/constructivisme
		L'existence potentielle de critères universels pour différencier une proposition scientifique d'une proposition non scientifique	
		La spécificité de l'activité du scientifique : collective ou isolée ; neutre ou contextualisée	Constructivisme Activité objective et isolée
		Mythe scientiste	Scientisme

Tableau 13 : Organisation des courants épistémologiques représentés dans les deux premières versions de l'enquête.

L'objectif de l'entretien avec les deux enseignants était de recueillir leur avis sur le questionnaire, tant du point de vue de la forme que du fond. Nous avons essentiellement discuté la signification de certaines affirmations et leurs difficultés de compréhension. Nous leur avons également demandé de justifier certaines de leurs réponses.

[68] La première version de l'enquête sur les sciences figure en annexe n°6.
[69] La transcription de l'entretien du 10 mai 2012 avec PB et PA à propos de l'enquête sur les sciences figure en annexe n°8.

- ✓ Les enseignants ont regretté un manque de d'opposition explicite dans les propositions ce qui aurait permis de mieux repérer les différents points de vue et ainsi opter pour l'une ou l'autre des positions.

Extrait de la transcription du 10 mai 2012[70]

PB : *alors ce qui ce fait aussi dans les questionnaires comme ça, c'est qu'en fait la question est répétée plusieurs fois mais de manière différente*.
C1 : *c'est le cas*
PB : *oui c'est un peu le cas c'est ce que j'ai cru comprendre. Mais pour moi ça ne semblait pas assez long pour faire ce truc là justement*.

Par conséquent, nous avons étayé certaines des catégories par de nouvelles affirmations représentatives des courants épistémologiques. Des propositions ont été ajoutées pour définir notamment les démarches possibles des scientifiques : *« L'expérience permet au scientifique de mettre en relation le réel et une théorie. » ; « Le scientifique élabore des théories uniquement par le raisonnement : l'expérimentation permet la vérification. » et « Toutes les expériences scientifiques peuvent être reproduites par la pensée. ».* D'autres ajouts concernent la partie relation théorie/expérience : *« Les théories scientifiques ne sont pas des vérités mais elles permettent d'expliquer les phénomènes qui nous entourent. »*

- ✓ Des précisions ont été apportées afin de limiter les interprétations des affirmations.

Extrait de la transcription du 10 mai 2012 [71]

PA : *après moi il y a la question 20 « un bon chercheur doit rester neutre face à son sujet d'étude » je n'ai pas trop compris la neutralité.*
PB : *on répondu pareil ?*
C2 : *non en fait toi plutôt d'accord et lui plutôt pas d'accord vous êtes plutôt tous les deux.*
PA : *Neutre vis à vis de quoi ? C'est voulu ? Le fait de laisser ce mot neutre justement sans explication. Parce qu'après vous nous tombez dessus. Avec le contexte économique social, politique des choix et tout ça où là il fallait vraiment faire la part des choses.*

Extrait de la transcription du 10 mai 2012 [72]

PB : *plutôt d'accord il doit rester neutre mais le problème c'est que j'aurais aimé dire qu'il ne peut pas. …*

Ainsi « Un bon chercheur doit rester neutre face à son sujet d'étude » devient « Un bon chercheur doit rester neutre face à son sujet d'étude quelles que soient ses conditions de travail. »

- ✓ Nous avons aussi parfois reformulé certaines propositions pour les rendre plus accessibles. Nous avons opté pour un vocabulaire moins spécifique aux sciences.

[70] La transcription de l'entretien du 10 mai 2012 avec PB et PA à propos de l'enquête sur les sciences figure en annexe n°8.
[71] La transcription de l'entretien du 10 mai 2012 avec PB et PA à propos de l'enquête sur les sciences figure en annexe n°8.
[72] La transcription de l'entretien du 10 mai 2012 avec PB et PA à propos de l'enquête sur les sciences figure en annexe n°8.

Extraits des entretiens du 10 mai 2012[73]

PB : *expériences cognitives, ça fait un peu bizarre*
C1 : *j'ai voulu dire tu peux faire une expérience de pensée t'es pas obligé de faire…*
PB: *pour moi expérience cognitive c'est une expérience sur ce tu penses je préfère le terme raisonnement car expérience cognitive c'est un peu bizarre*

PB : *ça veut dire quoi vrai ?*
PA : *ben une connaissance est vraie euh ?*
PB : *à un moment donné, quoi.*
PA: *c'est mon point de vue de physicienne, où je me dis que tout doit être prouvé expérimentalement et que on ne peut pas y adhérer comme ça. Après j'irais même plus loin on ne peut pas émettre une théorie et puis par conviction amener tout le monde parce que tout le monde est d'accord allez hop c'est vrai. Voilà, je l'ai perçue comme ça*
PB: *ah, je comprends, je n'avais pas compris la question.*

La proposition suggérée « le scientifique pour construire des théories a à la fois recours à des expériences cognitives et matérielles » n'est pas retenue et est remplacée par « Pour construire une théorie, le scientifique fait appel à la fois à ses sens (par exemple l'observation) mais aussi à sa raison. »
De même « On ne peut ni prouver ni vérifier expérimentalement qu'une connaissance est absolument vraie, les scientifiques peuvent seulement l'objectiver collectivement. » devient « On ne peut ni prouver ni vérifier expérimentalement qu'une connaissance est absolument vraie, les scientifiques peuvent seulement y adhérer collectivement. ». De même, « Les savoirs scientifiques sont liés à l'idéologie d'une époque » devient « Les savoirs scientifiques produits sont liés aux contextes social, historique, économique et politique de l'époque »

3.2.1.3 Elaboration de la version finale.

Un nouvel entretien a été réalisé avec les enseignants PB et P3 après que la version intermédiaire leur ait été soumise[74]. Une version définitive du questionnaire a alors été élaborée et mise en ligne sur le site de l'IFE[75]. Divers réseaux ont été mis à contribution pour une diffusion vers un maximum d'enseignants : conseillers pédagogiques, ARDIST, le café pédagogique[76] .

Nous avons également produit, sur la base des entretiens avec les enseignants PB ET PA, un texte introductif précisant la signification des termes utilisés dans le questionnaire.

- ✓ Une première précision concerne les mots réel ou réalité que nous avions employé sans distinction.

Extrait de la transcription de l'entretien du 10 mai 2012[77]

A propos de la proposition : « *Le scientifique construit des modèles pour expliquer le réel* »

[73] La transcription de l'entretien du 10 mai 2012 avec PB et PA à propos de l'enquête sur les sciences figure en annexe n°8.
[74] La transcription de l'entretien du 16 juin 2012 avec PB et P3 à propos de l'enquête sur les sciences figure en annexe n°9.
[75] IFE : institut français de l'éducation : http://ife.ens-lyon.fr/enquetes/sciences_ecole
[76] http://www.cafepedagogique.net/Pages/Accueil.aspx
[77] La transcription de l'entretien du 10 mai 2012 avec PB et PA à propos de l'enquête sur les sciences figure en annexe n°8.

PB: *moi ce qui m'a posé problème, c'est le réel.*
PA : *et oui !*
PB : *Je veux bien parler d'une réalité mais pas du réel.*
PA : *oui, en ça fait référence à la physique*
C2 : *oui.*
PB : *alors pour moi dans cette question là c'est pour exprimer le réel du moment, du moment quoi. Et ce réel va évoluer avec le temps*

Extrait de la transcription de l'entretien du 16 juin 2012[78]

PB : *moi je pense qu'il y a moins de choses à découvrir maintenant qu'avant car on en a découvert pleins qui ne vont plus être revues donc il y en a forcement moins. Et par contre, la science, elle donne une description des phénomènes tels qu'ils sont réellement dans la nature : ça je ne pense pas parce que justement je pense qu'il y encore pleins de choses qui sont vues d'une certaine manière et qui vont être revisités.*
P3 : *oui mais c'est quand même de plus en plus proche parce moi aussi pareil pour moi ça ressemble à une fonction dont la limite c'est la réalité mais c'est intouchable et on se rapproche de plus en plus d'un réel sans jamais pouvoir…*
PB : *moi aussi mais je pense que par contre dans toutes les choses qui sont .. en fait je pense qu'il y a des choses qui sont découvertes et qu'on ne va plus revoir parce que c'est pour moi ça y est c'est le réel, quoi*

En conséquence, nous avons défini le mot réel en amont des propositions sans pour autant adhérer à une position épistémologique particulière : « **Réel (réalité)** : on considère que le mot réel caractérise tous les objets concrets que l'on trouve dans le monde qui nous entoure. »

- ✓ De même, partant du constat d'une confusion chez les enseignants des mots théorie, connaissance et hypothèse, nous avons choisi de définir le terme théorie.

Extrait de la transcription de l'entretien du 10 mai 2012[79]

PB: *par exemple on va prendre la théorie du Big-Bang on dit que c'est une théorie alors est-ce que c'est une connaissance ou une théorie ?*
C1 : *oui c'est une connaissance*
C3 : *oui et elle n'est pas vérifiable*
PB : *quand j'avais étudié ça où à 10^{-3} seconde il se passe ça ou ça, je trouvais ça complétement. Je me dis qui a fait ça ? Ils ont toujours appelé ça une théorie, pour moi c'est pas une connaissance.*
C2 : *c'est le terme connaissance qui te poserait problème ?*
PB : *oui mais du coup j'avais mal lu. Si du coup je me réfère à pour moi à ma connaissance, je dirais plutôt dans ce cas qu'on peut la vérifier expérimentalement qu'on peut la vérifier là je serais plutôt d'accord.*
(…)
PB : *pour moi théorie c'est un truc ils ne savent pas donc ils ont dit bon peut être. C'est une hypothèse.*
C1 : *ah ! Donc ça veut dire que quand même dans le début du questionnaire dans les mots à définir il y a le mot théorie il faut que je dise ce que j'entends par théorie.*
PB : *une théorie c'est pas ça ? En fait je n'en sais rien ?*
C2 : *en fait ça va être difficile à définir parce que ça peut être …*

[78] La transcription de l'entretien du 16 juin 2012 avec PB et P3 à propos de l'enquête sur les sciences figure en annexe n°9.
[79] La transcription de l'entretien du 10 mai 2012 avec PB et PA à propos de l'enquête sur les sciences figure en annexe n°8.

PA : *c'est la différence entre théorie et hypothèse ?*
C2 : *ben non en fait ça peut une théorie ça peut être quelque chose d'établie enfin établie en fait ça peut correspondre à l'ensemble des croyances d'une communauté scientifique à un moment donné dans l'histoire et dans une situation mais tout le monde adhère à une théorie à un moment donné et puis après*
PB : *mais c'est parce qu'on a pas de meilleures explications*
C2 : *parce que c'est à ce moment là dans ce contexte là ce qui est fait accord dans une communauté scientifique c'est la théorie*
PB : *oui voilà mais* ***pour moi une théorie, les gens ils sont tout à fait conscients que ca peut changer*** *contrairement à la réalité à certains trucs où on ne se dit pas que ca peut changer*
C2 : *donc en fait toi tu fais la différence entre théorie et puis des vérités scientifiques il y aurait quelque chose qui serait au dessus*
PB : *pour moi une théorie c'est pour tous les trucs qui sont à peu …*

Autre extrait de l'entretien du 10 mai 2012 :

PB: *est-ce que la connaissance quand elle est construction, est-ce que c'est une connaissance ?*
Une connaissance c'est un résultat avec lequel tout le monde est d'accord *avec toujours cette idée que dans quelques années ça sera plus du tout ça et que ça va changer. A un instant t tout le monde est d'accord pour dire c'est ça alors c'est ça.*
PA : *alors la théorie du Big-Bang d'ailleurs j 'y ai repensé quand vous avez dit c'est le résultat d'un consensus collectif et souvent certaines théories sont le résultat d'un consensus collectif on décide de dire que telle théorie ou tel modèle fonctionne en tout cas dans l'immédiat ou jusqu'à ce que quelque chose vienne perturber cette connaissance là mais moi ce qui m'a gêné dans la question 22 c'est le fait que la négation soit vraiment exclusive, c'est-à-dire qu'il n'y a pas moyen de prouver, pas moyen d'expérimenter, tu vois. On va se contenter de dire que tout le monde y croit et on adopte le truc et puis on …C'est ça qui m'a…*

Autre extrait de l'entretien du 10 mai 2012[80]:

PB : *oui je suis d'accord avec ça mais il y a des choses qui n'évolueront pas* ***il y a des connaissances scientifiques qui ne peuvent pas évoluer même si tout change****. Il y des phénomènes qui sont expliqués avec la réalité du moment elle va changer je suis persuadé qu'il y a aura plein de choses. Par contre il y a des choses qui moi ne vont pas changer.*
C1 : *je pense que justement la proposition 11..*
PB : *tu vois le truc cumulatif moi je me dis qu'il y des trucs qui sont comme ça et puis c'est tout c'est comme ça alors qu'il y en a d'autres pour l'instant c'est comme ça car on en a cette vision là mais que ça va changer. Alors que moi certaines choses je suis sur qu'il y a des choses qui ne vont pas changer.*

A travers ces discussions, il apparait que les enseignants distinguent **théorie et connaissance scientifique** : une théorie étant pour eux une hypothèse alors qu'une connaissance est établie définitivement.
C'est pourquoi nous avons choisi de définir le mot théorie et d'éliminer l'expression connaissance scientifique au profit de théorie scientifique **: «** **Théorie** : une théorie scientifique est une proposition considérée comme vraie par les scientifiques : elle se présente sous la forme d'un énoncé universel permettant d'expliquer les phénomènes d'un domaine donné. (Par exemple la théorie de la relativité d'Einstein ou la théorie de l'évolution). »

[80] La transcription de l'entretien du 10 mai 2012 avec PB et PA à propos de l'enquête sur les sciences figure en annexe n°8.

- ✓ La dernière difficulté que nous avons relevée est celle liée au mot scientifique. En effet, la définition de la communauté scientifique n'est pas évidente pour les enseignants.

Extrait de l'entretien de l'entretien du 10 mai 2012 :

PB : *ah ben moi, je ne suis pas scientifique c'est eux les scientifiques ! C'est les barbus les scientifiques, c'est pas moi. C'est vrai que ça aussi c'est difficile à savoir ça les scientifiques est-ce que nous on se met dedans ?*

C'est pourquoi nous avons décidé de préciser dans le texte introductif de qui il s'agissait : « L'objectif est de recueillir des informations sur votre vision des sciences telles qu'elles sont pratiquées par les scientifiques eux-mêmes, les chercheurs. Il ne s'agit absolument pas de faire des liens avec votre façon d'enseigner les sciences. Vous devez répondre à ce questionnaire sans vous positionner en tant qu'enseignant mais en donnant votre opinion sur les scientifiques (physiciens, chimistes, biologistes…) et leurs méthodes de travail. »

De plus, nous avons revu les consignes données aux enseignants et insisté sur le fait que dans la première partie, il leur était demandé de donner leur avis sur le fonctionnement des sciences et non de se positionner en tant qu'enseignant.

Extrait de l'entretien de l'entretien du 10 mai 2012 :

PA : *est-ce qu'on met aussi dans le paquet l'ensemble des philosophes ?*
C2 : *c'est là que tu sens que PA a beaucoup lu*
PA : *Beaucoup lu je ne sais pas si j'ai beaucoup lu mais en tout cas*
C2 : *il y a la pensée des philosophes et il y a la tienne par rapport enfin je veux dire ta pensée scientifique à toi sur le fonctionnement. Là c'est plutôt Ok.*

Autre extrait de l'entretien du 10 mai 2012 :

PA : *par exemple… « Une théorie scientifique ne supporte pas l'approximation son statut est celui est celui de la rigueur », euh..« les connaissances scientifiques », « mettre en place une démarche scientifique à propos d'un problème à résoudre, c'est partir d'une théorie et bâtir une ou des hypothèses que l'on vérifiera expérimentalement »*
Après moi tu vois ça c'est pas rapport à l'enseignement des sciences, je ne me suis pas inspirée de ce que je fais en classe, je me suis inspirée un peu d'une culture…
C1 : *c'est ça votre vision des sciences on est bien d'accord, c'est pas de l'enseignement.*
PA : *on se perd un peu…*

Le texte introductif élaboré est le suivant :

L'objectif est de recueillir des informations sur votre vision des sciences telles qu'elles sont pratiquées par les scientifiques eux-mêmes, les chercheurs. Il ne s'agit absolument pas de faire des liens avec votre façon d'enseigner les sciences. Vous devez répondre à ce questionnaire sans vous positionner en tant qu'enseignant mais en donnant votre opinion sur les scientifiques (physiciens, chimistes, biologistes…) et leurs méthodes de travail.

Pour faciliter le travail, voici le sens de quelques mots tels qu'ils sont utilisés dans le questionnaire.

Réel (réalité) : on considère que le mot réel caractérise tous les objets concrets que l'on trouve dans le monde qui nous entoure.
Théorie : une théorie scientifique est une proposition considérée comme vraie par les scientifiques : elle se présente sous la forme d'un énoncé universel permettant d'expliquer les phénomènes d'un domaine donné. (Par exemple la théorie de la relativité d'Einstein ou la théorie de l'évolution).

Temps estimé pour cette partie : 15 min

D'accord, pas d'accord ? :
Il s'agit de votre point de vue sur les sciences et les scientifiques.

Dans un second temps, tout en conservant les catégories établies lors de la version intermédiaire, nous avons amélioré les affirmations dans le questionnaire.

- ✓ Nous avons affiné nos propositions en donnant des avis plus tranchés afin que les enseignants se positionnent plus facilement.

Voici un exemple de modification : « La première phase de travail d'un scientifique est la mise en place d'observations qui lui permettront de découvrir des faits. » devient « La première phase de travail d'un scientifique est **toujours** la mise en place d'observations qui lui permettront de découvrir des faits. »
Et « La première phase de travail d'un scientifique est d'élaborer une théorie puis de bâtir des hypothèses qu'il vérifiera expérimentalement. » devient « La première phase de travail d'un scientifique, **avant même la mise en place d'observations**, est toujours d'élaborer une théorie puis de bâtir des hypothèses qu'il vérifiera expérimentalement.

Extrait de la transcription de l'entretien du 16 juin 2012[81] :

PB : *Alors, dans l'histoire de la 7 la première phase du travail est d'élaborer une théorie moi quand j'ai lu ça j'ai imaginé que pour faire cette théorie il avait dû observer un truc avant.*
C1 : *Ah !*
P3 : *c'est-à-dire que l'observation… on n'observe pas n'importe quoi !*
PB *: si* tu veux la théorie, je ne pensais pas qu'on pouvait faire une théorie à partir de rien.
C2 : *de toute façon, c'est implicite. La théorie elle vient de l'observation.*
C1 : *il faudrait que je le mette dans la proposition. Ca pourrait être la première phase de travail d'un scientifique est d'élaborer une théorie avant même l'observation. Je le signale en fait.*
PB: *voilà, c'est ça. Parce que j'avais quand même l'impression que son premier travail c'est de faire une théorie mais pour faire ça il avait du faire des observations avant quand même. En fait je ne pensais pas, en fait je n'ai jamais imaginé qu'on faisait une théorie et ensuite qu'on regardait dans la nature si ça se passait, quoi.*

Nous avons ainsi veillé à ce que la formulation de chaque proposition ne pose pas de problème d'interprétation.
En voici un autre exemple :
« Le scientifique par le biais d'observations rigoureuses et objectives, construit des théories » devient « Le scientifique élabore des théories uniquement à partir de l'analyse d'une accumulation d'observations rigoureuses et objectives. »

- ✓ Les échanges que nous avons eus avec les enseignants nous ont parfois incité à ajouter des propositions.

[81] La transcription de l'entretien du 16 juin 2012 avec PB et P3 à propos de l'enquête sur les sciences figure en annexe n°9.

Extrait de la transcription de l'entretien du 16 juin 2012 :

PB : *une démarche pour moi c'est un truc qui est assez carré*
C1 : *établie oui*
P3 : *quand tu cherches quelque chose tu te dis bien : je vais faire ça pour faire ça.*
PB : *ben non. Moi je pense toujours au scientifique qui trouve par hasard il fait un truc il trouve autre chose, tu vois.*
P3 : *Marie Curie*
PB : *oui mais je pense qu'il y en a pas mal des trucs comme ça. »*

D'où la proposition suivante :

« Le scientifique ne suit aucune démarche prédéterminée : ses théories peuvent être le fruit du hasard. »

- ✓ Les propositions antagonistes ont été construites avec une structure grammaticale identique et positionnées les unes à la suite des autres dans le but d'en faciliter la compréhension et la comparaison.

Extrait la transcription de l'entretien du 16 juin 2012 :

PB : *à part quelqu'une (*de proposition) *où j'étais persuadé de mon truc où je me suis dit tout à fait d'accord ou pas du tout d'accord pour les autres je me dis ça peut évoluer d'une case à l'autre.* »
C1 : *Je pense que du coup au lieu de faire dans cet ordre là, au lieu de faire des blocs de propositions qui vont ensemble je vais essayer de les opposer, de mettre à la suite des unes des autres les idées qui s'opposent. Je me dis que ce serait peut être plus facile pour répondre.*
P3: *ça peut aider à répondre à la question d'après*.
C2 : *éventuellement quand tu vois la question d'après ça peut t'amener à te réinterroger sur ta réponse c'est pas bien grave*.

Ainsi, voici un exemple de modifications proposées suite à ces remarques :
« *Mettre en place une démarche expérimentale à propos d'un problème à résoudre, c'est partir d'une théorie puis bâtir une ou des hypothèses que l'on vérifiera expérimentalement* » devient « *La première phase de travail d'un scientifique est d'élaborer une théorie puis de bâtir des hypothèses qu'il vérifiera expérimentalement* ». De même, la proposition « *Dans la démarche expérimentale, la première phase à mettre en œuvre est celle de l'observation qui permet de découvrir des faits* » et remplacée par « *La première phase de travail d'un scientifique est la mise en place d'observations qui lui permettront de découvrir des faits*. ». Ces deux nouvelles propositions sont placées l'une à la suite de l'autre de façon à aider l'enseignant dans son positionnement.

Enfin, afin d'obtenir des informations plus précises sur la représentation des sciences des enseignants, nous avons demandé une « définition » brève de celle-ci plutôt que demander quelles étaient les propositions avec lesquelles les enseignants étaient le plus en accord.

3.2.2 Elaboration de la seconde partie de l'enquête

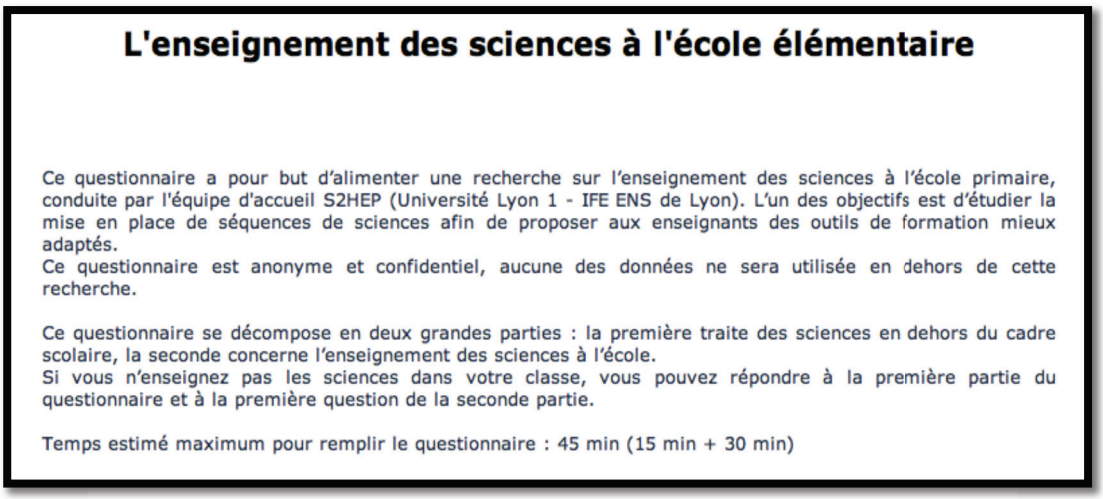
La seconde partie de l'enquête vise de recueillir des informations sur les représentations des enseignants à propos de l'enseignement des sciences.
Cette partie a été conçue selon deux volets :

- Le premier concerne les caractéristiques des enseignants et leur connaissance des instructions officielles.
  Il s'agit d'accéder aux définitions retenues par les enseignants de la démarche d'investigation et de chacune de ses étapes.
- Le second concerne les pratiques déclarées des enseignants lors des séquences de sciences.
  Il s'agit d'identifier les difficultés rencontrées par les enseignants lors de l'implémentation des séquences de sciences, de recueillir des informations sur les choix méthodologique et thématique des enseignants *vis-à-vis* des instructions officielles. Cette partie doit également permettre de faire des liens avec les connaissances en didactiques des sciences des enseignants interrogés. En effet, des questions concernent le rôle de l'expérience dans la démarche, l'utilisation des représentations des élèves, la phase de problématisation, la structuration des connaissances ou encore la question de l'évaluation.

Deux versions ont été conçues, la deuxième apportant des modifications de forme uniquement, suite à l'entretien avec les enseignants (transcription en annexe 7). Nous avons fait le choix de ne pas développer ici les transformations qui obéissent à un processus analogue à celui développé dans la première partie[82].

3.2.3 Diffusion de l'enquête

L'enquête a été mise en ligne sur le site de l'IFE[83] le 12 septembre 2012 et est restée ouverte jusqu'au 11 mars 2013. Les enseignants avaient la possibilité de répondre à l'ensemble du questionnaire ou seulement à certaines parties. Ils étaient toutefois encouragés à répondre au moins entièrement à la première partie.
Puis, nous avons fait la promotion de cette enquête en ayant recours à la fois à nos « réseaux » personnels et professionnels et au site « le café pédagogique »[84] , en précisant que l'enquête s'adresse seulement aux enseignants de l'école élémentaire. En effet, nous avons considéré que les spécificités du cycle 1 ne rentraient pas dans le cadre de notre recherche.



L'enseignement des sciences à l'école élémentaire

Ce questionnaire a pour but d'alimenter une recherche sur l'enseignement des sciences à l'école primaire, conduite par l'équipe d'accueil S2HEP (Université Lyon 1 - IFE ENS de Lyon). L'un des objectifs est d'étudier la mise en place de séquences de sciences afin de proposer aux enseignants des outils de formation mieux adaptés.
Ce questionnaire est anonyme et confidentiel, aucune des données ne sera utilisée en dehors de cette recherche.

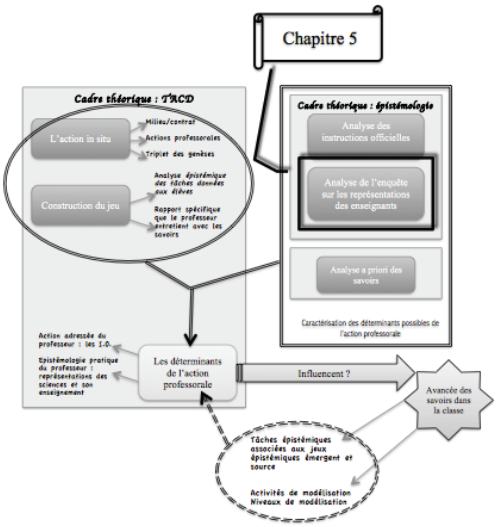
Ce questionnaire se décompose en deux grandes parties : la première traite des sciences en dehors du cadre scolaire, la seconde concerne l'enseignement des sciences à l'école.
Si vous n'enseignez pas les sciences dans votre classe, vous pouvez répondre à la première partie du questionnaire et à la première question de la seconde partie.

Temps estimé maximum pour remplir le questionnaire : 45 min (15 min + 30 min)

Figure 19 : Page de présentation de l'enquête.

[82] La première version de l'enquête figure en annexe n°7 ; la version finale en annexe n°12.
[83] IFE : institut français de l'éducation : http://ife.ens-lyon.fr/enquetes/sciences_ecole.
[84] http://www.cafepedagogique.net/Pages/Accueil.aspx.

Chapitre 5
Analyse et interprétation de l'enquête



L'analyse des résultats de l'enquête *(Voir Chapitre 4 ; 3.2* Elaboration de l'enquête, élément central du corpus secondaire*)* remplit plusieurs objectifs.

Le premier est de dresser un bilan des représentations des enseignants *vis-à-vis* des sciences et de leurs interprétations des instructions officielles au regard de ces représentations.

Les déterminants de l'action professorale sont organisés autour de deux grandes dimensions à savoir l'action adressée et l'épistémologie pratique. Le deuxième objectif de l'enquête est donc de considérer l'impact de ces représentations sur les pratiques déclarées. Ainsi, même si la taille de l'échantillon des répondants ne permet pas une généralisation des résultats, cette enquête dresse un panorama des représentations des enseignants *vis-à-vis* des sciences et de son enseignement en dégageant des tendances sur les déterminants de l'action professorale.

D'autres objectifs sont liés aux études de cas présentées dans les chapitres suivants. En effet, cette enquête permet de situer les enseignants PB et PA parmi la population des répondants, et de préciser leurs épistémologies pratiques afin d'inférer de leurs pratiques effectives les déterminants de leurs actions didactiques. L'analyse des résultats donnés par ces enseignants à l'issue de l'enquête est explicitée et exploitée dans le chapitre suivant *(Voir Chapitre 6)*.

Dans une première partie, nous présentons la méthodologie de traitement des données et les résultats bruts. Puis, dans une deuxième partie, nous présentons les résultats liés aux représentations des enseignants *vis-à-vis* des sciences. Enfin, dans la dernière partie consacrée aux représentations des enseignants *vis-à-vis* de l'enseignement des sciences, nous exposons les résultats sur la compréhension des enseignants des instructions officielles puis nous mettons en lien les pratiques déclarées des enseignants avec leurs représentations.

1 Présentation de la population enquêtée et méthodologie de traitement des données

1.1 Présentation de la population enquêtée

1.1.1 Résultats bruts[85]

69 professeurs des écoles ont répondu à la première partie de l'enquête. Parmi eux, seuls 48 ont entièrement répondu à la seconde partie portant sur l'enseignement des sciences. Plusieurs explications peuvent être avancées pour expliquer cette différence :

- Le temps nécessaire pour répondre à la deuxième partie est trois fois plus important que celui à consacrer à la première partie ;
- L'implication personnelle demandée aux enseignants à travers les questions ouvertes et celles portant sur leurs pratiques a peut-être été un obstacle. En effet, 6 enseignants ont commencé à répondre aux questions concernant les instructions officielles sans répondre aux questions concernant leurs pratiques personnelles ;

Des problèmes de connexion au site hébergeant le questionnaire ont aussi été à l'origine des abandons entre les parties 1 et 2. En effet, parmi les 15 enseignants ayant répondu uniquement à la première partie, 3 nous ont signalé une déconnexion ne leur permettant pas l'accès à cette seconde partie. Ce problème technique résolu dès lors que nous en avons eu connaissance explique sans doute aussi une partie des abandons.

1.1.2 Profil des répondants

[85] L'intégralité des résultats, non analysés, de l'ensemble de l'enquête figure en annexes n°18 et n°19.

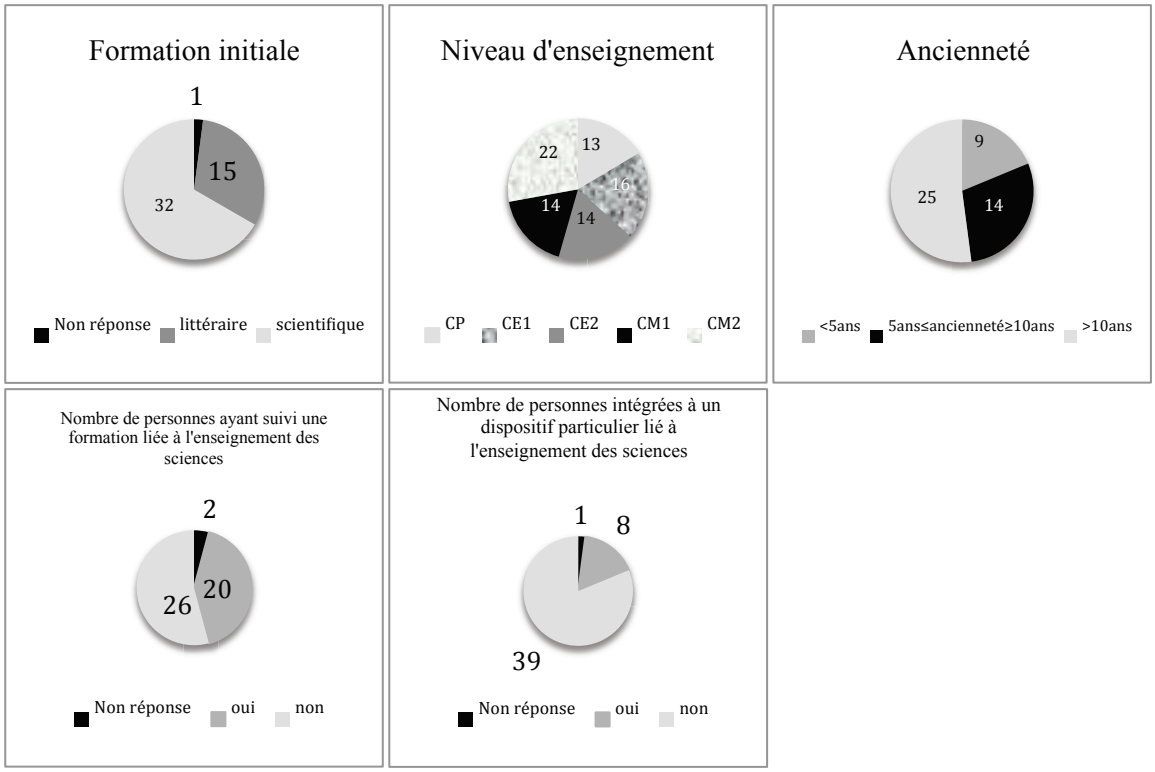


Figure 20 : Profil des répondants à l'enquête

Parmi les 48 professeurs des écoles ayant répondu entièrement à la seconde partie du questionnaire, 32 ont suivi une formation initiale scientifique (soit environ 66%). Cette répartition ne correspond pas à la répartition nationale observée par la direction de l'évaluation et de la prospective et de la performance en 2005[86]. En effet, l'étude de la D.E.P.P. révèle que 42% des enseignants du premier degré sont titulaires d'un baccalauréat scientifique. Les ¾ des enseignants du premier degré déclarent avoir suivi une filière universitaire dont 16% dans des disciplines scientifiques. La particularité des répondants sera considérée dans nos interprétations.

La Figure 20 montre que la majorité des répondants enseigne au cycle 3, cycle où l'implémentation de la démarche d'investigation est préconisée par les instructions officielles. De plus, une majorité a une longue expérience dans le poste ce qui laisse supposer des pratiques habituelles de l'enseignement fondé sur l'investigation.

Enfin, sur les 48 répondants, 20 ont suivi une formation en lien avec l'enseignement des sciences et 8 d'entre eux précisent que cette formation avait un lien direct avec la Main à la Pâte ou la démarche d'investigation. Nous notons également que 8 d'entre eux sont investis dans des dispositifs particuliers liés à l'enseignement des sciences tels que la Main à la pâte, science 21 ou encore des projets de recherche avec l'IFE[87]. Cette proportion reflète un certain intérêt des répondants *vis-à-vis* de l'enseignement des sciences qui s'explique peut-être par les réseaux sollicités.

Le profil particulier des répondants implique que les résultats de cette enquête ne reflètent ni les représentations ni les pratiques de l'ensemble de la population

[86] Etude disponible à l'adresse : http://www.education.gouv.fr/archives/2012/refondonslecole/wp-content/uploads/2012/07/dossier_les_enseignants_des_ecoles_publiques_et_la_formation_aout_2006.pdf

[87] Institut Français de l'Education.

enseignante. Ils donnent toutefois des indications sur des pratiques des sciences à l'école primaire.

1.2 Méthodologie de traitement des données

1.2.1 Première partie de l'enquête

La première partie de l'enquête est organisée en différentes catégories[88]. Les affirmations soumises à l'évaluation des enseignants interrogés concernent :

- Les méthodes utilisées par les scientifiques pour établir des théories scientifiques ;
- Le statut du monde extérieur ;
- Le statut des théories ;
- La nature de la relation entre le monde des théories et le monde objets et des évènements ;
- L'existence potentielle de critères universels pour différencier une proposition scientifique d'une proposition non scientifique ;
- La spécificité de l'activité du scientifique : collective ou isolée, neutre ou contextualisée ;
- Le mythe scientiste.

Les courants épistémologiques relevés lors de l'étude théorique ont été déclinés au sein de ces catégories. La combinaison de ces catégories et de ces courants épistémologiques nous a permis de construire une première grille de lecture de l'enquête :

Les méthodes utilisées par les scientifiques pour établir des théories scientifiques	
Affirmations proposées aux enseignants	Courants épistémologiques convoqués
1. La première phase de travail d'un scientifique est toujours la mise en place d'observations qui lui permettront de découvrir des faits.	Induction- Empirisme
2. La première phase de travail d'un scientifique, avant même la mise en place d'observations, est toujours d'élaborer une théorie puis de bâtir des hypothèses qu'il vérifiera expérimentalement.	Déduction-rationalisme
3. Le scientifique élabore des théories uniquement à partir de l'analyse d'une accumulation d'observations rigoureuses et objectives.	Induction- Empirisme
4. Le scientifique élabore des théories uniquement par le raisonnement : l'expérimentation permet la vérification.	Déduction-Rationalisme
5. Pour construire une théorie, le scientifique fait appel à la fois à ses sens (par exemple l'observation) mais aussi à sa raison.	Constructivisme
6. Un scientifique doit suivre une démarche universellement reconnue : observation, hypothèse, expérimentation, résultats, interprétations et conclusion.	Induction-Empirisme
7. Un scientifique doit suivre une démarche universellement reconnue qui part de la théorie qu'il applique aux phénomènes : il construit par le raisonnement des théories qu'il vérifiera expérimentalement.	Déduction-Rationalisme
8. Le scientifique est méthodique mais il n'a pas toujours recourt à la même démarche : il navigue ainsi entre théories et expériences.	Constructivisme
9. Le scientifique ne suit aucune démarche prédéterminée : ses théories peuvent être le fruit du hasard.	Rôle du hasard
10. Toute expérimentation scientifique nécessite nécessairement la manipulation d'objets.	Induction-Empirisme
11. Toute expérimentation scientifique peut être reproduite uniquement par la pensée.	Déduction-Rationalisme
Le statut du monde extérieur	
12. Certains phénomènes existent dans la nature indépendamment de l'idée que nous en	Réalisme1

[88] Catégories issues du chapitre 2, *Cadres théoriques, 2.2.1.2.* Catégorisation de l'expérimentation en fonction des postures épistémologiques.

avons.	
13. Le monde n'existe pas en dehors de l'idée que nous nous en faisons.	Idéalisme
Le statut des théories	
14. Les théories scientifiques existent dans la nature : le travail du chercheur est de les mettre au jour.	Objectivisme
15. Une théorie scientifique n'est pas déduite de la réalité, mais construite par le scientifique pour représenter le fonctionnement du monde extérieur : elle n'existe pas dans la nature.	Individualisme
La nature de la relation entre le monde des théories et le monde réel	
16. Les théories scientifiques donnent une description des phénomènes tels qu'ils se produisent dans la nature.	Réalisme2
17. Les théories scientifiques ne sont pas des vérités mais elles permettent d'expliquer les phénomènes qui nous entourent.	Instrumentalisme
18. Les théories scientifiques sont cumulatives : il y a moins de choses à découvrir aujourd'hui qu'il y a un siècle.	Réalisme2
19. Les théories scientifiques peuvent à tout moment être remises en cause par de nouvelles observations.	Instrumentalisme
20. Les scientifiques ont conscience que certaines théories pourront être remises en cause alors que d'autres sont désormais établies avec certitude.	Réalisme2
21. Une théorie n'est pas applicable à tous les phénomènes du réel car elle s'appuie sur un certain nombre d'hypothèses et d'approximations.	Instrumentalisme
22. Lorsqu'une théorie a été vérifiée expérimentalement, elle est validée par la communauté scientifique et ne peut être remise en cause.	Réalisme2
23. On ne peut ni prouver ni vérifier expérimentalement qu'une théorie est absolument vraie, les scientifiques peuvent seulement y adhérer collectivement.	Instrumentalisme
24. Les théories scientifiques sont prédictives, explicatives et provisoires.	Constructivisme
25. Une nouvelle observation scientifique est le plus souvent la confirmation momentanée d'une théorie.	Constructivisme
L'existence potentielle de critères universels pour différencier une proposition scientifique d'une proposition non scientifique	
26. Il est possible de comparer des théories scientifiques à propos d'un même objet d'étude pour savoir quelle est la meilleure : il existe des critères universels pour valider une théorie.	Critère universel
27. Le jugement accordé à une théorie scientifique par la communauté scientifique dépend du contexte social, historique, économique et politique de l'époque.	Pas de critère universel
La spécificité de l'activité du scientifique : activité collective ou isolée	
28. Une théorie scientifique est le plus souvent le résultat d'une activité isolée de recherche d'un scientifique.	Activité isolée
29. Une théorie scientifique est le plus souvent résultat d'un consensus collectif.	Activité collective Constructivisme
La spécificité de l'activité du scientifique : activité neutre ou liée à un contexte	
30. Un bon scientifique reste neutre face à son sujet d'étude quelles que soient ses conditions de travail.	Activité indépendante du contexte
31. Les *a priori* du scientifique orientent inévitablement ses recherches	Constructivisme
32. Dès lors qu'une théorie est validée par des arguments rationnels, elle ne peut pas être remise en cause même si les contextes sociaux et politiques évoluent.	Activité indépendante du contexte
33. La validation d'une théorie scientifique ne dépend pas uniquement d'arguments rationnels mais aussi de critères sociaux et politiques.	Constructivisme
le mythe scientisme	
34. Une théorie scientifique ne supporte pas l'approximation. Son statut est celui de la rigueur.	Scientisme
35. L'autorité de la science est indiscutable.	Scientisme

Tableau 14 : Grille de lecture de la première partie de l'enquête

Les résultats quantitatifs[89] seront représentés graphiquement de façon à rendre compte des postures épistémologiques pour chacune des catégories. Nous analysons non seulement la répartition des répondants au sein des catégories mais nous étudions également la cohérence de leurs réponses à travers les items portant sur des postures similaires.

1.2.2 Deuxième partie de l'enquête

La deuxième partie de l'enquête a été organisée en deux sous-parties :

- La première concerne les enseignants et leurs connaissances des instructions officielles ;
- La seconde concerne les enseignants et leurs pratiques déclarées.

Les données quantitatives seront traitées sous formes graphiques dans lesquelles certains résultats seront exprimés en pourcentage de façon à en faciliter la lecture. Le pourcentage donné ne doit pas être considéré comme issu d'une étude statique menée à grande échelle.

2 Représentations des enseignants *vis-à-vis* des sciences : interprétation des résultats

2.1 Les méthodes utilisées par les scientifiques pour établir des théories scientifiques : résultats et interprétations

Les 11 premiers items de l'enquête, correspondant aux méthodes utilisées par les scientifiques pour élaborer des théories, sont déclinés suivant les trois courants épistémologiques issus de l'étude théorique (Voir Chapitre 2, 2.2.1.2.2. Modes d'élaboration des connaissances et type de raisonnement sollicité) *:*

- L'empirisme et ses méthodes basées sur des raisonnements inductifs sont représentés par les affirmations 1/3/6/10 ;
- Le rationalisme et ses méthodes basées sur des raisonnements déductifs par les affirmations 2/4/7/11 ;
- Le constructivisme, est représentée par les affirmations 5 et 8 ;
- L'acceptation du rôle du hasard dans la démarche scientifique est testée par l'affirmation 9[90].

[89] L'intégralité des résultats figure en annexe 18.
[90] Cette catégorie a été ajoutée à celles prévues initialement par le cadre théorique car elle a été évoquée par les enseignants lors des entretiens portant sur le travail d'élaboration de l'enquête.

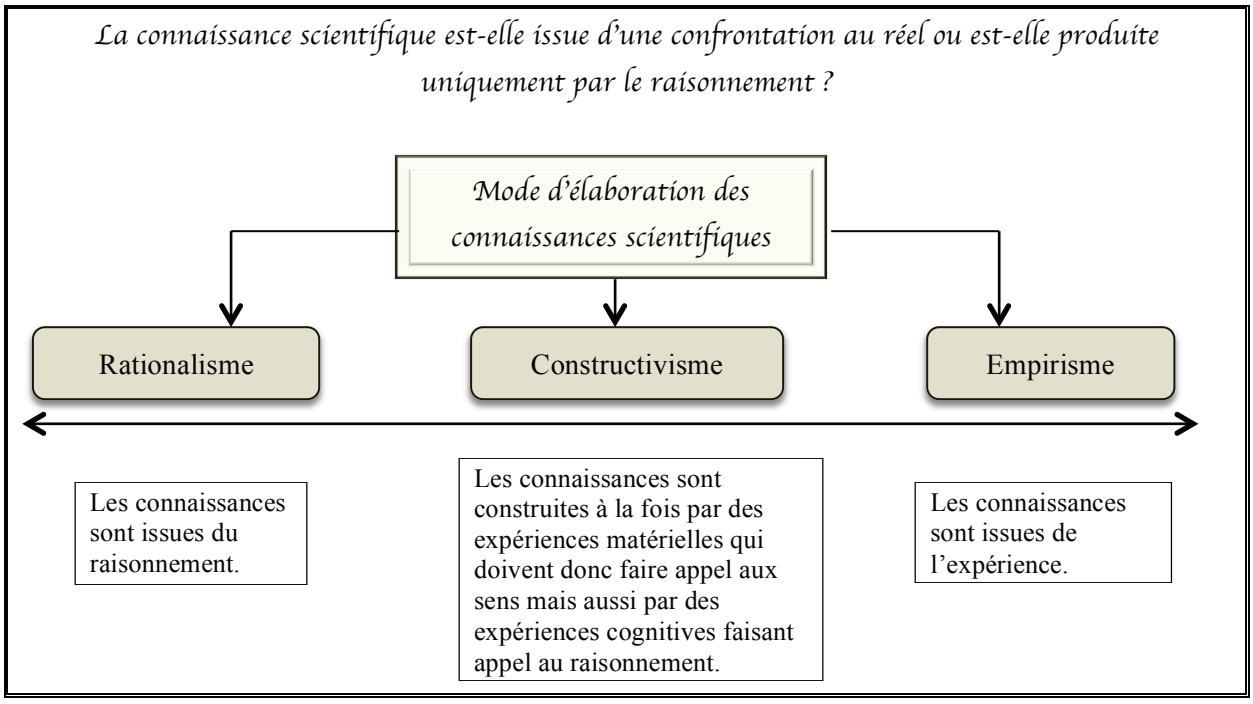


Figure 21 : Figure extrait du chapitre 2 : Postures épistémologiques et modes d'élaboration des connaissances scientifiques

Les figures 22 à 24 présentent les réponses des enseignants selon les courants épistémologiques.

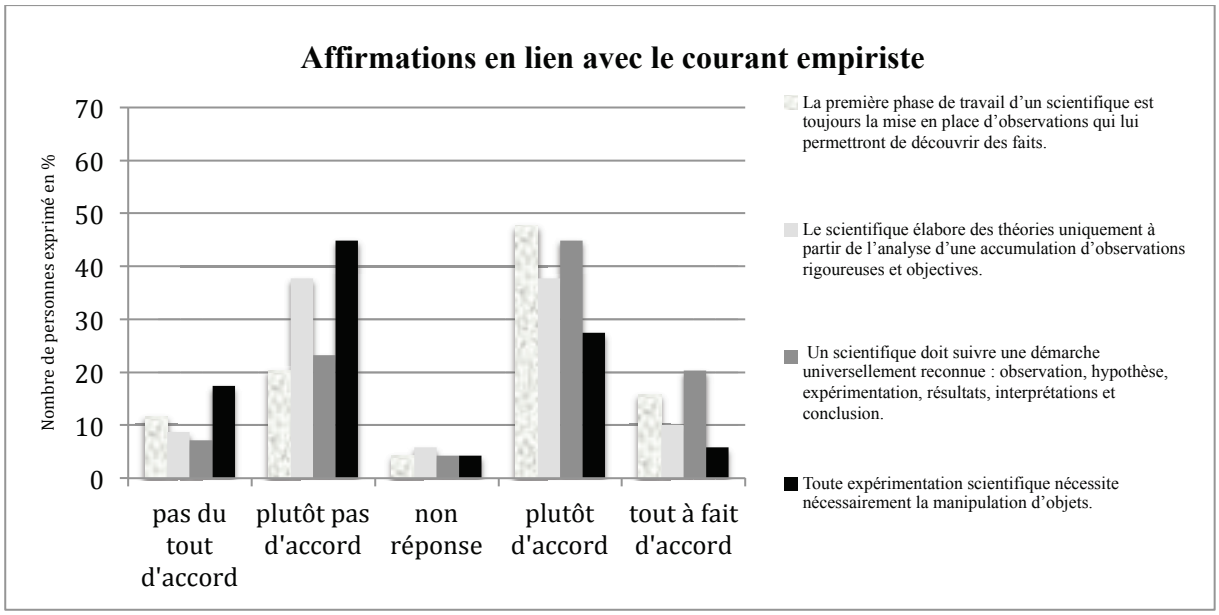


Figure 22 : Elaboration des connaissances scientifiques suivant un point de vue empiriste.

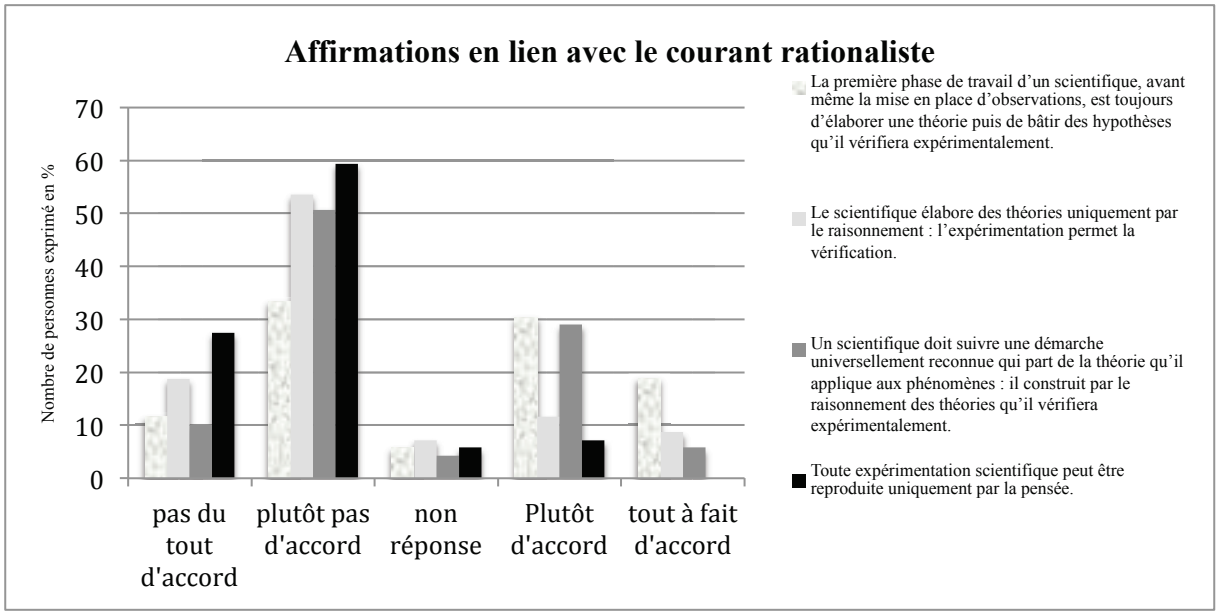


Figure 23 : Elaboration des connaissances scientifiques suivant un point de vue rationaliste.

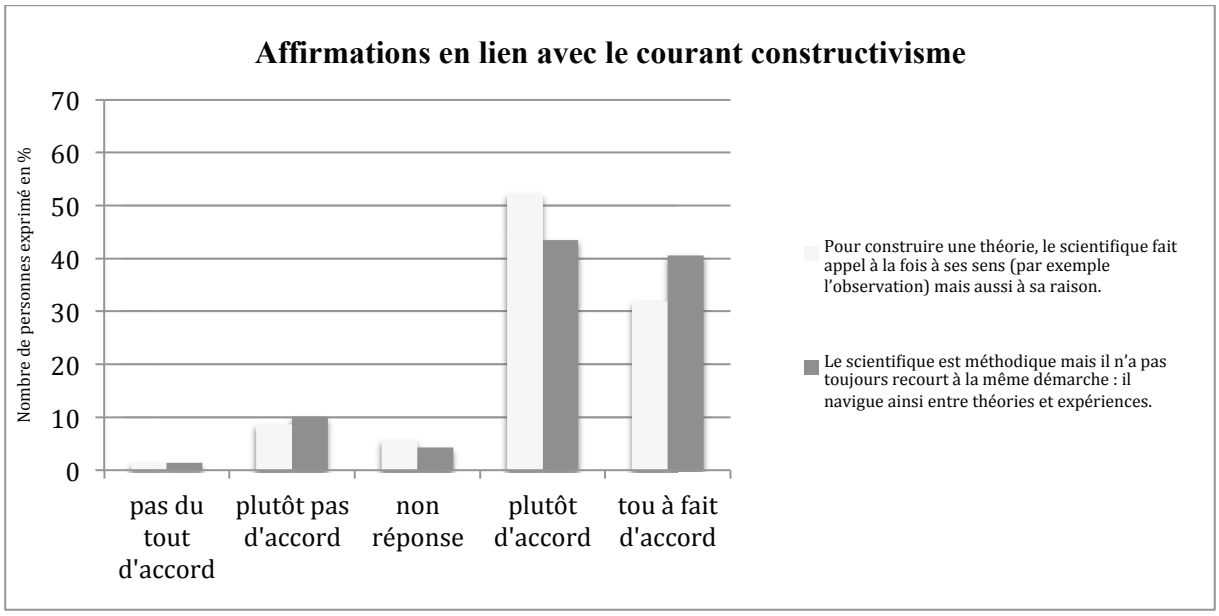


Figure 24 : Elaboration des connaissances scientifiques suivant un point de vue constructiviste.

La figure 24 révèle que les répondants adhèrent majoritairement aux propositions en lien avec le courant constructiviste : 84% d'entre eux pensent que la construction des connaissances scientifiques implique que le chercheur fasse appel à la fois à ses sens et à sa raison ; une proportion identique accepte l'idée que la démarche du scientifique navigue entre expériences et théories.

Deux postures épistémologiques sont cohérentes avec ce point de vue :

- Les répondants rejettent les courants rationaliste et empirique, les considérant comme antagonistes au courant constructiviste ;
- Les répondants adhèrent à la fois au courant rationaliste et au courant empiriste en considérant que les méthodes reconnues dans le constructivisme s'apparentent à des méthodes parfois empiriques, parfois rationalistes.

La combinaison des résultats représentés dans les figures 22 et 23 montre qu'aucune de ces solutions ne correspond à la stratégie adoptée par les répondants : ils rejettent clairement le rationalisme mais aucune tendance nette ne se dégage pour l'empirisme. Les réponses manquent donc de cohérence à travers les différents courants épistémologiques testés ce qui révèle la difficulté des enseignants à inscrire clairement leur point de vue dans un courant épistémologique. D'ailleurs, peu de réponses reflètent un avis très tranché du type « *tout à fait d'accord ou pas du tout d'accord* ».

En ce qui concerne le courant empiriste, les résultats de la figure 22 montrent que même si les répondants ont exprimé leur accord avec certaines des propositions, aucune tendance nette ne se dégage.
Pour la majorité des enseignants une démarche scientifique commence par une observation (64 % des répondants), résultats corroborés par le type de démarche à laquelle les enseignants adhèrent, la démarche OHERIC (65% des répondants).
Pourtant, si l'observation semble être perçue comme étant la première étape d'une démarche scientifique, son rôle premier dans l'élaboration des théories scientifiques ne semble pas évident pour la majorité des enseignants. En effet, le point de vue des enseignants diverge sur la possibilité d'élaborer des théories uniquement à partir d'observations rigoureuses et objectives : un raisonnement basé uniquement sur l'induction divise les enseignants (oui à 48% et non à 46%).
Les enseignants adhèrent à des images typiques de la science empirique mais n'adhèrent pas totalement au raisonnement inductif au cœur de ce courant.

Si pour la majorité des répondants une démarche scientifique débute par une observation, la figure 23 montre que d'autres méthodes sont envisagées. En effet, les répondants ne rejettent pas systématiquement l'élaboration d'une théorie comme étant la première phase de travail du scientifique (oui 49% et non à 45%). En revanche, ils excluent à 72% un processus qui consisterait à élaborer des théories uniquement par le raisonnement. Le raisonnement déductif au cœur du courant rationaliste est rejeté à 61% comme origine des théories scientifiques. **Globalement, les idées représentatives du courant rationaliste sont rejetées par les répondants**.

La majorité des répondants identifie la démarche scientifique à des démarches constructivistes, en accord avec le paradigme actuel. Cependant, cette vision cohabite avec une vision plus ancienne, stéréotypée de la science selon laquelle la démarche scientifique est avant tout basée sur l'observation et l'expérience. Ainsi, même si les enseignants reconnaissent le paradigme actuel des sciences, il semble qu'ils rencontrent des difficultés à s'éloigner des représentations courantes en accord avec l'empirisme *(Voir Chapitre 2, 2.2.1.1.* Représentations des enseignants comme déterminants de l'action professorale*)* **qui restent très prégnantes.**

2.2 Le statut du monde extérieur : résultats et interprétations

Seules deux propositions (12 et 13) concernent le statut du monde extérieur et représentent les courants épistémologiques antagonistes étudiés dans le Chapitre 2 *(2.2.1.2.2.1.* La nature des données et des connaissances scientifiques*)*.

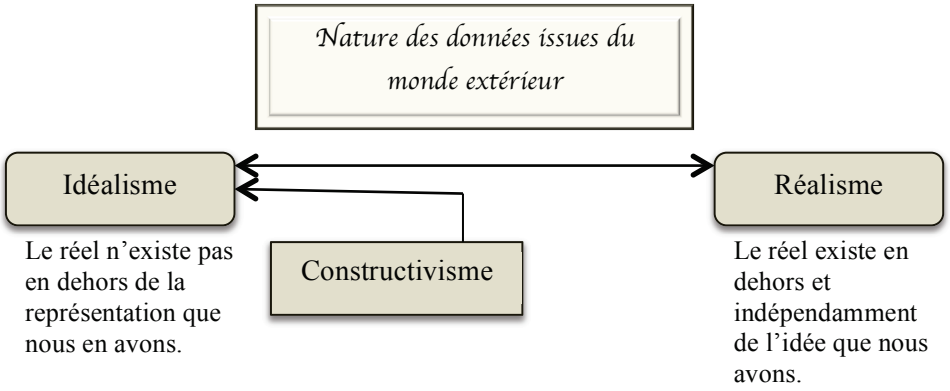


Figure 25 : Figure extraite de la partie théorique : Postures épistémologiques et nature du monde extérieur.

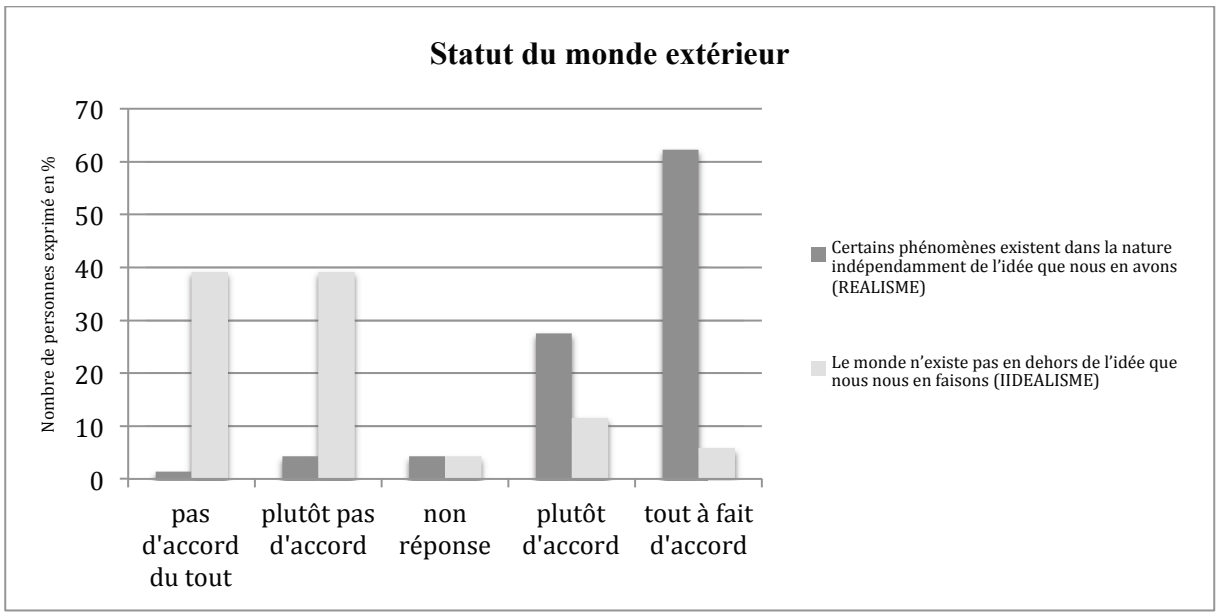


Figure 26 : Postures épistémologiques des répondants sur le statut du monde extérieur.

La majorité des répondants (90%) pense que les phénomènes existent dans la nature indépendamment de l'idée que nous en avons. Cette position réaliste est affirmée formellement par 62% d'entre eux. Les réponses de la catégorie sont cohérentes puisque la proposition représentant le courant idéaliste est majoritairement rejetée : 78% des répondants s'opposent à l'idée que le monde n'existe pas en dehors de l'idée que nous nous en faisons.
Les répondants adhèrent majoritairement à une vision réaliste du monde extérieur.

La comparaison des réponses obtenues dans la catégorie « Statut du monde extérieur », avec celles obtenues dans la catégorie « Elaboration des connaissances scientifiques » montre une incohérence. En effet, le courant idéaliste est à rapprocher d'une vision constructiviste de la science comme nous l'avons montré dans le Chapitre 2 *(2.2.1.2.2.1.* La nature des données et des connaissances scientifiques*)* et rappelé par la Figure 25. Or, les répondants adhèrent au courant constructiviste pour les méthodes scientifiques, et rejettent ce même courant en ce qui concerne le point de vue sur le monde extérieur.
A ce stade des interprétations, les répondants manifestent une vision partielle du paradigme actuel des sciences.

2.3 Le statut des théories : résultats et interprétations

Seules deux propositions (14 et 15) concernent la nature des théories scientifiques et représentent les courants épistémologiques antagonistes étudiés dans le Chapitre 2 *(2.2.1.2.2.1.* La nature des données et des connaissances scientifiques*)*.

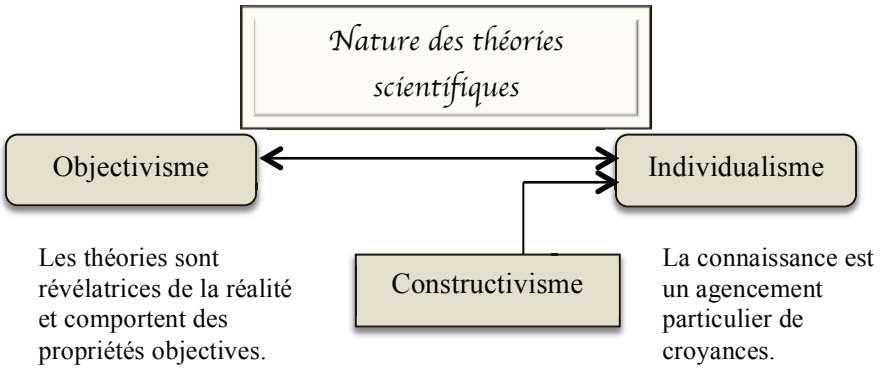


Figure 27 : Extrait du chapitre 2 : Postures épistémologiques et Nature des théories scientifiques

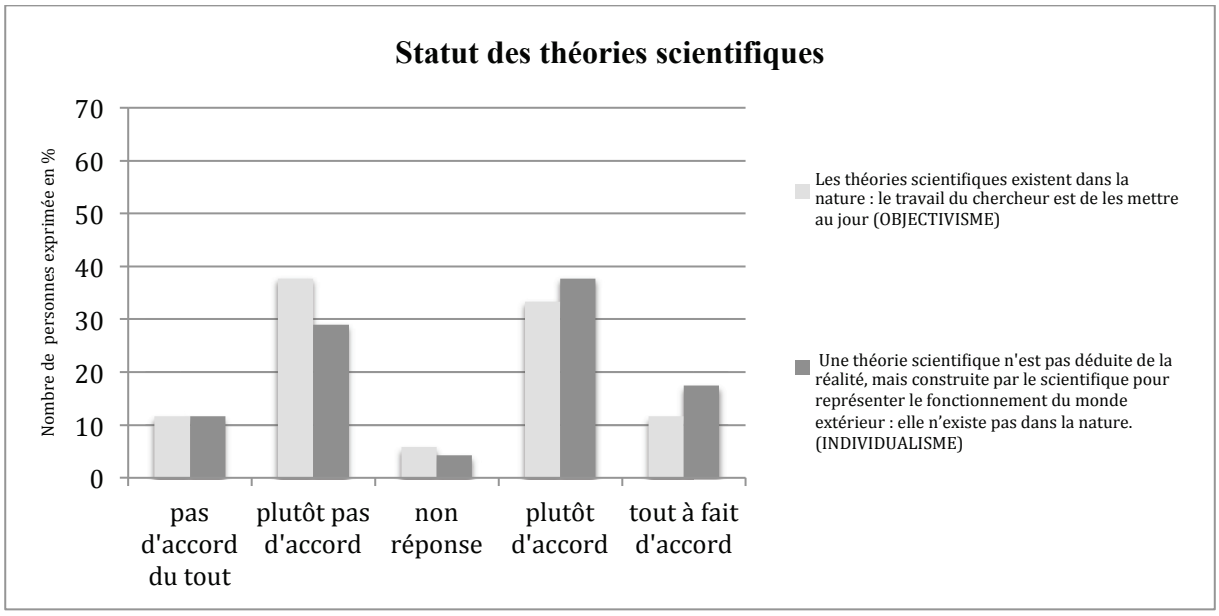


Figure 28 : Postures épistémologiques des répondants sur la nature des théories scientifiques

La Figure 28 révèle une répartition symétrique des réponses qui empêche l'identification d'une position épistémologique dominante *vis-à-vis* du statut des théories : 55% des répondants s'accordent sur le fait qu'une théorie scientifique est le fruit d'une construction effectuée par le chercheur ; dans le même temps, 45% acceptent que les théories puissent exister dans la Nature.

Une vision moderne de la science, dans laquelle une théorie scientifique est construite par le chercheur, n'est pas massivement acceptée alors que la vison constructiviste de la science

concernant les démarches scientifiques l'était. **Ainsi, une vision moderne de la science peut seulement se limiter à quelques aspects du travail du scientifique**.

2.4 La nature de la relation entre le monde des théories et le monde réel : résultats et interprétation

Les propositions 16 à 25 testent les positions épistémologiques des répondants *vis-à-vis* de la nature du lien entre les données du monde extérieur et les théories scientifiques.
Deux positions antagonistes sont testées : la première, correspondant à une vision réaliste de la relation théorie-réalité, consiste à considérer que les théories décrivent le monde tel qu'il est (Affirmations 16/18/20/22) ; la seconde, correspondant à une vision instrumentaliste, consiste à considérer que les théories sont des instruments permettant de comprendre le monde (Affirmations 17/19/21/23). La vision constructiviste consiste à ajouter aux idées développées par les instrumentalistes la nécessité de concevoir des théories utiles pour comprendre et prévoir les événements (Affirmations 24 et 25). Dans l'analyse, nous regroupons les affirmations relatives à l'instrumentalisme et au constructivisme.

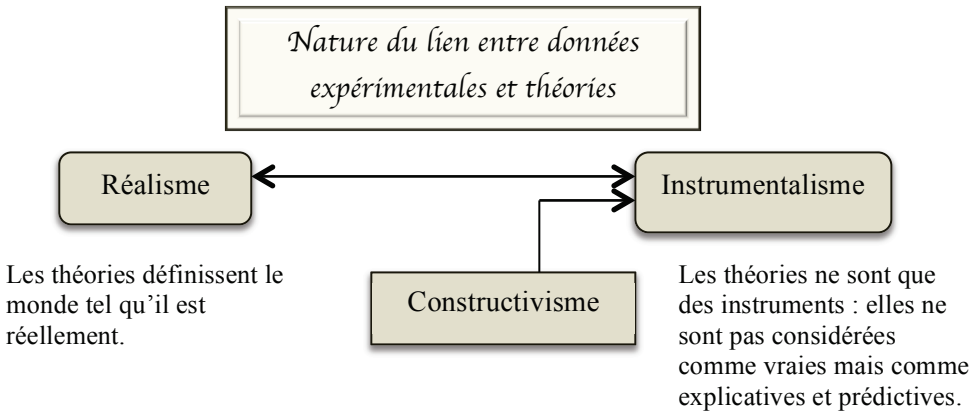


Figure 29 : Extrait du chapitre 2 : Nature du lien entre les données expérimentales et les théories

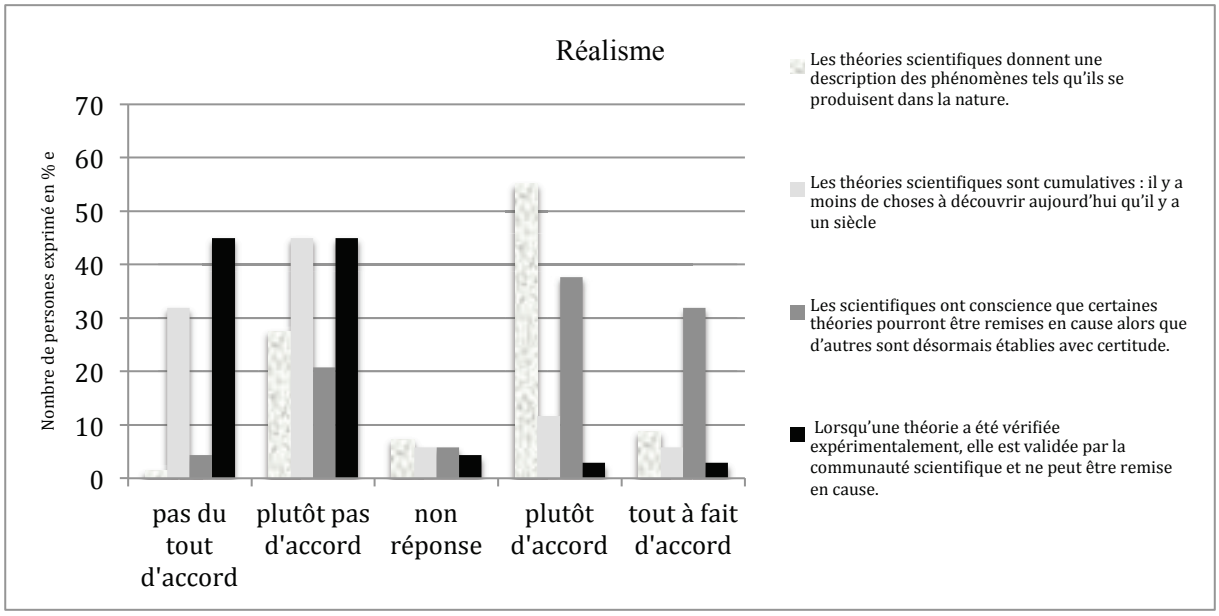


Figure 30 : Nature des relations entre le monde extérieur et les théories scientifiques suivant un point de vue réaliste

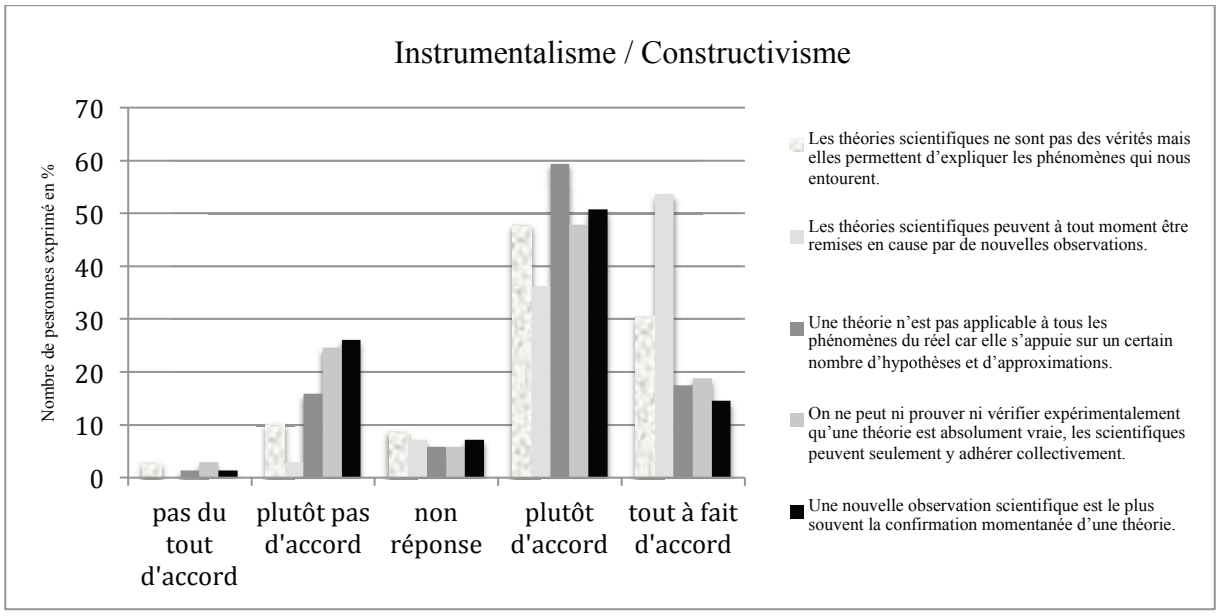


Figure 31 : Nature des relations entre le monde extérieur et les théories scientifiques suivant un point de constructiviste.

La Figure 31 indique une cohérence des réponses en lien avec le courant constructiviste. En effet, les répondants adhèrent majoritairement à toutes les propositions sur le caractère provisoire et approximatif d'une théorie scientifique. A titre d'exemples, 90% d'entre eux admettent que les théories scientifiques peuvent à tout moment être remises en cause et 78% estiment qu'elles ne sont pas des vérités mais qu'elles expliquent, malgré tout, le monde qui nous entoure.

Comme constaté pour les méthodes des scientifiques pour élaborer des théories, le point de vue des répondants est en accord avec une vision constructiviste de la science : les connaissances scientifiques font l'objet d'une construction, elles ne sont pas des vérités absolues et, à ce titre, elles pourront être remises en cause. **Les représentations des**

répondants sur le lien entre le monde extérieur et les théories scientifiques sont en accord avec le paradigme actuel, à savoir le constructivisme.

En revanche, la Figure 30 illustre la difficulté des répondants à se positionner clairement *vis-à-vis* du courant réaliste. Ils adhèrent majoritairement à deux propositions et rejettent les deux autres :

- Les répondants rejettent le courant réaliste lorsqu'il s'agit de reconnaître les théories scientifiques comme étant cumulatives (non à 77%) ou lorsque les théories, vérifiées expérimentalement et validées par la communauté scientifique, sont présentées comme ne pouvant pas être remises en cause (non 90%) ;
- Les répondants adhèrent au courant réaliste lorsque les théories scientifiques sont assimilées à des descriptions des phénomènes (oui à 63%) ou lorsque deux types de théories sont distinguées, celles pouvant être remises en cause de celles établies avec certitude (oui 70%).

Plusieurs interprétations sont envisageables.

Comme nous l'avons montré dans le Chapitre 2 (2.2.1.2.2.1. La nature des données et des connaissances scientifiques), la position épistémologique dite réaliste est cohérente avec le courant empiriste. Pour les empiristes, les théories scientifiques expliquent les phénomènes tels qu'ils se produisent dans la nature et portent sur des données observables. Or, les résultats de l'enquête sur les méthodes scientifiques montrent que seuls certains aspects du courant empiriste sont acceptés par les répondants. Nous avions alors relevé une incohérence des réponses en lien avec le courant empiriste. L'ambiguïté se retrouve ici sur la nature des relations entre le monde extérieur et les théories scientifiques. Les répondants adhèrent partiellement aux affirmations en lien avec le réalisme. **Ainsi, même si les enseignants reconnaissent le paradigme actuel des sciences, il semble qu'ils rencontrent des difficultés à s'éloigner des représentations courantes en accord avec l'empirisme et le réalisme** *(Voir Chapitre 2, 2.2.1.1.* Représentations des enseignants comme déterminants de l'action professorale***)* qui restent très prégnantes.**

Nous avons signalé dans le Chapitre 2 *(2.2.1.1.* Représentations des enseignants comme déterminants de l'action professorale*)* que les représentations de la science ont un fort impact sur la manière d'enseigner ; nous supposons que les connaissances des enseignants sur les instructions officielles et les savoirs à enseigner interfèrent également sur leurs représentations *vis-à-vis* des sciences. En effet, les instructions officielles présentent majoritairement des savoirs stabilisés ; leur mode d'élaboration ne fait pas partie des injonctions. Ainsi, les résultats donnés à l'affirmation « *les scientifiques ont conscience que certaines théories pourront être remises en cause alors que d'autres sont établies avec certitude* » peuvent s'expliquer par une double interprétation des enseignants : une première position relevant de l'épistémologie dans laquelle les savoirs sont évolutifs et une seconde relevant des savoirs scolaires où les savoirs sont stables.

Les représentations de la science des répondants sont compatibles avec une vision moderne en lien avec le constructivisme. Cependant, des aspects de postures relevant du réalisme/empirisme coexistent avec cette vision.

2.5 L'existence potentielle de critères universels pour différencier une proposition scientifique d'une proposition non scientifique : résultats et interprétations

Deux affirmations (26 et 27) ont été proposées pour tester le point de vue des enseignants sur l'existence de critère universels permettant de différencier une proposition scientifique d'une proposition non scientifique.

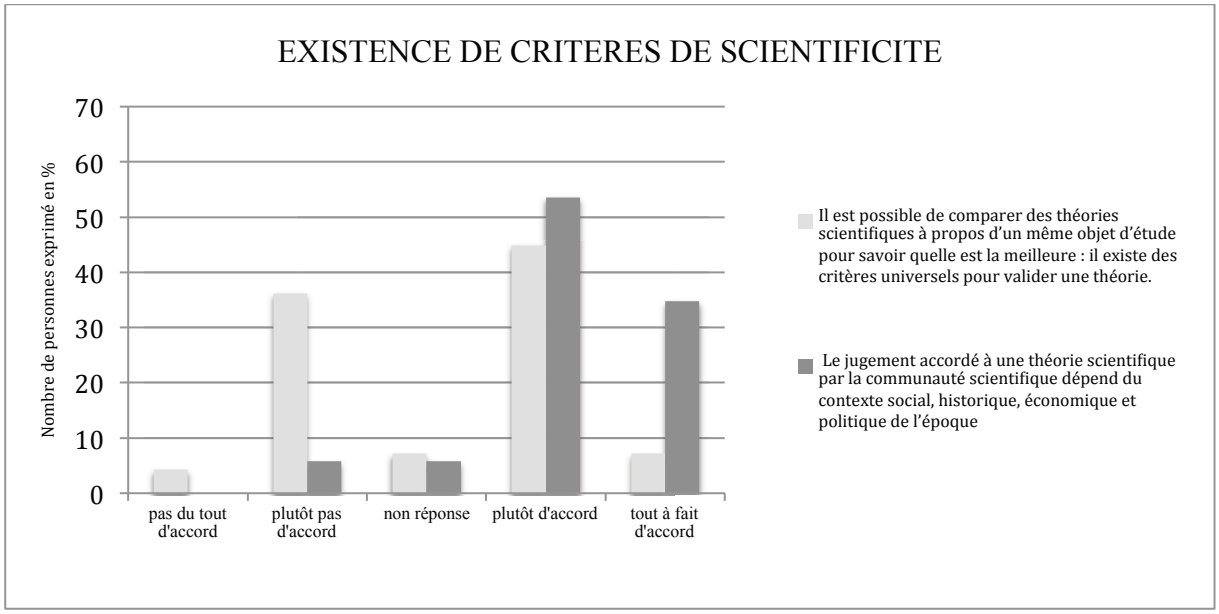


Figure 32 : Existence de critères de scientificité et postures épistémologiques

La majorité des répondants (88%) admet que la validité d'une théorie dépend de son contexte d'élaboration. Cependant, la répartition des réponses est équilibrée lorsqu'il s'agit de se prononcer sur la possibilité de comparer des théories scientifiques à propos d'un même objet d'étude car il existe des critères universels pour valider une théorie (45% oui ; 40% non). Or, admettre que la validité d'une théorie dépend du contexte sous-entend qu'il n'existe pas de critères universels. On observe donc une incohérence des réponses au sein de la catégorie. En effet, 45% des répondants en acceptant l'existence de critères universels pour valider une théorie s'opposent au courant constructiviste alors que seulement 6% s'y opposaient à travers la première proposition. En référence au Chapitre *2 (2.2.1.2.3.* Liens entre postures épistémologiques et pratiques d'enseignement des sciences*),* l'existence d'une démarche universelle et anhistorique permettant de prouver la validité des connaissances scientifiques est acceptée chez les positivistes.

La Figure 32 rend compte de la difficulté des répondants à adhérer à une position épistémologique univoque *vis-à-vis* de l'existence de critères de scientificité. **Ainsi, en reconnaissant le rôle de certains éléments de contextes dans la valeur d'une théorie scientifique, les répondants sont proches d'une approche constructiviste de la science. Cependant des visions antagonistes, liées au positivisme et proches des représentations courantes des sciences relevés dans le chapitre 2** *(2.2.1.1.* Représentations des enseignants comme déterminants de l'action professorale*)* **interfèrent avec cette approche constructiviste.**

2.6 La spécificité de l'activité du scientifique : collective ou isolée ; neutre ou contextualisée : résultats et interprétations

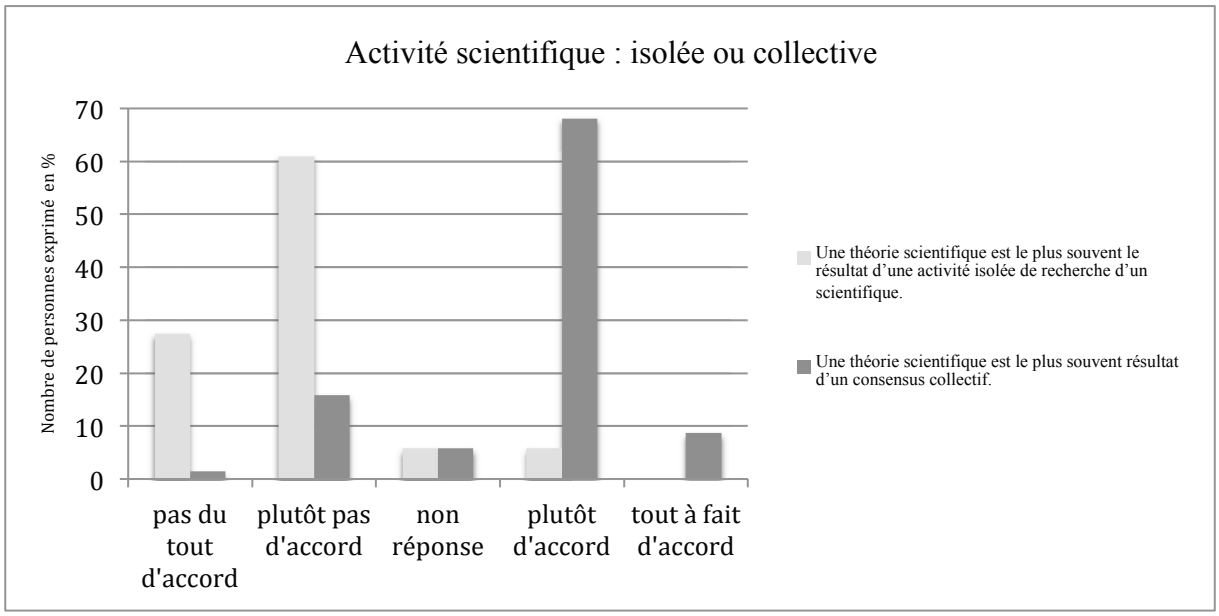


Figure 33 : Points de vue sur l'activité du scientifique : isolée ou collective

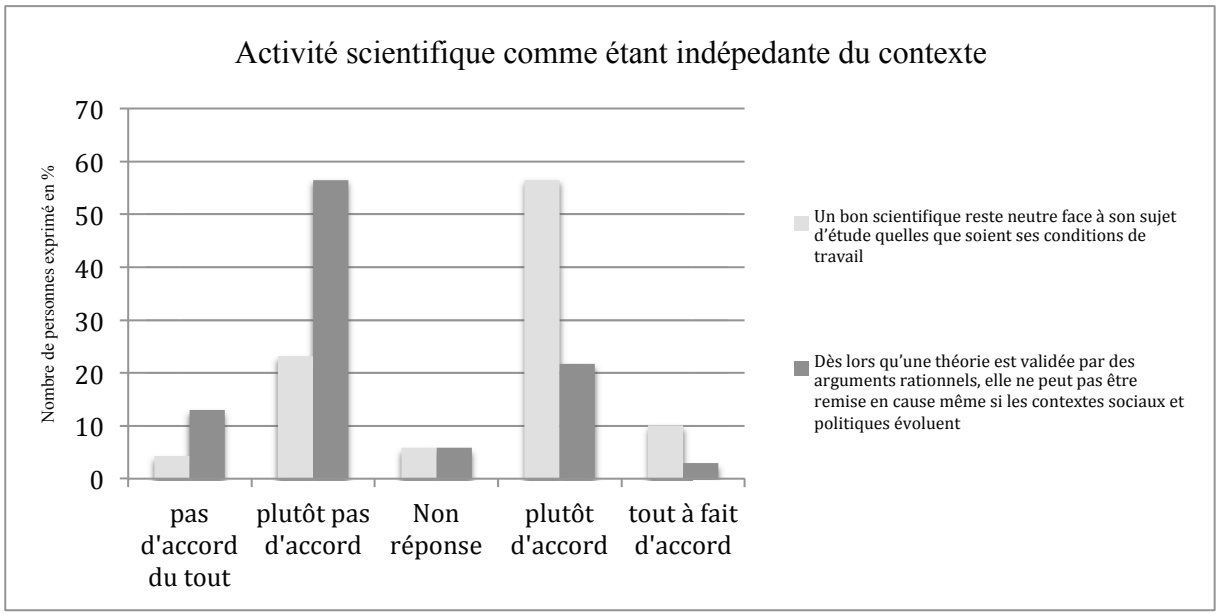


Figure 34 : Points de vue sur l'activité du scientifique : indépendante du contexte

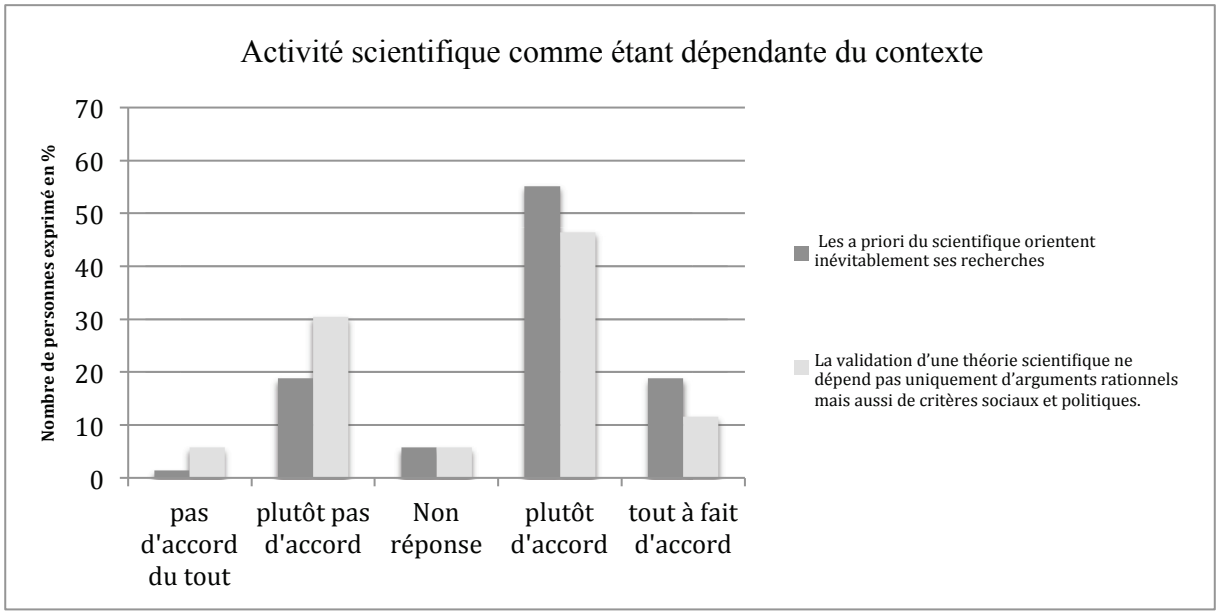


Figure 35 : Points de vue sur l'activité du scientifique : dépendante du contexte

Selon les résultats représentés dans la figure 33 :

- 88% des répondants s'accordent à dire que le scientifique ne travaille pas seul ;

-77% d'entre eux reconnaissent que les théories sont le résultat d'un consensus collectif.

Les répondants ont une vision cohérente de l'activité scientifique qu'ils perçoivent comme étant collective ce qui correspondant **à une vision constructiviste de la science** (Voir chapitre 2, 2.2.1.2.2. Modes d'élaboration des connaissances et type de raisonnement sollicité).

Les figures 34 et 35 testent le point de vue des répondants sur le lien possible entre les théories élaborées par les scientifiques et le contexte d'élaboration. Les réponses aux affirmations présentées dans ces deux figures sont complémentaires : les premières présentent l'activité scientifique comme étant indépendante de tout contexte, les secondes comme étant dépendantes d'un contexte.

Les répondants (69%) reconnaissent qu'une théorie, même validée par des arguments rationnels, peut être remise en cause lorsque les contextes évoluent. De même, 74% d'entre eux affirment que les *a priori* du chercheur sont susceptibles d'orienter ses recherches et 58% acceptent que la validation d'une théorie dépende de critères sociaux et politiques. Ces résultats corroborent les réponses sur le jugement accordé à une théorie scientifique (Voir partie 2.5.1 de ce chapitre : 88% des répondants admettent que la validité d'une théorie dépend de son contexte d'élaboration). Paradoxalement, 67% des enseignants revendiquent la neutralité du chercheur face à son sujet d'étude.

Excepté celles données à l'affirmation selon laquelle un bon scientifique reste neutre face à son sujet d'étude quelles que soient ses conditions de travail, les réponses présentent une cohérence les unes par rapport aux autres. Selon le point de vue moderne de la science développé dans le chapitre 2 *(2.2.1.2.2.* Modes d'élaboration des connaissances et type de raisonnement sollicité*),* le savoir scientifique est décrit comme une construction intellectuelle collective dépendant à la fois du contexte socio-historico-politique du moment, de valeurs professionnelles, sociales et psychologiques. Le chercheur ne peut pas être totalement neutre.

Les répondants adhèrent globalement aux idées véhiculées par le constructivisme. En parallèle de cette représentation moderne de la science, demeure une idée héritée de l'empirisme selon laquelle les scientifiques restent neutres face à leur sujet d'étude.

2.7 Le mythe scientiste : résultats et interprétations

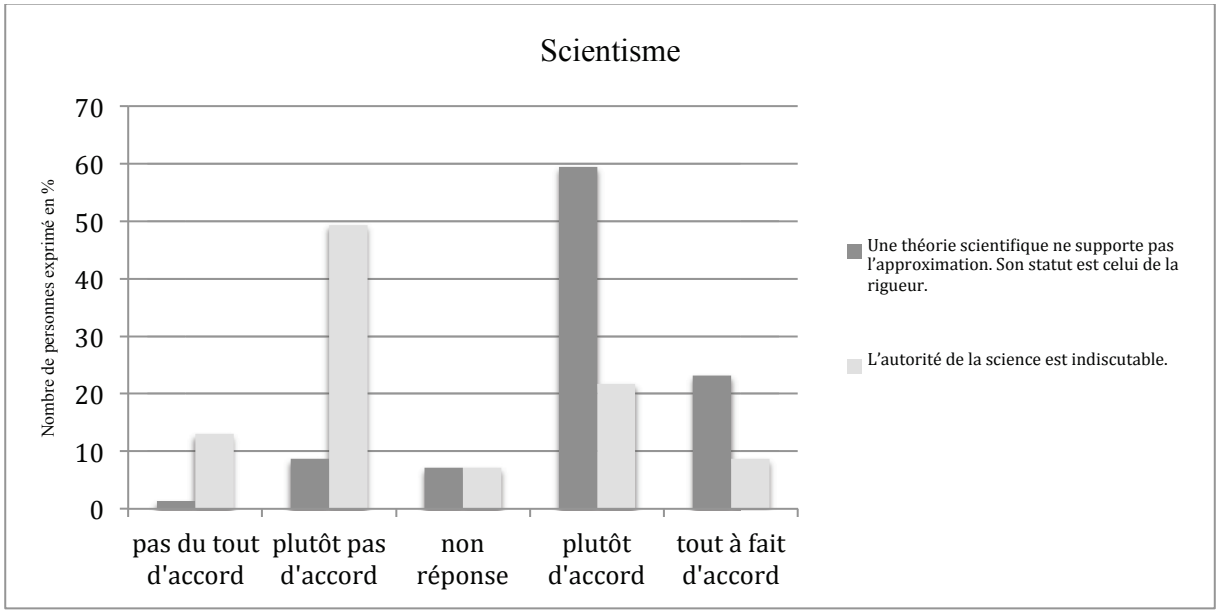


Figure 36 : Points vue sur la science, le mythe scientiste

La figure 36 montre que 62% des répondants rejettent l'idée que l'autorité de la science est indiscutable alors que dans le même temps 82% d'entre eux affirment qu'une théorie ne supporte pas l'approximation et que son statut est celui de la rigueur.

Nous retrouvons la juxtaposition d'idées en lien avec une vision moderne de la science avec des idées représentatives de courants épistémologiques, principalement liées à une vision empirique de la science. Les répondants ne donnent donc pas une vision scientiste cohérente de la science.

2.8 Synthèse : les représentations des enseignants *vis-à-vis* des sciences

Notre étude révèle que les représentations des enseignants répondants, majoritairement liées à une posture épistémologique relevant du constructivisme, coexistent avec d'autres postures antagonistes.

Exceptée dans la catégorie relative au statut du monde extérieur, les répondants sont majoritairement favorables aux propositions relevant d'une **vision constructiviste** de la science. Selon notre étude théorique du chapitre 2 *(Voir 2.2.1.1.* Représentations des enseignants comme déterminants de l'action professorale*),* ces résultats semblent surprenants. En effet, cette étude indiquait que les tendances constructivistes apparaissent minoritairement chez les enseignants. Nos résultats sont à mettre en regard de l'échantillon des enseignants

répondants. En effet, leur profil n'est pas représentatif de la population globale des professeurs des écoles. Nous supposons donc **que la formation initiale influe sur les représentations des enseignants *vis-à-vis* des sciences : une formation scientifique favorise des représentations s'inscrivant dans le paradigme actuel des sciences, le constructivisme**.

Cependant, même si cette représentation moderne de la science est majoritaire chez les répondants, elle coexiste systématiquement avec des idées issues d'une représentation des sciences pouvant relever soit de l'héritage de la période empiriste soit d'une vision scientiste. **Les stéréotypes courants de l'empirisme ou du scientisme relevés dans le chapitre 2** *(Voir 2.2.1.1.* Représentations des enseignants comme déterminants de l'action professorale*)* **restent ancrés chez les répondants.** En effet, **des représentations en lien avec des postures épistémologiques en contradiction semblent coexister chez les répondants qui éprouvent des difficultés à repérer des propositions antagonistes. De plus, il semble que la formulation des affirmations, représentatives de postures épistémologiques, influence les réponses. Par exemple, les stéréotypes des sciences empiriques (démarche OHERIC) sont majoritairement acceptées alors que des formulations moins courantes, mettant par exemple en avant le raisonnement basé sur l'induction, suscitent moins l'adhésion.**

Pour illustrer les résultats obtenus, nous avons établi chez les répondants des profils basés sur les catégories testées : les méthodes d'élaboration des théories scientifiques, la nature des théories scientifiques et leurs liens avec le monde réel et enfin les caractéristiques du travail du scientifique.

- Méthodes utilisées pour élaborer des théories scientifiques.

Le graphique de type radar de la Figure 37 reprend les propositions relevant de l'empirisme et du rationalisme : les quatre propositions en lien avec l'empirisme sont entourées ; les propositions antagonistes relevant de l'une ou l'autre de ces postures épistémologiques sont positionnées une même direction du graphique dans des sens opposés.

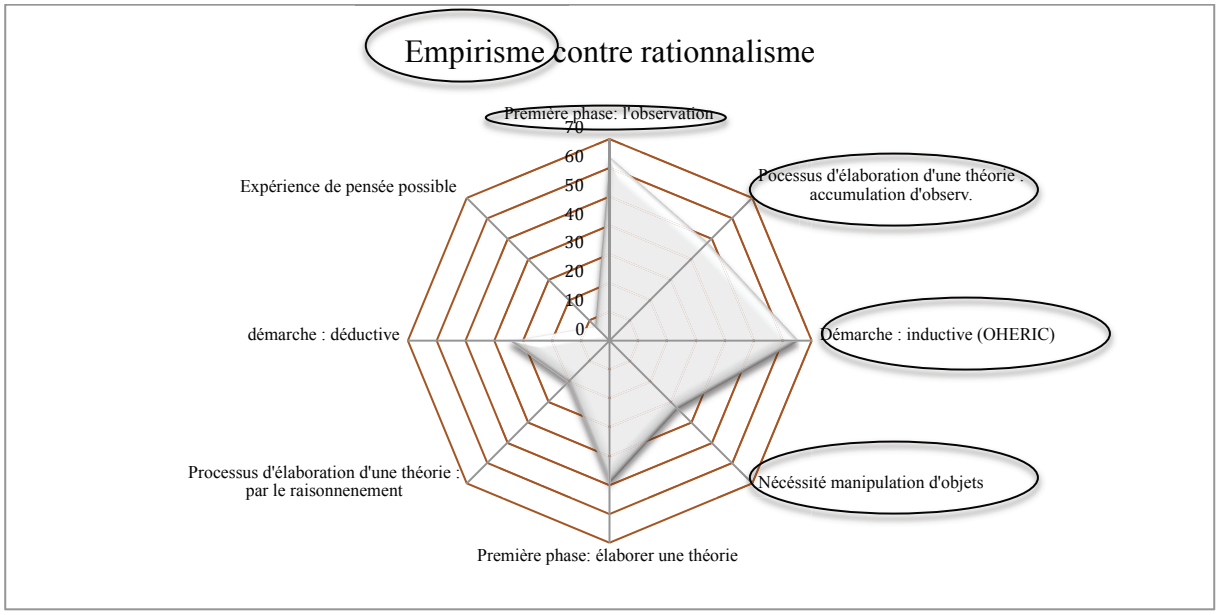


Figure 37 : Méthodes utilisées pour construire des connaissances scientifiques : empirisme contre rationalisme.

Les résultats montrent la tendance des enseignants à accepter des méthodes issues de l'empirisme au profit de méthodes issues du rationalisme. Des affirmations en lien avec l'empirisme, telle que la démarche scientifique assimilée à la démarche OHERIC, font l'objet d'un consensus chez les répondants. **L'image stéréotype de la science empirique décrite dans le chapitre 2** *(Voir 2.2.1.1*Représentations des enseignants comme déterminants de l'action professorale*)* **est également révélée par notre enquête.**
Cependant, les répondants adhèrent massivement à des affirmations relevant d'une vision moderne de la science en lien avec le constructivisme (84% d'entre eux pensent que la construction des connaissances scientifiques implique que le chercheur fasse appel à la fois à ses sens et à sa raison ; le même nombre accepte l'idée que la démarche du scientifique navigue entre expériences et théories).

Concernant les méthodes utilisées pour élaborer des théories scientifiques, les répondants sont majoritairement en accord avec une posture moderne de la science relevant du constructivisme. Cependant, ils adhèrent aussi en partie à des éléments issus de l'empirisme qu'ils opposent au rationalisme.

- Nature des théories scientifiques et leurs liens avec le monde réel.

Le graphique de type radar de la Figure 38 décline des propositions en lien avec la nature des théories scientifiques et leurs liens avec le monde réel. Deux postures épistémologiques sont représentées, le constructivisme et le réalisme. Les propositions relevant du réalisme sont entourées.

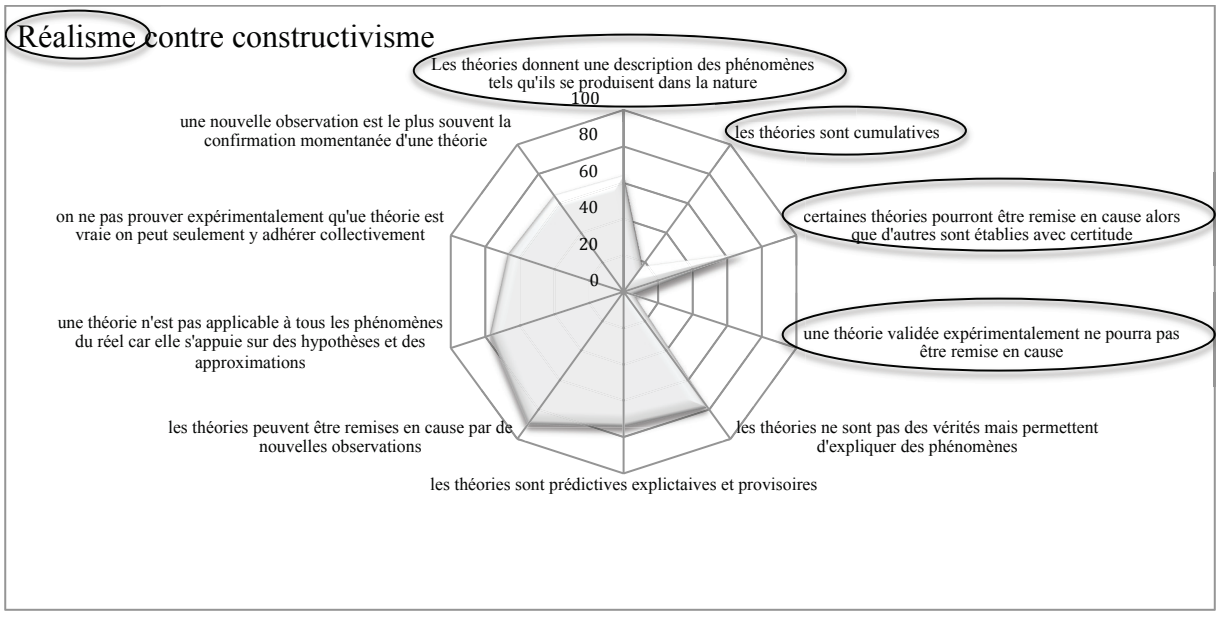


Figure 38 : Nature des théories scientifiques et de leurs liens avec le: réalisme contre constructivisme

Les résultats indiquent nettement la tendance des enseignants à adhérer à une image constructiviste de la science lorsqu'il s'agit de définir la nature des théories scientifiques et de leur lien avec le réel. **Cependant, des croyances liées à la fois au réalisme et à l'individualisme coexistent avec cette posture moderne de la science.** Par exemple, pour la

majorité des répondants, même si une théorie est le résultat d'une construction humaine, elle existe au préalable dans la nature, correspondant ainsi aux phénomènes tels qu'ils se produisent. Notre enquête révèle également que les répondants distinguent deux types de savoirs scientifiques : ceux pouvant être remis en cause et ceux établis avec certitude que nous avons rapprochés des savoirs à enseigner.

- L'activité du scientifique.

Le graphique de type radar de la figure 39 décline des propositions en lien avec la dépendance de l'activité scientifique à un contexte : les propositions en lien avec le constructivisme sont entourées ; les propositions antagonistes sont positionnées une même direction du graphique dans des sens opposés.

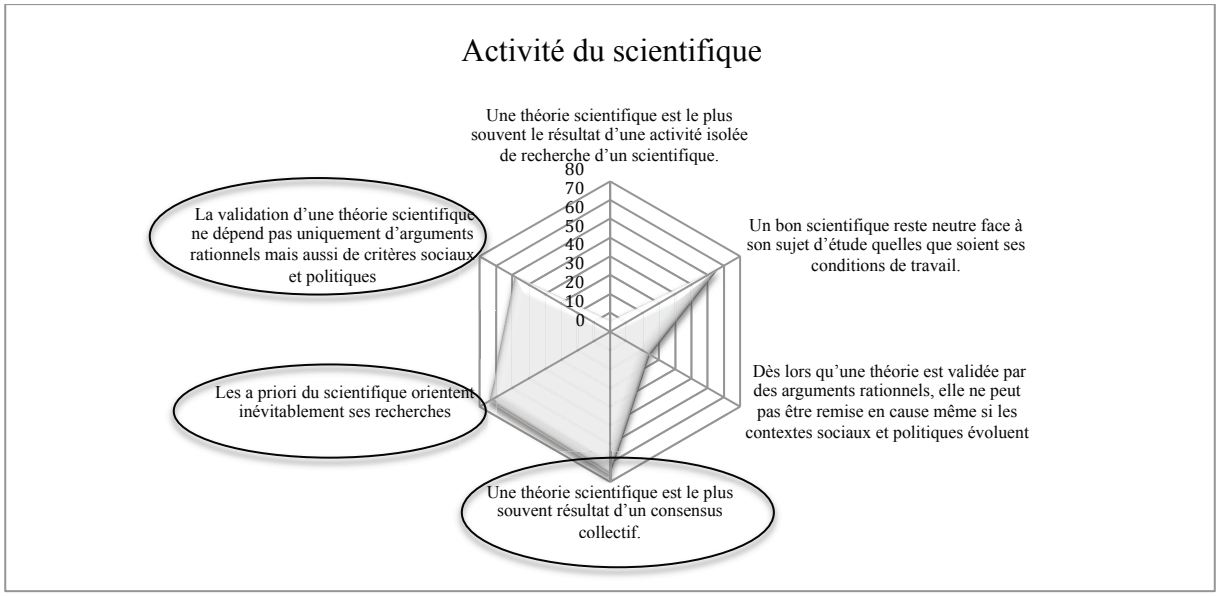


Figure 39 : L'activité du scientifique.

La Figure 39 montre que **les répondants adhèrent majoritairement à des propositions en lien avec une activité du scientifique s'inscrivant dans une épistémologie constructiviste**. **Cependant, une vision de type scientiste selon laquelle le chercheur reste neutre quelque soit le contexte, coexiste avec cette vision moderne.**

3 Représentations des enseignants *vis-à-vis* de l'enseignement des sciences

En prenant appui sur la seconde partie de l'enquête[91], nous exposons dans ce paragraphe les résultats en lien avec les représentations des enseignants *vis-à-vis* de l'enseignement des sciences. Dans une première partie, nous présentons les résultats liés à la compréhension des enseignants des instructions officielles. Dans une seconde partie, nous mettons en évidence

[91] La seconde partie de l'enquête figure en annexe n°12.

les corrélations entre les pratiques déclarées par les enseignants et leurs représentations. Rappelons que 48 personnes ont répondu entièrement à cette partie de l'enquête[92].

3.1 Les enseignants face aux instructions officielles

La première partie de l'enquête, sur les représentations des enseignants *vis-à-vis* de l'enseignement des sciences, vise à recueillir la vision « idéale » des enseignants de l'enseignement des sciences à l'école. Pour ce faire, nous les avons interrogés sur le contenu des préconisations officielles *vis-à-vis* de l'enseignement des sciences (notamment sur la définition de la démarche d'investigation et de ses étapes) et sur les finalités de cet enseignement.

3.1.1 Finalités et démarches liées à l'enseignement des sciences

La majorité des répondants (35 enseignants soit 88%) pense qu'une séquence de sciences doit être menée préférentiellement selon la démarche d'investigation.

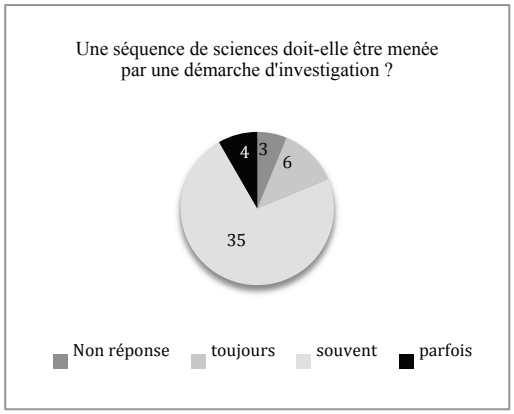


Figure 40 : Démarches liées à l'enseignement des sciences

Les préconisations liées à la pratique de la démarche d'investigation sont donc bien à l'esprit de la plupart des enseignants.

Les instructions officielles présentent la démarche d'investigation non pas comme une finalité de l'enseignement des sciences mais comme un moyen permettant d'atteindre les objectifs principaux à savoir 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* » mais aussi de développer *« la curiosité, la créativité, l'esprit critique et l'intérêt pour le progrès scientifique et technique»*[93].

En complément de ces résultats, 43% du panel interrogé sur les finalités de l'enseignement des sciences[94] place au premier rang le fait de « *questionner le monde qui nous entoure* » et 15% le fait « *d'acquérir des connaissances sur le monde qui nous entoure* ». Ces finalités sont en lien avec les objectifs des programmes. De plus, 24% estiment important de « *développer des attitudes telles que la pensée critique, l'ouverture aux autres, l'argumentation* » et 17% de « *développer des attitudes telles que la curiosité, la créativité.* » Ces finalités sont donc directement liées aux objectifs de la démarche d'investigation à savoir développer des attitudes scientifiques. Cependant, *« apprendre une démarche expérimentale* » est donnée, au rang 1, comme étant une finalité par 7 des répondants (soit 15%) ce qui laisse supposer une confusion entre les objectifs de l'enseignement des sciences et les moyens à mettre en œuvre pour y parvenir. L'apprentissage d'une démarche devient alors un objectif à part entière.

[92] Malgré l'échantillon restreint de répondants, nous exprimons les résultats en pourcentage pour à la fois faciliter leurs lectures mais aussi les liens avec la première partie de l'enquête dont le nombre de répondants diffère.

[93] Se reporter au Chapitre 1 « Contexte institutionnel de la recherche ».

[94] A la question « *Selon vous, quelles sont les finalités de l'enseignement des sciences à l'école primaire ?* », les répondants ordonnaient leurs réponses suivant des rangs de priorité.

La confusion entre les contenus et les démarches, résultat de la recherche en didactique exposés dans le chapitre 1 *(2.1.Démarche d'investigation : une démarche ou une méthode nique)* **n'est pas majoritairement observée chez les répondants. Ce résultat laisse penser qu'une formation scientifique peut permettre de distinguer l'apprentissage des démarches et des connaissances scientifiques.**

3.1.2 Définition générale de la démarche d'investigation donnée par les enseignants

L'analyse des questions 1 et 3 nous permet de reconstruire la définition donnée par les répondants de la démarche d'investigation prescrite.
Pour cela, nous avons choisi plusieurs axes d'analyse des réponses données par les enseignants à la consigne « *Précisez cette démarche en quelques mots » :*

- Le premier niveau suggère si la démarche d'investigation est vue comme une méthode d'enseignement ou d'apprentissage ;
- Le deuxième permet de dévoiler si la démarche d'investigation est confondue avec une théorie de l'apprentissage ;
- Le dernier permet de mettre à jour le contenu de la démarche retenu par les enseignants.

➢ Premier axe d'analyse : démarche d'investigation vue comme une méthode d'enseignement ou comme une méthode d'apprentissage.

Le premier axe suggéré permet de révéler si la démarche d'investigation est assimilée à une méthode d'enseignement ou d'apprentissage. Pour cela, nous repérons dans les formulations utilisées si les actions évoquées sont celles du maître ou des élèves (« *C'est une démarche où l'élève observe, se questionne, propose, expérimente et élabore une théorie.* ») ou encore un mélange des deux (*« des questions sont posées par l'enseignant lors du recueil des conceptions initiales, les élèves avancent des hypothèses sont avancées pour expliquer ces questions »).* Nous classons les réponses ne nous permettant pas d'en déduire un point de vue dans la rubrique « non définie ».

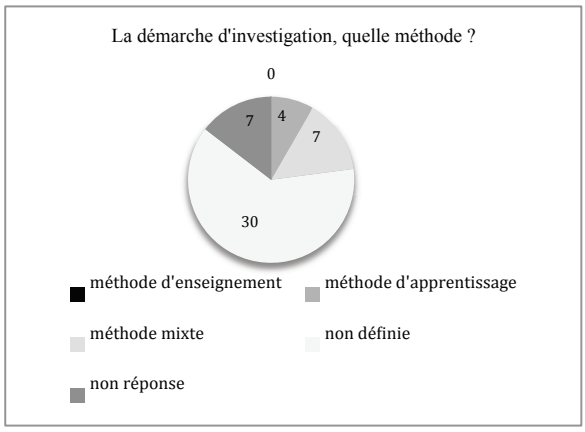


Figure 41 : La démarche d'investigation vue comme une méthode d'enseignement ou d'apprentissage ?

La Figure 41 montre que les répondants ne situent pas clairement la démarche d'investigation comme étant une méthode soit d'apprentissage soit d'enseignement : 30 enseignants (soit 62% des répondants) décrivent la démarche d'investigation sans se préoccuper de la situer au niveau de l'enseignant ou au niveau de l'apprenant.
Ces résultats sont conformes aux programmes en vigueur (B.O.E.N. n°3 du 19 juin 2008) où la distinction entre les actions du maître et celles des élèves n'est pas mentionnée. Cependant, 52% des enseignants interrogés ont connu la mise en place des programmes de 2002 (B.O.E.N. hors-série n° 1 du 14 février 2002) et 48% ont été témoin de ceux de 2000 (B.O.E.N. n°23, 15 juin 2000) où les gestes du maître et des élèves sont précisés. De plus, notre exposé du contexte institutionnel indique une continuité dans les programmes depuis la naissance de la Main à la Pâte, les programmes de

2008 faisant d'ailleurs référence à la Main à la Pâte. Or, les actions du maître et celles des élèves sont bien différenciées dans les principes de la Main à la pâte.

La formulation de la démarche d'investigation par les enseignants est plus proche de la formulation du B.O.E.N. en vigueur que des autres textes de référence. Les éléments utiles des anciennes instructions ne sont pas réactivés par les enseignants qui n'identifient pas la démarche comme une méthode ni d'enseignement ni d'apprentissage.

➢ Deuxième axe d'analyse :

Le deuxième axe d'analyse dévoile si les répondants associent des hypothèses d'apprentissage à la démarche d'investigation[95].
Pour cela, nous avons repéré les formulations spécifiant que **l'élève est acteur de son apprentissage** c'est-à-dire qu'il doit construire ses propres connaissances en référence au socioconstructivisme. *(« Les élèves doivent être capables de construire leur connaissance après avoir travaillé à partir de leurs conceptions initiales. Ils les ont confronté les unes aux autres, ont eu recours à divers documents et/ou expérimentations »*).
Nous avons également repéré des descriptions visant à rendre **l'élève actif** mais ne permettant pas de savoir si le but est de construire des connaissances ou seulement de manipuler. *(« Il s'agit de proposer aux élèves une situation problème, si possible issue de leurs observations et de leur demander d'émettre des hypothèses. Ce sont ces hypothèses qui seront à la base des investigations des élèves (expériences, débat, recherches...), l'objectif étant de vérifier leur validité »*). Nous n'avons pas intégré à cette catégorie les descriptions de la démarche d'investigation où il est fait mention d'une expérimentation sans préciser si c'est le maître ou les élèves qui la mènent.
Enfin, nous avons regroupé les propositions des enseignants ayant une vision de la démarche d'investigation comme étant une **adaptation de la démarche du chercheur**, de la démarche scientifique *(« c'est par la démarche expérimentale que les élèves doivent acquérir les connaissances théoriques et des compétences qui se rapprochent du métier de chercheur. »*).
Le choix de ces trois catégories ne fait pas référence aux mêmes angles d'analyse possible de la démarche : les deux premiers étant en lien avec les théories de l'apprentissage, le troisième étant en lien avec une posture épistémologique. Il nous a semblé toutefois intéressant de mettre en parallèle théorie de l'apprentissage et postures épistémologiques, comme nous l'avons fait dans le chapitre 2 *(2.2.2.2. Mise en relation des courants épistémologiques, psychologiques et des tendances didactiques.)*

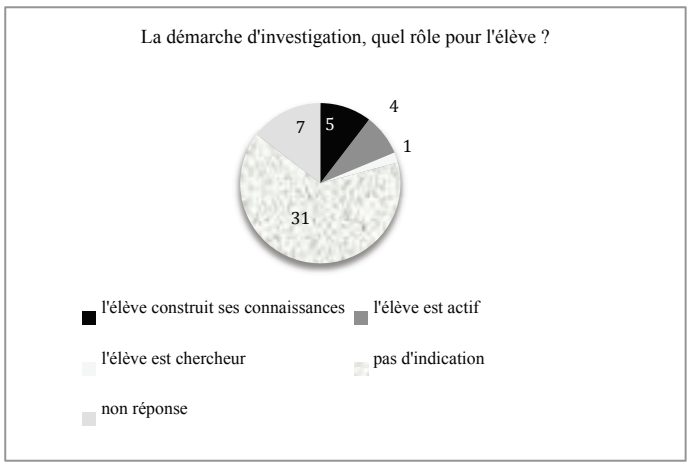


Figure 42 : La démarche d'investigation et les théories de l'apprentissage

Les résultats, exposés dans la Figure 42, montrent que **les répondants ne fondent pas spontanément la démarche d'investigation sur une théorie de l'apprentissage.** Ces résultats sont conformes aux programmes en vigueur[96] qui ne font pas mention d'un quelconque principe relatif au socioconstructivisme. Seuls

[95] Voir chapitre 1.
[96] B.O.E.N n°3 du 19 juin 2008.

les programmes de 2002 rendaient obligatoire la pratique d'une démarche **constructive** d'investigation.
Les enseignants ne réactivent pas leurs connaissances des instructions officielles antérieures où la démarche d'investigation était davantage précisée et ne s'appuient pas non plus sur les principes de la Main à la Pâte pourtant mentionnée dans les programmes en vigueur. Les répondants n'associent pas la démarche d'investigation prescrite ni à une démarche de chercheur, ni à une démarche constructive. Spontanément, ils ne font pas de lien entre les préconisations et une posture pédagogique et épistémologique.

➢ Troisième axe d'analyse :

Le dernier axe d'analyse indique la définition de la démarche d'investigation donnée par les répondants. Pour cela, nous avons choisi de repérer les étapes données par les enseignants et figurant dans la définition de la démarche d'investigation[97] . Nous avons ajouté une rubrique concernant le recueil des conceptions des élèves souvent cité dans la description de la démarche [98]:

- Une situation d'entrée pouvant être une observation, un fait quotidien ;
- Le relevé et/ou la prise en compte des conceptions initiales des élèves ;
- La formulation d'un problème ou d'une ou plusieurs questions ;
- L'émission d'hypothèses ;
- La citation d'un terme lié à une investigation. Les résultats prennent en compte les mots cités comme : investigation, moyen de répondre aux questions posées, moyens de valider les hypothèses et ont aussi été pris en compte des réponses plus précises comme expérience, modélisation, observation pour répondre aux questions .... ;
- L'interprétation des résultats de l'investigation ;
- Une structuration. Pour cette étape, des réponses telles que l'élaboration d'une trace écrite ou institutionnalisation des savoirs ont été comptabilisées.

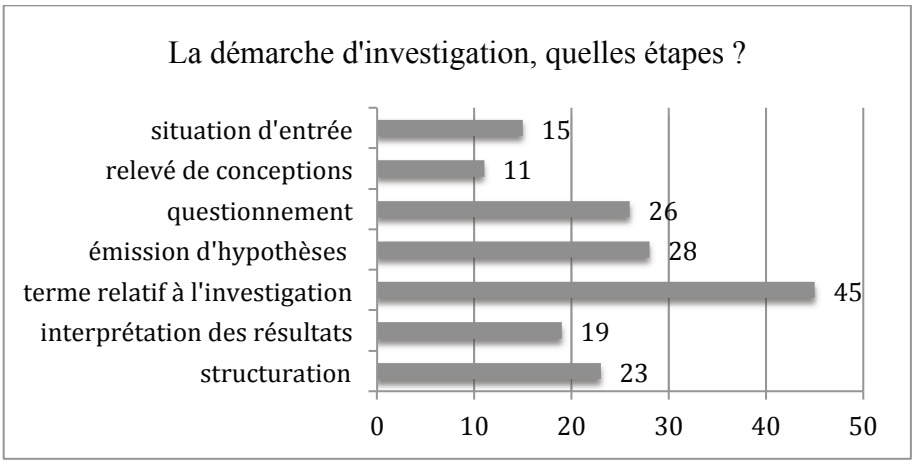


Figure 43 : Description des étapes de la démarche d'investigation.

➢ Importance relative donnée au questionnement et à l'étape dite d'investigation

[97] D'après les documents d'accompagnement des programmes de 2002.
[98] Tous les termes retenus pour chaque rubrique exprimée figurent en annexe n°20.

45 répondants, soit 94%, citent un terme lié à l'investigation proprement dite ce qui laisse supposer que cette étape est vue comme l'élément central de la démarche[99].

Seulement 26 d'entre eux soit 54% mentionnent l'élaboration d'un questionnement justifiant la présence d'une investigation. Il apparaît donc que 19 personnes parmi les répondants soit 39% **envisagent la mise en œuvre d'une investigation sans question préalable**. Ce résultat est à mettre en relation avec l'un des résultats de la Figure 42 selon lequel 5 répondants soit 10% mentionnent la nécessité de faire construire des connaissances à l'élève.

> Or, « *L'esprit scientifique nous interdit d'avoir une opinion sur des questions que nous ne comprenons pas, sur des questions que nous ne savons pas formuler clairement. Avant tout, il faut savoir poser des problèmes. Et quoi qu'on dise, dans la vie scientifique, les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes. C'est précisément ce sens du problème qui donne la marque du véritable esprit scientifique. Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit*. » (Bachelard, (1938), p. 14).

Le fait qu'une étape de la démarche, « *conception de l'investigation »,* s'intitule de la même manière que la démarche elle-même « *démarche d'investigation* » semble focaliser les attentions des répondants. En effet, ces derniers citent très majoritairement cette étape qui devient prédominante par rapport aux autres. Il semble que les élèves soient bien actifs à travers l'étape d'investigation (expérience, observation…) mais pas systématiquement acteur de leur apprentissage. Le recours à la démarche d'investigation n'implique pas systématiquement la possibilité pour les élèves de construire des connaissances scientifiques.

L'implémentation obligatoire de la démarche d'investigation dans le cadre de l'enseignement des sciences est connue des enseignants interrogés. Cependant, les fondements de cette démarche, institués notamment par les principes de la Main à la Pate ne sont pas donnés spontanément par les répondants se référant aux instructions officielles. De même, les étapes prescrites ne sont pas explicitées naturellement par les répondants.

➢ L'étape dite d'investigation

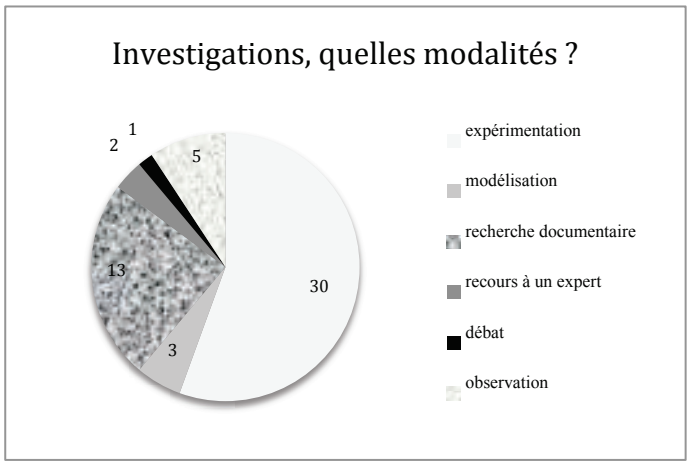


Figure 44 : Quelles modalités pour l'étape dite d'investigation ?

Différentes modalités d'investigation ont été proposées aux répondants afin de mieux comprendre la signification donnée à cette étape.

La Figure 44 montre que l'investigation est majoritairement associée à une expérimentation, conformément aux instructions officielles (30 répondants soit 62%). La modélisation n'est citée que par 6% des répondants alors qu'elle associée à des points particuliers du programme dans la partie Ciel et Terre.

[99] Le contenu de cette étape sera détaillé dans la suite de notre texte.

Pour la majorité des enseignants, l'étape d'investigation doit être une expérience.

3.1.3 Définition des étapes de la démarche d'investigation

Nous avons demandé aux enseignants de définir chacune des étapes de la démarche d'investigation décrite dans les programmes de 2002[100]. Pour chacune des étapes, les réponses données sont organisées en catégories *a posteriori*. Dans la suite, nous présentons ces catégories[101] puis nous en proposons une représentation graphique afin de faciliter la lecture des résultats.

3.1.3.1 La situation d'entrée

Les réponses données pour la situation d'entrée sont classées en 4 catégories :

- Une situation d'observation ;
- Un relevé des conceptions initiales ;
- La formulation d'une question ;
- La situation d'entrée comme le début de la démarche, sans en spécifier le contenu.

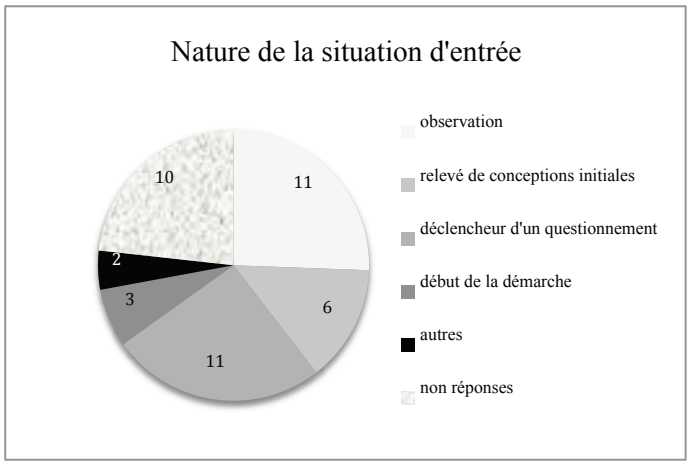


Figure 45 : Nature de la situation d'entrée dans la démarche d'investigation

La Figure 45 indique que :

- Pour 11 répondants, soit 23%, la démarche d'investigation doit débuter par une observation. Dans la première partie de l'enquête, 64% des répondants estiment que la démarche du scientifique débute par une observation. **Les représentations épistémologiques de la démarche scientifique ne sont pas systématiquement transposées à la démarche d'enseignement.**

Pour 11 répondants, soit 23%, la situation d'entrée doit permettre la formulation d'une question. Or, 26 répondants soit 54% intègrent une question à la démarche d'investigation. Ainsi, pour 15 répondants, soit 30%, la situation d'entrée n'est pas systématiquement en lien avec la question traitée ensuite. **Ces résultats montrent là encore que le questionnement n'est pas la préoccupation principale des répondants lors de la mise en place d'une démarche d'investigation.**

Pour 6 répondants, soit 12%, la situation d'entrée est l'occasion d'organiser le relevé des conceptions initiales. La figure 43 indiquait que 11 répondants, soit 23%, intègrent le relevé des conceptions initiales à la démarche d'investigation : la situation d'entrée n'est pas la seule opportunité pour un relevé de conceptions. Notons également que ce relevé est un élément indispensable dans une vision socioconstructiviste de l'apprentissage, celui-ci ne pouvant se

[100] Voir question 4 de la seconde partie de l'enquête disponible en annexe n°12.
[101] L'intégralité des catégories et les réponses associées figurent en annexes n°21 à n°26.

faire qu'en prenant en compte les idées préalables des apprenants *(Voir Chapitre 2, 2.2.2.2.* Mise en relation des courants épistémologiques, psychologiques et des tendances didactiques.**) La démarche d'investigation n'est donc pas majoritairement vue comme permettant de mettre en œuvre les théories de l'apprentissage liées au constructivisme**.

3.1.3.2 La formulation du questionnement

5 catégories de réponses correspondant à la phase de formulation du questionnement ont été identifiées parmi les réponses des enseignants [102]:

- les questions liées à un fait réel ;
- Le passage d'un ensemble de questions à un problème ;
- La sélection de questions pouvant être traitées par une investigation ;
- L'articulation de la question avec la situation d'entrée ;
- La question comme le résultat d'un conflit cognitif.

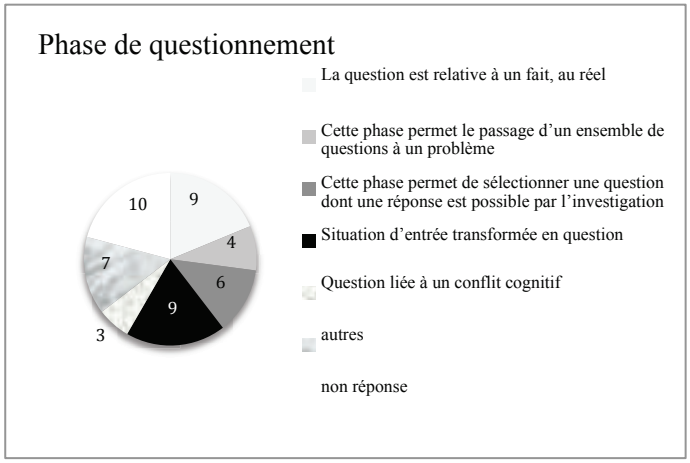


Figure 46 : Phase de questionnement au sein de la démarche d'investigation.

La Figure 46 montre une grande variété des réponses concernant la phase de questionnement :

- 9 répondants soit 19% décrivent cette phase comme issue de la situation d'entrée. Cette vision correspond à l'enchaînement des étapes données par les instructions officielles de 2002 ;
- 9 autres répondants pensent que la question doit être en relation avec le réel ce qui est conforme aux programmes actuels spécifiant la nécessité « *de comprendre et de décrire le monde réel.* » ;
- 6 des répondants soit 12% sont attentifs au fait que la question doit obtenir une réponse par investigation. Ces réponses sont aussi en accord avec les instructions officielles en vigueur et révèlent une vision plus globale de la démarche : le questionnement doit permettre d'avancer vers l'étape centrale d'investigation ;
- 4 des répondants soit 8% spécifient que cette étape doit permettre l'élaboration d'un problème ;
- 3 des répondants soit 6% imaginent une question résultant d'un conflit sociocognitif chez les élèves en lien avec le socioconstructivisme. **Ce résultat corrobore les résultats précédents selon lesquels la démarche d'investigation n'est pas intégrée à une vision socioconstructiviste de l'apprentissage.**

Ces résultats montrent que les étapes de la démarche d'investigation sont peu articulées : les répondants n'associent pas de raisonnement logique à l'enchaînement des étapes de la démarche d'investigation prescrite.

[102] Les catégories retenues figurent en annexe n°22.

3.1.3.3 L'élaboration des hypothèses

Parmi les réponses données par les enseignants, nous avons identifié 3 catégories d'élaboration des hypothèses[103] :

- Les affirmations provisoires qui devront être vérifiées ;
- Les hypothèses assimilées aux idées des élèves ;
- Les réponses possibles à une question.

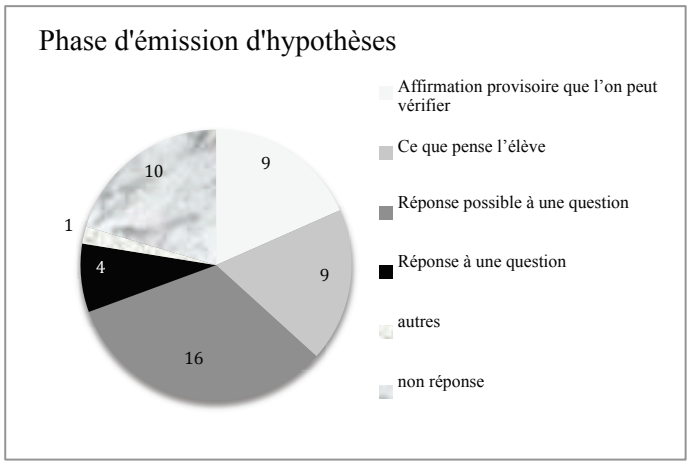


Figure 47 : Phase d'émission d'hypothèses au sein de la démarche d'investigation

Les résultats, présentés dans la Figure 47 montrent un écart entre les définitions données par les répondants et les caractéristiques d'une hypothèse scientifique présentées dans le chapitre 2 *(2.2.1.2.* Catégorisation de l'expérimentation en fonction des postures épistémologiques*)*. En effet, même si des nuances sont possibles en fonction des postures épistémologiques, l'hypothèse scientifique est définie comme une affirmation pouvant être mise à l'épreuve par une expérimentation (matérielle ou cognitive). Or, seuls 9 répondants soit 19% spécifient que cette affirmation provisoire doit être vérifiée par investigation. La majorité des répondants confondent hypothèse et idée préalable des élèves : 16 d'entre eux soit 33% considèrent que l'hypothèse est une réponse possible à une question et 9 autres soit 19% stipulent que cette réponse émane des élèves. **Ainsi, toutes les idées préalables des élèves sont assimilées à une hypothèse sans aucune restriction sur le caractère vérifiable de l'hypothèse**.

Nous en déduisons que les étapes prescrites de la démarche d'investigation sont assimilées à des entités indépendantes, le raisonnement hypothético-déductif étant peu explicité.

3.1.3.4 L'investigation conduite par les élèves

Nous avons demandé aux enseignants de définir deux des modes d'investigation proposés par les instructions officielles : l'expérimentation (étant à privilégier selon les instructions officielles) et la modélisation (investigation mise en œuvre dans les séquences de classe analysées).

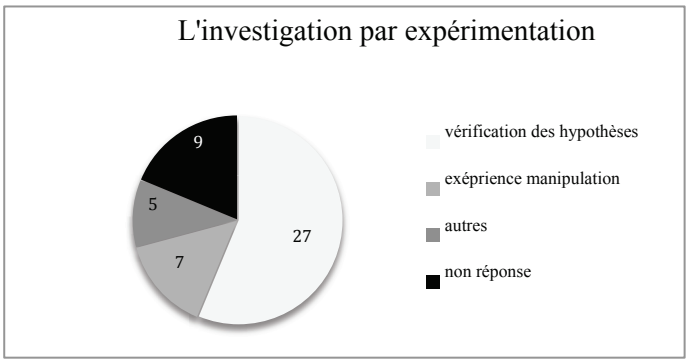
- <u>L'investigation par l'expérimentation :</u>

2 catégories correspondant à la phase de l'expérimentation ont été identifiées parmi les réponses[104] :

- Un moyen de validation des hypothèses ;

[103] Les catégories retenues figurent en annexe n°23.
[104] Les catégories retenues figurent en annexe n°24.

- L'expérimentation comme synonyme d'expériences, de manipulations.



La Figure 48 montre que 27 des répondants soit 56% intègrent l'expérience à un raisonnement hypothético-déductif en la décrivant comme permettant de vérifier des hypothèses, 7 autres soit 14% l'associent seulement à l'idée d'une manipulation.
Une entrée par l'expérimentation permet davantage aux répondants de la situer au sein d'un raisonnement logique.

Figure 48 : L'expérimentation au sein de la démarche d'investigation

- L'investigation par la modélisation

5 catégories ont été identifiées parmi les réponses[105] :

- La modélisation est un moyen de valider des hypothèses ;
- La modélisation équivaut à la construction d'un modèle ;
- La modélisation équivaut à la construction d'une maquette ;
- L'expérience est assimilée à la modélisation ;
- La modélisation est confondue avec l'interprétation des résultats ou la conclusion.

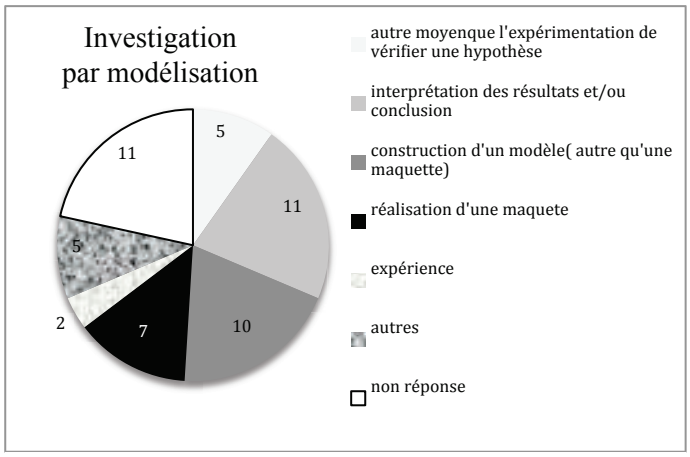


Figure 49 : La modélisation au sein de la démarche d'investigation

La Figure 49 rend compte des réponses :

- 23% des répondants définissent la modélisation comme l'interprétation des résultats d'une expérience ou comme la conclusion permettant une généralisation de ces résultats ;
- 21% des répondants voient la modélisation comme la mise en œuvre d'un modèle dont l'une des fonctions et d'expliquer un phénomène. Parmi eux, certains évoquent les limites de fonctionnement de ce modèle ;
- 14% des répondants identifient la modélisation à la fabrication d'une maquette. Nous montrons, dans le chapitre *6 (1.1* Les phases de la Lune dans les instructions officielles au cycle 3*)*, que cette démarche est préconisée dans la partie Ciel et Terre des programmes ;
- 10% identifient la modélisation à un moyen de valider des hypothèses.

Les fonctions de la modélisation sont peu connues des répondants : même si sa faculté d'explication du réel est minoritairement donnée, elle n'est pas connue comme moyen d'articuler les outils théoriques et les phénomènes. De plus, son utilisation liée à la mise

[105] Les catégories retenues figurent en annexe n°25.

en œuvre des programmes de cycle 3 est mal maîtrisée. Cette méconnaissance peut expliquer certaines des difficultés rencontrées par les enseignants lors de la mise en œuvre de la partie Ciel et Terre des programmes.[106]

3.1.3.5 La structuration des connaissances

Les réponses sur la phase de structuration des connaissances relèvent de 4 catégories :

- L'élaboration d'une trace écrite de la leçon ;
- Un bilan de toute la démarche ;
- L'interprétation et la conclusion de l'investigation ;
- Les propositions d'exercices d'application.

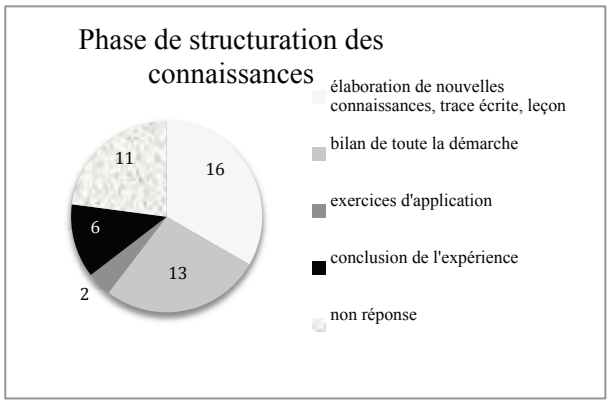


Figure 50 : Structuration des connaissances et démarche d'investigation.

La Figure 50 montre que la phase de structuration est avant tout définie comme étant l'élaboration de la trace écrite de la leçon.
13 répondants soit 27% intègrent toute la démarche dans le bilan.
Ces résultats montrent que les enseignants accordent plus d'importance aux résultats de l'expérience et aux nouvelles connaissances scientifiques qu'au processus mis en place pour construire ces nouveaux savoirs. **Le raisonnement logique de la démarche d'investigation ainsi que le processus d'élaboration des connaissances par les élèves sont peu explicités par les répondants lorsqu'ils donnent leurs perceptions des instructions officielles.**

3.2 Pratique prescrite de la démarche face aux pratiques déclarées

Après cette première partie consacrée à la vision des enseignants de la pratique prescrite de l'enseignement des sciences et de leurs connaissances des instructions officielles, nous avons souhaité obtenir des informations sur les pratiques réelles mises en œuvre.

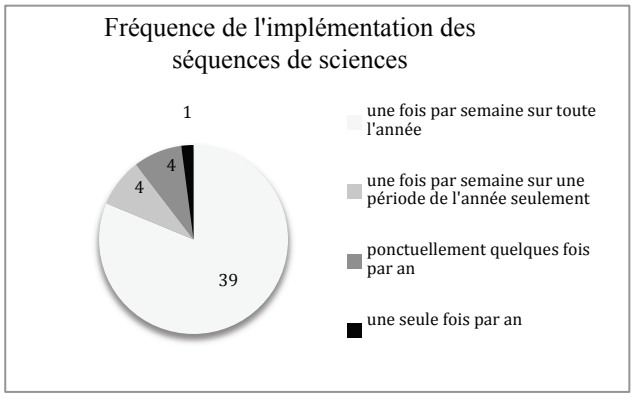


Figure 51 : Pratique réelle de la démarche d'investigation : fréquence d'implémentation

La Figure 51 montre que les répondants déclarent pratiquer les sciences de façon fréquente et régulière. Cette spécificité sera prise en compte dans l'interprétation des résultats. En effet, 39 soit 81% des répondants déclarent mettre en place une séance de sciences une fois par semaine, sur toute l'année ce qui n'est pas systématique dans toutes les classes.

[106] Voir Chapitre 7, Analyse de l'action enseignante à travers les démarches mises en œuvre.

3.2.1 Profil général de la mise en œuvre des séquences de sciences.

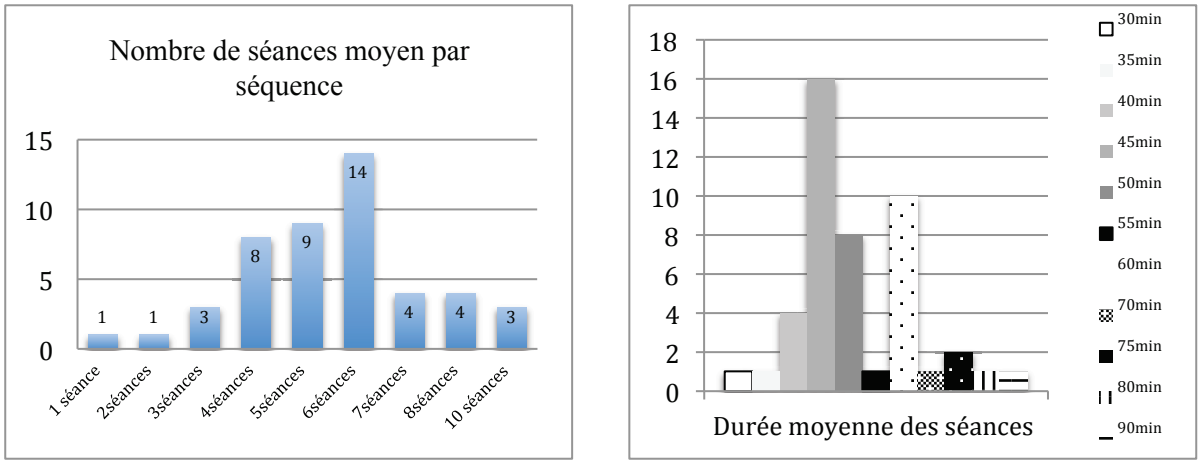


Figure 52 : Données générales sur la mise en œuvre de la démarche d'investigation.

➢ Les difficultés rencontrées

Malgré une implémentation régulière des séquences de sciences, les répondants évoquent des difficultés lors de leurs mises en œuvre[107] :

- Au rang 1, 39% évoquent un « *le programme trop chargé* » et 31% *« le manque de matériel* » ;
- Au rang 2, 24% regrettent « *le manque de matériel »*, 22% *« un travail de préparation trop contraignant* » enfin 20% évoquent « *des difficultés liées à la gestion de la classe* ».

La difficulté la plus citée (arrivant avec un rang moyen à 1,52[108]) est *« un programme trop chargé* » qui laisse peu de temps à consacrer aux sciences.

➢ Source de motivation pour l'enseignement des sciences

Malgré les difficultés, la majorité des répondants élabore des séquences de sciences régulièrement. Les sources de motivation[109] donnée en rang 1 sont *« le goût pour les sciences et l'envie de faire partager cet intérêt* » pour 30%, ainsi que *« les sciences permettent de susciter l'intérêt des élèves »* pour 29%.
Les réponses données en rang 2 sont aussi le fait que *« les sciences permettent de susciter l'intérêt des élèves* » pour 40% et le fait que « *les sciences permettent de donner du sens à certains apprentissages (lecture, écriture...)* » pour 28%.
En revanche, *« le souci de respecter les instructions officielles »* est la proposition dont le rang moyen arrive en dernière position.

Les enseignants pratiquent les sciences davantage par goût et pour susciter l'intérêt des élèves que par souci de respecter les instructions officielles.

[107] En référence à la question 6 de la seconde partie de l'enquête, les répondants choisissent entre plusieurs propositions qu'ils numérotent par ordre de préférence ; le rang 1 correspondant à la réponse donnée en premier.
[108] Le rang moyen est calculé pour chaque modalité sur l'ensemble des réponses
[109] En référence à la question 7 de la seconde partie de l'enquête, les répondants choisissent entre plusieurs propositions qu'ils numérotent par ordre de préférence ; le rang 1 correspondant à la réponse donnée en premier.

➢ Démarche d'investigation et séquences de sciences

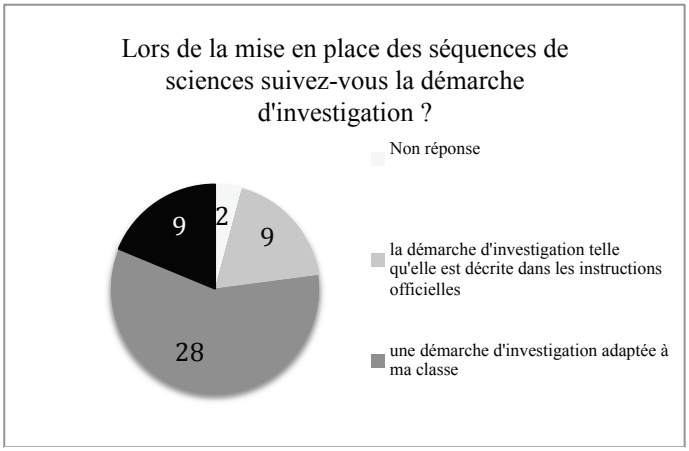


Figure 53 : Démarche d'investigation et implémentation réelle dans la classe

D'après la Figure 53, 9 répondants soit 19% se conforment aux instructions officielles et suivent la démarche d'investigation telle que décrite dans les programmes. En revanche, 28 enseignants soit 58% déclarent suivre une démarche d'investigation adaptée à leur classe.
Seuls 9 enseignants soit 19% affirment ne pas suivre une démarche prédéterminée.

Les instructions officielles ne constituent pas une source de motivation pour implémenter des séquences de sciences mais lorsque l'enseignement des sciences est effectif, les pratiques sont en partie déterminées par les instructions officielles. [110]
En effet, les instructions officielles jouent un rôle déterminant dans le choix de la démarche lors de l'implémentation de séquences de sciences : 77% des enseignants tentent de se conformer aux programmes en proposant soit la démarche d'investigation prescrite soit une version adaptée à leur classe.

✓ La démarche pratiquée dans la classe

Nous avons demandé aux 37 enseignants pratiquant la démarche d'investigation ou une version adaptée d'en donner les intérêts.[111]
Certains, en adaptant la démarche d'investigation à leur classe, déclarent s'affranchir de certaines contraintes « *manque de temps, matériel, gestion du groupe* ». C'est le cas pour 8 enseignants (soit 22%) qui modifient ainsi la démarche en accordant par exemple *« des temps moins expérimentaux, parfois des temps plus magistraux* ». D'autres indiquent que cette démarche doit être *« cohérente avec ma vision de l'enseignement de cette discipline ».*
« *La logique* », « *la structure* » de la démarche est appréciée de 7 enseignants (soit 14%) qui signalent que la « *ritualisation des séances de sciences permet une autonomie des élèves* », et leur permet « *d'acquérir une méthodologie* » et de « *développer leurs compétences* ».
Mais ce qui apparaît comme étant le premier intérêt de cette démarche, c'est de susciter l'intérêt et la participation active des élèves. En effet, 10 enseignants (soit 27%) soulignent une *« meilleure prise en compte des intérêts des élèves »* à travers cette démarche. Cette motivation engendre *« la participation plus efficiente de mes élèves qui sont tout à coup moteur »,* et un meilleur investissement *« qu'un enseignement uniquement transmissif »* ce qui favorise *« l'autonomie des élèves, la construction des apprentissages, la découverte des sciences par la manipulation, l'expérimentation... ».*

[110] Ces résultats sont en accord avec les résultats obtenus dans le chapitre 6, Point de vue macroscopique : l'activité adressée comme puissant organisateur de la pratique.
[111] Les résultats de la seconde partie de l'enquête figurent en annexe n°19.

La démarche d'investigation est avant tout perçue comme une source de motivation pour les élèves : la participation active des élèves favorise la construction des apprentissages. Autrement dit, la majorité des répondants pratiquant la démarche d'investigation lui associe des éléments issus du constructivisme, même si ces éléments n'apparaissent pas dans les instructions officielles. Les représentations pédagogiques des enseignants jouent un rôle plus important que les instructions officielles.

Enfin, nous avons demandé à ces mêmes enseignants de préciser les apprentissages visés lors de la mise en œuvre de la démarche d'investigation :

- 15 (soit 40%) estiment que la démarche permet de développer des attitudes scientifiques « *la curiosité* », « *l'autonomie, l'initiative* », « *l'esprit critique* », « *l'esprit de synthèse* » ;
- 12 (soit 25%) assimilent à la démarche des objectifs « *méthodologiques* ». Le but est alors « *d'apprendre à raisonner* », « *d'apprendre à répondre à une question de la vie par différents moyens* ». Il ne s'agit pas seulement « *d'apprendre des connaissances mais aussi un mode opératoire pour réfléchir* ». Pour ce faire, les élèves seront amenés à « *élaborer un questionnement* », à « *distinguer hypothèses et observations* », puis « *trouver des expériences pour mettre en défaut leurs hypothèses erronées* », « *lire et écrire des documents scientifiques adaptés* » ;
- Ces objectifs méthodologiques s'accompagnent d'objectifs notionnels pour 11 d'entre eux (soit 30%).

3.2.2 Les étapes de la démarche d'investigation

Les répondants se sont exprimés sur chacune des étapes de la démarche d'investigation.

3.2.2.1 La prise en compte des conceptions initiales des élèves

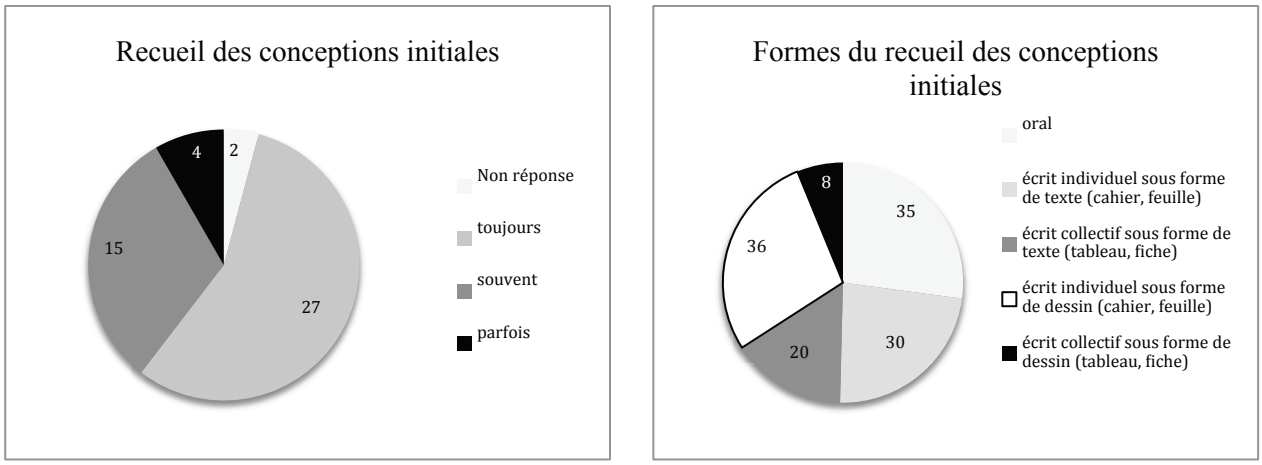


Figure 54 : Démarche d'investigation et prise en compte des conceptions initiales

Pour la majorité des répondants, le recueil des conceptions est un élément essentiel de la démarche d'investigation : 42 d'entre eux soit 87% sont soucieux de recueillir les conceptions initiales des élèves (27 soit 56% les recueillent systématiquement et 15 soit 31% souvent). Ce recueil se fait majoritairement par écrit, collectif ou individuel.

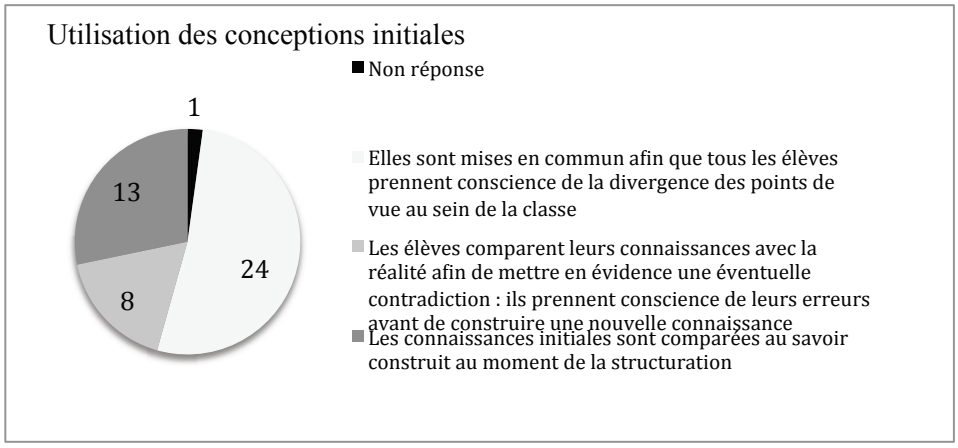


Figure 55 : Utilisation des représentations des élèves au sein de la démarche d'investigation

- Les conceptions sont majoritairement utilisées pour aider les élèves à prendre conscience des divergences de points de vue au sein de la classe (24 enseignants soit 50%). Ce recueil permet alors de développer l'esprit critique des élèves, attitude scientifique définie comme étant *« la disposition à remettre en cause ses idées ou celles qui viennent des autres »*[112] *;*
- 8 répondants soit 17% déclarent utiliser ces conceptions que les élèves prennent conscience d'une éventuelle contradiction entre ce qu'ils pensent et la réalité. La curiosité, *« capacité à se poser des questions »*[113], est alors l'attitude scientifique développée.
- 13 répondants soit 27% n'intègrent pas directement la prise en compte des conceptions initiales à la démarche mais les utilisent pour les comparer au savoir construit. Il nous semble que cette attitude montre la difficulté des enseignants à intégrer les conceptions à la démarche.

Même si, comme le montre la figure 43, seulement 11 répondants soit 23% estiment que le relevé des conceptions initiales est une étape obligatoire de la démarche d'investigation près de 87% des enseignants déclarent en tenir compte lors de l'implémentation des séances. Deux explications semblent possibles : soit les enseignants gardent en mémoire les préconisations précédentes, soit ils connaissent les résultats issus de la recherche en didactique. **Ainsi, les représentations des enseignants *vis-à-vis* de l'enseignement des sciences sont un facteur déterminant de son enseignement.**
En revanche, l'utilisation efficace de ces conceptions semble plus délicate. Peu d'enseignants déclarent intégrer concrètement le recueil des conceptions à leur enseignement. **Il semble donc que les enseignants aient bien conscience de la nécessité de relever les conceptions initiales sans savoir comment les utiliser efficacement.**

[112] D'après Giordan, A., à l'adresse : http://www.andregiordan.com/investigation/developperunedemarch.htm consultée le 21 octobre 2014.
[113] D'après Giordan, A., à l'adresse : http://www.andregiordan.com/investigation/developperunedemarch.htm consultée le 21 octobre 2014.

3.2.2.2 Choix du contenu de la séquence

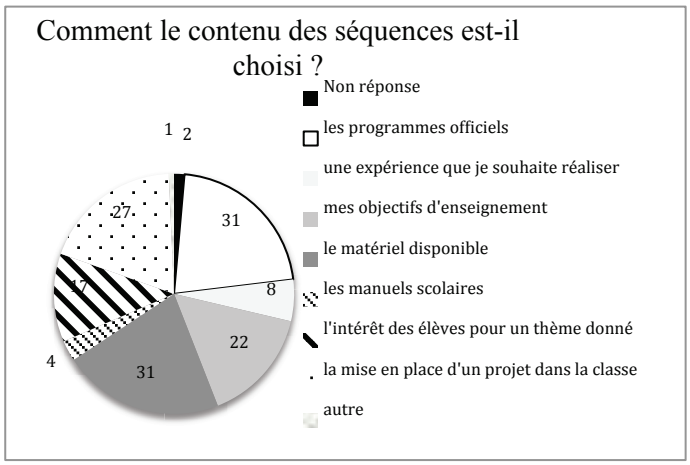


Figure 56 : Choix du contenu d'une séquence de sciences

La Figure 56 montre que le choix du contenu des séquences de sciences est principalement guidé par les programmes officiels et le matériel disponible (31 répondants soit 64%), mais aussi la mise en place d'un projet de classe (27 personnes soit 56%).

Les injonctions officielles et les contraintes matérielles sont les déterminants principaux dans le choix du contenu des séquences de sciences.

3.2.2.3 La phase de questionnement

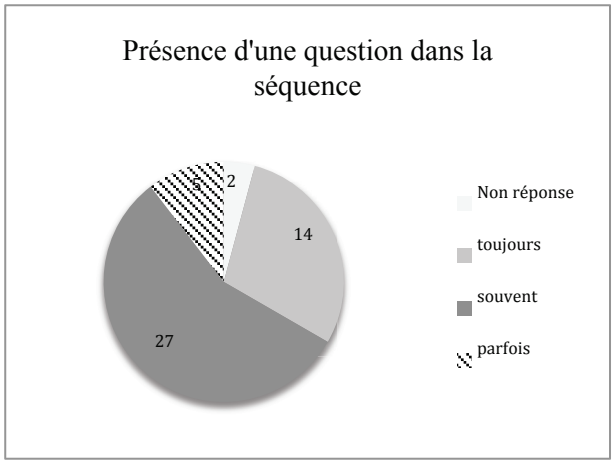


Figure 57 : Questionnement au sein d'une séquence de sciences

Les résultats de la Figure 57 indiquent que 27 répondants soit 56% intègrent souvent une question dans leurs séquences de sciences et 14 soit 29% le font systématiquement.
Or, les résultats de la figure 43 montrent que seuls 26 répondants soit 54% considèrent le questionnement comme une étape de la démarche prescrite par les programmes.

Même si la majorité des répondants n'intègre pas systématiquement une question aux séances de sciences, 38 soit 79% le font régulièrement.
Le souci de suivre les instructions officielles ne semble pas être le seul déterminant de l'action professorale : d'autres préoccupations, comme la cohérence de l'ensemble de la démarche, guident les enseignants dans l'implémentation des séquences de sciences.

Par ailleurs, 27 enseignants soit 56% estiment que la manière d'introduire le questionnement ne dépend pas de la discipline scientifique abordée.

Parmi eux, 10 déclarent proposer « *une situation aux élèves à partir de laquelle ils doivent extraire une question ou un ensemble de questions* », 6 autres *« une situation aux élèves à partir de laquelle ils soumettent une question ou un ensemble de questions aux élèves »,* 6 autres *« une question ou un ensemble de questions aux élèves sur la base d'une analyse de leurs conceptions initiales »* et enfin 4 *« une question ou un ensemble de questions aux élèves en fonction des objectifs du programme ».*

Lorsqu'un questionnement est présent dans la démarche d'investigation, il est majoritairement imposé par les enseignants.

Parmi les 19 enseignants pour qui l'introduction du questionnement dépend de la discipline scientifique :

- 11 déclarent soumettre « *une question ou un ensemble de questions aux élèves sur la base d'une analyse de leurs conceptions initiales* » en SVT ;
- 6 déclarent soumettre *« une question ou un ensemble de questions aux élèves sur la base d'une analyse de leurs conceptions initiales »* en SPC ;
- 8 déclarent proposer *« une situation aux élèves à partir de laquelle je soumets une ou un ensemble de questions aux élèves »* en technologie.

Ces enseignants distinguent deux types de démarches : celles implémentées lors de séquences en lien avec les sciences physiques ou les sciences de la vie et de la terre et celles implémentées lors de séquences en lien avec la technologie.

3.2.2.4 L'élaboration des hypothèses

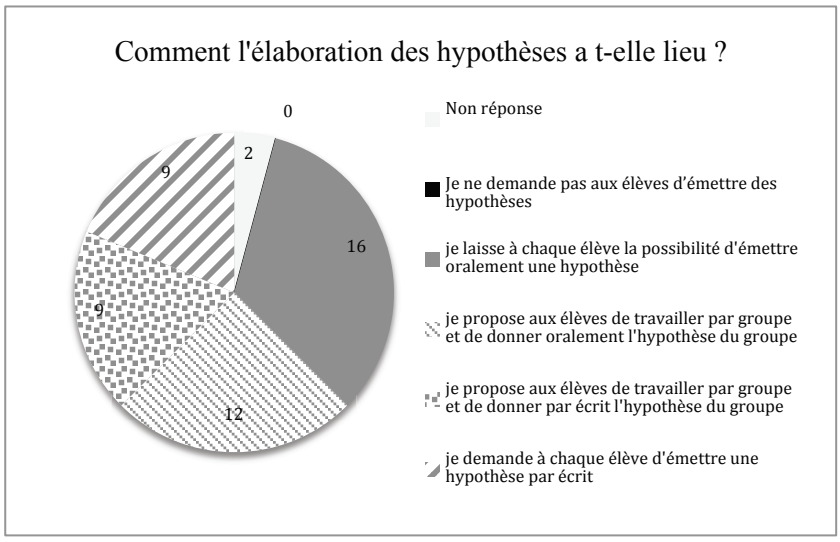


Figure 58 : Elaboration des hypothèses et séquences de sciences

La Figure 58 montre que l'élaboration des hypothèses se fait majoritairement à l'oral:

- 16 répondants soit 33% laissent à chaque élève la possibilité d'émettre oralement une hypothèse ;
- 12 soit 25% proposent aux élèves de travailler par groupes puis de donner oralement l'hypothèse du groupe ;
- seuls 18 répondants soit 37,5% imposent un travail écrit (collectif ou individuel)

Pour tous les répondants, la phase d'émission des hypothèses est présente dans chaque séquence de sciences. Or, l'élaboration des hypothèses est donnée comme une étape obligatoire de la démarche par 28 enseignants uniquement soit 58% des enseignants. **Il semble là encore que les instructions officielles ne soient pas le seul déterminant de l'action professorale.**

3.2.2.5 L'expérimentation

➢ Rôle de l'expérimentation :

Les graphiques de la Figure 59 mettent en évidence que la majorité des répondants (35 personnes soit 73%) considère qu'une expérience sert à valider une hypothèse ce qui se traduit dans la classe par l'élaboration de nouvelles connaissances (42 personnes soit 87%).
Peu de répondants imaginent une expérience pour mettre en évidence un phénomène (10 soit 21%) ou pour prouver un résultat déjà établi avec les élèves (3 personnes soit 6%). Rappelons que pour 27 répondants soit 56% les instructions officielles imposent l'expérience comme devant permettre la validation d'hypothèses.
Il semble là encore que les instructions officielles ne soient pas le seul déterminant possible de l'action professorale.

Par ailleurs, ces résultats présentent des similitudes avec ceux issus de la première partie de l'enquête sur les représentations des enseignants *vis-à-vis* des sciences. En effet, nous avons montré que les démarches liées au rationalisme étaient globalement rejetées. Or, dans ce type de démarche l'expérimentation est utilisée pour confirmer un résultat obtenu par le raisonnement.

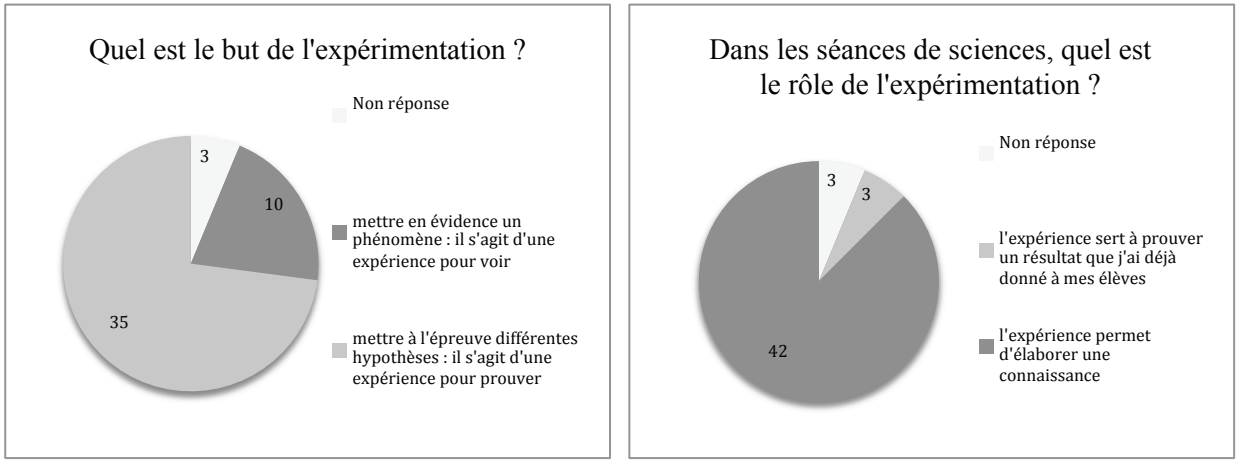


Figure 59 : Rôle de l'expérimentation au sein des séquences de sciences

Il semble donc qu'une corrélation puisse être faite entre les représentations des enseignants puissent aussi déterminer les choix lors de l'implémentation des séquences de sciences.

➢ Organisation de la classe

La Figure 60 montre que :

- 8 répondants soit 17% déclarent organiser le travail des élèves systématiquement en groupes lors des moments d'expérimentation ;
- 39 autres soit 81% ont parfois recours à cette organisation.

Lorsque les conditions matérielles le permettent, la grande majorité des enseignants privilégient le travail de groupes lors de la mise en place d'expérimentation.
Si nous mettons en relation ces résultats

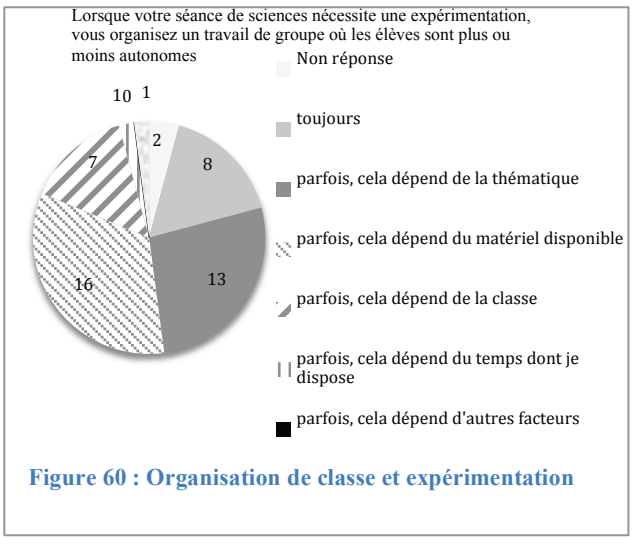


Figure 60 : Organisation de classe et expérimentation

avec la vision des enseignants du travail des scientifiques, il semble qu'une certaine cohérence se dégage. En effet, 88% des enseignants s'accordent pour dire que le scientifique ne travaille pas seul.

Ainsi, la vision des enseignants du travail des scientifiques peut-être un autre déterminant possible de l'action professorale.

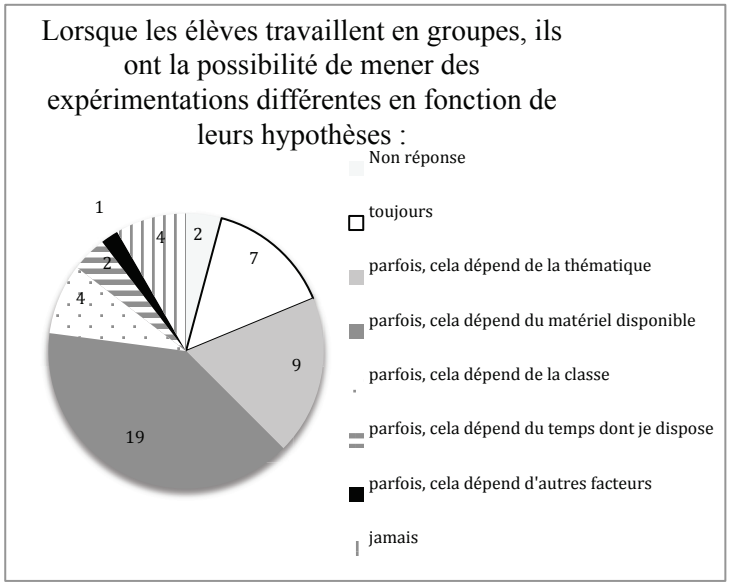


Figure 61 : Différentiation lors de la phase d'expérimentation

La Figure 61 montre que 7 répondants affirment proposer des expériences variées et donc adaptées à chacune des hypothèses proposées par les élèves. Or, rappelons que seuls 5 enseignants avaient défini la démarche d'investigation comme permettant aux élèves de construire leurs propres connaissances. **L'expérimentation proposée est rarement spécifique à l'hypothèse émise ce qui confirme les résultats précédents selon lesquels les étapes de la démarche sont imposées par l'enseignant sans obligatoirement suivre le raisonnement des élèves.**

La Figure 62 montre qu'aucun enseignant ne mène systématiquement l'expérience lui-même sauf en cas de danger, de manque de temps ou de matériel… Les répondants souhaitent donc que les élèves manipulent par eux-mêmes.

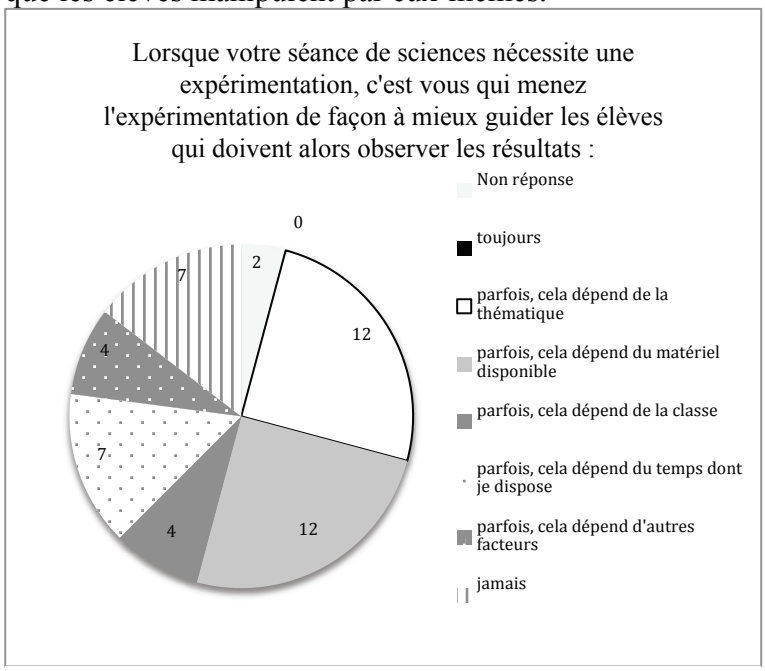


Figure 62 : Rôle des élèves lors de l'expérimentation

Pourtant, seuls 4 enseignants avaient spécifié dans la définition de la démarche d'investigation que les élèves devaient être actifs en manipulant. Ici encore, **les instructions officielles ne sont pas le seul déterminant de leur action, d'autres facteurs plus personnels sont à prendre en considération**.

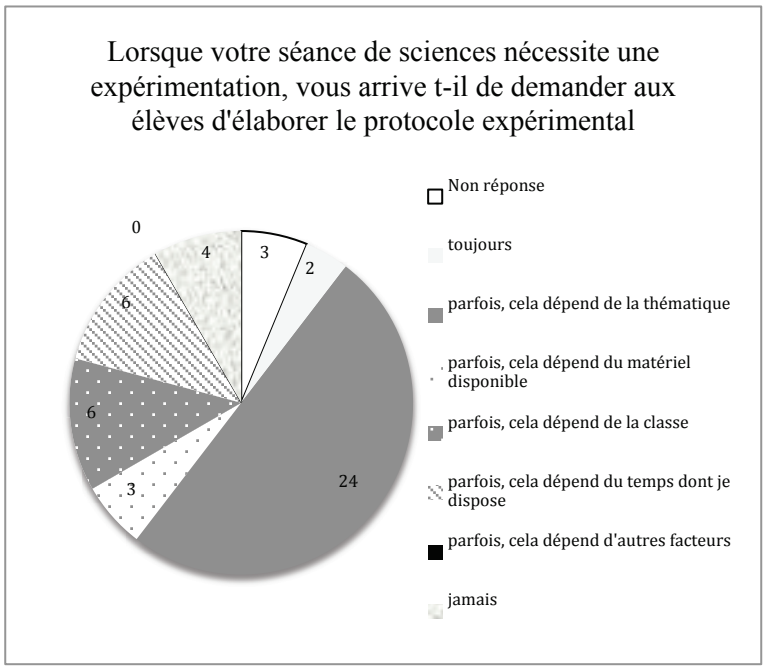


Figure 63 : Elaboration du protocole expérimentale et démarche d'investigation

La Figure 63 montre que l'élaboration systématique du protocole par les élèves reste rare (2 enseignants). De même, peu de professeurs (4 soit 8%) excluent totalement de laisser prendre en charge les élèves cette partie. Pour la grande majorité (39 enseignants soit 81%), cette étape peut être prise en main par les élèves. **Les enseignants considèrent donc avant tout, les capacités de leurs élèves en adaptant leur méthode de travail.**

3.2.2.6 La structuration

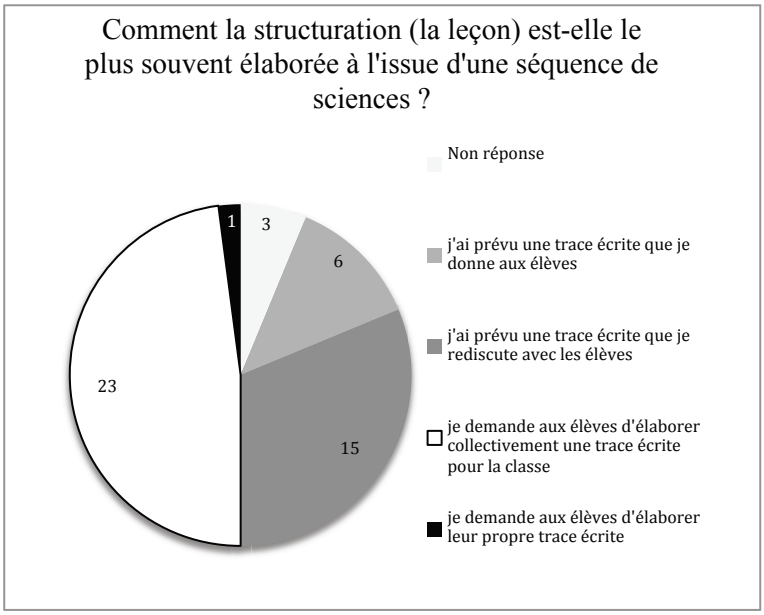


Figure 64 : Structuration et séquences de science

La Figure 64 montre que l'élaboration de la trace écrite se fait majoritairement de façon collective, le contenu étant discuté en classe entière. Nous pouvons là encore rapprocher ce résultat des représentations des enseignants *vis-à-vis* des sciences puisque 77% estiment que les théories sont le résultat d'un consensus collectif.

Il semble que là encore les représentations des enseignants vis-à-vis des sciences peuvent avoir un impact sur leur enseignement

3.3 Conclusion : les enseignants et les pratiques déclarées liées à la démarche d'investigation

Nos résultats révèlent comment les enseignants perçoivent et implémentent la démarche d'investigation à l'école primaire. Le nombre de répondants (48) est toutefois trop restreint pour généraliser les résultats, d'autant que le profil des répondants, majoritairement issus d'une formation scientifique, pratiquant régulièrement les sciences en classe n'est pas représentatif des enseignants du premier degré.

La majorité des répondants cite la démarche d'investigation comme une prescription officielle, permettant de développer chez les élèves des attitudes scientifiques et non comme un objectif d'enseignement.
Les programmes en vigueur ne détaillent pas le contenu de cette démarche mais précisent que la référence est celle de la Main à la Pâte. Pour obtenir des informations sur le contenu de la démarche d'investigation, les enseignants doivent donc s'appuyer sur les principes de la Main à la Pâte ou sur les anciens programmes de 2002, spécifiant les étapes de la démarche. Or, les résultats montrent que les répondants se réfèrent peu à ces textes lorsqu'il s'agit de définir la démarche d'investigation selon les prescriptions officielles. Ainsi, **selon les répondants, la démarche d'investigation proposée par les programmes n'est pas fondée sur des éléments issus du socioconstructiviste**. Notons par exemple que **le relevé des conceptions n'est pas majoritairement perçu comme appartenant à la démarche ou encore que le rôle du questionnement n'apparaît pas comme étant fondamental dans l'élaboration des connaissances**. L'élément central de la démarche d'investigation pour les répondants est de rendre l'élève manipule lors de l'étape dite d'investigation, avant même de lui offrir la possibilité de construire ses propres connaissances et donc de le rendre acteur de son apprentissage.
Les étapes de la démarche d'investigation sont majoritairement vues comme des entités indépendantes : le raisonnement hypothético-déductif, sous-tendant la logique d'enchaînement des différentes étapes, n'est pas perçu comme caractéristique de la démarche ; le processus d'élaboration des connaissances est peu explicité par les répondants.
En relation avec l'analyse épistémologique de la démarche réalisée dans le chapitre 2 *(2.3.* Caractère adressé de l'action du professeur : les instructions officielles*.)*, la lecture des instructions officielles par les répondants ne correspond pas à une posture constructiviste. Or, la première partie de l'enquête montre qu'ils inscrivent leur vision de la science dans cette épistémologie. **Il semble donc que les enseignants ne perçoivent pas la démarche d'investigation comme une transposition didactique de la démarche du scientifique.**

En pratique, la grande majorité des répondants implémentent les séquences de sciences en suivant la démarche d'investigation qu'ils déclarent adapter à leur classe. Cependant, ils n'accordent pas la même valeur aux instructions officielles suivant le domaine disciplinaire concerné : ils estiment que le contenu des programmes est trop dense et laisse peu de temps pour enseigner les sciences pourtant obligatoires.

D'ailleurs, les instructions officielles ne semblent pas être le déterminant principal des décisions prises par les enseignants pour élaborer et implémenter les séquences de sciences :

- ✓ ils déclarent enseigner les sciences avant tout par goût et pour le plaisir de le transmettre aux élèves. La démarche d'investigation est avant tout perçue comme un moyen de susciter l'intérêt des élèves et non pas comme une

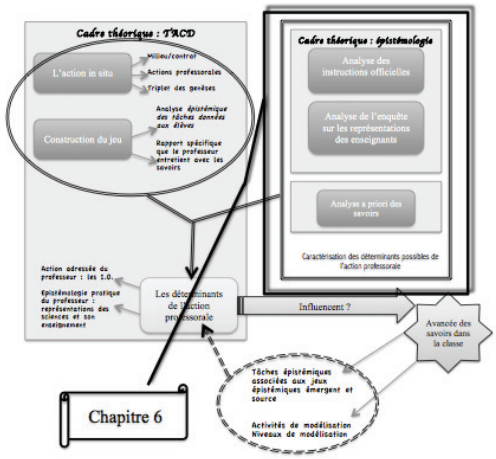
obligation. La seule contrainte déclarée par les enseignants porte sur le contenu notionnel des instructions officielles ;

- ✓ La pratique déclarée des enseignants n'est pas conforme à leurs connaissances des instructions officielles. En effet, la grande majorité des répondants estiment que le relevé des conceptions est fondamental pour développer des attitudes scientifiques chez les élèves. De plus, la majorité intègre régulièrement une question aux séquences de sciences et fait systématiquement émettre des hypothèses aux élèves.

Les représentations des enseignants *vis-à-vis* des sciences et de son enseignement semblent également déterminer les pratiques :

- ✓ La première partie de l'enquête a montré que les répondants n'identifiaient pas de théorie de l'apprentissage sur laquelle la démarche d'investigation serait fondée. Pour autant, l'un des avantages déclarés de la démarche d'investigation est de permettre aux élèves de construire leurs propres connaissances. De plus, dans leur pratique de la démarche d'investigation, les enseignants s'appuient sur des éléments fondamentaux du socioconstructivisme : prise en compte des idées préalables des élèves, organisation de débats au sein de la classe, élaboration collective de la trace écrite, adapter son enseignement aux capacités des élèves…
- ✓ Il semble également que les idées des enseignants sur la démarche scientifique ont une influence sur leur pratique. En effet, en classe, l'expérience est très majoritairement perçue comme un moyen de valider des hypothèses et rarement comme permettant de confirmer un résultat obtenu au préalable par le raisonnement par exemple. Ces pratiques déclarées sont conformes aux représentations des répondants qui rejettent majoritairement les méthodes issues du rationalisme. Ils accordent également une place importante au travail de groupes en classe et insistent sur l'élaboration collective des connaissances. Ces idées sont en accord avec la vision majoritairement retenue du travail du scientifique.

Chapitre 6
Caractérisation des déterminants



Dans ce chapitre, nous proposons d'étudier les éléments identifiés comme susceptibles d'influencer l'action didactique des professeurs par notre cadre théorique. Caractériser ces éléments doit permettre de les relier aux contenus de savoirs précis en jeu dans les séquences étudiées mais aussi de les reconnaître lors de l'analyse des séances préparées et implémentées et ainsi d'inférer les déterminants effectifs de l'action du professeur. La figure ci-contre positionne ce chapitre au sein de la méthodologie retenue.

Dans une première partie, nous proposons une analyse *a priori* des savoirs en jeu dans les séquences implémentées. Une seconde partie précise les représentations des enseignants filmés. Cette analyse prend appui sur l'enquête présentée au le chapitre précédent. Enfin, l'analyse des instructions officielles ayant déjà été réalisée dans le chapitre 2 *(2.3.* Caractère adressé de l'action du professeur : les instructions officielles*.),* nous invitons le lecteur à se reporter à ce chapitre.

1 Analyse *a priori* des savoirs enjeu dans une séquence sur les phases de la Lune

1.1 Les phases de la Lune dans les instructions officielles au cycle 3

Le Bulletin Officiel de l'Education Nationale n°3 du 19 juin 2008[114] décline le contenu de la partie « *Sciences expérimentales et technologie* » en thématiques. L'enseignement relatif aux phases de la Lune s'intègre à la partie «*Ciel et Terre* », sous l'intitulé « *Le mouvement de la Lune autour de la Terre* ». Des précisions sont apportées par le B.O.E.N. n°1 du 5 janvier 2012[115] :

[114] Le B.O.E.N. du 19 juin 2008 figure en annexe n°1.
[115] Le B.O.E.N. du 5 janvier 2012 figure en annexe n°3.

Objectifs visés par les programmes :
Le mouvement de la Lune autour de la Terre : - Connaître les différentes phases de la Lune, savoir que ces phases se reproduisent toujours dans le même ordre et la même durée. - Savoir que les phases de la Lune s'expliquent par la révolution de la Lune autour de la Terre. - Comprendre les phases de la Lune par une **modélisation**. Vocabulaire : nouvelle lune, pleine lune, premier / dernier quartier

La démarche d'investigation peut recouvrir des formes de travail variées dont « *l'expérimentation directe sur le réel ou la réalisation matérielle* »[116]. Le terme « *modélisation* » dans les programmes s'oppose à la manipulation directe sur le réel. Cette « *modélisation* », consiste à simuler le système Terre- Lune avec des boules de polystyrène et une source de lumière de manière à comprendre l'origine des phases de la Lune réellement observées. Or, comme indiqué dans la partie théorique et en référence à Walliser (1997), plusieurs types de modèles peuvent être distingués dont les modèles descriptifs auxquels nous rattachons la copie simplifiée du réel prescrite par les programmes de cycle 3. Le recours à la manipulation d'objets matériels, substituts du réel, pour comprendre un phénomène physique suppose donc une activité de modélisation au sens didactique (Bécu-Robinault, 2007).

Par ailleurs, pour les enseignants, cette modélisation est assimilée à une expérimentation qui servira de support à l'élaboration des savoirs. En effet, la seule consigne donnée aux enseignants dans le cadre du projet de recherche était de proposer des séquences mettant en œuvre une expérimentation ce que les enseignants ont pu réaffirmer lors des entretiens[117]. De plus, les définitions attribuées par les enseignants interrogés[118] aux termes d'expérimentations et de modélisation ne sont pas précises.

1.2 Organisation des savoirs visés dans une carte heuristique

1.2.1 Présentation de la carte heuristique

Pour mieux comprendre et analyser la progression des savoirs en jeu dans les transactions didactiques, nous avons réalisé une analyse *a priori* des savoirs visés par les programmes scientifiques de cycle 3 à propos du « *Mouvement de la Lune autour de la Terre* ». Pour ce faire, nous avons élaboré une représentation spatiale des concepts explicitement formulés dans les programmes, de manière à les organiser et les articuler.
Plusieurs représentations sont possibles : cartes ou trames conceptuelles, réseaux ou modèles conceptuels (Jacobi, Boquillon & Prévost, 1994). Deux de ces représentations ont retenu notre

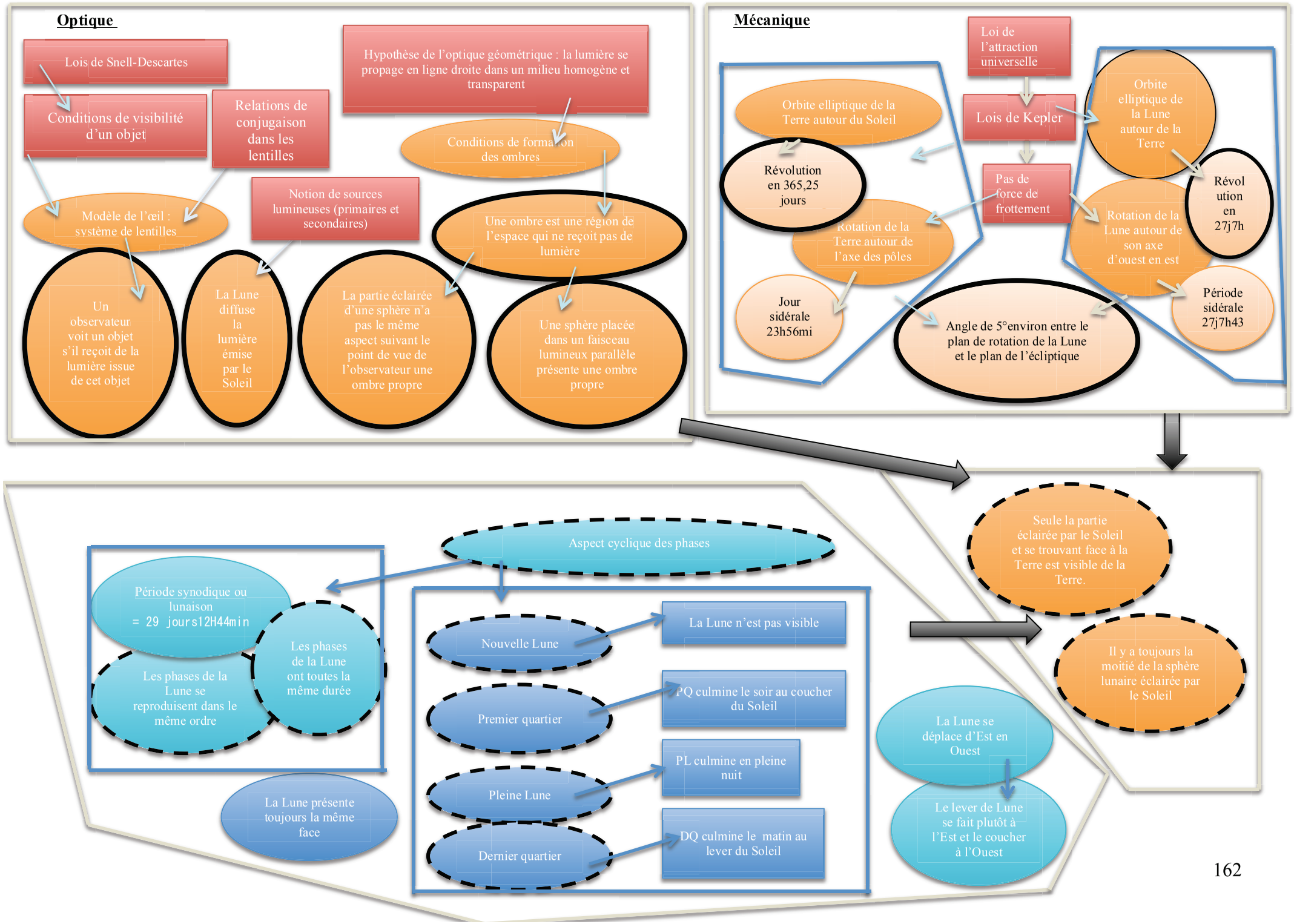
[116] D'après le B.O.E.N. n°1 du 14 février 2002 présenté en annexe n°2.
[117] Pour exemple, extrait de l'entretien du 28 juin 2013 : « *C1 : d'accord donc là juste pour qu'on resitue bien donc la séance 1 ils ont émis des hypothèses individuellement puis ensuite par groupe ils ont mis en commun ensuite tu leur avais demandé de valider ou d'invalider les hypothèses et ils pouvaient faire soit une recherche documentaire soit la modélisation ; PA : soit l'expérimentation voila c'est ça heu oui enfin modélisation* »
[118] Pour PB : expérimentation : « *scénario/ démarche consistant en des manipulations, des tests permettant de valider ou vérifier une ou des hypothèses* » et modélisation « *la reproduction d'un phénomène en vue d'en comprendre ou expliquer le fonctionnement* ».
Pour PA : expérimentation : « *Ensemble des expériences, étude/analyse de documents, observation etc. permettant de valider ou invalider les hypothèses* » et modélisation « *un outil permettant une explication d'un phénomène de manière vulgarisée* ».

attention : la carte conceptuelle[119] et la trame conceptuelle. La première, constituée de concepts isolés reliés entre eux par des liens explicites, permet une analyse de ces liens et de « *visualiser la logique disciplinaire développée dans un cours. Par logique disciplinaire, nous entendons la désignation des concepts abordés, la hiérarchisation de ceux-ci les uns par rapport aux autres ainsi que la formulation des liens établis entre eux* » (De Bueger-Vander Borght, Lambert, p. 76). La seconde, constituée d'énoncés opératoires, est « *destinée à expliciter et développer le contenu de certains éléments des programmes officiels de l'enseignement scientifique* » (Jacobi & Co, p. 9)

Nous nous sommes inspirée de ces deux représentations pour construire une « carte heuristique ». En effet, notre carte étant constituée d'étiquettes contenant des informations de natures différentes, nous ne pouvons la considérer ni comme une carte conceptuelle, ni comme une trame conceptuelle. Dans un premier temps, nous avons sélectionné les termes correspondants aux concepts et au vocabulaire scientifique visés par les programmes de cycle 3. Puis, en prenant appui sur les programmes de collège, de lycée et ponctuellement de l'enseignement supérieur, nous avons cherché les concepts plus génériques englobant ces concepts: notre objectif étant de proposer une hiérarchisation des concepts des plus spécifiques au plus génériques. Enfin, nous avons associé des énoncés opératoires à ces concepts. Marie Sauvageot (1994) définit ces énoncés comme devant être « *reliés à des problèmes scientifiques auxquels ils sont une réponse* » en opposition à « *des énoncés de type déclaratifs, à la façon des définitions des dictionnaires* ». Ces énoncés sont une formulation académique des savoirs que les élèves doivent mobiliser. Il est alors apparu que le contenu des étiquettes relève de deux domaines de la physique : l'optique géométrique (formation des ombres) et la mécanique (mouvements des astres). Nous avons donc choisi d'organiser notre carte heuristique en organisant les éléments nécessaires à la compréhension de l'origine des phases de la Lune selon ces deux domaines de la physique.

La présentation des étiquettes (codes couleurs et bordures) remplit un double objectif: faire le lien avec le cadre théorique sur les niveaux de modélisation convoqués et visualiser ce qui relève des connaissances exigibles par les programmes.

[119] En 1990, Novak, créateur des cartes conceptuelles, consacre un article à leur méthode d'élaboration dans Journal of Research in Science Teaching.


Optique
Lois de Snell-Descartes
Conditions de visibilité d'un objet
Relations de conjugaison dans les lentilles
Hypothèse de l'optique géométrique : la lumière se propage en ligne droite dans un milieu homogène et transparent
Conditions de formation des ombres
Modèle de l'œil : système de lentilles
Notion de sources lumineuses (primaires et secondaires)
Une ombre est une région de l'espace qui ne reçoit pas de lumière
Un observateur voit un objet s'il reçoit de la lumière issue de cet objet
La Lune diffuse la lumière émise par le Soleil
La partie éclairée d'une sphère n'a pas le même aspect suivant le point de vue de l'observateur une ombre propre
Une sphère placée dans un faisceau lumineux parallèle présente une ombre propre
Mécanique
Loi de l'attraction universelle
Lois de Kepler
Orbite elliptique de la Terre autour du Soleil
Révolution en 365,25 jours
Rotation de la Terre autour de l'axe des pôles
Jour sidérale 23h56mi
Pas de force de frottement
Orbite elliptique de la Lune autour de la Terre
Révol ution en 27j7h
Rotation de la Lune autour de son axe d'ouest en est
Période sidérale 27j7h43
Angle de 5°environ entre le plan de rotation de la Lune et le plan de l'écliptique
Seule la partie éclairée par le Soleil et se trouvant face à la Terre est visible de la Terre.
Il y a toujours la moitié de la sphère lunaire éclairée par le Soleil
La Lune se déplace d'Est en Ouest
Le lever de Lune se fait plutôt à l'Est et le coucher à l'Ouest
Aspect cyclique des phases
Période synodique ou lunaison = 29 jours12H44min
Les phases de la Lune se reproduisent dans le même ordre
Les phases de la Lune ont toutes la même durée
La Lune présente toujours la même face
Nouvelle Lune
La Lune n'est pas visible
Premier quartier
PQ culmine le soir au coucher du Soleil
Pleine Lune
PL culmine en pleine nuit
Dernier quartier
DQ culmine le matin au lever du Soleil

En référence aux éléments théoriques développés dans le chapitre *2 (2.1.2.* Activités de modélisation*),* les éléments relevant du monde des théories et des modèles et ceux relevant du monde des objets et événements ont été distingués ainsi que les niveaux de modélisation correspondants. Enfin, à partir des contenus explicités dans les programmes de cycle 3 et situés dans la carte, les éléments de savoir apparaissant comme indispensables pour atteindre les objectifs d'enseignement ont été signalés.

Légende :

- ✓ *Monde des théories et des modèles/ Monde des objets et des événements*
  - ➢ *Eléments en lien avec le « Monde des Théories » :*
    - *Les théories : les lois, les principes fondamentaux, les paradigmes* ..... *En rouge*
    - *1er niveau : ce qui relève du modèle physique* ..... *En orange*
    - *2nd niveau : ce qui relève du modèle physique numérique*..... *En orange clair*
  - ➢ *Eléments en lien avec le « Monde des objets et des événements » :*
    - *1er niveau : le monde des objets et des événements*..... *En bleu*
    - *2nd niveau : les mesures*..... *En turquoise*
- ✓ *Liens avec les programmes de cycle 3*
    - *Les objectifs visés par les instructions officielles*..... *Contour en pointillé*
    - *Eléments indispensables pour atteindre les objectifs visés*..... *Contour en gras*

Remarque :
Le classement des noms des phases de la Lune dans le monde des objets et des évènements est discutable : les formes particulières observables de la Lune relèvent du monde des objets et des évènements mais le nom associé relève du monde des théories.

1.2.2 Conséquences

La carte heuristique, révèle, pour chacune des connaissances visées par les instructions officielles, les éléments théoriques indispensables à leur maîtrise.

Connaissances visées et connaissances utiles à leur maîtrise
Connaître les différentes phases de la Lune. Niveau de formulation possible : - Connaître le vocabulaire suivant : nouvelle Lune, premier croissant, premier quartier, *lune gibbeuse croissante(non exigible)*, pleine Lune, *lune gibbeuse décroissante(non exigible)*, dernier quartier, dernier croissant. ➢ Ce qui implique : - Savoir que la Lune ne présente pas toujours le même aspect pour un observateur terrestre : ces différentes formes se nomment les phases de la Lune. - Etre capable d'associer les différents noms à une forme précise.
Savoir que ces phases se reproduisent toujours dans le même ordre.
Savoir que ces phases ont la même durée. ➢ Ce qui implique : - la durée d'une lunaison est d'environ 1 mois.
Savoir que les phases de la Lune s'expliquent par la révolution de la Lune autour de la Terre. Les éléments théoriques nécessaires : - Orbite elliptique de la Lune autour de la Terre.
Comprendre les phases de la Lune par une modélisation. ➢ Ce qui implique : - Il y a toujours la moitié de la sphère lunaire éclairée par le Soleil ; - Seule la partie éclairée par le Soleil et se trouvant face à la Terre est visible de la Terre. Les éléments théoriques issus de l'optique nécessaires : - Une ombre est une région de l'espace qui ne reçoit pas de lumière ; - Une sphère placée dans un faisceau lumineux parallèle présente une partie éclairée et une partie non éclairée, l'ombre propre ; - La partie éclairée d'une sphère n'a pas le même aspect pour des observateurs situés à des endroits différents ; - La Lune diffuse la lumière émise par le Soleil ; - Un observateur voit un objet s'il reçoit de la lumière issue de cet objet. Les éléments théoriques issus de la mécanique nécessaires : - Angle de 5°environ entre le plan de rotation de la Lune et le plan de l'écliptique ; - Révolution de la Terre en environ 365j ; - Révolution de la Lune en environ 1 mois.

Tableau 15 : Connaissances utiles pour construire les connaissances visées par les programmes en lien avec les phases de la Lune

Le tableau 15 et les données de la carte heuristique montrent que les connaissances théoriques visées nécessitent de maîtriser un grand nombre d'éléments théoriques et de mettre en relation les différents niveaux de modélisation. Ainsi, comme illustré figure 65, la mise en relation d'éléments issus du monde des objets et des événements (liés principalement à l'observation de la Lune) avec des éléments issus du monde des théories et relevant de deux domaines

distincts (l'optique et la mécanique) est indispensable à la construction des éléments théoriques en lien avec les objectifs visés (que nous nommons modèle M3).

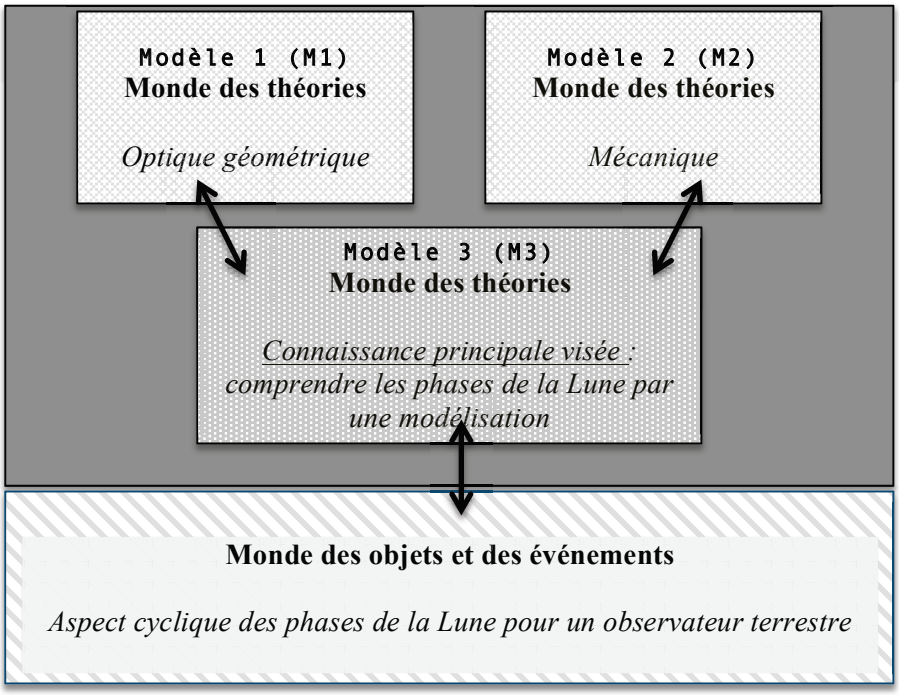


Figure 65 : Les principales connaissances visées (modèle 3) relèvent à la fois comme résultat de la mise en relation d'éléments issus du monde des théories (modèles 1 et 2) et d'éléments issus du monde des objets et des évènements

2 Analyse des représentations des enseignants PB et PA *vis-à-vis* des sciences et de son enseignement Cette partie prend appui sur les résultats de l'enquête soumise aux enseignants PB et PA.

2.1 Interprétation des résultats de l'enquête : représentations de l'enseignante PA

2.1.1 L'enseignante PA et ses représentations *vis-à-vis* des sciences

Nous présentons l'interprétation des résultats de la première partie de l'enquête en reprenant le découpage par catégories élaboré dans le *chapitre 4,* (3.2. Elaboration de l'enquête, élément central du corpus secondaire.) Notre interprétation s'appuie sur un récapitulatif des réponses de l'enseignante PA pour chacune des catégories[120].

[120] Dans le but de faciliter la mise en relation des réponses et notre interprétation, nous n'avons pas conservé la même numérotation que celle de l'enquête.

❖ Point de vue sur l'élaboration des savoirs savants :

1. La première phase de travail d'un scientifique est toujours la mise en place d'observations qui lui permettront de découvrir des faits : ***pas du tout d'accord***
2. Le scientifique élabore des théories uniquement à partir de l'analyse d'une accumulation d'observations rigoureuses et objectives : ***plutôt pas d'accord***
3. Le scientifique élabore des théories uniquement par le raisonnement : l'expérimentation permet la vérification : ***plutôt pas d'accord***
4. Toute expérimentation scientifique peut être reproduite par la pensée. : ***pas du tout d'accord***
5. Pour construire une théorie, le scientifique fait appel à la fois à ses sens (par exemple l'observation) et à sa raison : ***plutôt d'accord***
6. Le scientifique est méthodique mais il n'a pas toujours recourt à la même démarche : il navigue ainsi entre théories et expériences : ***tout à fait d'accord***
7. Un scientifique doit suivre une démarche universellement reconnue : observation, hypothèse, expérimentation, résultats, interprétations et conclusion : ***pas du tout d'accord***
8. La première phase de travail d'un scientifique, avant même la mise en place d'observations, est toujours d'élaborer une théorie puis de bâtir des hypothèses qu'il vérifiera expérimentalement : ***tout à fait d'accord***
9. Un scientifique doit suivre une démarche universellement reconnue qui part de la théorie qu'il applique aux phénomènes : il construit par le raisonnement des théories qu'il vérifiera expérimentalement : ***plutôt d'accord***
10. Le scientifique ne suit aucune démarche prédéterminée : ses théories peuvent être le fruit du hasard : ***plutôt pas d'accord***

Cette enseignante n'adhère pas à un modèle exclusif d'élaboration des savoirs savants. Elle rejette les méthodes issues de l'empirisme pur (cf. réponses 1 & 2) ainsi que celles issues du rationalisme pur (cf. réponses 3 & 4). Elle privilégie des modes d'élaboration des savoirs « mixtes » où expérience et raisonnement sont nécessaires (cf. réponses 5 & 6). Elle rejette la démarche expérimentale décrite par Claude Bernard où l'observation permet d'élaborer des hypothèses qui seront vérifiées expérimentalement. (cf. réponse 7). Malgré tout, PA associe démarche scientifique à démarche expérimentale, où expérimenter implique une manipulation concrète et où l'expérience est toujours précédée de la théorie (cf. réponses 8 & 9). Elle rejette le hasard comme déterminant possible de l'action scientifique (cf. réponse 10).

❖ Point de vue sur le mode extérieur et celui des théories

1. Certains phénomènes existent dans la nature indépendamment de l'idée que nous en avons : ***tout à fait d'accord***
2. Le monde n'existe pas en dehors de l'idée que nous nous en faisons : ***pas du tout d'accord***
3. Les théories scientifiques existent dans la nature : le travail du chercheur est de les mettre au jour : ***plutôt pas d'accord***
4. Une théorie scientifique n'est pas déduite de la réalité, mais construite par le chercheur pour représenter le fonctionnement du monde extérieur : elle n'existe pas dans la nature : ***tout à fait d'accord***
5. Les théories scientifiques donnent une description des phénomènes tels qu'ils se produisent dans la nature. : ***pas du tout d'accord***
6. Les théories scientifiques ne sont pas des vérités mais elles permettent d'expliquer les phénomènes qui nous entourent : ***plutôt d'accord***
7. Une théorie n'est pas applicable à tous les phénomènes du réel car elle s'appuie sur un certain nombre d'hypothèses et d'approximations : ***tout à fait d'accord***
8. On ne peut ni prouver ni vérifier expérimentalement qu'une connaissance est absolument vraie, les scientifiques peuvent seulement y adhérer collectivement : ***tout à fait d'accord***

9. Les connaissances scientifiques sont prédictives, explicatives et provisoires : ***tout à fait d'accord***
10. Les théories scientifiques peuvent à tout moment être remises en cause par de nouvelles observations : ***tout à fait d'accord***
11. Lorsqu'une théorie a été vérifiée expérimentalement, elle est validée par la communauté scientifique et ne peut être remise en cause : ***plutôt pas d'accord***
12. Les scientifiques ont conscience que certaines théories pourront être remises en cause alors que d'autres sont désormais établies avec certitude : ***plutôt d'accord***
13. Les théories scientifiques sont cumulatives : il y a moins de choses à découvrir aujourd'hui qu'il y a un siècle : ***tout à fait d'accord***

Le point de vue exprimé par PA sur le monde extérieur est à rapprocher des théories dites réalistes en opposition à celles de nature idéaliste (cf. réponses 1 & 2). Cette représentation du monde extérieur s'éloigne des principes des courants rationalistes et constructivistes ce qui ne l'empêche pas d'assimiler les théories scientifiques à des constructions humaines (cf. réponses 3 & 4). Ainsi, pour elle, les théories ne représentent pas la réalité (cf. réponse 5) mais permettent de l'expliquer (cf. réponse 6). Empruntes d'approximations, elles ne sont que provisoires (cf. réponses 7,8 & 9) et donc pourront être remises en cause (cf. réponses 10 & 11). Pour cette enseignante, toutes les théories ne sont pourtant pas équivalentes et n'ont donc pas le même statut : certaines sont établies de façon certaines et ne pourront donc pas être remises en cause (cf. réponse 12) ce qui explique que les connaissances puissent être cumulatives (cf. réponse 13).

❖ Représentations et courant épistémologique

1. Une connaissance scientifique est le plus souvent le résultat d'une activité isolée de recherche d'un scientifique : ***pas d'accord du tout***
2. Une connaissance scientifique est le résultat d'un consensus collectif : ***tout à fait d'accord***
3. Le jugement accordé à une théorie scientifique par la communauté scientifique dépend du contexte social, historique, économique et politique de l'époque : ***plutôt d'accord***
4. Les *a priori* du chercheur orientent inévitablement ses recherches : ***plutôt d'accord***
5. Un bon chercheur doit et peut rester neutre face à son sujet d'étude quelles que soient ses conditions de travail : ***plutôt d'accord***
6. Dès lors qu'une théorie est validée par des arguments rationnels, elle ne peut pas être remise en cause même si les contextes sociaux et politiques évoluent : ***tout à fait d'accord***
7. La validation d'une connaissance scientifique ne dépend pas uniquement d'arguments rationnels mais aussi de critères sociaux et politiques : ***plutôt d'accord***
8. L'autorité de la science est indiscutable : ***tout à fait d'accord***

Ces premiers résultats pourraient laisser penser que cette enseignante a une vision constructiviste de la science. Cependant, elle n'accepte pas que les résultats scientifiques puissent être dépendants d'un contexte. Elle a conscience que la recherche scientifique est une activité collective (cf. réponses 1 & 2), et elle n'exclue pas que certains contextes puissent avoir une influence dans la vie du chercheur (cf. réponses 3 & 4). Toutefois, elle s'oppose à l'idée que les contextes puissent avoir des conséquences sur les résultats scientifiques. (cf. réponses 5,6 & 7). Pour elle, les résultats scientifiques sont indiscutables (cf. réponse 8).

❖ Synthèse

Même si PA intègre systématiquement l'expérimentation à la démarche du scientifique, elle rejette tout raisonnement basé uniquement sur l'induction. Elle admet que des

méthodologies mixtes puissent être à l'origine de l'élaboration de nouvelles connaissances mais sa représentation de « la » démarche scientifique est proche du courant rationaliste. De plus, une ambiguïté apparaît au niveau du statut des connaissances scientifiques : en effet, elle semble avoir conscience du caractère provisoire des théories scientifiques et de leur dépendance à un contexte mais perçoit l'autorité de la science comme étant indiscutable et le chercheur comme sujet neutre.(Boivin-Delpieu et al., 2013)

Les représentations de l'enseignante PA sont globalement celles de la majorité des enseignants ayant répondu à l'enquête. Seul son point de vue sur l'élaboration des connaissances scientifiques se différencie : même si PA adhère au constructivisme, elle se démarque en rejetant les stéréotypes de l'empirisme et en acceptant des raisonnements basés sur l'induction.

2.1.2 L'enseignante PA et ses représentations *vis-à-vis* de l'enseignement des sciences

La partie suivante prend appui sur les résultats de la seconde partie l'enquête soumise à l'enseignante PA.[121]
Nous illustrons ponctuellement notre analyse par les propos de cette enseignante extraits de des différents entretiens menés au cours de notre recherche. Les références de ces extraits sont signalées en note de bas de page.

❖ L'enseignante PA et les instructions officielles

PA connaît les étapes de la démarche d'investigation préconisées par les instructions officielles.

- ✓ La situation déclenchante est une *«situation qui permet de susciter le questionnement».*
- ✓ En effet, ce questionnement résulte de l'*«obstacle à la compréhension de la situation initiale parce qu'en contradiction avec ce que l'on sait ou pense savoir».*
- ✓ Les élèves sont ensuite amenés à émettre des hypothèses c'est-à-dire une *«ébauche de réponse basée sur des connaissances que l'on pense avoir ».*
- ✓ Ces hypothèses seront ensuite validées par l'expérimentation.
- ✓ Enfin la structuration des connaissances permet *«d'identifier précisément les connaissances scientifiques»* acquises.

Elle ne décrit pas la modélisation comme un moyen de valider les hypothèses mais comme une *«reproduction d'un phénomène en vue d'en comprendre ou d'en expliquer le fonctionnement».*

Même si elle connaît les étapes de la démarche d'investigation, elle accorde davantage d'importance à la partie validation des hypothèses par investigation qu'à la partie structuration des connaissances : *«la démarche d'investigation consiste à confronter les élèves à une situation qui permet l'émergence de questionnements. Les questions donnent l'occasion de problématiser la situation et l'émission d'hypothèses de réponses. Des stratégies sont alors mises en place dans le but de valider ou invalider certaines hypothèses»*

❖ L'enseignante PA et ses pratiques déclarées

PA déclare mener aussi souvent que possible ses séquences de sciences selon la démarche d'investigation afin de développer des attitudes scientifiques chez les élèves et de les aider à

[121] L'intégralité des résultats de la seconde partie de l'enquête pour l'enseignante PA figure en annexe n°16.

acquérir des connaissances sur le monde réel. Elle essaie de suivre les étapes de cette démarche aussi souvent que possible.

> *C1 : oui et selon toi est-ce que les séances que tu proposes elles sont en accord avec la démarche d'investigation ou est-ce que c'est pas forcément quelque chose que tu suis*
> *PA : alors j'essaie de la mettre en place c'est-à-dire que c'est un souci il y a la démarche d'investigation quand le sujet s'y prête je m'attache à suivre les différentes étapes et puis je j'essaie de réguler quand voilà*
> *C1: pour toi c'est important*
> *PA :je pense que c'est important*[122]

C'est un enseignement qu'elle mène de façon régulière (1fois par semaine sur toute l'année une séance de 45 min à 1H30 en moyenne). Selon elle, cet enseignement régulier permet *«de donner du sens aux apprentissages en permettant la transdisciplinarité et d'appréhender autrement et de façon contextualisée certains apprentissages comme la lecture, la production écrite, la résolution de problèmes, la gestion de données… »*
Lors de l'implémentation de cette démarche, elle déclare relever systématiquement les conceptions initiales qui seront alors soit « *mises en commun afin que tous les élèves prennent conscience de la divergence des points de vue au sein de la classe »* ou *« comparées au savoir construit au moment de la structuration* ». Elle semble donc adhérer à une *vision socioconstructiviste* de l'apprentissage où l'erreur n'est pas perçue comme une faute mais valorisée comme étant une étape vers l'avancée des savoirs[123].

> *PA : alors cela dépend des années alors au départ tout à fait au début je ne savais pas quoi faire du recueil des conceptions des élèves tu vois on fait parler les élèves on recueille les représentations les conceptions etc. je ne savais pas quoi en faire et des fois je les faisais émerger je les collectais je les utilisais pour revenir dessus après mais surtout pour me rassurer pour me dire tu as bien compris que c'était pas comme tu l'imaginais au départ etc. alors maintenant je pense avoir compris qu'il ne fallait pas faire que ça faire confronter les différentes conceptions des élèves ça permettait aussi d'avancer les choses c'est-à-dire d'avancer les choses de casser certaines représentations des élèves donc il y avait un premier travail de fait heu au niveau des élèves entre eux et ensuite j'utilise ces conceptions-là maintenant pour construire mes séquences* [124].

Dans la suite de ces séquences, le questionnement scientifique est soit élaboré par les élèves à partir de la situation déclenchante, soit donné par PA lorsque la situation d'entrée est absente. Il semble donc que PA relativise l'importance de la situation d'entrée contrairement à la phase de problématisation qu'elle estime fondamentale. Là encore, ces résultats indiquent que PA adhère à une *vision constructiviste* de l'apprentissage.

L'importance accordée par PA à cette phase de problématisation est un guide pour choisir les supports des séquences. En effet, l'enseignante déclare s'aider de manuels scolaires dont chaque chapitre débute par une question :

> *PA : oui mais ça démarre d'abord d'un questionnement et ensuite tu as toute une trame tout un déroulé qui permet de répondre à cette question et du coup pour répondre à cette question il y a des passages obligés qui sont l'observation d'une radio par exemple etc.*
> *(…)*

[122] Extrait de la transcription de l'entretien mené le 24 novembre 2012, figurant en Annexe n°17.
[123] Se référer à la citation de Bachelard (1938) p 136 de ce manuscrit.
[124] Extrait de la transcription de l'entretien mené le 24 novembre 2012, figurant en Annexe n°17.

PA : alors moi je m'inspire hein des questions parce que j'ai envie de de de d'appliquer la démarche
(...)
PA : j'ai pris un autre livre parce que j'aime pas travailler sur un seul support donc y a je commence en général par une question et je termine par une question qui normalement heu introduit ma séance la fois d'après (...) donc je pose une question et pour en revenir aux manuels je préfère des questions qui émanent des élèves après c'est pas évident de les amener à se poser cette question parce que c'est pas évident qu'ils se posent cette question parce qu'ils peuvent se dire pourquoi elle nous pose cette question c'est ça qui m'embête en fait [125]

Après cette phase de questionnement, les hypothèses sont systématiquement discutées et rédigées en groupe.
L'expérimentation est ensuite un moyen de les vérifier. Dans la mesure du possible ce sont les élèves qui élaborent le protocole expérimental en fonction de leurs hypothèses ce qui implique que les expérimentations puissent être différentes selon les groupes. Cette enseignante envisage parfois d'autres moyens que l'expérimentation pour valider les hypothèses, l'expérimentation restant toutefois l'outil privilégié de validation.

C1 : est-ce que donc on a vu que tu n'as pas toujours recours à l'expérimentation mais est-ce pour toi elle a toujours le même rôle est-ce que tu y vois des fonctions différentes à l'expérimentation ou est-ce que tu n'as jamais réfléchi à ça je ne sais pas pour toi quel est le rôle de l'expérimentation en classe
PA : alors l'expérience en classe ça permet déjà de tester quelque chose quand c'est possible de le tester tu vois ou de vérifier quelque chose on dit par exemple que que je ne sais pas l'eau bout à 100 degrés c'est une information que l'on peut trouver n'importe où alors voilà on va vérifier on va voir voilà on va faire l'expérience pour le voir mais heu je m'attends aussi à ce que l'expérience ne confirme pas cette heu cette information là
C1 : alors soit confirmer soit non
PA : alors je sais pas quoi répondre à ça alors l'expérience c'est vrai des fois on y recourt un peu heu heu
C1 : non mais ce n'est pas évident sans y avoir réfléchi avant c'est pas forcément facile
PA : non non après c'est vrai qu'il y a heu heu des des leçons que je vais programmer et qui vont se prêter à l'expérimentation et je me dis que l'expérience ça va permettre aux élèves de découvrir de toucher de découvrir des choses etc.
C1 : oui
PA : heu après je me suis rendue compte quand même que ça ne suffisait pas c'est-à-dire que l'expérimentation seule ne suffisait pas à heu à installer ou à déduire la notion que je voulais mettre en place qi je ne mettais pas à côté autre chose
C1 : et justement l'autre chose heu qu'est-ce qui permet aux élèves d'acquérir une notion tu dis l'expérimentation ça ne suffit pas mais qu'est-ce qui te semble le plus important
PA : parce que en fait l'expérimentation je la situe à un moment où il y a heu heu alors l'expérimentation je la situe à un moment où on se pose une question où on a envie de de découvrir quelque chose
C1 : d'accord
PA : je sais que cette expérience va me mener à quelque chose c'est-à-dire qu'il faudrait que ce soit un scénario qui marche si je veux vraiment les amener à cette notion-là voilà en tout cas c'est comme ça que je l'envisage[126]

[125] Extrait de la transcription de l'entretien mené le 26 janvier 2012, figurant en Annexe n°59.
[126] Extrait de la transcription de l'entretien mené le 24 novembre 2012, figurant en Annexe n°17.

Après cette phase d'investigation, une trace écrite est généralement élaborée par les élèves soit collectivement soit individuellement. PA déclare ne pas être à l'aise lors de la mise en œuvre de cette dernière étape.

> *PA : et là maintenant c'est l'institutionnalisation qui me pose problème autant les années précédentes je j'abordais l'institutionnalisation voilà tout est construit là je trouve que avec heu avec ce qui s'est passé ces dernières séances là ce serait dommage que je vienne là avec heu*
> *C1 : le savoir*[127]

2.2 Interprétation des résultats de l'enquête: représentations de l'enseignant PB

2.2.1 L'enseignant PB et ses représentations *vis-à-vis* des sciences

Comme pour PA, l'interprétation des résultats s'appuie sur le découpage par catégories élaboré dans le chapitre 4. Nous optons pour une présentation des résultats obtenus avec PB identique à la précédente.

❖ Point de vue sur l'élaboration des savoirs savants :

1. La première phase de travail d'un scientifique est toujours la mise en place d'observations qui lui permettront de découvrir des faits : ***plutôt d'accord***
2. Le scientifique élabore des théories uniquement à partir de l'analyse d'une accumulation d'observations rigoureuses et objectives : ***plutôt d'accord***
3. La première phase de travail d'un scientifique, avant même la mise en place d'observations, est toujours d'élaborer une théorie puis de bâtir des hypothèses qu'il vérifiera expérimentalement : ***pas du tout d'accord***
4. Un scientifique doit suivre une démarche universellement reconnue : observation, hypothèse, expérimentation, résultats, interprétations et conclusion : ***plutôt d'accord***
5. Toute expérimentation scientifique nécessite nécessairement la manipulation d'objets. : ***plutôt d'accord***
6. Le scientifique élabore des théories uniquement par le raisonnement : l'expérimentation permet la vérification : ***plutôt pas d'accord***
7. Toute expérimentation scientifique peut-être reproduite par la pensée: ***pas du tout d'accord***
8. Un scientifique doit suivre une démarche universellement reconnue qui part de la théorie qu'il applique aux phénomènes : il construit par le raisonnement des théories qu'il vérifiera expérimentalement : ***pas du tout d'accord***
9. Pour construire une théorie, le scientifique fait appel à la fois à ses sens (par exemple l'observation) mais aussi à sa raison : ***tout à fait d'accord***
10. Le scientifique ne suit aucune démarche prédéterminée : ses théories peuvent être le fruit du hasard : ***tout à fait d'accord***

Cet enseignant assimile la démarche d'élaboration des savoirs savants à une démarche basée sur un raisonnement de type inductif (cf. 1 & 2) et rejette tout raisonnement basé exclusivement sur la déduction (cf. 3). Sa vision de la science se rapproche du courant épistémologique empirique (cf. 4 & 5). Il s'oppose clairement à toute forme de rationalisme. (cf. 6, 7 & 8). Cependant, il reconnaît l'importance du raisonnement chez les scientifiques à

[127] Extrait de la transcription de l'entretien mené le 24 novembre 2012, figurant en Annexe n°17.

condition que ce dernier soit au service de l'expérience (cf. 9). Il accepte le hasard comme déterminant possible de l'action scientifique (cf. 10).

❖ Point de vue sur le mode extérieur et celui des théories :

1. Certains phénomènes existent dans la nature indépendamment de l'idée que nous en avons : ***tout à fait d'accord***
2. Le monde n'existe pas en dehors de l'idée que nous nous en faisons : ***plutôt pas d'accord***
3. Les théories scientifiques existent dans la nature : le travail du chercheur est de les mettre au jour : ***plutôt pas d'accord***
4. Une théorie scientifique n'est pas déduite de la réalité, mais construite par le chercheur pour représenter le fonctionnement du monde extérieur : elle n'existe pas dans la nature : ***plutôt d'accord***
5. Les théories scientifiques donnent une description des phénomènes tels qu'ils se produisent dans la nature : ***pas du tout d'accord.***
6. Les théories scientifiques ne sont pas des vérités mais elles permettent d'expliquer les phénomènes qui nous entourent : ***plutôt d'accord***
7. On ne peut ni prouver ni vérifier expérimentalement qu'une théorie est absolument vraie, les scientifiques peuvent seulement y adhérer collectivement : ***tout à fait d'accord***
8. Une théorie n'est pas applicable à tous les phénomènes du réel car elle s'appuie sur un certain nombre d'hypothèses et d'approximations : ***tout à fait d'accord***
9. Les théories scientifiques sont prédictives, explicatives et provisoires : ***tout à fait d'accord***
10. Une nouvelle observation scientifique est le plus souvent la confirmation momentanée d'une théorie : ***plutôt d'accord***
11. Les théories scientifiques peuvent à tout moment être remises en cause par de nouvelles observations: ***plutôt pas d'accord***
12. Lorsqu'une théorie a été vérifiée expérimentalement, elle est validée par la communauté scientifique et ne peut être remise en cause : ***plutôt d'accord***
13. Les théories scientifiques sont cumulatives : il y a moins de choses à découvrir aujourd'hui qu'il y a un siècle : ***plutôt d'accord***
14. Les scientifiques ont conscience que certaines théories pourront être remises en cause alors que d'autres sont désormais établies avec certitude : ***tout à fait d'accord***

Le point de vue exprimé par cet enseignant sur le monde réel est à rapprocher des théories dites réalistes en opposition à celles de nature idéaliste. (cf.1 & 2). Même si cette perception ne coïncide pas avec une vision constructiviste de la science, PB assimile les théories scientifiques à des constructions humaines n'ayant pas d'existence propre mais permettant d'expliquer le fonctionnement du monde extérieur (cf. 3 & 4). Signalons un paradoxe dans les représentations de PB vis-à-vis des caractéristiques d'une théorie scientifiques. En effet, il ne perçoit pas les théories comme une représentation vraie du monde extérieur (cf. 5, 6 & 7) et reconnaît leur caractère approximatif (cf. 8) et parfois provisoire (cf. 9 & 10). Dans le même temps, il n'accepte pas qu'une remise en question soit possible (cf. 11). Selon lui, une preuve expérimentale est définitive (cf. 12) ce qui explique que les connaissances puissent être cumulatives (cf. 13). Ce paradoxe s'explique, car il ne perçoit pas toutes les théories comme ayant le même statut : certaines sont établies de façon certaines et ne pourront donc pas être remises en cause (cf. 14).

❖ Représentations et courant épistémologique :

1. Une connaissance scientifique est le plus souvent le résultat d'une activité isolée de recherche d'un scientifique : ***plutôt pas d'accord***

2. Une connaissance scientifique est le résultat d'un consensus collectif. : ***tout à fait d'accord***
3. Le jugement accordé à une théorie scientifique par la communauté scientifique dépend du contexte social, historique, économique et politique de l'époque : ***tout à fait d'accord***
4. Les a priori du chercheur orientent inévitablement ses recherches : ***tout à fait d'accord***
5. Un bon chercheur doit et peut rester neutre face à son sujet d'étude quelles que soient ses conditions de travail : ***plutôt pas d'accord***
6. La validation d'une connaissance scientifique ne dépend pas uniquement d'arguments rationnels mais aussi de critères sociaux et politiques : ***tout à fait d'accord***
7. Une théorie scientifique ne supporte pas l'approximation. Son statut est celui de la rigueur : ***plutôt pas d'accord***
8. L'autorité de la science est indiscutable : ***pas du tout d'accord***

Cet enseignant perçoit l'activité scientifique comme une activité collective (cf.1 & 2). Il accepte l'idée que cette activité soit dépendante de contextes (cf. 3 & 4). En conséquence, les résultats scientifiques comportent une part de subjectivité (cf. 5, 6 & 7) et pourront être remis en cause et discutés (cf. 8)

❖ Synthèse

Cet enseignant adhère à une vision de la science proche des courants constructivistes. Il est conscient que les théories sont des constructions humaines, collectives, contextualisées et provisoires, excepté celles en lien avec des connaissances stabilisées. En revanche, il estime que cette construction de connaissances repose sur des raisonnements essentiellement inductifs.

Les représentations de PB se distinguent de celles de la majorité des répondants sur essentiellement deux points de vue. Le premier est qu'il accepte le raisonnement inductif comme permettant d'établir des connaissances scientifiques. Le second est qu'il ne perçoit pas le chercheur comme un individu neutre.

2.2.2 L'enseignant PB et ses représentations *vis-à-vis* de l'enseignement des sciences

La partie suivante prend appui sur les résultats de la seconde partie de l'enquête.[128] Comme pour PA, nous illustrons notre analyse par les propos de cet enseignant extraits des entretiens menés lors de notre recherche (Ce que nous signalerons dans notre texte le cas échéant).

❖ L'enseignant PB et les instructions officielles

Lorsqu'il s'agit de décrire la démarche d'investigation, PB ne cite pas exactement les étapes préconisées par les programmes : *« Situation problème – Observation – Emission d'hypothèses – Expérimentations avec validation ou invalidation des hypothèses – (parfois plusieurs fois) Déconstruction des croyances personnelles et (re)construction de savoir commun »*.
Toutefois, on retrouve l'idée d'une situation devant permettre l'émission d'un problème suivie d'un raisonnement de type hypothético-déductif devant aboutir à la structuration des connaissances. Cependant, il ajoute que l'observation est une étape nécessaire avant l'élaboration des hypothèses. Il associe également à la démarche l'idée d'une déconstruction

[128] L'intégralité des résultats de la seconde partie de l'enquête pour l'enseignante PB figure en annexe n°15.

des croyances personnelles, laissant penser ainsi qu'il inclut la démarche d'investigation dans une vision bachelardienne de l'apprentissage.
Il définit l'expérimentation comme un moyen de valider des hypothèses dont la forme peut être multiple (« Ensemble des expériences, étude/analyse de documents, observation etc. permettant de valider ou invalider les hypothèses ») et que la modélisation est pour lui un « *Outil permettant une explication d'un phénomène de manière vulgarisée (pour la bonne compréhension du phénomène, certains éléments scientifiques n'apparaissent pas ou sont volontairement biaisés)* ».
Pour PB, la démarche d'investigation ne revêt pas un caractère obligatoire. Une séance de sciences doit avant tout mettre en œuvre une observation, une expérimentation lorsque c'est possible et doit absolument aboutir à la construction de connaissances.

❖ L'enseignant PB et ses pratiques déclarées

Cet enseignant déclare consacrer en moyenne deux séances par semaine aux sciences de 45 min à 1h chacune. Même s'il reconnaît des difficultés liées à cet enseignement, comme le manque de matériel, une gestion plus difficile des élèves ou encore des programmes trop lourds, il aime les sciences et souhaite faire partager son intérêt aux élèves. (*PB : quand il y a des trucs que j'aime pas j'ai du mal à les j'ai du mal à les transmettre les sciences en général j'aime bien mais par exemple la conjugaison je sais pas quoi faire faire un truc intéressant qui les intéresse déjà que moi ça me*)[129]. Il signale également un intérêt pédagogique fort à la mise en place de séquences de sciences : « *Cela éveille les élèves à une meilleure compréhension du monde qui les entoure et cela leur montre une manière de réfléchir lorsqu'ils sont faces à un problème rencontré »*
Il déclare ne pas mettre en place systématiquement de démarche d'investigation pour des raisons matérielles, humaines et temporelles. Selon lui, en pratique une séance de sciences doit avant tout mettre en œuvre une observation, une expérimentation lorsque c'est possible et doit absolument permettre l'élaboration de nouvelles connaissances. D'ailleurs, lors des entretiens, les instructions officielles sont évoquées uniquement en lien avec le socle commun de connaissances et de compétences, et jamais en lien avec la démarche *(« C2 : et qu'est-ce que tu as utilisé comme ressource documentaire ; PB : donc déjà pour tout ce qui est compétence machin là c'est les documents officiels »)*[130]. Les programmes guident le choix du contenu notionnel de la séquence mais pas la démarche associée. On retrouve cette position lorsque cet enseignant évoque le manuel scolaire disponible à l'école.[131] La présentation des leçons dans ce manuel semble en cohérence avec les étapes de la démarche d'investigation, chaque leçon commence notamment par une question. L'enseignant PB ne semble pas être sensible à cette présentation. *(« C1 : et le fait alors j'ai entendu pour les documents et le fait que ça commence par une question est-ce que ça a changé votre façon de faire par rapport à d'autres livres où c'est plus classique le titre d'une leçon et heu ; PB : je ne me suis pas posé la question »), (« PB : on a un livre avec des photographies couleurs »), (« PB : oui mais moi je ne m'en sers pas comme ça je m'en sers comme un recueil de documents justement »)*
En pratique, la situation d'entrée dépend du sujet à traiter. *(PB : « ca dépend par exemple sur les séismes je leur ai donné un journal avec les séismes et tout ça des photos de trucs cassés quand on est parti sur la respiration je leur ai demandé de faire un effort et simplement d'observer ce qu'ils observaient dans leurs corps parfois je leur demande de manipuler mais c'est vrai que ça dépend »)*[132] . Son souci premier est de susciter l'intérêt des élèves. Pour cela, il privilégie la

[129] Extrait de la transcription de l'entretien mené en janvier 2012, figurant en Annexe n°59
[130] Extrait de l'entretien du 1 février 2012, voir annexe n°60.
[131] « Sciences cycle 3 - Livre de l'élève 64 enquêtes pour comprendre le monde, Jean-Michel Rolando, Guy Simonin, Patrick Pommier, Jean-François Laslaz, Sylvain Combaluzier, Jocelyne Nomblot, collection Magnard, parution 2003)
[132] Extrait de l'entretien du 26 janvier 2012, voir annexe n°59.

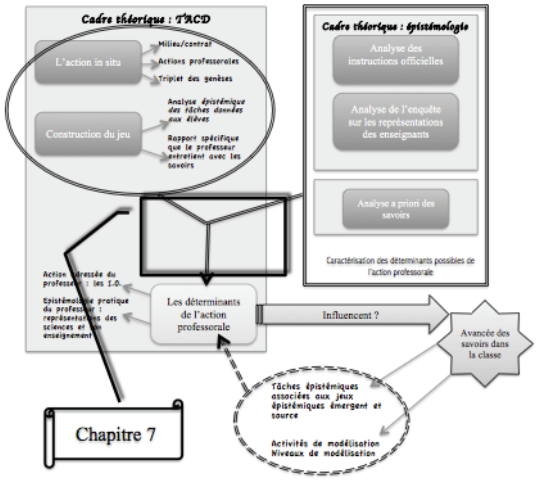
mise en place d'expériences (*PB : « par exemple un truc on va pouvoir tout de suite manipuler ça va tout de suite les intéresser »*)[133] ou annonce la suite de la séance lorsqu'elle comporte des éléments motivants comme la fabrication d'objet. (*PB : « sur l'astronomie moi je sais pas savoir sur quoi démarrer à part quand on a la chance d'avoir un phénomène heu naturel enfin moi pour travailler sur la modélisation du système solaire moi je leur ai dit ben au plafond on va essayer de modéliser le système et c'était un peu le truc pour les motiver et on va essayer de faire la carte d'identité de la planète et tout ça »)*[134]. Il aime élaborer des séquences ludiques et originales : le travail de préparation est un véritable plaisir pour cet enseignant *(« PB : j'adore préparer j'aime même plus que d'être après devant les élèves »*)[135] . Il aime scénariser son enseignement afin de susciter l'intérêt de ses élèves *(« PB : et puis quand je suis dans la recherche j'aime bien me créer des outils parce que j'aime bien que ce soit un heu ludique pour les élèves et tout ça et j'aime bien ça »)*[136]

Les pratiques déclarées de PB sont en accord avec ses représentations des instructions officielles : il associe bien la déconstruction des croyances personnelles à la démarche mise en place en sciences même s'il ne semble pas maîtriser des arguments en faveur de cette approche. *(« PB : à l'IUFM on nous a pas mal appris ça partir des connaissances des élèves » ; « PB : j'ai eu la chance d'avoir encore la formation à l'IUFM et c'est vrai que ben j'applique souvent ce qu'on m'a appris parce que j'ai pas forcément appris d'autres choses je me suis pas forcément documenté dans beaucoup de livres pour apprendre d'autres techniques ou d'autres manières d'aborder les et c'est quelque chose qui me convient. »)*[137], il déclare utiliser les connaissances initiales des élèves principalement pour mettre en évidence une divergence de points de vue au sein de la classe ou pour permettre aux élèves de comparer leurs connaissances avec la réalité afin de mettre en évidence une éventuelle contradiction.

Il déclare soumettre le plus souvent une question aux élèves. Ces derniers fournissent leurs hypothèses à l'oral, pour les tester ensuite lors d'une expérimentation. A la fin de l'activité, une trace écrite collective est généralement élaborée.

[133] Extrait de l'entretien du 26 janvier 2012, voir annexe n°59.
[134] Extrait de l'entretien du 26 janvier 2012, voir annexe n°59.
[135] Extrait de l'entretien du 1 février 2012, voir annexe n°60.
[136] Extrait de l'entretien du 1 février 2012, voir annexe n°60.
[137] Extrait de l'entretien du 26 janvier 2012, voir annexe n°59.

Chapitre 7
Analyse de l'action enseignante à travers les démarches mises en œuvre



Les analyses proposées dans le chapitre précédent ont permis de caractériser les savoirs en jeu dans les séquences implémentées sur les phases de la Lune et les représentations des enseignants. Le cadre théorique choisi nous conduit à considérer ces éléments comme des déterminants possibles de l'action professorale. Aussi, dans ce chapitre, nous inférons les déterminants effectifs de l'action didactique étudiés à partir des analyses des préparations proposées par les enseignants et de leurs actions *in situ*. Pour cela, en prenant appui sur l'analyse chronologique[138] selon les critères exposés dans le chapitre 4 *(2.3.* Elaboration de critères d'analyses par jeux d'apprentissage*),* nous considérons, pour chacun des niveaux de découpage choisi, l'action enseignante à travers les démarches mises en œuvre. La nécessité de rendre compte de la logique de la démarche implémentée implique une présentation des résultats distincte pour chacun des enseignants et suivant l'ordre d'implémentation. La figure ci-contre permet de situer ce chapitre dans le dispositif général permettant de produire une analyse argumentée et ayant fait l'objet d'une présentation dans le chapitre 4, Méthodologie.

1 Séquence menée par l'enseignante PA sur les phases de la Lune

1.1 Présentation globale des séquences prévue et mise en œuvre par l'enseignante PA sur les phases de la Lune

1.1.1 Présentation de la séquence initialement prévue par l'enseignante PA sur les phases de la Lune

1.1.1.1 Les objectifs visés

Les objectifs notionnels visés par l'enseignante PA[139] sont conformes aux instructions officielles présentées dans le chapitre 6 (1.1 Les phases de la Lune dans les instructions officielles au cycle 3).

[138] Les analyses chronologiques produites à partir de la séquence menée par l'enseignant PB figurent en annexes n°55 à 58, celles produites à partir de la séquence menée par l'enseignante PA figurent en annexes n°36 à 39.
[139] Les objectifs sont explicités dans les fiches de préparation présentées en Annexe n°27.

1.1.1.2 Le déroulement prévu de la séquence

La séquence initialement prévue par l'enseignante PA sur les phases de la Lune est découpée en 3 séances :

➢ **En amont de la séquence,** l'enseignante a demandé aux élèves d'observer la Lune sur plusieurs jours et de dessiner le résultat de leurs observations.

➢ **Lors de la première séance**, en prenant appui sur les dessins d'observation, l'enseignante a prévu de questionner les élèves à propos de l'origine des phases de la Lune. Puis les élèves sont amenés à émettre individuellement des hypothèses qu'ils confronteront ensuite avec celles émises par les élèves de leur groupe. Après avoir sélectionné une hypothèse, un élève du groupe devra la présenter à l'ensemble de la classe. A l'issue de cette mise en commun, une discussion collective devra encourager les élèves à argumenter leur point de vue.

L'enseignante projette ensuite de distribuer une fiche récapitulative des phases de la Lune puis de demander aux élèves de choisir un protocole de validation de leurs hypothèses. La recherche documentaire ou l'expérimentation sont les deux moyens proposés. Une mise en commun des protocoles retenus pour chacun des groupes est ensuite prévue.

➢ **La deuxième séance** doit permettre la mise en œuvre du protocole choisi. Chaque groupe d'élèves doit réaliser une affiche afin de présenter les résultats obtenus à l'ensemble de la classe.

➢ **La troisième séance** doit permettre la structuration des connaissances. Pour cela, l'enseignante a prévu de reproduire une modélisation « témoin » en classe entière avant l'élaboration de la trace écrite avec les élèves.

1.1.2 Présentation globale de la séquence réellement mise en œuvre en classe par l'enseignante PA sur les phases de la Lune

1.1.2.1 Vue synoptique

La séquence réellement mise en œuvre dans la classe s'est déroulée sur 5 séances. La Figure 66 en propose une vue synoptique.

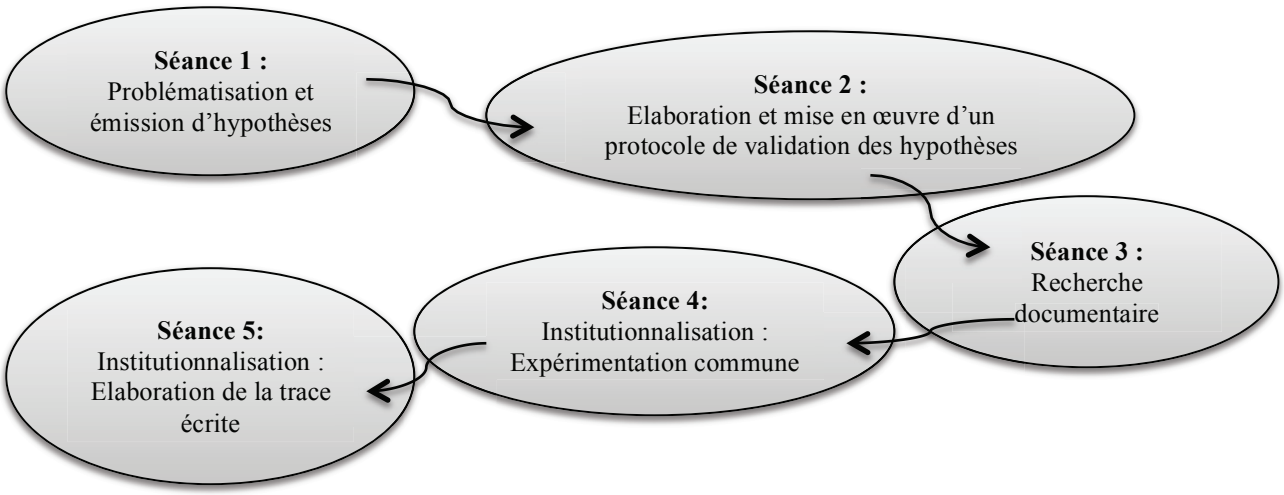


Figure 66 : Vue synoptique de la séquence mise en œuvre par PA.

1.1.2.2 Comparaison sommaire des séquences prévue et réalisée

La Figure 67 compare la séquence prévue[140] par l'enseignante (en haut) et celle qui a été réalisée[141] (en bas). La séquence implémentée comporte deux séances supplémentaires (3R et 5R) par rapport aux planifications de l'enseignante :

- La séance 3R comporte une recherche documentaire comme moyen supplémentaire de validation des hypothèses, dans la continuité des moyens proposés lors de la séance 2R.
- La dernière séance (5R) correspond à l'élaboration de la trace écrite ; cette structuration initialement prévue dans la quatrième séance a été reportée par manque de temps. Seules les quatre premières séances ayant été filmées, nous avons procédé à un entretien avec l'enseignante afin de recueillir des informations sur le déroulement de cette séance (donner une indication de la durée plutôt que de dire « courte »).

Enfin, la préparation de la séance 3P ne correspond pas parfaitement à la séance effectivement réalisée 4R : en effet, avant la mise en œuvre d'un modèle commun à l'ensemble de la classe servant de base à l'institutionnalisation des savoirs, les élèves ont réalisé une modélisation par groupes

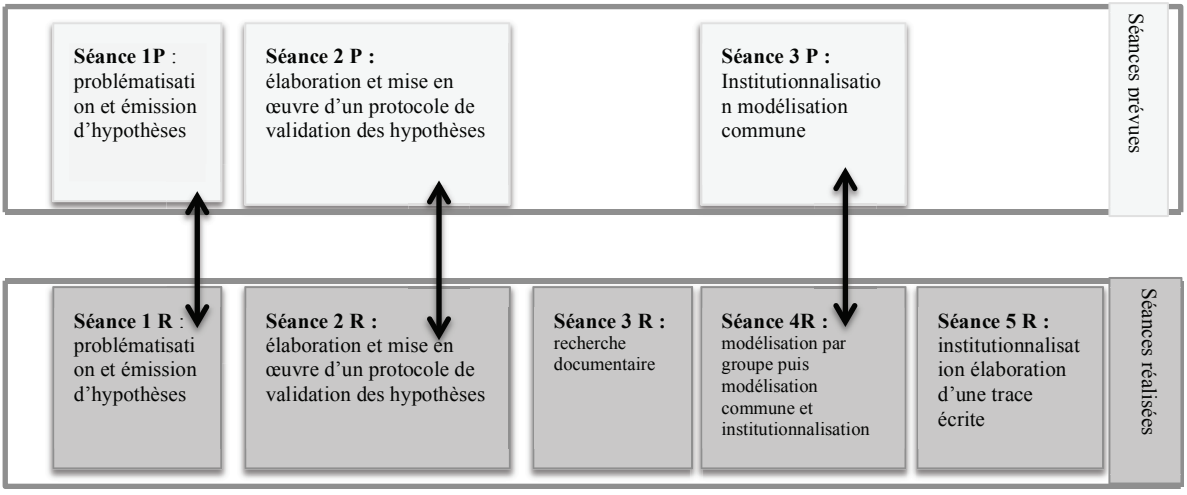


Figure 67 : Profil général des séquences prévue et réalisée.

[140] Ces séances seront désignées par le numéro de la séance suivi de la lettre P.
[141] Ces séances seront désignées par le numéro de la séance suivi de la lettre R.

1.1.2.3 Séance 5 réellement mise en œuvre : élaboration de la trace écrite

Même si la dernière séance n'a pas pu être filmée, nous avons collecté des informations sur sa mise en œuvre afin d'analyser la séquence complète. Nous avons récupéré la trace écrite élaborée dans le classeur de sciences des élèves[142]. Nous avons aussi enregistré un entretien avec l'enseignante afin d'expliciter le contenu de cette dernière séance[143].

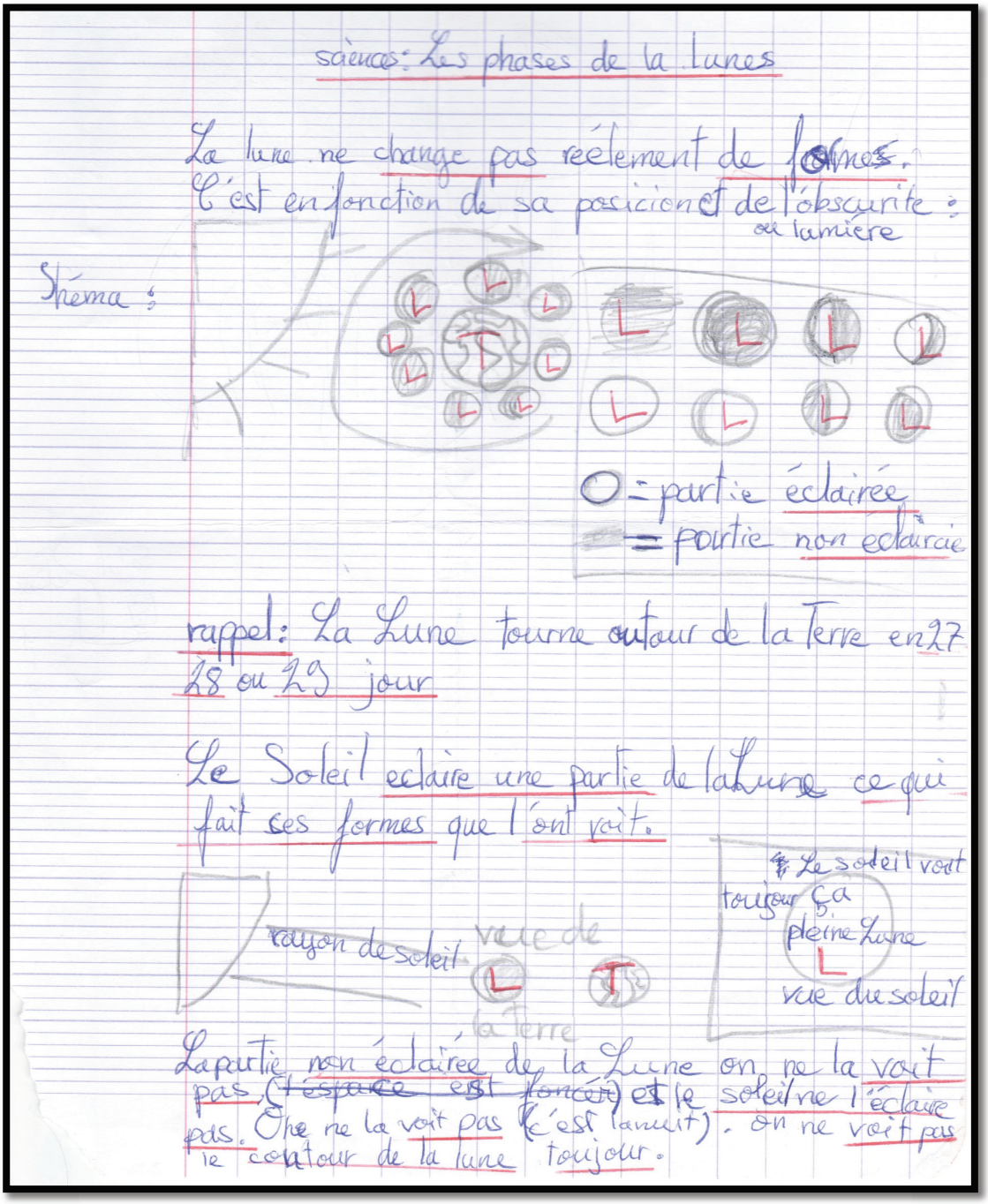


Figure 68 : Trace écrite élaborée à l'issue de la séquence sur les phases de la Lune dans la classe de PA

[142] Figure n°68
[143] La transcription figure en annexe n°62.

1.2 Analyse Chronologique de la séquence filmée

L'intégralité de l'analyse chronologique de la séquence menée par l'enseignante PA figure en annexe[144].

1.3 Interprétation des résultats liés aux pratiques de classe de l'enseignante PA à partir de la séquence sur les phases de la Lune.

1.3.1 Point de vue macroscopique : l'activité adressée comme puissant organisateur de la pratique.

Le tableau 16 propose une comparaison des séances programmées et des thèmes correspondants au découpage macroscopique de la séquence implémentée avec les 5 étapes préconisées par les instructions officielles (Voir document 4 du chapitre 1).

[144] Annexes n°36 à 39.

Etapes prévues	Séances prévues	La démarche d'investigation dans les instructions officielles	Séances réelles	Thèmes Découpage macroscopique
Observations préalables de la Lune	**Séance n°1**	*Situation de départ*	**Séance n°1**	**Thème n°1** : les différents aspects de la Lune
Problématisation		*Formulation du questionnement*		**Thème n°2** : problématisation
Elaboration des hypothèses		*Elaboration d'hypothèses*		**Thème n°3** : émission d'hypothèses
Fiches récapitulatives des phases de la Lune				
			Séance 2	**Thème n°1** : rappel de la séance précédente
				Thème n°2 : la démarche scientifique
Choix de l'investigation : recherche documentaire ou modélisation		*Conception de l'investigation*		**Thème n°3 :** élaboration et mise en œuvre du protocole de validation des hypothèses
Mise en commun				
Mise en œuvre du protocole de validation des hypothèses : modélisation ou recherche documentaire	**Séance n°2**	*Mise en œuvre du protocole de validation des hypothèses : modélisation ou recherche documentaire*		
Mise en commun des résultats				**Thème n°4** : communication à l'ensemble de la classe des techniques utilisées pour valider les hypothèses et les résultats obtenus
			Séance n°3	**Thème n°1 :** bilan des séances précédentes
		Elaboration et mise en œuvre du protocole de validation des hypothèses : recherche documentaire		**Thème n°2 :** recherche documentaire
	Séance 3		**Séance n°4**	**Thème n°1** : rappel des différents aspects de la Lune
		Elaboration et mise en œuvre du protocole de validation des hypothèses : modélisation		**Thème n°2** : élaboration et mise en œuvre d'un modèle « témoin »
Modélisation commune élaboration de la trace écrite		*Institutionnalisation*		**Thème n°3** : mise en commun/modélisation commune institutionnalisation

Tableau 16 : Mise en relation des thématiques de la séquence sur les phases de la Lune menée par l'enseignante PA et les instructions officielles.

Il apparaît que les séances programmées par l'enseignante suivent les étapes prescrites de la démarche d'investigation. De plus, le découpage macroscopique en thèmes de la séquence filmée révèle que ces étapes structurent également le déroulement en classe. En effet, la **problématique retenue** lors de la première séance est liée à l'explication de l'origine des phases de la Lune. Les élèves sont amenés à **élaborer des hypothèses** dans cette même séance. La deuxième séance comporte **l'élaboration et la mise en œuvre d'un protocole** de validation des hypothèses. L'étape suivante recommandée par les programmes et initialement prévue par l'enseignante doit permettre **l'institutionnalisation des connaissances.**
Le décalage entre les séances prévues et celles implémentées n'affecte pas la mise en œuvre des étapes prescrites de la démarche d'investigation. Seul le nombre « d'investigations » est modifié : en plus de l'investigation initialement prévue, une recherche documentaire et la

mise en œuvre d'un modèle « témoin » s'avèrent nécessaires pour donner une explication de l'origine des phases de la Lune en cohérence avec le savoir académique. De plus, la trace écrite sera l'objet d'une séance supplémentaire.
D'un point de vue macroscopique, la structure de la démarche d'investigation préconisée par les programmes est respectée : seul le nombre d'investigations implémentées diffère du nombre d'investigations prévues. Pour comprendre l'origine de ces décalages, nous devons affiner notre analyse aux niveaux mésoscopique et microscopique c'est-à-dire analyser des jeux d'apprentissages et des interactions.

1.3.2 Points de vue mésoscopique et microscopique : les représentations comme pilote implicite mais omniprésent de la pratique.

Les séquences prévue et implémentée suivent les étapes de la démarche d'investigation préconisée par les programmes mais ne coïncident pas entièrement. Nous souhaitons désormais élucider l'origine des décalages constatés : comment expliquer que l'investigation de la deuxième séance (Modélisation et recherche documentaire) n'aboutit pas à la structuration prévue des connaissances ; comment expliquer que les deux investigations suivantes permettent l'introduction dans le milieu des connaissances visées.
Le tableau 17 compare les séances prévues avec les jeux d'apprentissages réellement mis en œuvre.

Tableau 17 : Comparaison des séquences prévues par l'enseignante PA avec les jeux d'apprentissages implémentés.

Légende :

Indique une différence entre ce qui est prévu par l'enseignante et ce qui est mis en œuvre

Indique une similitude entre ce qui est prévu par l'enseignante et ce qui est mis en œuvre

Les jeux d'apprentissages correspondant à des actions non planifiées sont signalés en gras.

Les instructions officielles	**Etapes prévues : fiches de préparation**	**Etapes réelles : point de vue macroscopique**	**Etapes réelles : point de vue mésoscopique**
Situation d'entrée	**S1** : Observations préalables de la Lune dans le but d'inciter les élèves à donner une explication sur l'origine des phases de la Lune + fiches récapitulatives des différentes phases de la Lune.	**S1 Thème n°1** : Les différents aspects de la Lune	➢ Commentaires sur les observations préalables **S1J1** ➢ **Relevé des conceptions *vis-à-vis* des formes de la Lune S1J2** ➢ **Description de la démarche suivie S1J3** ➢ Se référer à un document récapitulatif des phases de la Lune **S1J4**
Questionnement	**S1 :** L'enseignante propose la question suivante à la classe : « Pourquoi la Lune change t-elle de forme ? »	**S1 Thème n°2** : Problématisation	Les élèves posent un ensemble de questions dont l'une sera retenue : « Pourquoi la Lune change –t-elle de forme ? » **S1J5**
Emission d'hypothèses	**S1 :** Emission d'hypothèses -Les élèves rédigent seuls une explication - Echange par groupes sur les hypothèses émises et sélection de l'une d'entre elles - exposition de l'hypothèse retenue à l'ensemble de la classe	**S1Thème 3** : Elaboration d'hypothèses	- Emettre individuellement des hypothèses **S1J6** -Soumettre son hypothèse à la critique et sélectionner l'une d'entre elles **S1J7** - Présenter l'hypothèse retenue à la classe **S1J8**
Investigation	**S1 :** Les élèves devront choisir entre deux investigations possibles : recherche documentaire ou modélisation. **S2** Phase de recherche par groupes	**S2Thème n°3** : Elaboration et mise en œuvre du protocole de validation des hypothèses	- Validation de **certaines hypothèses par l'observation S2J1** -Choisir l'investigation retenue : modélisation ou recherche documentaire **S2J5** - Elaboration et mise en œuvre du protocole par groupes **S2J6**

	S2 : Phase de mise en commun des résultats	**S2 Thème n°4 :** Communiquer à l'ensemble de la classe les techniques utilisées pour valider les hypothèses et les résultats **S3 Thème n°1 :** Bilan des séances précédentes **S3 Thème n°2 :** Recherche documentaire	- Mise en commun des résultats **S2J7** - Présenter par groupe l'hypothèse retenue **S3J2**, l'investigation choisie et les résultats obtenus **S3J3** - Synthétiser les résultats **S3J4** - **Nouvelle investigation : recherche documentaire S3J5 et mise en commun S3J6**
Institutionnalisation	**S3** Bilan des résultats de chaque groupe Explication proposée par PA et illustrée par une modélisation en groupe classe Projection d'un film explicatif Trace écrite élaborée par les élèves	**S4 Thème n°2 :** Reproduire la modélisation « témoin » **S4 Thème n°3 :** Mise en commun/modélisation commune/ Institutionnalisation **S5** : Elaboration de la trace écrite	- **Mettre en œuvre un modèle explicatif par groupe : lister le matériel S4J3, les éléments du cadre théorique utile S4J4 et réalisation de la modélisation par groupes S4J6** - Mise en commun : discussion des approximations nécessaires **S4J7**, modélisation commune **S4J8**, bilan des résultats **S4J9**. Elaboration de la trace écrite **S5**.

En prenant appui sur l'analyse des jeux d'apprentissages, nous proposons désormais une interprétation des décalages entre les éléments prévus et réellement implémentés mis en évidence dans le tableau précédent.

❖ **Situation d'entrée**

✓ Constat :

Les observations préalables de la Lune ont initialement été prévues pour permettre à l'enseignante d'introduire le questionnement sur l'origine des phases de la Lune. Or, à la suite de la phase de recueil des résultats des observations, les élèves évoquent spontanément leurs propres expériences d'observations de la Lune. L'enseignante laisse les élèves énoncer des formes possibles de la Lune et ses moments de visibilité. Parmi ces formes possibles, certaines sont issues d'observations naturelles. Initialement l'enseignante avait prévu un recueil similaire à propos de l'origine des phases de la Lune.
A l'issue de ces deux jeux d'apprentissages, les observations de la Lune ne sont pas exploitées, ni pour proposer un questionnement, ni pour institutionnaliser les connaissances empiriques exigibles des programmes à savoir « *Connaître les différentes phases de la Lune, savoir que ces phases se reproduisent toujours dans le même ordre et la même durée.* » Le questionnement sera élaboré à partir d'un document récapitulatif des phases de la Lune, qualifié par PA de plus réaliste.

✓ Interprétation :

L'enquête a montré que PA associe la démarche scientifique à une démarche expérimentale au cours de laquelle le recours à la théorie permet l'émission d'hypothèses. Elle exclut l'observation comme première étape de la démarche du scientifique pouvant aboutir directement à la découverte de faits ou à l'élaboration de théories. Pour elle, la théorie est première dans le travail du scientifique.
Ses représentations *vis-à-vis* des sciences sont conformes à la pratique observée : les observations des élèves ne sont utilisées, ni pour généraliser les résultats, ni pour en extraire un questionnement. La démarche menée est initiée à partir du document récapitulatif proposé dans le jeu S1J4. Or, ce document est une ressource pédagogique issue d'un manuel scolaire et donc « validée » par un groupe d'experts : il relève ainsi du monde des théories. De plus, les programmes ne stipulent pas de construire des connaissances à partir des observations réalisées lors de la situation d'entrée. Or, certaines des connaissances visées sont directement liées à une observation rigoureuse de la Lune : « *Connaître les différentes phases de la Lune ; Savoir qu'elles se reproduisent dans le même ordre et avec la même durée* ». **La démarche prescrite ainsi que les représentations de l'enseignante *vis-à-vis* des sciences l'empêchent d'atteindre certains des objectifs visés, l'élaboration des connaissances basées sur un raisonnement inductif étant rejetée.**

Enfin, dans l'enquête, l'enseignante déclare recueillir systématiquement les « conceptions » des élèves soit pour les comparer au savoir construit soit pour mettre en évidence une divergence de point de vue au sein de la classe. Dans le jeu d'apprentissage S1J2, elle accepte l'initiative prise par les élèves de faire part leurs connaissances préalables, issues de leurs expériences quotidiennes. Nous supposons que la facilité d'expression des élèves est liée au contrat didactique qui induit une liberté de parole importante dans la classe. **Les habitudes de travail prévalent alors sur ce qui était planifié**. Pourtant, cette phase ne sera exploitée ni dans ce jeu ni dans les suivants : tout se passe comme si cette initiative des

élèves constituait un obstacle à la prise en compte réelle de leurs connaissances préalables. L'enseignante semble consciente de l'importance de ce relevé mais n'est pas en mesure de l'exploiter de manière spontanée.

Lors de la première étape de la démarche d'investigation, tous les décalages constatés entre ce qui est prévu et ce qui est réalisé sont en accord avec les représentations de l'enseignante *vis-à-vis* des sciences. En revanche, ses représentations de l'enseignement des sciences ne sont que partiellement mises en œuvre.

❖ **Le questionnement**

✓ Constat :

Il était prévu que la question à traiter soit formulée par l'enseignante à l'issue des commentaires des dessins d'observations : « *Pourquoi la Lune change t-elle de forme ?* » Or, dans le jeu S1J5, elle encourage les élèves à formuler eux-mêmes des questions après leur avoir présenté « le document récapitulatif » des phases de la Lune.

✓ Interprétation :

Les programmes de 2002 stipulent qu'il est important de « *faire émerger les conceptions initiales des élèves, les confronter et favoriser l'appropriation du problème par la classe*. » Or, l'enseignante favorise la formulation du questionnement par les élèves non pas en exploitant leurs conceptions initiales mais à partir du document dit de référence. Pourtant, dans le jeu précédent S1J2, les élèves s'étonnent du décalage entre leurs idées préalables et leurs observations réelles ce qui aurait pu être exploité pour susciter le questionnement. Par exemple, certains élèves ont été surpris de voir la Lune en plein jour : la question aurait pu porter sur l'explication de la visibilité de la Lune au cours de la journée.
Dans l'enquête, l'enseignante n'a pas retenu la proposition consistant à demander aux élèves de comparer leurs connaissances avec la réalité afin de mettre en évidence une éventuelle contradiction. Or, elle affirme que l'une des finalités de l'enseignement des sciences à l'école primaire est de déconstruire des connaissances initiales erronées. **En conformité aux instructions officielles, il semble que l'enseignante a bien conscience des enjeux de la prise en compte des conceptions initiales sans être en mesure de mettre œuvre ses propres connaissances sur les théories de l'apprentissage.**[145]

❖ **Emission d'hypothèses**

Cette étape de la démarche d'investigation s'est déroulée conformément à la préparation de l'enseignante.

[145] Notons que l'enseignante formule la question à traiter en commençant par pourquoi ce qui rappelle les questions de type empirique. Or, le passage de l'empirisme au positivisme est marqué par l'abandon de la recherche des causes premières au profit de la recherche des causes des phénomènes. Dans ce dernier cas, nous pouvons imaginé une question de type « comment expliquer les phases de la Lune ? ». Nous avons choisi de ne pas interpréter cette formulation car l'utilisation de « pourquoi » marque dans le langage courant la recherche d'une explication.

❖ **Les investigations successives**

Initialement, l'enseignante a prévu la validation des hypothèses soit par une recherche documentaire soit par une modélisation.

✓ Constat 1 :

Dans le jeu S2J1, un groupe d'élèves affirme avoir invalidé par l'observation l'hypothèse selon laquelle l'origine des phases de la Lune est liée à la présence de nuages. En effet, les élèves ont observé une forme de la Lune différente de la pleine Lune sans la présence de nuages. L'enseignante souhaite alors que ces élèves invalident leur hypothèse par une modélisation.

PA *: oui donc hier il n'y avait pas de nuages et pourtant la Lune était entière hein pas entièrement ronde mais tu m'as dit je vais quand même essayer de prouver que c'est pas les nuages. On va quand même retenir l'hypothèse mais on va essayer de montrer que c'est pas les nuages, hein*.

✓ Interprétation 1 :

Même si les instructions officielles stipulent que l'observation directe est un moyen possible pour valider des hypothèses, l'enseignante ne le retient pas comme un moyen légitime. **Globalement lors de la préparation de la séquence ce sont les instructions officielles qui ont guidé le choix de l'enseignante mais face à un jeu d'apprentissage non prévu (puisque initié par les élèves) ce sont les représentations de l'enseignante qui guident les tâches prescrites aux élèves. Dans ce cas, les observations ne pouvant pas conduire à élaborer des théories, elle incite les élèves à recourir à une modélisation.**

✓ Constat 2 :

Dans le jeu S2J2, les élèves initient un nouveau jeu d'apprentissage dans lequel ils font part de leurs observations notamment sur la place de la Lune dans le ciel.

✓ Interprétation 2 :

Nous notons une similitude avec le jeu S1J2 : l'enseignante accepte l'initiative prise par les élèves sans pour autant exploiter ces prises de parole.
Là encore, **l'enseignante semble consciente de l'importance de prendre en compte les idées des élèves sans être en mesure de l'intégrer à la séance prévue.**

✓ Constat 3 :

Le jeu S2J6 correspond à l'investigation initialement prévue. Or, l'analyse macroscopique a montré que d'autres investigations (S3R et S4R) ont été nécessaires afin de parvenir à une structuration des connaissances en accord avec le savoir savant.
Pour comprendre l'échec de la première investigation dans l'élaboration des connaissances visées, nous avons analysé les jeux d'apprentissage de la deuxième séance ; Nous avons concentré notre attention sur la mise en relation des hypothèses de chaque groupe ayant eu recours à la modélisation avec le résultat de la mise en œuvre du modèle élaboré.

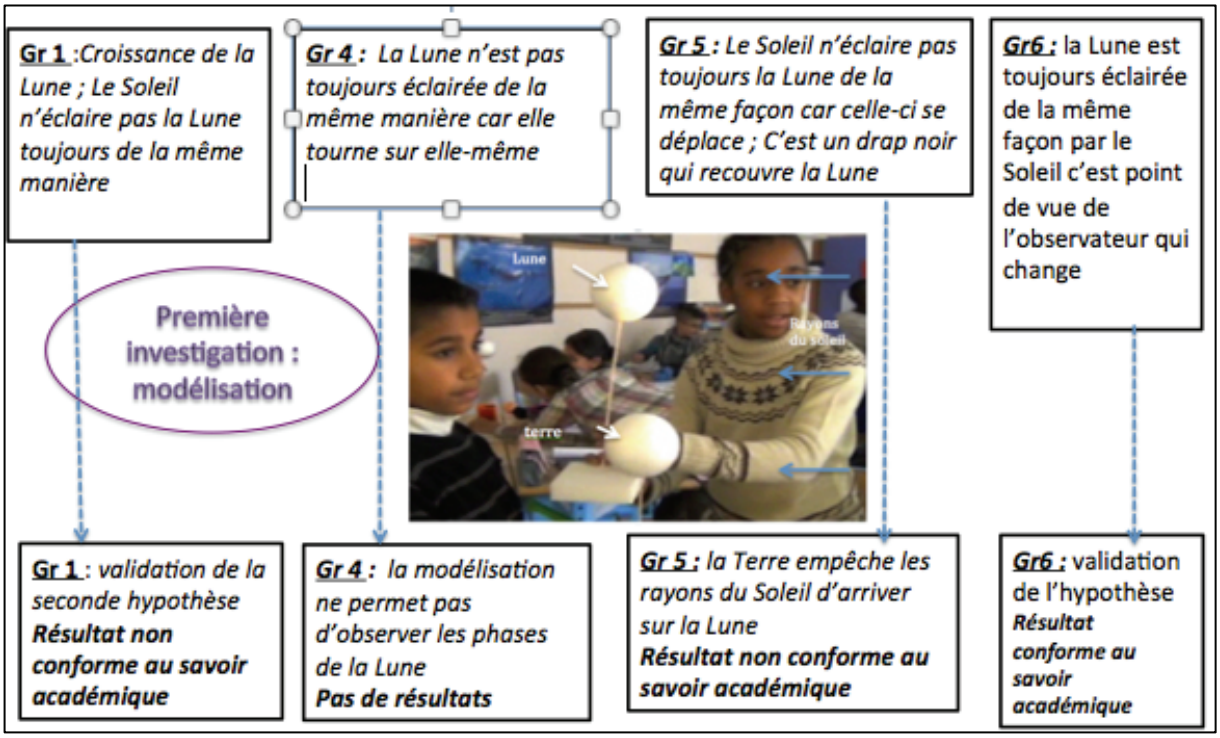


Figure 69 : Résultats de la première modélisation lors de la séquence menée par PA, les cadres du haut indiquent les hypothèses retenues par chacun des groupes, ceux du bas les résultats obtenus après la modélisation.

A l'issue de la phase de modélisation, seul le groupe d'élèves ayant formulé une hypothèse conforme au savoir scientifique est en mesure de fournir une explication correcte sur l'origine des phases de la Lune. En effet, hormis le groupe n'ayant pas réussi à observer les phases de la Lune, tous les autres valident des hypothèses scientifiquement erronées. Afin de mieux expliquer l'origine des erreurs d'interprétation du modèle mis en œuvre, nous avons mis en relation les hypothèses des élèves avec la carte heuristique présentée au chapitre 6:

Analyse des hypothèses des élèves[146] :

Explication animiste :

La Lune est vivante : les formes de la Lune sont vues comme des étapes de la vie de la Lune qui a la possibilité de renaître sans cesse. Chaque lunaison correspond à un cycle de vie. **[1]**

Explications mettant en relation des éléments théoriques issus de l'optique à propos des conditions de visibilité d'un objet :

- La nécessité d'une source de lumière est évoquée : le Soleil est une source primaire de lumière et la Lune est une source secondaire ; la Lune est visible car elle est éclairée par le Soleil. Le Soleil est bien identifié comme une source primaire mais le rôle de la Lune comme source secondaire n'est pas explicité même s'il est sous-entendu dans l'explication **[2], [4], [5], [6],[7],[8]**.

[146] Les chiffres entre crochet font référence aux hypothèses formulées par les différents groupes d'élèves et dont l'intégralité figure en annexe n° 36.

- La notion de champ de vision est convoquée : on voit la partie de la Lune qui est devant nous. Pour voir un objet, il faut que de la lumière issue de cet objet parvienne jusque dans nos yeux, cette notion est implicite dans les explications suivantes :

pour être visible un objet doit être dans notre champ de vision (*E : parce que la face cachée change de place ; P : parce que la face cachée change de place … ça veut dire quoi la face cachée change de place ; E : euh ; P : comment elle fait pour changer de place la face cachée ? ; E : la Lune elle tourne ; P : la Lune tourne oui donc la face cachée qui peut être derrière passe devant nous tu veux dire, d'accord ? E : oui*) **[5],** la Lune tourne sur elle-même et elle n'est pas toujours entièrement dans notre champ de vision. La Lune tourne autour de la Terre, seule la partie en face d'un observateur terrestre pourra être vue par ce dernier **[8]**.

Pour voir un objet, il ne doit pas y avoir d'objet opaque entre lui et nos yeux : les nuages **[3]** et le voile noir et la Terre cache une partie de la Lune **[7]**.

Dans la même catégorie, la lune porte l'ombre d'un autre objet. Dans la proposition **[6],** l'ombre de la Lune évolue car la Terre tourne autour du Soleil.

Explications mettant en relation des éléments théoriques issus de l'optique et de la mécanique :

- Le Soleil est bien identifié comme source primaire de lumière. La Lune en tant que source secondaire n'est explicitée mais semble sous-entendue (comme explication **[2]).** L'évolution de la forme de la Lune est attribuée au mouvement de la Lune autour de la Terre ; ce mouvement implique que la Lune n'est pas toujours éclairée de la même façon. **[4]**
- Le Soleil est bien identifié comme source primaire de lumière. La Lune en tant que source secondaire n'est pas explicitée mais semble sous-entendue (comme explication **[2]).** L'évolution de la forme de la Lune est attribuée au mouvement de la Lune sur elle-même. Ce mouvement implique que la Lune n'est pas toujours éclairée de la même façon. **[5]**
- Le Soleil est bien identifié comme source primaire de lumière. La Lune en tant que source secondaire n'est pas explicitée mais semble sous-entendue (comme explication **[2]).** L'évolution de la forme de la Lune est attribuée à l'évolution de l'ombre de la Terre sur la Lune car la Terre tourne autour du Soleil **[6]**
- Le Soleil est bien identifié comme source primaire de lumière, la Lune en tant que source secondaire n'est pas explicitée mais semble sous-entendue (comme explication **[2]).** La Lune est toujours éclairée de la même manière par le Soleil c'est le point de vue de l'observateur qui change car la Lune tourne autour de la Terre **[8]**

✓ Interprétation 3 :

La comparaison des productions des élèves à la carte heuristique révèle que l'origine des erreurs est liée à une méconnaissance ou absence de connaissance de notions théoriques relevant de l'optique géométrique et/ou de la mécanique : le mouvement de la Lune autour de la Terre est mal connu, l'inclinaison du plan de rotation de la Lune autour de la Terre par rapport au plan de l'écliptique n'est pas connue, les temps de rotation de la Lune autour de la Terre et de révolution de la Terre autour du Soleil ne sont pas pris en considération.

Ces lacunes conceptuelles empêchent la progression du savoir dans la classe.

De plus, dans ce jeu, alors que les hypothèses émises par les groupes d'élèves sont différentes, tous réalisent la même modélisation ce qui interroge sur le raisonnement hypothético-déductif

réellement convoqué. En effet, les résultats de la modélisation permettent-ils de valider les hypothèses émises ?
Lors du jeu S1J3, les élèves ont mobilisé l'ensemble des étapes de la démarche proposée par l'enseignante (identification du problème, émission d'hypothèses, protocole d'expérimentation.....). Ainsi, la mise en œuvre des étapes de la démarche n'est pas une condition suffisante à la mise en place d'un raisonnement cohérent et donc à l'élaboration de connaissances en adéquation avec le savoir académique.
Les instructions officielles guident prioritairement les choix de l'enseignante concernant l'enchaînement des étapes. Mais face à l'échec des investigations réalisées par les élèves, l'enseignante incite à la mise en place d'autres investigations.

✓ Constat 4 :

La première investigation (S3J5) n'ayant pas permis de construire le savoir visé, l'enseignante propose une nouvelle investigation dont la forme imposée est l'étude d'un corpus de document qu'elle fournit.

Les cinq documents mis à disposition figurent en annexe.[147]

Commentaires des documents mis à la disposition des élèves :

Pour chaque document, les informations en lien avec la Lune ou avec le modèle à mettre en œuvre pour comprendre l'origine des phases de la Lune sont référencées ci-dessous. Lorsque cela s'est avéré pertinent, nous avons commenté ces informations en gras dans la suite du texte.

Document 1 :
La Lune est le satellite naturel de la Terre. Elle brille car elle est éclairée par le Soleil et diffuse la lumière qu'elle reçoit.

Document 2 :
La Lune est visible car elle est éclairée par le Soleil. La Lune est sphérique.
Suivant où on se place pour regarder une balle de ping-pong éclairée par une lampe on ne voit pas la même partie éclairée. Le lien entre le modèle de la balle de ping-pong et la Lune n'est pas explicité.

Document 3 :
La Lune se lève à l'ouest. (**Information erronée ne correspondant pas au phénomène réel observé**)
La Lune est toujours éclairée de la même manière (une moitié éclairée par le Soleil)
C'est notre point de vue qui change.
(Pas d'explication pour la pleine Lune et le plan de rotation de la Lune autour de la Terre)

Document 4 :
« Comme la Lune tourne autour de la Terre, la lumière du Soleil lui parvient sous des angles différents qui se répètent à chaque cycle » **(formulation scientifique erronée)** mais la suite de l'explication sur la façon dont la face visible est éclairée est correcte. **(L'ambiguïté reste présente : on ne comprend pas dans le document qu'une moitié de la Lune est en permanence éclairée.)**
Le phénomène des marées est expliqué uniquement par l'attraction lunaire : l'une des deux marées hautes présente dans un jour est ainsi expliquée. **(L'explication est incomplète.)**

Document 5 :
Pas d'explication sur les changements de formes de la Lune.

[147] Voir annexe n°38.

Poème signalant les changements de forme de la Lune mais aussi les croyances des hommes**. (Ce document n'a pas le même statut que les précédents)**

Dans ces documents, des éléments relevant du monde des théories manquent pour pouvoir expliquer l'origine des différents de phases de la Lune, notamment l'inclinaison du plan de révolution de la Lune autour de la Terre par rapport au plan de l'écliptique.

✓ Interprétation 4 :

Le statut des informations dans les documents n'est pas donné aux élèves : l'enseignante semble ainsi considérer les cinq documents comme équivalents.

> *PA : je vais vous donner des documents que vous allez lire attentivement d'accord et vous allez retenir les éléments les plus importants d'accord qui sont sur ces documents là et vous allez me dire ce que vous avez compris au travers de ces documents, d'accord. Alors je vous distribue les documents qui expliquent pourquoi la Lune change de formes ?*
>
> **Extrait du questionnaire :**
> *Dès lors qu'une théorie scientifique est validée par des arguments rationnels, elle ne peut être remise en cause même si les contextes sociaux et politiques évoluent (tout à fait d'accord)*
> *L'autorité de la science est indiscutable (tout à fait d'accord)*

L'enseignante considère que les informations fournies dans les documents sont scientifiques et, à ce titre, elle ne discute pas de leur pertinence. Pourtant, certains éléments ne sont pas mentionnés, comme le plan de rotation de la Lune autour de la Terre incliné par rapport au plan de l'écliptique. Ces lacunes empêchent la compréhension des phases de la Lune.

❖ Vers la Structuration des connaissances

✓ Constat :

Afin de structurer les connaissances visées, l'enseignante a prévu d'illustrer ses explications par une modélisation.
Dans la séance implémentée (séance 4R), elle prend appui sur la modélisation attendue et proposée par le groupe 5 lors de la séance précédente. Pour cela, elle demande aux élèves, d'abord par groupes, de reproduire la modélisation du groupe 5 **(S4J6)** avant de l'effectuer en classe entière **(S4J8)** pour proposer une interprétation commune (**S4J9).** Les élèves doivent alors lister le matériel nécessaire **(S4J3),** puis réfléchir aux éléments théoriques indispensables à la modélisation **(S4J4)** et aux approximations nécessaires pour faire fonctionner le modèle **(S4J7)**

✓ Interprétation :

Ce changement dans le partage des responsabilités *vis-à-vis* du savoir va permettre une reprise de l'avancée du savoir. En effet, lors de la séance 4, l'enseignante définit les éléments théoriques manquants et indique les approximations nécessaires au fonctionnement du modèle. Elle organise alors une modélisation par groupes puis une modélisation commune qu'elle utilise pour construire un modèle explicatif de l'origine des phases de la Lune.

Dans sa préparation, l'enseignante prévoit un déroulement de la séquence conforme à la démarche d'investigation préconisée par les programmes. Lors de l'implémentation, toutes les étapes de cette démarche sont présentes mais leur enchaînement n'est pas celui prévu initialement. **La démarche de type empirique initialement prévue n'a pas permis la construction des connaissances visées : à partir des phénomènes observés, les élèves n'ont pas été en mesure d'établir une explication compatible avec le savoir académique. Des lacunes théoriques ont conduit les élèves à produire des modèles explicatifs erronés et les ont empêchés de vérifier objectivement la validité de leurs hypothèses.**
Les savoirs visés sont construits ultérieurement par une démarche de type rationaliste ayant recours à un raisonnement déductif. Une fois en possession de tous les éléments théoriques nécessaires, les élèves ont été en mesure d'élaborer un modèle conforme à ces éléments et de le mettre en œuvre. C'est seulement alors que les phases de la Lune ont été expliquées.
L'organisation de la classe au moment de la construction des savoirs est en accord avec les représentations de l'enseignante *vis-à-vis* des sciences. Nous reprenons ci-dessous ses représentations que nous mettons en relations avec ses actions en classe. Elle pense que le scientifique doit naviguer entre théorie et expérience, ce qu'elle a imposé aux élèves lors des jeux 4 et 6 de la séance 4. De plus, elle déclare qu'une théorie n'est pas applicable à tous les phénomènes du réel car elle s'appuie sur des hypothèses et des approximations. L'enseignante discute les approximations nécessaires à appliquer au modèle pour expliquer les phases de la Lune lors du jeu 7 de la séance 4. De plus, elle est convaincue qu'une connaissance scientifique n'est pas le résultat d'une activité isolée de recherche mais d'un consensus collectif. L'analyse des jeux d'apprentissage indique que l'ensemble de la classe met en œuvre le modèle dans le jeu 8 de la séance 4.
Globalement, lors de cette séance 4, les choix de l'enseignante sont conformes à sa représentation des sciences mais ne le sont plus *vis-à-vis* des instructions officielles. En revanche, il y a des points communs avec les représentions de l'enseignante *vis-à-vis* de l'apprentissage des sciences : par exemple, elle affirme qu'une séance de sciences doit absolument aboutir à la construction de savoirs.

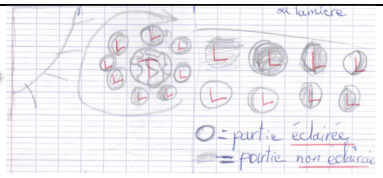
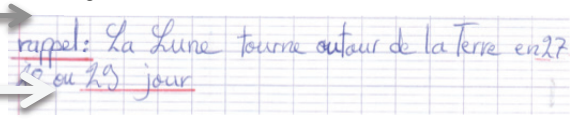
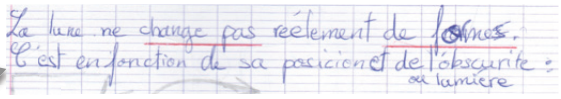
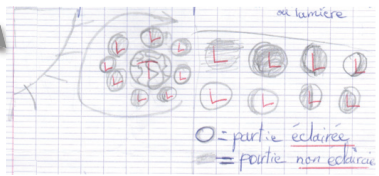
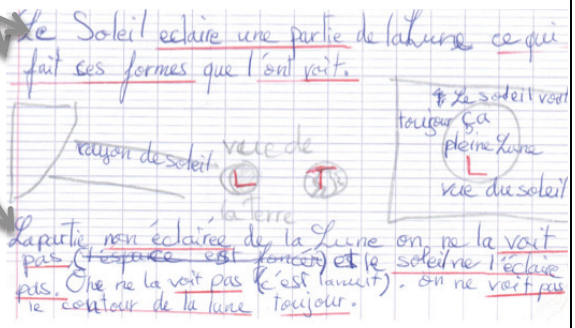
❖ Elaboration de la trace écrite [148]

✓ Constat :

Le tableau 18 compare les éléments présents dans la trace écrite élaborée à l'issue de l'ensemble de la séquence avec les objectifs de connaissances visées[149] mais aussi avec les connaissances que l'analyse *a priori* des savoirs a révélé comme indispensables.

[148] Une photo d'un cahier d'élève est disponible en annexe n°63.
[149] En adéquation avec les instructions officielles : connaître les différentes phases de la Lune, savoir que ces phases se reproduisent toujours dans le même ordre et la même durée ; savoir que les phases de la Lune s'expliquent par la révolution de la Lune autour de la Terre ; comprendre les phases de la Lune par une modélisation.

Tableau 18 : Comparaison de la trace écrite avec les connaissances visées.

Connaissances visées Les instructions officielles	**Traces écrites**
Connaître les différentes phases de la Lune Niveau de formulation possible : - Connaître le vocabulaire suivant : nouvelle Lune, premier croissant, premier quartier, lune gibbeuse croissante, pleine Lune, lune gibbeuse décroissante, dernier quartier, dernier croissant	N'apparaît pas dans la trace écrite
- Etre capable d'associer les différents noms à une forme précise	N'apparaît pas dans la trace écrite
Savoir que ces phases se reproduisent toujours dans le même ordre	 L'enchaînement des phases de la Lune est sous-entendu sur le schéma mais des erreurs demeurent. Cette connaissance est partiellement évoqué
Savoir que ces phases ont la même durée Ce qui implique : - la durée d'une lunaison est d'environ 1 mois	la Lune tourne autour de la Terre est donnée, la durée d'une lunaison également
Savoir que les phases de la Lune s'expliquent par la révolution de la Lune autour de la Terre. Les éléments théoriques nécessaires : - - Orbite elliptique de la Lune autour de la Terre	
Comprendre les phases de la Lune par une modélisation. Ce qui implique : - Il y a toujours la moitié de la sphère lunaire éclairée par le Soleil - Seule la partie éclairée par le Soleil et se trouvant face à la Terre est visible de la Terre Les éléments théoriques issus de l'optique nécessaires : - Une ombre est une région de l'espace qui ne reçoit pas de lumière - La Lune diffuse la lumière émise par le Soleil - Un observateur voit un objet s'il reçoit de la lumière issue de cet objet Les éléments théoriques issus de la mécanique nécessaires : - Angle de 5°environ entre le plan de rotation de la Lune et le plan de l'écliptique - Révolution de la terre en environ 365j - Révolution de la Lune en environ 1 mois	  On ne comprend pas que la Lune est toujours éclairée de la même manière  Aucun élément théorique issu de la mécanique n'apparaît dans la trace écrite

Légende :

Les flèches noires indiquent l'absence des connaissances visées dans la trace écrite.

Les flèches gris foncé indiquent que les connaissances visées figurent dans la trace écrite soit de façon partielle, soit de façon ambiguë ou erronée.

Les flèches gris clair indiquent que les connaissances visées sont explicites et correctes dans la trace écrite.

Le Tableau 18 montre que les connaissances visées par l'enseignante ainsi que celles nécessaires pour les atteindre n'apparaissent pas systématiquement dans la trace écrite :

- **Savoir que les phases de la Lune se reproduisent toujours dans le même ordre** : sur le schéma présente 8 formes (la nouvelle Lune puis le dernier croissant, le dernier quartier, la Lune gibbeuse décroissante, la pleine Lune, la Lune gibbeuse croissante, le premier quartier et le premier croissant) mais aucune indication explicite n'est donnée sur la succession régulière et cyclique de ces différentes phases. De plus, l'enchaînement des phases de la Lune n'est pas correct.
- **Savoir que les phases de la Lune ont la même durée :** la durée d'une lunaison est donnée mais la durée entre les phases principales n'est pas explicitée.
- **Comprendre les phases de la Lune par une modélisation.**
    - **Il y a toujours la moitié de la sphère lunaire éclairée par le Soleil** : il est noté que la Lune ne change pas réellement de forme et qu'elle est éclairée par le Soleil mais il n'est pas énoncé qu'une moitié de Lune est toujours éclairée. Le dessin représentant le système Soleil-Terre-Lune pour différentes positions de la Lune est erroné.
    - **Seule la partie éclairée par le Soleil et se trouvant face à la Terre est visible de la Terre** : la trace écrite fait apparaître que le Soleil éclaire la Lune mais il n'est pas explicité que seule la partie éclairée face à un observateur **peut être vue par ce dernier.**

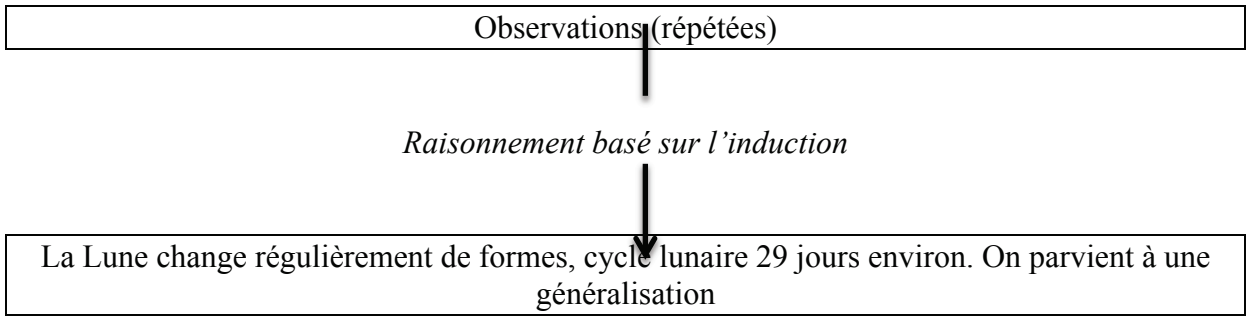
Les éléments théoriques issus de l'optique nécessaires :

- **Une ombre est une région de l'espace qui ne reçoit pas de lumière** : élément non évoqué dans la trace écrite.
- **La Lune diffuse la lumière émise par le Soleil** : « le Soleil éclaire la Lune » est donné dans la trace écrite mais la notion de source secondaire de lumière n'est explicitée.
- **Un observateur voit un objet s'il reçoit de la lumière issue de cet objet** : il est noté que la partie non éclairée ne se voit pas.

Les éléments théoriques issus de la mécanique nécessaires : aucun de ces éléments n'est évoqué

✓ Interprétation

- Le premier point du programme est en relation avec des connaissances appartenant au monde des objets et événements. La construction de la séquence imaginée par l'enseignante peut laisser penser que ces connaissances seront construites à la suite des observations des élèves.



Or, l'analyse montre que ces connaissances ne sont construites que partiellement.
Par exemple :

- S1J1 : la Lune apparaît sous différentes formes ; les phases de la Lune sont citées mais partiellement. L'idée de l'évolution de la forme de la Lune au cours du temps est donnée mais l'ordre des phases de la Lune ne l'est pas, l'aspect cyclique non plus. La durée de chacune des phases n'est pas évoquée.
- S1J2 : pas de nouvelles phases évoquées, pas d'indication sur l'existence d'un cycle. Le fait que la Lune soit visible le jour est affirmé.

▪ Les deux derniers points du programme sont en relation avec des connaissances appartenant au monde des théories: « *Comprendre les phases de la Lune en ayant recours à une modélisation.* »
Dans ce cas, le type de modèle mis en œuvre est descriptif et a pour fonction l'explication d'un phénomène. Expliquer le phénomène revient à mettre en relation les éléments issus du monde des objets et des évènements (les phases de la Lune) avec des éléments issus du monde des théories. (Modèles M1 et M2)

Dans la séance 2, jeu 5 :
PA : donc vous allez vous mettre d'accord sur le procédé que vous allez suivre pour travailler votre hypothèse d'accord comment vous allez faire pour prouver que vous avez que vous avez raison ou prouver que l'hypothèse que vous avez dans votre groupe et bien elle n'est pas juste mais vous la remplacerez par quelque chose d'autre que vous avez prouvée.

Globalement, l'enseignante incite les élèves à mener un raisonnement hypothético-déductif en lien avec la démarche préconisée par les programmes. Cependant, l'analyse de la séance implémentée laisse penser qu'elle ne considère pas la phase d'émission des hypothèses comme indispensable à la compréhension du phénomène : elle sous-entend que faire fonctionner le modèle doit permettre de produire de nouvelles explications. Cela sous-entend que la modélisation est génératrice de nouvelles connaissances. Or, les lacunes constatées du point de vue du monde des théories empêchent une modélisation efficace. L'enseignante a une idée incomplète du rôle de la modélisation.

1.4 Synthèse : les déterminants de l'action enseignante de PA

Notre analyse met en évidence que le premier organisateur de l'action du professeur est lié à son action adressée : les instructions officielles la guident dans ses choix didactiques lors de la préparation et des premières séances. Le cadre des instructions officielles apparaît comme une structure obligatoire mais les étapes sont en réalité une structure de surface, la logique de la démarche d'investigation, fondée sur un raisonnement hypothético-déductif n'étant pas respectée. En effet, face au manque d'efficacité de la « méthode choisie », au blocage dans l'avancée des savoirs dans la classe ou encore face à une action non planifiée, l'enseignante réagit et trouve des solutions dont les soubassements sont d'ordre épistémologique. Le guide effectif de la pratique relève donc de l'épistémologie pratique, en l'occurrence des représentations de l'enseignante vis-à-vis des sciences. Les déterminants de l'action didactique du professeur ne sont donc pas identiques d'un moment à l'autre. Ils peuvent dépendre de "l'efficacité" de ceux qui ont été mobilisés précédemment et ainsi contribuer à l'avancée des savoirs dans la classe. D'autres fois, les représentations de l'enseignante déterminent la mise en place de stratégies qui peuvent s'avérer inefficaces vis-vis des objectifs de connaissances visées.
Certains déterminants sont mobilisés prioritairement à d'autres : l'action adressée du professeur a d'abord guidé ses choix puis ce sont des éléments appartenant à son épistémologie pratique qui ont été convoqués. (Boivin-Delpieu et al. 2014)

2 Séquence menée par l'enseignant PB sur les phases de la Lune.

2.1 Présentation des séquences prévue et mise en œuvre par l'enseignant PB

2.1.1 Présentation de la séquence initialement prévue par l'enseignant PB sur les phases de la Lune

2.1.1.1 Les objectifs visés

Objectifs visés par l'enseignant	**Objectifs visés par les programmes**[150]
- *Mobiliser ses connaissances sur lumières et ombres pour comprendre et expliquer les phases de la lune.* - Connaître les différentes phases de la Lune, savoir que ces phases se reproduisent toujours dans le même ordre et la même durée. - Savoir que les phases de la Lune s'expliquent par la révolution de la Lune autour de la Terre. - Comprendre les phases de la Lune par une modélisation Vocabulaire : nouvelle lune, pleine lune, premier / dernier quartier.	Le mouvement de la Lune autour de la Terre - Connaître les différentes phases de la Lune, savoir que ces phases se reproduisent toujours dans le même ordre et la même durée. - Savoir que les phases de la Lune s'expliquent par la révolution de la Lune autour de la Terre. - Comprendre les phases de la Lune par une modélisation. Vocabulaire : nouvelle lune, pleine lune, premier / dernier quartier

[150] D'après le bulletin officiel n°1 du 5 janvier 2012 disponible en annexe n°2.

Les objectifs notionnels visés par l'enseignant PB sont conformes aux instructions officielles.[151]

Les fiches de préparation précisent les objectifs plus généraux de cette séquence :

> L'objectif est d'amener les élèves à comprendre que les phases de la Lune sont dues à la perspective sous laquelle on peut voir la partie éclairée depuis la Terre mais que la Lune a bien une forme sphérique même si on ne le voit pas depuis la Terre.
> Améliorer et étayer le vocabulaire des élèves.
> Appréhender la diversité et l'unité du monde vivant à travers quelques-unes de leurs manifestations.
> Commencer à former un esprit scientifique :
> - Mettre en pratique une démarche expérimentale (observation, recherche documentaire, mise en place de l'expérience, objectivation…) ;
> - Communiquer, organiser, trier, structurer des résultats.
> S'approprier une démarche d'investigation pour répondre à des questions que les élèves se posent

Les prérequis, indiqués par PB considèrent, en autres, l'importance du point de vue de l'observateur :

- **En lien avec la thématique « Lumières et ombres »** : Savoir expliquer la variation de la forme de l'ombre d'un objet en fonction de la distance source lumineuse / objet et de la position de la source lumineuse et connaître les conditions d'obtention d'une ombre ;
- **Vocabulaire** : lumière, ombre, écran, source lumineuse.

2.1.1.2 Le déroulement prévu de la séquence

En amont de la séquence, l'enseignant a planifié trois séances pour inciter les élèves à s'interroger sur l'origine des phases de la Lune puis confronter les explications envisagées. - Afin d'ajuster sa préparation au travail effectivement produit dans la classe, il a prévu d'élaborer les séances suivantes après ce premier temps.
Nous présentons ci-dessous les trois séances anticipées ainsi que les deux séances suivantes, conçues respectivement à l'issue de la séance 3 et de la séance 4.

- **La première séance** doit présenter aux élèves le contexte de la guerre froide au cours duquel « la conquête » de l'espace a été initiée. Puis, l'enseignant prévoit de recueillir les « conceptions » des élèves sur la forme de la Lune telle qu'elle est visible depuis l'espace. Il planifie ensuite de faire émerger les « *premières propositions et questionnement pour expliquer les différentes formes de la Lune* ».
- **Lors de la deuxième séance** les diverses conceptions recueillies seront discutées après un rappel sur le système solaire. D'autres conceptions sur les ombres pourront alors émerger de la discussion. Enfin, un document audio expliquant la formation de la Lune sera diffusé.
- Le contenu de **la troisième séance** a été affiné à l'issue de la deuxième séance. Le bilan des conceptions (recueillies lors des séances 1 et 2) sur la forme de la Lune pour un observateur terrestre et pour un astronaute, est programmé. L'enseignant a ensuite envisagé le recours à une modélisation pour invalider l'hypothèse selon laquelle la présence de nuages est à l'origine des phases de la Lune. Cette hypothèse ayant été émise par les élèves, il complète le scénario initial par une réflexion autour du calendrier lunaire avant le recours à la modélisation. Pour invalider l'hypothèse des nuages, il prévoit de

[151] Les fiches de préparation correspondant à la séquence menée par PB figurent en annexes n°41 et 42.

comparer la durée d'une lunaison, extraite du calendrier, avec les prévisions météorologiques.. Enfin, il planifie un nouveau problème à poser aux élèves : « *Certains d'entre vous ont dit que de temps en temps, on ne voit pas la Lune. Est-ce que Neil Armstrong aurait quand même pu aller sur la Lune s'il était parti un jour comme ça ?* ». A la suite, l'enseignant propose une modélisation avec une balle en polystyrène et une lampe pour montrer que seule la moitié de la balle est éclairée par la lampe. La trace écrite prévue à l'issue de cette séance est la suivante :

En regardant un calendrier lunaire, on se rend compte que l'on peut prédire la forme de la Lune très longtemps à l'avance alors qu'il n'est pas possible de prévoir la présence des nuages si longtemps à l'avance. De plus, les nuages ne permettent pas toujours d'avoir la forme d'un croissant ou d'un quartier. Ce n'est donc pas à cause des nuages que l'on voit la Lune de différentes formes.

- Lors de **la quatrième séance**, après un rappel des séances précédentes, l'enseignant PB prévoit une nouvelle question : « *Certains d'entre vous ont dit que de temps en temps, on ne voit pas la Lune. Est-ce que Neil Armstrong aurait quand même pu aller sur la Lune s'il était parti un jour comme ça ?* ». Afin de montrer que seule la moitié de la balle est éclairée par la lampe, une modélisation commune est envisagée avec une balle en polystyrène et une lampe. Il planifie ensuite une modélisation du système Soleil-Terre-Lune par petits groupes. Aucune trace écrite n'est alors prévue.
- La **cinquième séance** rappelle les résultats de la modélisation du système Soleil-Terre-Lune effectuée lors la séance précédente ce qui permettra de discuter des schémas réalisés à cette occasion. Un premier document sera alors distribué pour montrer qu'une moitié de la Lune est toujours éclairée par le Soleil. A sa suite une première trace écrite est élaborée :

La Lune est une boule rocheuse. Elle ne produit donc pas de lumière. On peut la voir car elle est éclairée par le Soleil. Le Soleil éclaire toujours la moitié de la Lune.

Dans cette séance et afin de structurer les connaissances issues de la modélisation, l'enseignant prévoit une phase de travail avec le logiciel de simulation « Optikos » pour mettre en relation la position de la Lune dans le système Soleil-Terre-lune avec la forme visible depuis la Terre. Une seconde trace écrite est alors envisagée :

En fonction de sa position autour de la Terre, on ne voit pas toute la partie éclairée. C'est pour cela que l'on voit la Lune de différentes formes.

En guise de conclusion, l'enseignant envisage un retour sur la situation déclenchante à savoir ce que voit Neil Armstrong en arrivant sur la Lune.

2.1.2 Présentation globale de la séquence réellement mise en œuvre en classe par l'enseignant PB sur les phases de la Lune

2.1.2.1 Vue synoptique

La séquence réellement mise en œuvre dans la classe s'est déroulée sur 5 séances. La figure 70 en propose une vue synoptique.

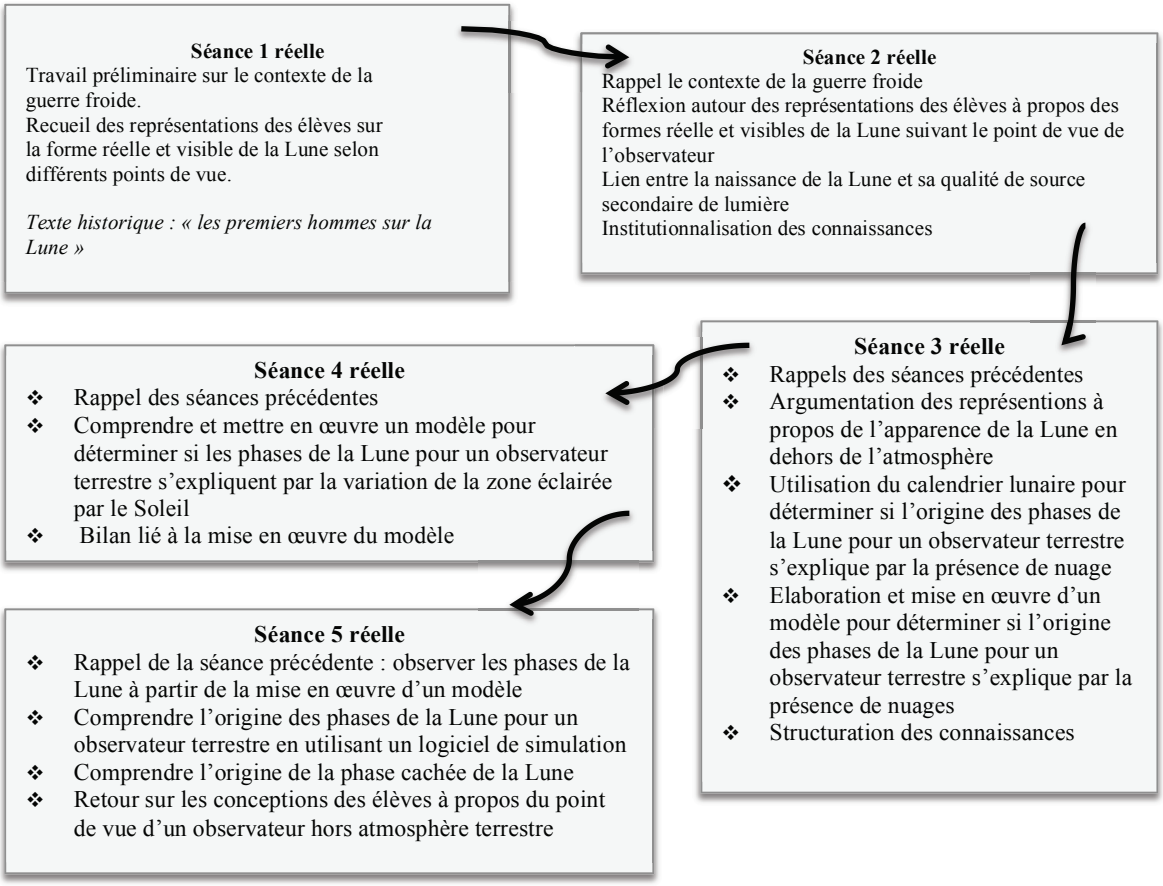


Figure 70 : Vue synoptique de la séquence mise en œuvre par PB.

2.1.2.2 Comparaison sommaire des séquences prévue et réalisée

La fin de la séquence a été conçue sur la base des séances effectivement réalisées. Par conséquent, le nombre de séances prévues et implémentées coïncide. Quelques changements ont été toutefois relevés :

- Des éléments ont été décalés :
  - Les premières propositions d'explication des phases de la Lune n'ont pas été recueillies en séance 1 mais lors de la séance 2 ;
  - La modélisation permettant de répondre à la question « *Que voit-on d'un objet sphérique éclairée par une seule source lumineuse ?* » n'a pas été réalisée avant la modélisation du système Soleil-Terre-Lune, comme initialement prévue, mais pendant son bilan.
- La forme de certaines questions a été modifiée : la question prévue « *Certains d'entre vous ont dit que de temps en temps, on ne voit pas la Lune. Est-ce que Neil Armstrong aurait quand même pu aller sur la Lune s'il était parti un jour comme ça* ? » n'a pas été posée. En revanche, les élèves ont dû représenter la Lune telle que Armstrong l'a vue lors de son alunissage, telle qu'elle est réellement dans l'espace et telle qu'un observateur terrestre peut la voir.

- Deux éléments non prévus ont été abordés : la face cachée de la Lune et le fait que la source de lumière dans l'espace est le Soleil.

L'organisation du travail de préparation choisie par l'enseignant minimise les écarts relevés entre les séquences prévue et implémentée.

2.2 Analyse chronologique de la séquence filmée

L'intégralité de l'analyse chronologique de la séquence menée par l'enseignante PB figure en annexes n°55 à 58.

2.3 Interprétation des résultats liés aux pratiques de classe de l'enseignante PB à partir de la séquence sur les phases de la Lune

2.3.1 D'un point de vue macroscopique : représentations de l'enseignant *vis-à-vis* de l'enseignement des sciences comme organisateur de la pratique.

Dans cette partie, nous comparons l'organisation macroscopique de la séquence avec les étapes de la démarche d'investigation préconisée par les instructions officielles. Le tableau 19 met en parallèle les éléments prévus par l'enseignant dans les fiches de préparation, les étapes de la démarche d'investigation préconisées par les programmes et les thèmes réellement abordés lors de la mise en œuvre de la séquence.

Séances	Séances planifiées	ETAPES de la démarche d'investigation prescrite	Découpage thématique des séances implémentées
Séance n°1	Comprendre dans quel contexte s'est faite la conquête de la Lune	MISE EN SITUATION : contexte de la guerre froide	Thème n°1 : Travail préliminaire sur le contexte de la guerre froide
	Recueillir les conceptions des élèves sur la forme de la Lune	**SITUATION DE DEPART : Recueil de conceptions sur la forme de la Lune : forme réelle, formes pour des observateurs terrestre et hors atmosphère**	**Thème n°2 : Recueil des représentations des élèves sur les formes réelles et visibles de la Lune selon différents points de vue**
	Faire émerger les premières propositions et questionnement pour expliquer les différentes formes de la Lune.	*QUESTION sur l'origine des phases de la Lune (prévue mais non réalisée)*	
		HYPOTHESES (phases de la Lune) (prévues mais non réalisées)	
Séance n°2		MISE EN SITUATION : contexte de la guerre froide	Thème n°1 : Rappel le contexte de la guerre froide
	Rappel sur ce qui a été vu sur le système solaire		
	Discussion autour des conceptions sur la forme de la Lune : mise en évidence des divergences, argumentation des choix	**Analyse du recueil de conceptions Argumentations des points de vue**	**Thème n°2 : Réflexion autour des représentations des élèves à propos des formes réelles et visibles de la Lune suivant le point de vue de l'observateur**
	Recueil des conceptions autour des idées d'ombre et de lumière		
	Ecoute d'une émission radiophonique pour répondre à la question de l'origine de la Lune.	*QUESTION* Quelle est l'origine de la Lune ?	Thème n°3 : Lien entre la naissance de la Lune et sa qualité de source secondaire de lumière
		INVESTIGATION : Réponse d'un expert	
		STRUCTURATION : la Lune est le seul satellite naturel de la terre ; elle ne produit pas de lumière mais renvoie la lumière du soleil	Thème n°4 : Institutionnalisation des connaissances
Séance n°3	Rappel sur les propriétés de l'astre lunaire		Thème 1 : Rappels des séances précédentes
	Rappel : conceptions des élèves		
	Nouvelle question : si Neil Armstrong était loin de la Lune est-ce qu'il pourrait la voir de différentes formes ?	**Retour sur les représentations des élèves à propos de l'apparence de la Lune en dehors de l'atmosphère. Argumentation des choix**	**Thème 2 : Argumentation des représentions à propos de l'apparence de la Lune en dehors de l'atmosphère**
	Utilisation du calendrier lunaire pour évaluer le degré de probabilité de l'hypothèse liée à la présence de nuages pour expliquer les différentes phases de la Lune Utilisation du calendrier lunaire pour trouver la durée d'une lunaison	**INVESTIGATION** : en lien avec l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre : les nuages sont-ils à l'origine des phases de la Lune - utilisation d'un calendrier lunaire - modélisation	Thème 3 : Utiliser le calendrier lunaire pour déterminer si l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre peut s'expliquer par la présence de nuages

	Vérification par toute la classe de l'hypothèse liée à la présence de nuages par une modélisation		Thème 4 : Elaboration et mise en œuvre d'un modèle pour déterminer si l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre peut s'expliquer par la présence de nuages
	Nouvelle question : « *Certains d'entre vous ont dit que de temps en temps, on ne voit pas la Lune. Est-ce que Neil Armstrong aurait quand même pu aller sur la Lune s'il était parti un jour comme ça ? »*	*QUESTION : à propos de la forme réelle de la Lune ?* *(prévue mais non réalisée)*	
	Modélisation ombre/lumière	**INVESTIGATION** *(prévue mais non réalisée)*	
	Institutionnalisation : élaboration d'une trace écrite	**STRUCTURATION** : les nuages ne sont pas à l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre	Thème 5 : Structuration des connaissances
Séance n°4	Rappel : la Lune est le satellite naturel de la Terre. C'est une boule rocheuse qui ne produit pas de lumière		Thème 1 : Rappel des séances précédentes
	Rappel : les croissants de Lune ne sont pas dus aux nuages		
	Nouveau problème : « *Certains d'entre vous ont dit que de temps en temps, on ne voit pas la Lune. Est-ce que Neil Armstrong aurait quand même pu aller sur la Lune s'il était parti un jour comme ça ? »*	*QUESTION : à propos de la forme réelle de la Lune ?* *(prévue mais non réalisée)*	
	Modélisation par groupe du système Soleil-Terre-Lune pour comprendre l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre	**INVESTIGATION** : modélisation pour comprendre l'origine des phases de la Lune : validation de l'hypothèse selon laquelle les phases de la Lune s'expliquent par la variation de la zone éclairée par le Soleil	Thème n°2 : Comprendre et mettre en œuvre un modèle pour déterminer si les phases de la Lune pour un observateur terrestre s'expliquent par la variation de la zone éclairée par le Soleil
	Modélisation commune : « Que voit-on d'un objet sphérique éclairée par une seule source lumineuse ? »	**INVESTIGATION** : que voit-on d'un objet sphérique éclairé suivant le point de vue adopté ?	Thème n°3 : Bilan de la mise en œuvre du modèle
		STRUCTURATION	
Séance n°5	Rappel : modélisation système Soleil-Terre-Lune		Thème n°1 : rappel de la séance précédente : observer les phases de la Lune à partir de la mise en œuvre d'un modèle
	Simulation avec le logiciel Optikos	**INVESTIGATION** : comprendre l'origine des phases de la Lune en utilisant un logiciel de modélisation	Thème n°2 : Comprendre l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre en utilisant un logiciel de simulation
	Travail de mise en relation de la position de la Lune dans le système Soleil-Terre-Lune avec sa phase visible depuis la Terre		

	Elaboration de la trace écrite		
		Expliquer l'origine de la phase cachée de la Lune	Thème n°3: Comprendre l'origine de la face cachée de la Lune
		Retour sur les conceptions des élèves à propos du point de vue d'un observateur hors atmosphère terrestre	Thème n°4 : Retour sur les conceptions des élèves à propos du point de vue d'un observateur hors atmosphère terrestre

Tableau 19 : Comparaison de la séquence sur les phases de la Lune menée par l'enseignant PB avec les instructions officielles

Cette première analyse met en évidence que le découpage thématique ne donne pas systématiquement à voir les questions prévues dans les fiches de préparation. Nous expliquons ce constat lors de l'analyse mésoscopique de la séquence. Par ailleurs, le découpage thématique permet de reconnaître certaines des étapes prescrites de la démarche d'investigation telles que des situations d'entrée, des investigations ou encore des structurations. Afin de mieux comprendre la structure de la séquence, nous avons construit un récapitulatif des thèmes issus de notre analyse macroscopique, de manière à faire apparaître leurs articulations (Figure 71).

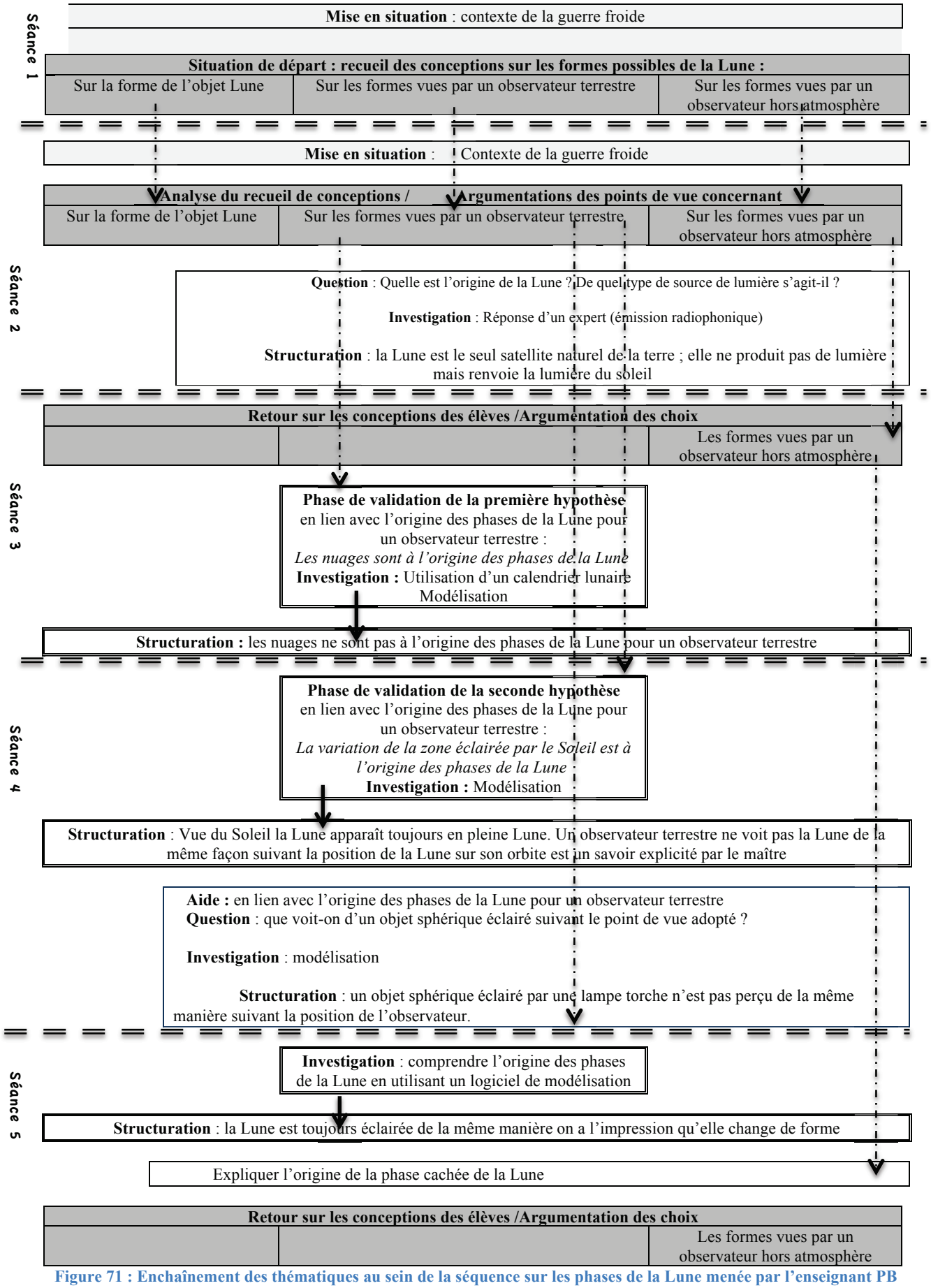


Figure 71 : Enchaînement des thématiques au sein de la séquence sur les phases de la Lune menée par l'enseignant PB

La Figure 71 révèle l'importance accordée au recueil des idées préalables des élèves au sein de la séquence. En effet, un travail en lien avec les représentations des élèves est organisé dans quatre séances sur les cinq implémentées : les représentations recueillies lors de la première séance sont exploitées dans toutes les autres séances, excepté celle consacrée à la seconde modélisation. Cette organisation rend compte des représentations de l'enseignant recueillis dans l'enquête[152] et lors des entretiens[153] à propos de la démarche d'enseignement à mettre en œuvre en sciences.
Le recueil des idées préalables des élèves porte sur trois objets distincts : la forme dite « réelle » de l'objet Lune c'est-à-dire la forme de l'astre lunaire indépendamment de la position de l'observateur, la forme de la Lune vue par un observateur situé hors atmosphère et la forme de la Lune pour un observateur situé sur Terre. Or, la Figure 71 montre que les investigations menées ne sont en relation qu'avec un seul de ces objets à savoir les formes de la Lune pour un observateur terrestre. Une autre investigation en lien avec l'origine de la formation de la Lune est également proposée mais ne s'inscrit pas dans la suite du recueil des idées préalables des élèves. Notons que cet élément ne fait pas partie des objectifs notionnels décrits dans les instructions officielles : PB prend la liberté de traiter des contenus hors programme.[154]
La mise en scène liée au contexte de la guerre froide et imaginée par l'enseignant apparaît comme étant le fil directeur de la séquence : la mission de Neil Armstrong va orienter la formulation de toutes les activités proposées aux élèves. L'enquête a révélé la propension de cet enseignant à proposer des séances avec une mise en scène originale. Une autre préoccupation lors l'élaboration des séquences de sciences est de susciter l'intérêt des élèves, avec notamment la mise en place d'expériences[155]. Ainsi, ses représentations *vis-à-vis* de l'enseignement des sciences influencent fortement la structuration de la séquence.

L'organisation des séances prévues et implémentées dépend de déterminants dont les soubassements sont liés aux représentations de l'enseignant sur l'enseignement des sciences (importance des idées préalables des élèves et mise en scène, notamment). L'action adressée n'apparaît pas comme étant organisatrice des séquences, les démarches et les contenus dans les instructions officielles n'étant pas totalement respectées.

[152] Dans l'enquête, PB répond recueillir les conceptions initiales des élèves à « *l'orale très souvent, parfois dessin, rarement texte* ».
[153] Lors de l'entretien du 14 mai 2014, PB déclare recueillir les conceptions : « *en général dans les guides du maître il y quand même les conceptions qui sont relevées dans la littérature* » ; « *alors peut-être ce que je je disais tu sais à l'IUFM on nous disait toujours de partir des des élèves » ; « un peu ouais parce que je me suis dit que ben du coup heu que j'allais faire émerger cette conception du nuage et j'ai réfléchi en amont pour essayer et ben qu'ils la mettent un peu de côté quoi* ».
[154] Lors du 26 janvier 2012, PB déclare « *en général le livre c'est pas mon point de départ j'ai mon propre point de départ et le livre va simplement me servir heu parce c'est un recueil de documents choisis par des professionnels donc on va pour la respiration on voit (...)* ».
[155] Lors de l'entretien du 14 mai 2014 ont lieu les échanges suivants : « *PB : et ben je pars souvent de c'est comme un peu les histoires avec les glaçons et tout ça j'aime bien avoir un truc un peu motivant un peu heu original quoi ; C2 : une situation une contextualisation c'est ça que tu ; C3 : une accroche ; PB : ouais un truc voilà un peu original* ».

2.3.2 D'un point de vue mésoscopique et microscopique : les représentations de l'enseignant *vis-à-vis* des sciences comme pilote implicite de la pratique

Dans le cas de l'enseignante PA, nous avons focalisé notre analyse sur l'origine des décalages constatés entre les séances prévues et celles implémentées. Ici, les séances implémentées étant quasiment conformes aux séances prévues, nous avons centré notre analyse sur l'articulation des jeux d'apprentissages à des moments stratégiques de la démarche d'investigation. Même si, comme l'analyse macroscopique le montre, l'organisation de la séquence ne suit pas les étapes de la démarche d'investigation prescrite, nous tentons de mettre à jour la logique de l'enchaînement des évènements de la séance liés aux investigations mises en œuvre.

2.3.2.1 Les questions adressées aux élèves

L'analyse des fiches de préparations réalisées par l'enseignant montre que l'objectif principal de la séquence est d'expliquer l'origine des phases de la Lune. Or, l'analyse macroscopique des séquences implémentées révèle la présence de plusieurs étapes dites d'investigation[156] ne semblant pas toutes concourir à ce même but. De plus, comme l'indique le découpage thématique de la séquence, ces étapes d'investigation ne sont pas systématiquement précédées par une étape distincte de problématisation : les étapes de problématisation et d'investigation sont confondues au sein d'un même thème. Aussi, nous rechercherons à travers l'analyse de l'articulation des jeux d'apprentissage comment les élèves sont amenés à s'investir dans ces investigations successives et comment le problème traité est introduit dans le milieu.

2.3.2.1.1 Articulation des jeux S1J1 et S2J2 : formes de la Lune indépendamment des conditions de visibilité

Nous montrons comment l'enseignant recueille et exploite les représentations des élèves à propos de la forme de l'astre lunaire indépendamment des conditions de visibilité. Nous présentons les contenus des jeux[157] puis l'interprétation qui en découle.

S1J1 : dessiner l'astre lunaire tel que « vous pensez qu'il est dans l'espace ».
S2J2 : représenter la forme de la Lune telle « qu'elle est dans l'espace » et justifier la représentation choisie.

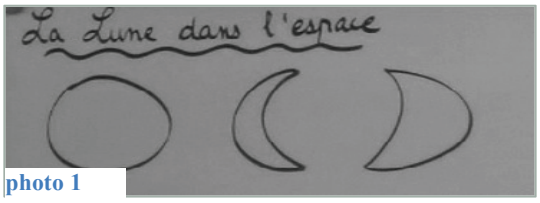


photo 1

Lors de la première séance (S1J1), l'enseignant PB demande aux élèves de dessiner la Lune telle « *qu'elle est dans l'espace* », une représentation de l'astre lunaire indépendamment des conditions de visibilité étant attendue.

[156] Dans les programmes de l'école primaire (B.O.E.N. juin 2008 et 2002), l'étape d'investigation doit permettre de valider des hypothèses selon différentes modalités telles que « *l'expérimentation directe (à privilégier chaque fois qu'elle est possible) conçue et réalisée par les élèves, la réalisation matérielle (recherche d'une solution technique), l'observation directe ou assistée par un instrument, avec ou sans mesure, la recherche sur des documents et l'enquête et visite* ».

[157] L'analyse chronologique des jeux S1J1 et S2J2 figure en annexes n°54 et 55.

Lors de la deuxième séance (S2J2), PB incite les élèves à argumenter leurs propositions parmi celles affichées au tableau (Photo 1).
La plupart des élèves donne des arguments en lien avec leur perception de la Lune en tant qu'observateur terrestre et non pas sur la forme de l'astre lunaire indépendamment des conditions de visibilité, comme le montrent ces exemples :

> *E : moi je dis que la Lune elle est en cercle comme dans l'espace puisque puisque quand par exemple on est sur on est dans une fusée heu on voit la Lune puisque et heu si on la suit elle sera toujours en cercle puisque c'est le Soleil heu des fois comme sur Terre ça ça fait ça cache heu des parties de la Lune*
> *E2 : moi je dis que la Lune aussi elle a la forme ronde elle a la forme ronde parce que ben quand on est dans l'espace ben on la voit ronde enfin (inaudible) et quand on est sur Terre ben quand c'est le soir ben on voit on voit pas que c'est rond on voit que c'est un c'est un comme un croissant mais c'est pas c'est que en fait heu comme le Soleil il tape sur une partie et comme il fait nuit ben nous on voit qu'une partie et heu moi une fois j'avais vu l'autre partie mais un tout noir noir noir c'était c'est pas*

A l'issu du jeu S2J2, l'enseignant fait un nouveau bilan des idées préalables des élèves sur « *sur la forme de la Lune dans l'espace* ». Les réponses des élèves ont évolué par rapport à la première séance et diffèrent de celles présentées sur l'affiche ce qui conduit l'enseignant à structurer le nouveau point de vue présent dans le milieu :

> *PB : d'accord bon j'ai l'impression que dans la classe tout le monde pense que la Lune est elle ronde d'accord*

L'enseignant s'appuie sur ce consensus pour interroger les élèves sur les raisons pour lesquelles depuis la Terre nous ne voyons pas toujours la Lune comme étant sphérique.

> *PB : qu'est-ce qui a changé dans la Lune c'est la Lune est-ce qu'elle a perdu est-ce qu'il y a de la roche qui est partie et qui est revenue comment ça se fait que toi la Lune que t'as vu tout d'un coup elle avait cette forme-là comment tu l'expliques toi Sofia...(*Sofia a évoqué auparavant le croissant de Lune visible depuis la Terre)

Puis, la question liée à l'origine des phases de la Lune est partiellement intégrée dans le milieu par l'enseignant qui interroge les élèves sur l'origine de la pleine Lune et du croissant de Lune. Les élèves proposent alors des explications :

> *Edem : parce que la Lune elle tourne aussi autour du Soleil après le Soleil des fois il éclaire et quand la Lune et le Soleil y se croisent et ben y a la Lune et ben elle est on la voit plus et c'est ...*

Ou encore :

> *Celia : je sais pas pourquoi et le matin le matin quand on l'a on l'a vue et ben elle était en croissant alors que alors que le soir elle était elle était en rond et le la nuit suivante et ben elle était en rond et je pense qu'elle est c'est parce que y a y a, y a une partie qui est cachée par le par la*
> *E : c'est la face cachée de la Lune*
> *Celia : par l'esp par la*
> *E : par le Soleil*

Interprétation :

L'analyse de l'articulation des jeux S1J1 et S2J2, initialement programmés par l'enseignant pour évoquer la forme de l'astre lunaire indépendamment des conditions de visibilité, montre une évolution non anticipée des éléments initialement introduits dans le milieu. En effet, les transactions didactiques menées vont permettre aux élèves de passer des idées préalables sur l'objet « astre lunaire » à l'élaboration d'hypothèses sur l'origine des phases de la Lune sans que le problème de l'origine des phases de la Lune ne soit clairement et entièrement explicité dans le milieu.

2.3.2.1.2 Articulation des jeux S1J2 et S2J3, S2J4 : formes de la Lune pour des observateurs situés dans l'espace et sur Terre

Nous montrons comment l'enseignant recueille et exploite les représentations des élèves à propos des formes de la Lune visibles pour des observateurs situés sur terre et dans l'espace.
Comme précédemment, nous présentons le contenu des jeux nous ayant permis une interprétation.

S1J2 : dessiner la Lune pour des observateurs situés sur Terre et dans l'espace.
S2J3 : discuter les propositions des élèves sur les formes possibles de la Lune vue par un observateur dans l'espace s'approchant de la Lune.
S2J4 : discuter les propositions des élèves sur les formes possibles de la Lune vue par un observateur terrestre.

Lors de la séance 1 (S1J2), l'enseignant PB a demandé aux élèves de dessiner la Lune telle que Neil Armstrong a pu la voir avant d'alunir et telle qu'un observateur terrestre pouvait la voir au moment où Neil Armstrong a marché sur la Lune. A ce moment-là, l'enseignant n'interroge pas les positions relatives du système Soleil-Lune-observateur.

Lors de la deuxième séance, un premier temps (S2J3) est consacré aux bilans des propositions des élèves sur la forme de la Lune vue par Neil Armstrong depuis sa fusée (photo 2). La discussion menée conduit les élèves à compléter les réponses recueillies lors de la séance 1 ; toutes les propositions sont représentées au tableau par l'enseignant (photo 3). Le maître demande aux élèves de choisir parmi ces formes celle qui leur semble correcte et de justifier leur choix. Les arguments donnés sont les mêmes que ceux avancés pour expliquer l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre.

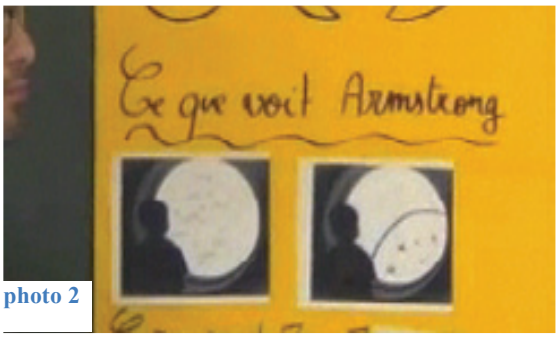


photo 2

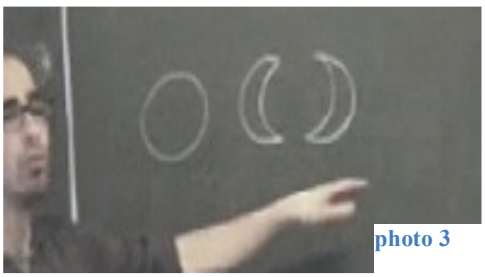


photo 3

Siyham : moi je dis les trois les trois parce que parce que le Soleil le Soleil c'est comme la Terre le Soleil il éclaire qu'une partie mais pas l'autre enfin le Soleil il éclaire que la partie de qu'une partie de du de la Lune mais pas dans l'autre côté

A l'issue du jeu S2J3, aucune des propositions n'est validée par l'enseignant qui les traite toutes de façon équivalente.

Lors du jeu suivant (S2J4), le maître propose un bilan des dessins réalisés par les élèves lors de la première séance représentant la Lune vue par un observateur terrestre (photo 4).

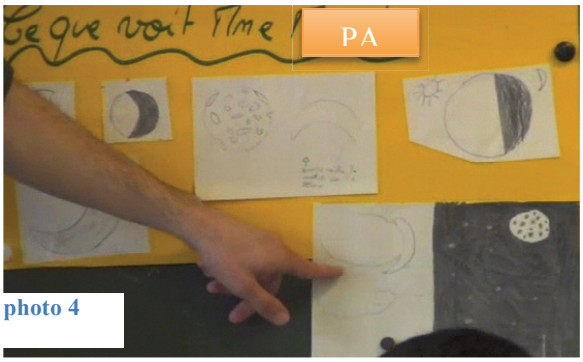


photo 4

PB : bon la dernière question que je vous posais c'était Mme PA vous vous rappelez elle était sur Terre elle était petite fille en 1969 et est-ce que qu'est-ce que voyait Mme PA et là j'ai eu pleins de solutions différentes y a certains élèves qui ont proposé une Lune ronde y a certains élèves qui ont proposé une Lune avec un petit bout en moins d'autres une Lune avec un gros morceau en moins avec une partie noire là on voit avec des parties noires.

Lors de ce bilan (S2J4), l'enseignant incite les élèves à argumenter leurs propositions. Un exemple à propos d'un dessin de la Lune en forme de croissant est donné ci-dessous :

PB : (...) c'était toi Yasmina oui je crois que c'était toi ah oui c'est ça donc toi qu'est-ce que t'avais dit Yasmina tu veux bien nous dire ce que tu pensais chut vous devez être capable de répéter ce que dit Yasmina
Yasmina : ben moi je pense je pensais que ...
PB : t'inquiète pas Yasmina t'as le droit de penser tout ce que tu veux y a des bonnes raisons pour que tu les penses donc heu personne va se moquer de toutes façons y a personne qui sait mieux que toi et donc dis-nous ce que tu penses et nous ensuite on verra si on peut pas faire une expérience pour si c'est si ça pourrait marcher ou pas si on peut l'expliquer ou pas toi t'as dessiné quoi à côté Yasmina là
E : c'est la Lune
PB : là t'as dessiné la Lune en croissant et pis t'as dessiné des espèces de gros trucs là comme ça là ; E : c'est quoi
PB : qu'est-ce que c'est Yasmina
Yasmina : c'est des nuages
PB : des nuages parce que tu penses quoi toi
Yasmina : quand y a des nuages qui cachent un bout de la Lune ben on peut pas voir en entier

Ainsi, l'objet des transactions didactiques initiées par l'enseignant PB évolue : on passe des idées préalables des élèves sur les formes de la Lune vues par un observateur terrestre à la formulation d'hypothèses quant à l'origine des phases de la Lune. L'évolution de l'objet des transactions est acceptée par les élèves donnant ensuite spontanément leurs hypothèses :

Alassana : heu la nuit la nuit elle cache l'autre partie et le Soleil l'autre partie parce que le Soleil on le voit pas.

Cependant, plus tard dans le jeu, une élève évoque à nouveau les différentes formes de la Lune, objet à l'origine des transactions du jeu. Elle indique que les phases de la Lune visibles depuis la Terre sont récapitulées dans un calendrier lunaire. Le maître saisit l'occasion pour lier cette affirmation à l'hypothèse selon laquelle les nuages sont à l'origine des phases de la Lune :

PB : elle a expliqué qu'il existait des calendriers et que sur le calendrier y avait une petite Lune dessinée et que ça nous permettait de savoir quoi

Siham : ça nous permet de savoir si quand y a la pleine Lune ou les croissants
PB : alors ma question à moi c'est est-ce que du coup Yasmina ce qu'elle propose est-ce que ça convient avec cette idée de calendrier là.

A partir de cet échange, le maître utilise l'existence des phases de la Lune dans le calendrier lunaire comme support de la réflexion pour invalider l'hypothèse des nuages. Les phases de la Lune sont admises et intégrées au milieu sans qu'aucune structuration explicite ne soit proposée aux élèves.

Interprétation :

Lors du jeu S2J3, le maître demande aux élèves d'argumenter la forme de la Lune vue par un observateur situé dans l'espace. Les propositions des élèves ne sont pas discutées et une ambiguïté apparaît entre ce que perçoit un observateur situé dans l'espace ou sur Terre. Les échanges au sein de ce jeu ne laissent pas entrevoir les attentes de l'enseignant : Neil Armstrong devait-il voir la Lune comme une sphère ou pouvait-il observer une forme particulière ? L'analyse montre que des savoirs scientifiquement erronés sont véhiculés par l'enseignant : il différencie ce qu'un observateur situé hors atmosphère peut voir de la Lune selon sa proximité avec le satellite ; proche de la Lune, un observateur verra une sphère alors qu'il pourrait voir des formes différentes en étant plus éloigné.

Lors du jeu S2J4, PB recueille les hypothèses des élèves quant à l'origine des phases de la Lune, cette fois pour un observateur terrestre. Or, à ce moment-là de la séance, aucun consensus n'a été établi sur l'existence des phases de la Lune, ni sur la base d'observations ni par un document. Ainsi, l'élaboration des hypothèses s'appuie uniquement sur les idées préalables des élèves. De plus, même si l'enseignant l'avait prévue dans ces fiches de préparation, la question concernant l'origine des phases de la Lune n'est pas explicitée.
La démarche réellement mise en œuvre dans la classe (pour les jeux S2J3 et S2J4) est à rapprocher de **la démarche scientifique de type OHERIC où les idées préalables des élèves jouent le rôle des observations scientifiques à partir desquelles des hypothèses sont élaborées**. **Or, dans l'enquête, l'enseignant PB affirme qu'il est plutôt d'accord avec le fait qu'un scientifique doit suivre une démarche universellement reconnue : observation, hypothèse, expérimentation, résultats, interprétations et conclusion. La démarche mise en œuvre est donc en accord avec les représentations de l'enseignant sur les sciences.**

2.3.2.1.3 Jeu S3J7 : suite du recueil des représentations sur l'apparence de la Lune

Nous montrons comment l'enseignant recueille et exploite les représentations des élèves à propos de la couleur de la Lune visibles pour un observateur situés terrestre.
Comme précédemment, nous présentons le contenu des jeux nous ayant permis une interprétation.

S3J7 : interpréter des aspects particuliers de la Lune que l'on a observés dans la vie courante.

L'enseignant PB initie le jeu S3J7 en s'appuyant sur les affirmations antérieures d'élèves selon lesquelles la Lune n'apparaît pas toujours de la même couleur pour un observateur terrestre. Les élèves sont interrogés sur l'origine de cette différence :

PB : pourquoi parfois on la voit blanche jaune ou un peu rouge
(...)
PB : et pourquoi parfois elle est grise et parfois elle est noire c'est ça ma question

Le premier élément de réponse consiste à associer une couleur de la Lune à un moment spécifique du jour, un second réside dans le fait d'expliquer la Lune noire c'est-à-dire la nouvelle Lune par une éclipse.

Interprétation:

L'enseignant demande d'élaborer des hypothèses pour expliquer un phénomène qui n'a pas été vérifié, ni par des observations rigoureuses ni par l'étude de documents scientifiques, mais qui relève seulement des idées préalables des élèves. **Il assimile les idées des élèves à des observations fiables permettant l'élaboration d'hypothèses. Aucun questionnement général englobant les phénomènes décrits[158] n'est explicité dans le milieu.**

2.3.2.1.4 Synthèse : Modalités d'introduction des problèmes à résoudre dans le milieu

L'analyse de l'articulation de différents jeux d'apprentissage de la séquence implémentée révèle que les questions initialement prévues par l'enseignant ne sont jamais explicitées clairement et entièrement auprès des élèves. L'enseignant réoriente l'objet des transactions didactiques, des idées préalables des élèves concernant un phénomène vers l'émission d'hypothèses relatives à ce phénomène. A l'issue des deux premières séances, des hypothèses concernant l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre sont formulées[159] : elles correspondent à la question « Comment expliquer qu'un observateur terrestre ne voit pas toujours la Lune de la même manière ? ». Or, la situation déclenchante choisie par l'enseignant permet d'élaborer d'autres questions : « Quelle est la forme de l'astre lunaire indépendamment des conditions de visibilité ? » ou « Comment la Lune apparaît-elle pour un observateur situé dans l'espace ? »
Même si l'enseignant avait prévu une phase de questionnement au sein de ces séances, cette dernière n'apparaît pas lors l'implémentation : PB passe directement des idées préalables des élèves, assimilées à des observations, à l'élaboration d'hypothèses. Cette démarche est en accord avec ses représentations *vis-à-vis* des sciences : il construit une démarche scientifique de type OHERIC au cours de laquelle le premier travail du scientifique est une phase d'observation, les représentations des élèves étant assimilées aux observations. **Lors de l'implémentation des séquences, les actions professorales sont davantage en accord avec les représentations du professeur qu'avec l'action planifiée.**

2.3.2.2 Précisions sur les modalités d'élaboration des hypothèses

Dans la partie précédente, nous avons montré comment l'enseignant permet aux élèves de passer de leurs idées préalables à l'élaboration d'hypothèses, sans explicitation claire et complète du problème à traiter. Dans cette partie, nous montrons plus précisément comment

[158] La question posée aurait pu être : « Comment expliquer que la Lune ne nous apparaisse pas toujours de la même couleur ? »
[159] Elles seront traitées dans les séances suivantes.

l'enchaînement de certains jeux d'apprentissage permet l'évolution des idées préalables vers l'élaboration de multiples hypothèses.

S2J5 : élaborer un protocole permettant de valider /invalider une hypothèse.

Au début du jeu S2J5, l'enseignant valide l'existence des phases de la Lune pour un observateur terrestre et rappelle les deux hypothèses émises pour expliquer leur origine :

> *PB : Mmmm alors t'sais quoi Ritchie on va on va on va parler de tout ça parce que là d'autant plus y a pleins de choses que vous savez déjà vous avez parlé de Lune vous avez parlé de pleine Lune de croissant y en a même qui ont dit que parfois la Lune on la voyait pas.*
> *Ozlem : maître maître*
> *PB : vous allez baisser les doigts on va pas pouvoir passer notre temps à pas ben à toujours parler de ces questions-là en tout cas y a des choses en suspens y a une élève qui a proposé enfin y a plusieurs élèves qui ont proposé qu'y avait une histoire de nuages y a des élèves qui ont expliqué que c'était à cause du Soleil qui éclairait pas.*

S2J6 : élaborer de nouvelles hypothèses pour expliquer l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre.

> *PB : est-ce qu'il y a quelqu'un qui pense autre chose par rapport aux phases tiens pourquoi la Lune de temps en temps on la verrait comme ça.*

L'enseignant nomme les formes de la Lune pour un observateur terrestre « *phases de la Lune* ». La question concernant l'origine des phases de la Lune est alors posée sans être un élément central du discours du maître, elle n'est pas notée au tableau. Le maître prend appui sur les idées préalables des élèves sur les formes de la Lune qu'il valide implicitement pour obtenir des explications possibles quant à leur origine c'est-à-dire des hypothèses. De nouveau, il passe de l'observation à la formulation d'hypothèses[160].

S3J2 : écouter le récapitulatif du maître sur les formes possibles données par des élèves à la séance précédente de la Lune en fonction du point de vue de l'observateur et leurs origines éventuelles.

> *PB : alors dans les conceptions c'est-à-dire dans les choses que vous pensiez heu à propos de la Lune donc on était d'accord pour dire que c'était une boule mais parmi vous certains pensaient que si Neil Armstrong voyait la Lune comme une boule c'est parce qu'il était près et parce que par contre si on était loin on ne la voyait pas forcément comme une boule c'est ce que certains ont dit hein certains pensent que la Lune elle est bien ronde parce que Neil Armstrong il était proche d'elle et heu que par contre depuis la Terre madame PB elle pouvait voir différentes formes de Lune mais que Neil Armstrong tout le monde était d'accord pour*

[160] Dans ce jeu, trois nouvelles hypothèses sont données par les élèves : « *La rotation de la Terre sur elle-même est à l'origine des phases de la Lune : un observateur terrestre n'est pas toujours en face de la Lune et ne peut donc pas toujours la voir en entier ; La Terre cache une partie de la Lune ; On ne voit que la partie de la Lune éclairée par le Soleil et en face de la partie non éclairée de la Terre* ».

dire une boule il y en a certains qui ont dit que peut-être il pouvait la voir autrement certains qui pensent que c'est pas forcément une boule que voyait Neil Armstrong.

Lors du bilan des représentations des élèves, l'enseignant donne des informations sur les points de vue exprimés à propos de la forme de l'astre lunaire indépendamment des conditions de visibilité, de la forme de la Lune vue par un observateur dans l'espace et de celle vue par un observateur terrestre.
La scénarisation choisie par PB ne permet pas de dégager un questionnement précis et donc de dégager clairement l'objectif notionnel de la séquence. En effet, les idées préalables des élèves à propos des formes de la Lune en fonction des trois situations énoncées précédemment sont traitées de la même façon : un bilan des idées préalables est réalisé à travers des affiches alors que les investigations présentes dans la séquence sont en lien avec les phases de la Lune pour un observateur terrestre uniquement. **L'action professorale ne tend pas à dégager l'enjeu global de la séquence à travers notamment un questionnement ciblé.**

2.3.2.3 Modalités choisies pour la validation de la première hypothèse

Dans cette partie, nous décrivons puis interprétons les processus de sélection et de validation des hypothèses concernant l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre. Nous exposons chronologiquement les jeux d'apprentissages avant d'exposer nos interprétations

2.3.2.3.1 Description des jeux d'apprentissage en lien avec le processus de validation de la première hypothèse

S3J2 : écouter le récapitulatif du maître sur les formes possibles données par des élèves à la séance précédente de la Lune en fonction du point de vue de l'observateur et leurs origines éventuelles.

Lors de la troisième séance, l'enseignant rappelle le consensus selon lequel la Lune est un astre sphérique dont les formes visibles depuis la Terre sont variables. Il récapitule ensuite les hypothèses émises précédemment pour expliquer l'origine des phases de la Lune :

PB : et y a d'autres élèves qui pensent que si depuis la Terre on ne voit pas la Lune en entier c'est qu'y a peut-être des nuages qui cachent et y en aussi d'autres qui pensent que si on ne voit pas la Lune en entier c'est qu'il y a peut-être la Terre qui cache y avait Rédane qui avait fait un dessin au tableau là où on voyait la Terre qui en fait heu y avait la Lune qui était au-dessus mais la Terre heu cachait un peu la Lune oui
E : y en avaient qui disaient que le Soleil il éclairait qu'une partie
PB: et bien sur alors il y en d'autres qui pensent que si on ne voit pas la Lune en entier c'est parce qu'elle n'est éclairée c'est parce que on ne voit pas toute la Lune qu'elle n'est éclairée que qu'une partie de la Lune d'accord ça c'est ce que vous aviez dit

S3J3 : décrire la Lune telle qu'on pense qu'on la verrait si on était en dehors de l'atmosphère près d'elle et loin d'elle.

Dans le jeu suivant (S3J3), l'enseignant questionne les élèves sur la forme visible de la Lune pour un observateur situé hors de l'atmosphère terrestre. A l'initiative de l'enseignant, les

idées préalables des élèves sont recueillies à propos d'un nouveau point de vue « possible » d'observation de la Lune, non prévue initialement et décalée par rapport aux objectifs notionnels : ce que peut voir un observateur situé hors atmosphère mais loin de la Lune.
Tous les élèves s'accordent sur le fait qu'un observateur proche verra la Lune comme une boule tandis qu'un observateur éloigné ne verra pas toujours la même forme de la Lune. L'enseignant ne discute pas ce point pourtant scientifiquement inexact.
Parmi les arguments avancés sur les différences de formes selon la distance à la Lune, le principal est la présence de nuages. Comme le montrent les échanges ci-après, cet argument ne fait pas consensus dans la classe.

> *Nadime : quand c'est loin il y a les nuages qui cachent et quand t'es plus près ben on voit la boule entière*
> *(...)*
> *Idrisse : moi je dis comme Nicolas il*[161] *peut la voir différemment ça dépend des jours elle peut avoir sa face cachée elle peut être pleine quand il est près c'est sure qu'il la voit en pleine mais quand il est loin ça dépend des jours et je ne suis pas d'accord avec Nadime parce que il n'y a pas de nuages dans l'espace si il sort de l'espace il est loin de la Lune ça peut pas être les nuages qui cachent qui cachent une partie de la Lune alors qu'il n'y a pas de nuages dans la Lune.*

S3J4 : argumenter son point de vue et se positionner pour l'un ou l'autre des deux avis divergents explicités dans la classe

Dans le jeu suivant S3J4, l'enseignant demande d'argumenter les points de vue sur l'origine des formes de la Lune pour un observateur éloigné de la Lune et hors atmosphère terrestre. La possibilité pour cet observateur de voir des formes différentes de la Lune est alors acceptée, sans vérification. Une fois encore, les idées préalables des élèves assimilées à des observations fiables, permettent l'émission d'hypothèses.

> *E : parce que y a de la poussière et y a pas de nuage dans l'espace*
> *Kiad : y a de nuage dans l'espace puisque y a pas d'eau dans l'espace*
> *E : heu ben parce que les nuages ça se forment avec de l'eau et dans la galaxie la voie lactée et ben c'est pas sur qu'il y a de l'eau dans d'autres planètes*
> *Mariane : moi je pense qu'il y a pas de nuage dans l'espace parce que la Terre le ciel il fait avec du gaz et tout ça et alors les nuages y vont avec et lui il est sorti du gaz et lui il est sorti du gaz alors y a pas de nuages.*

S3J5 : écouter l'objectif de l'activité définie par le maître : utiliser le calendrier lunaire pour déterminer si les nuages sont à l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre.

Ce jeu marque une rupture avec les deux précédents du point de vue de l'objet des transactions didactiques. En effet, le maître l'initie en définissant une nouvelle règle en lien avec les objectifs notionnels de la séquence mais en rupture avec les jeux précédents : il propose désormais d'expliquer l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre. L'intervention ci-dessous rend-compte de la transition abrupte proposée par l'enseignant :

> *PB : d'accord et ben on va parler de tout ça et ben déjà la première chose qu'on va faire c'est que j'aimerais bien que bien qu'on essaie déjà de voir parce que y avait une question qui*

[161] Le « *il* » ici évoque Neil Armstrong.

s'était posée c'était est-ce que vraiment la Lune parfois on la voit en croissant à cause des nuages donc y a une chose que j'aimerais qu'on fasse on avait dit y avait Sofia qui avait proposé de regarder un calendrier lunaire elle avait dit que chez madame Karwoual elle avait déjà vu ça donc je vous ai apporté un calendrier lunaire calendrier le calendrier lunaire de cette année. Assied toi Ahmed s'il te plait. XXX donc peut-être qu'il en a qui se rappelle d'autres non.

L'enseignant introduit le calendrier lunaire comme outil d'investigation pour discuter la validité de l'hypothèse selon laquelle les nuages sont à l'origine des phases de la Lune, pour un observateur terrestre.

PB : Alors les distributeurs vous allez distribuer un calendrier par personne et vous allez regarder ce calendrier lunaire le but pour nous c'est de savoir est-ce c'est possible vraiment que ce soit les nuages qui cachent la Lune et qui nous empêchent de la voir en entier.

S3J9 : comparer les informations données par le calendrier lunaire avec celles susceptibles d'être données par la météorologie.

Après avoir expliqué les règles de lecture du calendrier lunaire (S3J6 et S3J8), l'enseignant tente de comparer les données du calendrier lunaire avec les prévisions météorologiques.

PB : à la météo on nous dit combien de temps à l'avance en général »).
(…)
PB : est -ce que tu crois que dans 8 mois tu sais déjà comment tu vas devoir t'habiller
(…)
PB : non mais là haut regardez le temps qu'il fait en ce moment est-ce que demain vous êtes sur qu'il y aura pas de nuages on verra ça demain de toute façon parce que si demain y a des nuages dans ce cas là ça va peut être cacher la Lune et on verra peut-être un quartier

Jeu n °10 : compter des intervalles définis par le maître entre différentes phases de la Lune pour faire le lien avec l'hypothèse selon laquelle les nuages sont à l'origine des phases de la Lune.

Dans ce jeu, l'enseignant met en évidence l'invariabilité de la durée d'une lunaison qu'il compare aux conditions météorologiques non régulières. Il engage les élèves à réfléchir sur la validité de l'hypothèse des nuages expliquant l'origine des phases de la Lune.

PB : 29 jours alors ma question est-ce que y a des nuages à chaque fois tous les 30 jours y a un nuage qui vient se mettre devant
Ee : Non
PB : est-ce que ça vous semble possible ça
E : non c'est pas logique maître
PB : est-ce que ça vous semble vraisemblable est ce que ça vous semble possible que tous les 29 jours ou 30 jours y a un nuage qui vient pile poil de ce côté-là y va pas de l'autre côté le nuage il vient vraiment de côté
(…)
PB : mais à chaque fois il vient ici et on voit que ce morceau-là est-ce que c'est possible que tous les 30 jours il y ait un nuage qui vienne se mettre comme ça a priori ça semble un peu bizarre
(…)
PB : et puis autre chose est-ce que tous les nuages ils ont la même forme
Ee : non

PB : est-ce qu'on est sur y a des nuages d'accord mais est-ce qu'on est sur dès qu'il y a un nuage ça va prendre exactement cette jolie forme de croissant
Ee : non

S3J11: proposer « une expérience » permettant de déterminer si l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre peut s'expliquer par la présence de nuages.

Dans ce jeu, l'enseignant demande aux élèves d'imaginer un protocole expérimental pour tester cette hypothèse .

PB : est-ce que quelqu'un a une petite idée comment on pourrait comment on faire un test comme faire une petite expérience en classe là je vous sors du matériel avec du nuage et une Lune pour qu'on voit si vraiment un nuage peut faire cette forme-là de croissant, Edem

Le maître et les élèves conviennent conjointement du matériel à utiliser pour mettre en œuvre le modèle retenu ; la mise en œuvre s'effectue dans le jeu suivant S3J12.

Trace écrite prévue et notée à la fin de la séance 3 :
En regardant un calendrier lunaire, on se rend compte que l'on peut prédire la forme de la Lune très longtemps à l'avance. Pourtant, il n'est pas possible de prévoir la présence ni la forme des nuages très longtemps à l'avance. De plus, les nuages ne permettent pas toujours d'avoir une forme de croissant ou de quartier. Ce n'est pas à cause de nuages que l'on voit la Lune de différentes formes.

2.3.2.3.2 Interprétation des jeux d'apprentissage en lien avec le processus de validation de la première hypothèse

- ✓ **La manipulation élément indispensable de validation des hypothèses** :

A l'issue du jeu S3J10, les éléments théoriques introduits dans le milieu permettent d'invalider l'hypothèse selon laquelle les nuages sont à l'origine des phases de la Lune : la durée d'une lunaison est établie et comparée avec les prévisions météorologiques. Cependant, l'enseignant utilise ces éléments non pas pour invalider l'hypothèse des nuages mais comme un indice pour deviner le résultat de la modélisation ensuite mise en œuvre. Tout se passe comme si, pour l'enseignant PB, les éléments théoriques ne sont pas suffisants pour invalider l'hypothèse des nuages, seule la modélisation pouvant apporter des résultats fiables.

- ✓ **La trace écrite ne rend pas compte du raisonnement mis en œuvre dans la classe**

Dans la trace écrite prévue et notée, l'étude du calendrier et de la modélisation ont la même valeur : ce sont des preuves pour invalider l'hypothèse des nuages. Or, dans ce qui s'est joué dans la classe, c'est la modélisation (présentée comme une expérience) qui a fait office de preuve, le calendrier n'est qu'un indice.

- ✓ **Rôle de l'expérience en accord avec les représentations de l'enseignant**

L'action de l'enseignant dans la classe est en accord avec ses représentations *vis-à-vis* des sciences. En effet, selon les résultats de l'enquête, il rejette l'idée que des théories puissent être élaborées uniquement par le raisonnement et il pense que l'expérimentation est

indispensable. De plus, il estime que toute expérimentation scientifique nécessite la manipulation d'objets. Lors de la séance 3, l'enseignant ne valide pas le raisonnement à partir des données du calendrier lunaire : il souhaite la mise en œuvre d'une manipulation..

- ✓ **Questionnement sur la validité de la manipulation mise en œuvre**

Lors de la modélisation pour invalider l'hypothèse des nuages (S3J12), les élèves utilisent une balle pour jouer le rôle de la Lune et du coton pour les nuages. Le coton et la balle sont mis en contact l'un de l'autre. Les élèves constatent que la balle est en partie masquée, et ils concluent sur la validité de l'hypothèse. Cette modélisation comporte des approximations discutables puisque les nuages, présents dans l'atmosphère, sont en réalité très distants de la Lune. L'enseignant préfère la mise en œuvre d'une manipulation dont la validité est scientifiquement contestable plutôt qu'un raisonnement à partir de données scientifiques. Les choix didactiques de PB sont en accord avec ses représentations *vis-à-vis* des sciences.

- ✓ **Remarques à propos des jeux S3J3 et S3J4**

Dans les jeux S3J3 et S3J4, l'enseignant admet comme vraies les idées initiales des élèves selon lesquelles un observateur hors atmosphère mais loin de la Lune verrait des formes différentes. Encore une fois, il s'appuie sur les représentations des élèves qu'il assimile à des observations pour initier la démarche mise en œuvre.
Dans le jeu S3J4, un élève affirme qu'expliquer les formes de la Lune pour un observateur situé dans l'espace par la présence de nuages n'est pas possible étant donné que dans l'atmosphère il n'y a pas d'eau et que les nuages sont formés d'eau. L'enseignant n'accepte pas ce raisonnement comme preuve. Une fois de plus, l'enseignant n'admet pas que des théories puissent être élaborées par le raisonnement : la preuve doit être établie par l'expérience.

2.3.2.4 Modalités choisies pour la validation de la seconde hypothèse

Nous analysons dans cette partie la modélisation dont l'objectif est de valider l'hypothèse selon laquelle les phases de la Lune pour un observateur terrestre s'expliquent par la variation de la zone éclairée par le soleil. L'objectif principal est, en réalité, d'expliquer l'origine des phases de la Lune. Pour justifier l'interprétation proposée, nous avons choisi d'exposer chronologiquement les jeux d'apprentissages avant de proposer une interprétation.

2.3.2.4.1 Description des jeux d'apprentissage en lien avec le processus de validation de la seconde hypothèse

S4J3: écouter l'objectif de l'activité définie par le maître : vérifier par une modélisation que les phases de la Lune s'expliquent par le fait que le Soleil n'éclaire pas toujours la Lune de la même manière.
S4J4: définir le mot modélisation à partir de l'exemple du système Soleil, Terre, Lune.
S4J5 : nommer les objets utilisés dans le modèle pour représenter les astres du système Soleil-Terre-Lune.
S4J6 : écouter et comprendre les consignes liées à la mise en œuvre du modèle choisi dans le but d'expliquer l'origine des phases de la Lune.
S4J7 : mettre en œuvre le modèle décrit dans le jeu précédent.

S4J8 : faire le bilan de la modélisation réalisée.

Lors de la quatrième séance, l'enseignant PB propose une nouvelle modélisation pour expliquer l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre. Après avoir défini le terme modélisation (S4J4) et listé le matériel nécessaire à sa mise en œuvre (S4J5), il donne les trois étapes pour la mise en œuvre de la modélisation (S4J6) :

- Les élèves vont choisir une position particulière de la Lune autour de son orbite autour de la Terre et la représenter sur un schéma à compléter ;
- Ils mettent ensuite en œuvre la modélisation avec le matériel à disposition et selon les consignes données par PB ;
- Ils observent alors une phase de la Lune en fonction de la position particulière de la Lune choisie lors de l'étape 1 et reportent leurs observations sur le schéma distribué.

Les consignes orales avant la mise en œuvre de la modélisation sont liées aux éléments théoriques et aux approximations nécessaires à son fonctionnement :

- La Terre est fixe par rapport au Soleil ;
- La Lune devra tourner au-dessus de la Terre (l'enseignant précise que le plan de rotation de la Lune autour de la Terre est incliné par rapport au plan de l'écliptique) ;

L'élève jouant le rôle de la Terre regarde la Lune et indique la phase visible.

2.3.2.4.2 Interprétation de la modélisation comme investigation retenue pour valider la seconde hypothèse

Lors de la modélisation, la tâche épistémique est d'expliquer des phases de la Lune en établissant des liens de cause à effet entre les positions relatives de la Lune et de la Terre et le modèle correspondant. Expliquer un évènement signifie le mettre en relation avec d'autres événements c'est-à-dire établir des rapports de cause à effet précisant pourquoi l'évènement s'est produit *(Voir Chapitre 2, 2.1.1.2.2. Définition des tâches épistémiques (D'après Malkoun (2007) et Santini (2009)).*

Dans le cas de la séance 4, même si les éléments théoriques donnés par le maître permettraient de déduire l'origine des phases de la Lune, le raisonnement n'est pas basé sur une démarche déductive. L'enseignant fournit des éléments théoriques et indique le rôle de la position de la Lune par rapport à la Terre pour l'observation des phases de la Lune. L'enjeu est d'associer la position correcte de la Lune par rapport à la Terre à une phase donnée. Les élèves mettent en œuvre une modélisation en choisissant les variables associées à la cause ; ils observent alors l'effet, vérifiant ainsi l'explication des phases de la Lune fournie par l'enseignant.

La cause du phénomène est donnée aux élèves qui doivent la vérifier. La démarche de déduction est limitée par les données fournies par le maître. Ainsi, la tâche épistémique demandée aux élèves, reflétant la procédure choisie par l'enseignant, montre une cohérence avec les représentations de l'enseignant qui rejette tout raisonnement déductif comme source de connaissance.

Ajoutons que la procédure mise en œuvre s'appuie sur un raisonnement de type inductif.

> *PB : une feuille par groupes pour que expérience maintenant si vous faites 8 expériences dans le groupe et ben vous aurez 8 feuilles je ne crois pas qu'on aura le temps d'en faire 8 mais tous ensemble on aura peut-être plusieurs positions*

La mise en commun des résultats obtenus par tous les groupes d'élèves doit permettre une généralisation. Cette démarche est en accord avec les représentations de l'enseignant.

2.3.2.5 Recours à un logiciel de simulation en guise de conclusion sur l'origine des phases de la Lune

Dans cette partie, nous décrivons puis interprétons l'enchaînement des jeux d'apprentissage contribuant à synthétiser les savoirs à propos de l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre.

2.3.2.5.1 Description des jeux d'apprentissage contribuant à la structuration des savoirs visés

S5J3 : écouter l'objectif principal de la séance : associer une phase de la Lune à une position particulière de la Lune sur son orbite en ayant recours à un logiciel de simulation et à un schéma.
S5J4 : décrire un schéma et le comprendre.
S5J5 : écrire dans le cahier de sciences la leçon élaborée par le maître et notée au tableau.
S5J8 : commenter un nouveau document correspond à des photos représentant différentes phases de la Lune .
S5J9 : reprendre le travail d'association d'une phase de la Lune avec une position de la Lune sur son orbite (reprise du jeu n°3).
S5J10 : utiliser un logiciel de simulation, comprendre et commenter le modèle utilisé dans le but d'expliquer l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre.
S5J11: associer une phase de la Lune avec une position de la Lune sur son orbite autour de la Terre.(Reprise du jeu n°3)
S5J12 : associer une phase de la Lune avec une position sur son orbite autour de la Terre et vérifier le résultat avec le logiciel de simulation en cas de désaccord (Reprise des jeux n°3 et 11 ; Le jeu 12 est la suite directe du jeu 11).
S5J13 : répondre à la question : la Lune est-elle toujours éclairée de la même manière ?
S5J14 : utiliser le logiciel pour valider les réponses données lors du jeu précédent.
S5J15 : expliquer l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre.
S5J16 : écrire dans le cahier de sciences la leçon notée au tableau. (Suite du jeu n°5).

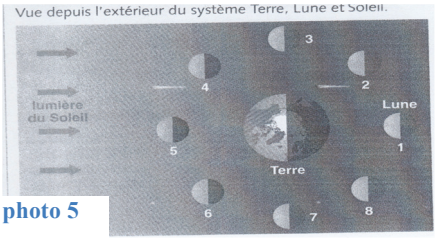


photo 5

Un commentaire du schéma de la photo 5 est demandé lors du jeu S5J4. En comparant les représentations de la Lune sur son orbite autour de la Terre, les élèves constatent que la Lune est toujours représentée de la même manière. Devant l'incompréhension des élèves, l'enseignant rappelle que lors de la modélisation, l'élève qui tenait la lampe voyait toujours la Lune éclairée totalement c'est-à-dire en phase de pleine Lune (ce qui correspond au schéma) alors que l'élève qui jouait le rôle la Terre ne voyait pas toujours la même forme ; l'élève jouant le rôle du Soleil se trouve toujours face à la partie éclairée de la

lune. Il réaffirme ensuite qu'il y a toujours la moitié de la Lune qui est éclairée même si sur Terre on ne voit pas toujours la pleine Lune.

Après ce travail, une trace écrite est élaborée (S5J5) :

La lune est une boule rocheuse. Elle ne produit donc pas de lumière elle est éclairée par le Soleil. C'est pour cela qu'on peut la voir depuis la terre. Le Soleil éclaire toujours la moitié de la Lune.

Un nouveau document est donné aux élèves (S5J8) sur lequel figurent des photos de la Lune représentant les principales phases (photo 6). Le nom de ces différentes phases est alors explicité. Pour chaque position de la Lune sur son orbite (présentée sur le schéma de la photo 5), les élèves associent la phase visible depuis la Terre en utilisant les photos du document distribué (photo 6).

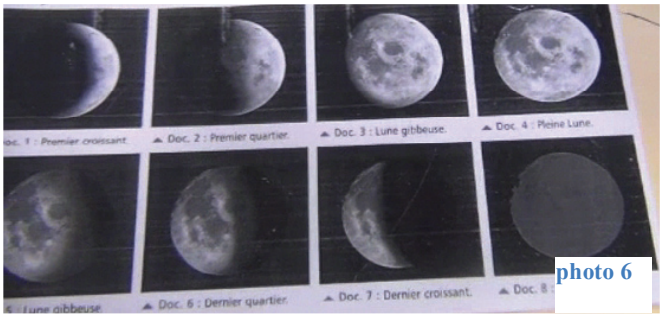


photo 6

Pour vérifier la justesse des associations (phase-position) réalisées, l'enseignant propose d'utiliser un logiciel de simulation, Optikos. L'interface et les principales fonctions du logiciel sont présentées aux élèves lors du jeu S5J10[162] c'est-à-dire avant la réalisation du travail d'association des phases de la Lune à la position de la Lune sur son orbite autour de la Terre (S5J11). Après ce temps de travail individuel, l'enseignant interroge les élèves sur les phases de la Lune correspondantes à certaines positions de la Lune sur son orbite (S5J12) : seules les phases de pleine Lune et de nouvelle Lune sont associées à une position de la Lune autour de son orbite. L'enseignant sélectionne ces deux phases particulières pour pallier aux difficultés de symétrie entre le logiciel utilisé et le schéma distribué. En effet, le Soleil étant situé à gauche sur le schéma et à droite sur le logiciel de simulation, la place de la Lune en phase de premier quartier, par exemple, est inversée sur les deux représentations. Le maître poursuit en demandant aux élèves si la Lune est toujours éclairée de la même manière (S5J13) ce qu'il réaffirme après discussion dans la classe. L'enseignant suggère aux élèves de vérifier leurs réponses avec le logiciel de simulation. Dans un premier temps, la discussion porte sur la partie éclairée et non éclairée de la Lune (S5J14). Puis dans un second temps (S5J15), le maître demande d'expliquer l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre. Les conclusions issues de cette discussion sont en suite notées dans le cahier (S5J16)

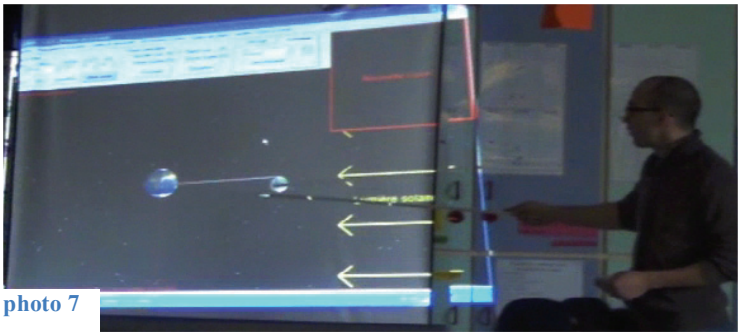


photo 7

En fonction de sa position autour de la Terre, on ne voit pas toute la partie éclairée. C'est pour cela qu'on a l'impression que la Lune change de forme. On appelle ces différentes formes les phases de la Lune. La Lune fait le tour de la Terre en environ 29 jours (une lunaison)

[162] La description du déroulement de la séance figure en annexe n°58.

2.3.2.5.2 Interprétations des jeux d'apprentissage mettant en jeu un logiciel de simulation pour structurer les savoirs visés

✓ **Rôle de l'expérience**

Pour élaborer la trace écrite (S5J12), l'enseignant rappelle les résultats de la modélisation effectuée en séance 4 : l'élève qui tenait la lampe voyait toujours la pleine Lune alors que l'élève qui jouait le rôle la Terre ne voyait pas toujours la même forme. Il précise qu'il s'agit de la « démonstration » qu'il y a toujours la moitié de la Lune éclairée par le Soleil même si sur Terre différentes formes sont visibles. Aucune des justifications ne se rapporte au schéma de la photo 5 dont l'exploitation aurait permis l'émergence des mêmes informations. La procédure choisie pour institutionnaliser les connaissances s'appuie uniquement sur des preuves expérimentales et exclue un raisonnement à partir de documents.
La démarche de l'enseignant est en accord avec ses représentations selon lesquelles la preuve scientifique doit être expérimentale.

❖ **Statut des photos de la Lune**

Lors du jeu S5J8, le nom des phases de la Lune est donné dans l'ordre d'apparition à partir d'un document avec des photographies de la Lune. Or, à aucun moment dans la séquence, les élèves n'ont observé directement la Lune. Le document aurait donc pu être utilisé pour mettre en évidence ou du moins donner une preuve de l'existence de formes variées de la Lune pour un observateur terrestre. Le document est utilisé uniquement pour donner le nom associé aux différentes phases.
On retrouve ici la tendance de l'enseignant à assimiler les représentations des élèves à des observations.

❖ **Utilisation du logiciel de simulation**

Lors du jeu S5J11, la tâche épistémique des élèves est d'« *interpréter* les phases visibles de la Lune depuis la Terre en fonction de la position de la Lune autour de son orbite autour de la Terre. » Cette tâche nécessite de mobiliser des connaissances identiques à celles introduites lors de la modélisation en séance 4 et de l'utilisation du logiciel de modélisation. Les élèves doivent associer les positions indiquées sur le schéma avec les photographies de la Lune. L'origine des phases de la Lune est supposée connue par les élèves. Cette fois, les élèves ont une tâche de déduction à réaliser : ils suivent un raisonnement qui consiste, à partir d'une ou plusieurs propositions, à en déduire une autre proposition.
La déduction ne porte pas sur l'origine des phases de la Lune mais sur la place de la Lune sur son orbite pour une phase donnée. Pour réaliser ce travail, les élèves disposent des propositions suivantes, explicitées à partir de la simulation dans le jeu S5J10 :

- Depuis la Terre, un observateur voit la partie éclairée de la Lune ;
- Un observateur terrestre voit la Lune lorsqu'elle se trouve en face de lui. Ces propositions ont été explicitées.

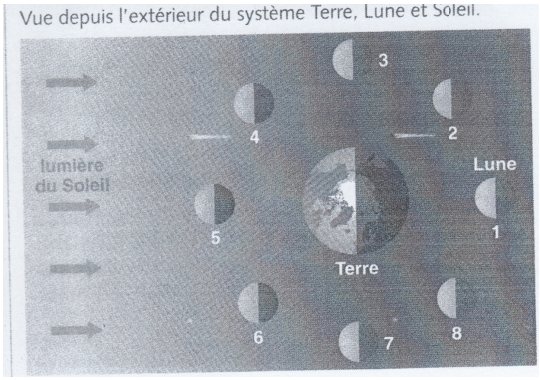
La validation des réponses se fait ensuite en utilisant le logiciel de simulation, c'est-à-dire par une « manipulation » et non par le raisonnement (S5J12) ce qui coïncide avec les représentations de l'enseignant.

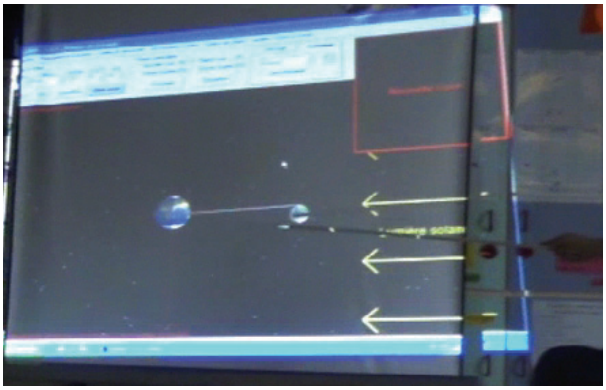
> *PB : donc heu y a eu quelques erreurs donc c'est pour ça que j'aimerais bien qu'on regarde heu je vais vous montrer un logiciel d'accord qui reprend un peu ce qu'on a fait sauf que c'est*

fait par ordinateur ça va nous permettre de voir un petit peu c'est un petit peu comme ce qu'on a fait on voit la Terre le Soleil et la Lune enfin on voit pas le Soleil mais on sait où il est situé et on voit ce qu'on voit depuis la Terre d'accord et on va reprendre ce travail-là parce qu'il y a eu des erreurs dans votre travail.

Cependant, un problème survient lors de la correction sur le schéma à disposition des élèves : le Soleil est situé à gauche de leur feuille alors que sur le logiciel de simulation, il est à droite. L'enseignant propose alors de corriger uniquement les phases « pleine Lune » et « nouvelle Lune », dont les positions sont facilement repérables. Il juge que les autres positions seront trop complexes à repérer.

PB : alors ce qu'on va faire là c'est trop compliqué parce que pour la nouvelle lune et la pleine lune on peut y arriver pour les autres le problème comme je vous l'ai dit mon schéma là il est inversé par rapport aux autres du coup ça inverse tout donc ce que je vais faire c'est que je vous imprimerai un petit récapitulatif qui ira avec le schéma et ça ça sera votre illustration parce que sinon c'est trop compliqué bon quoi qu'il en soit pour finir la leçon est-ce que la Lune elle est toujours éclairée de la même manière par le Soleil





photos 8

Face à un imprévu l'enseignant rejette le raisonnement par déduction, pour lui la seule validation possible était l'expérience ce qui là encore est en lien avec sa posture épistémologique.

2.3.2.6 Elaboration de la trace écrite

Le tableau 20 compare les éléments figurant dans la trace écrite élaborée pendant la séquence avec les objectifs de connaissances visées[163] et les connaissances que l'analyse *a priori* des savoirs a révélé comme indispensables.

Légende :

→ *Les flèches noires indiquent l'absence des connaissances visées dans la trace écrite*

⇢ *Les flèches gris clair indiquent que les connaissances visées figurent dans la trace écrite soit de façon partielle, soit de façon ambiguë ou erronée.*

→ *Les flèches gris foncé indiquent que les connaissances visées sont explicites et correctes dans la trace*

[163] En adéquation avec les instructions officielles : connaître les différentes phases de la Lune, savoir que ces phases se reproduisent toujours dans le même ordre et la même durée ; savoir que les phases de la Lune s'expliquent par la révolution de la Lune autour de la Terre ; comprendre les phases de la Lune par une modélisation.

écrite

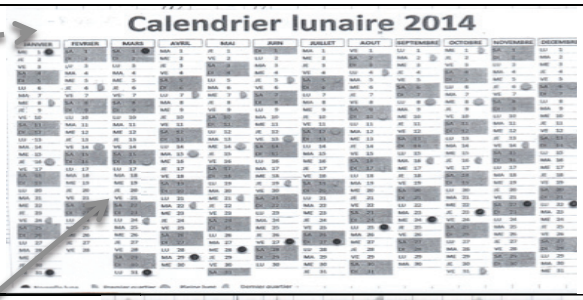
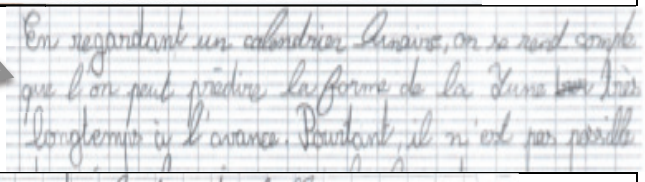
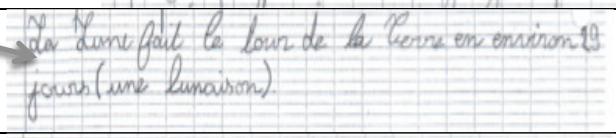
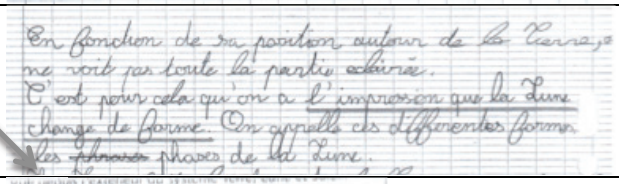
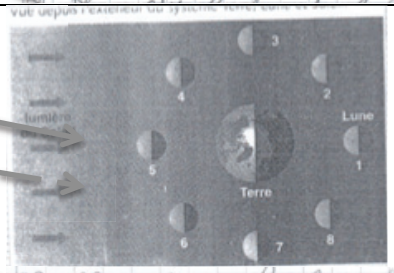
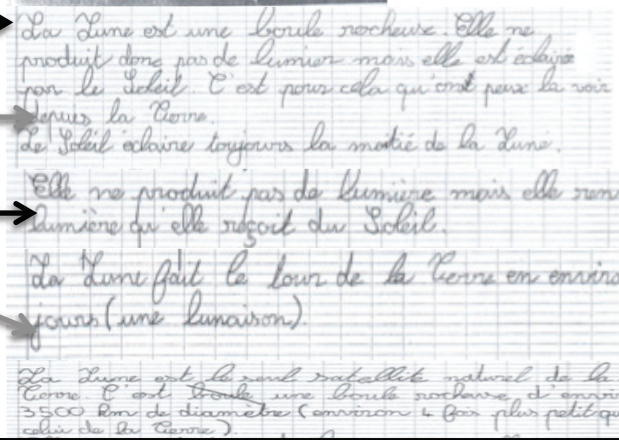
Connaissances visées Les instructions officielles	Traces écrites
Connaître les différentes phases de la Lune Niveau de formulation possible : - Connaître le vocabulaire suivant : nouvelle Lune, premier croissant, premier quartier, lune gibbeuse croissante, pleine Lune, lune gibbeuse décroissante, dernier quartier, dernier croissant - Etre capable d'associer les différents noms à une forme précise	
Savoir que ces phases se reproduisent toujours dans le même ordre	
Savoir que ces phases ont la même durée Ce qui implique : - la durée d'une lunaison est d'environ 1 mois	
Savoir que les phases de la Lune s'expliquent par la révolution de la Lune autour de la Terre. Les éléments théoriques nécessaires : - - Orbite elliptique de la Lune autour de la Terre	
Comprendre les phases de la Lune par une modélisation. Ce qui implique : - Il y a toujours la moitié de la sphère lunaire éclairée par le Soleil - Seule la partie éclairée par le Soleil et se trouvant face à la Terre est visible de la Terre Les éléments théoriques issus de l'optique nécessaires : - Une ombre est une région de l'espace qui ne reçoit pas de lumière - Un observateur voit un objet s'il reçoit de la lumière issue de cet objet - La Lune diffuse la lumière émise par le Soleil Les éléments théoriques issus de la mécanique nécessaires : - Angle de 5°environ entre le plan de rotation de la Lune et le plan de l'écliptique - Révolution de la Terre en environ 365j - Révolution de la Lune en environ 1 mois	 

Tableau 20 : Comparaison de la trace écrite élaborée lors de la séquence sur les phases de la Lune mise en œuvre par l'enseignant PB et les savoirs visés

Synthèse :

Le Tableau 20 montre que les connaissances visées par l'enseignant ainsi que celles nécessaires pour les atteindre n'apparaissent pas systématiquement dans la trace écrite.

✓ **Les savoirs de type empirique** :

Lors de la séquence en classe, les savoirs « empiriques » *(« Connaître les différentes phases de la Lune, savoir que ces phases se reproduisent toujours dans le même ordre et ont la même durée »)* ne sont pas établis par des observations rigoureuses mais sont issus des idées préalables des élèves, sans vérification expérimentale. Dans la trace écrite, aucun élément en relation avec une observation rigoureuse de la Lune n'est mentionné, conformément à la situation vécue dans la classe. Les éléments de la trace écrite en relation avec ces savoirs sont issus du calendrier lunaire mis à disposition des élèves. Apparaissant comme une évidence pour l'enseignant, ces savoirs sont donnés par un document relevant du monde des théories. La séquence prend appui sur ces savoirs non explicités et considérés comme connus (en relation avec les représentations de l'enseignant : l'observation suffit à acquérir des connaissances, les élèves dans leur vie courante ont observé)

✓ **Les savoirs de type théorique** :

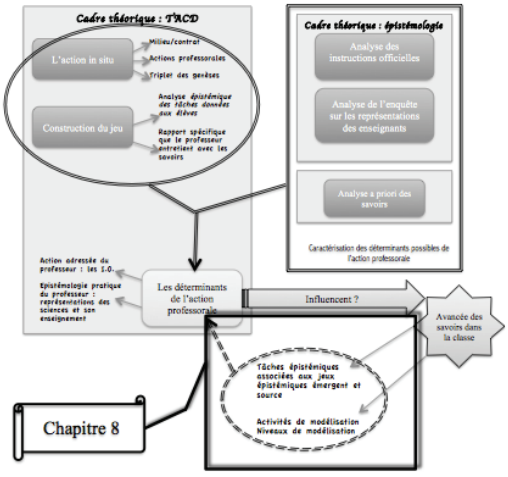
La majorité des éléments théoriques nécessaires[164] pour atteindre les objectifs visés (Savoir que les phases de la Lune s'expliquent par la révolution de la Lune autour de la Terre et comprendre les phases de la Lune par une modélisation) sont explicités dans la trace écrite. Les éléments manquants, en lien avec l'optique (notion d'ombre) et en lien avec la mécanique (description du plan de révolution de la Lune) ont été donnés oralement ce qui a permis la construction des savoirs visés.

2.4 Synthèse : les déterminants de l'action enseignante de PB

Le premier organisateur de l'action professorale de l'enseignant PB est lié à ses représentations sur l'enseignement des sciences. Lors de l'élaboration de ses séquences, PB est davantage préoccupé par le fait de susciter l'intérêt des élèves que par les contraintes institutionnelles. L'action adressée n'est pas le premier organisateur de sa pratique. Le scénario choisi pour la séquence implémentée le guide fortement, l'induisant, non seulement à passer outre les étapes préconisées de la démarche d'investigation, mais aussi à développer des jeux n'ayant pas de relation avec les principaux objectifs visés.
Cependant, face à des actions non planifiées ou encore lors de la mise en place d'expérimentations, le guide effectif de la pratique de PB est lié à ses représentations des sciences.

[164] Les éléments nécessaires à l'élaboration des savoirs visés sont issus de l'analyse de la carte heuristique présentée au chapitre 4.

Chapitre 8
Analyse de l'action enseignante à travers les savoirs mobilisés



Dans le chapitre précédent, à partir de l'analyse chronologique des séquences implémentées, nous avons mis en évidence l'influence de l'action adressée et de l'épistémologie pratique dans la détermination de l'action didactique des enseignants PA et PB. Dans ce chapitre, nous étudions les conditions d'avancée des savoirs dans la classe dont certaines donnent un nouvel éclairage sur les déterminants. Nous montrons aussi les limites des types de raisonnement en fonction des savoirs en jeu. A ces fins, nous étudions dans un premier temps, les tâches épistémiques identiques en tant qu'indicateurs de l'avancée des savoirs en classe et de l'épistémologie pratique des enseignants. Dans un second temps, nous articulons dans une présentation chronologique les conditions d'avancée des savoirs et les niveaux de modélisation.

1 Conditions d'avancée des savoirs à travers l'analyse des tâches épistémiques mises en œuvre

La TACD considère le savoir comme le premier déterminant de l'action didactique du professeur lors de la préparation et de l'implémentation des séquences. Nous avons considéré d'autres outils théoriques, tels que les notions de tâches épistémiques, pour documenter l'action enseignante *in situ* à travers les conditions d'avancée des savoirs comparativement aux savoirs visés. Ce second cadre théorique postule que la densité et la diversité des tâches épistémiques au sein des jeux d'apprentissages sont des indicateurs de l'avancée des savoirs dans la classe ce que nous vérifions dans la première partie de ce paragraphe. Notre méthodologie étant basée sur la possibilité d'inférer à partir de l'analyse des séquences implémentées certains des déterminants de l'action professorale, nous pensons que l'analyse des tâches épistémiques renseigne sur ces déterminants. La seconde partie de ce paragraphe permet d'inférer, à partir des tâches épistémiques implémentées, les rôles de certains des déterminants que nous comparons à ceux mis en évidence dans le chapitre précédent.

1.1 Chronogenèse et tâches épistémiques, quelles relations ?

Il s'agit de vérifier le rôle des tâches épistémiques mises en œuvre sur les conditions d'avancée des savoirs dans la classe. L'analyse chronologique des séquences, réalisée en amont, nous permet de mettre en relation les tâches épistémiques implémentées dans les différents jeux d'apprentissage avec le niveau de la chronogenèse associé à ces jeux. Ce

dernier est défini en fonction des savoirs introduits dans le milieu et de leur lien avec les savoirs visés ce qui se traduit par un chiffre s'échelonnant de 0 à 3 *(Chapitre 4, 2.3.1* Décrire l'action enseignante à travers les jeux d'apprentissage*)*.
Nous proposons de comparer le niveau de la chronogenèse des jeux d'apprentissages mettant en œuvre une même tâche épistémique, d'abord au sein d'une même séance puis ensuite sur l'ensemble de la séquence.

1.1.1 Tâches épistémiques identiques au sein d'une même séance.

Nous considérons, dans les tableaux 21 à 24, les tâches épistémiques identiques, présentes dans au moins deux jeux d'apprentissage d'une même séance et nous comparons le niveau de la chronogenèse associé à ces jeux d'apprentissage.

Tâche épistémique : *Décrire*				
Décrire *des faits observables (l'astre lunaire à partir de ses idées préalables), dans la classe de PB*	Jeux d'apprentissage	S1J1		S1J2
	Niveau du chronos	1		1
Décrire *les éléments du modèle et la façon dont ils ont été mis en œuvre (la modélisation est celle réalisée pour comprendre l'origine des phases de la Lune), dans la classe de PB*	Jeux d'apprentissage	S5J1		S5J2
	Niveau du chronos	0		0
Décrire *des faits observables, classe de PA*	Jeux d'apprentissage	S1J1	S1J2	S1J4
	Niveau du chronos	2	1	0
Décrire *des faits observables, à partir de photos, classe de PA*	Jeux d'apprentissage	S4J1		S4J2
	Niveau du chronos	1		1

Tableau 21 :Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Décrire » au sein d'une séance unique.

Tâche épistémique : *Prédire*			
Prédire *une relation entre un fait observable et des éléments théoriques, classe de PB* Le fait observable concerne l'astre lunaire, indépendamment des conditions de visibilités, et la Lune vue par un observateur présent dans l'espace	Jeux d'apprentissage	S2J2	S2J3
	Niveau du chronos	2	0
Prédire *une relation entre un fait observable et des éléments théoriques, classe de PB* Le fait observable concerne la Lune telle vue par un observateur terrestre	Jeux d'apprentissage	S2J4	S2J6
	Niveau du chronos	3	2

Tableau 22 : Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Prédire» au sein d'une séance unique.

Tâche épistémique : *Interpréter*			
Interpréter *des éléments théoriques (issus du calendrier lunaire), classe de PB*	Jeux d'apprentissage	S3J8	S3J10
	Niveau du chronos	2	0
Interpréter *des faits observables (ceux observés lors de la modélisation visant à invalider l'hypothèse selon laquelle les nuages sont à l'origine des phases de la Lune), classe de PB*	Jeux d'apprentissage	S3J12[165]	S3J13[166]
	Niveau du chronos	Indéfini (travail par groupes)	0

Tableau 23 : Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Interpréter » au sein d'une séance unique.

Tâche épistémique : *Expliquer*			
Expliquer *le rôle des éléments matériels utilisés dans le modèle, classe de PA*	Jeux d'apprentissage	S4J3	S4J5
	Niveau du chronos	3	0
Expliquer *des faits observables, dans la classe de PB*	Jeux d'apprentissage	S5J9	S5J15
	Niveau du chronos	3	0

Tableau 24 : Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Expliquer » au sein d'une séance unique.

Interprétation :

Le niveau de la chronogenèse, indicateur de l'avancée des savoirs dans la classe comparativement aux savoirs visés, diminue systématiquement pour des jeux d'apprentissage issus d'une même séance et mettant en œuvre une tâche épistémique identique.
Une succession de tâches épistémiques identiques au sein d'une même séance freine l'avancée des savoirs visés dans le milieu.

1.1.2 Tâches épistémiques identiques au sein d'une même séquence

Comme précédemment, les tableaux 25 à 30 rendent compte des tâches épistémiques identiques, présentes, non plus au sein d'une même séance, mais dans au moins deux jeux d'apprentissage d'une même séquence et du niveau de la chronogenèse associé à ces jeux d'apprentissage.

[165] S3J12 : *interpréter* les faits observés lors de la mise en œuvre du modèle en les mettant en relation avec ceux observés dans la vie quotidienne.
[166] S3J13 : *interpréter* les faits observés lors de la mise en œuvre du modèle en les mettant en relation avec les informations issues du calendrier lunaire.

Tâche épistémique : *Décrire*				
Décrire *des faits observables (l'astre lunaire à partir de ses idées préalables), dans la classe de PB*	Jeux d'apprentissage	S1J1/S1J2		S5J18
	Niveau du chronos	1/1		0
Décrire *les éléments du modèle et la façon dont ils ont été mis en œuvre (la modélisation est celle réalisée pour comprendre l'origine des phases de la Lune), dans la classe de PB*	Jeux d'apprentissage	S3J8		S5J1/S5J2
	Niveau du chronos	2		0/0
Décrire *des faits observables à partir de dessins d'observations, classe de PA*	Jeux d'apprentissage	S1J1/S1J2/S1J4	S2J2	S4J1/S4J2
	Niveau du chronos	2/1/0	0	1/1
Décrire *la démarche suivie, classe de PA*	Jeux d'apprentissage	S1J3[167]		S2J3[168]
	Niveau du chronos	3		3

Tableau 25 : Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Décrire » au sein d'une séquence.

Tâche épistémique : *Prédire*				
Prédire *une relation entre un fait observable et des éléments théoriques, classe de PB* Le fait observable concerne l'astre lunaire, indépendamment des conditions de visibilités, et la Lune vue par un observateur présent dans l'espace	Jeux d'apprentissage	S2J2/S2J3	S3J3	S5J19
	Niveau du chronos	2/0	1[169]	0
Prédire *une relation entre faits observables (une phase particulière de la Lune) et des connaissances théoriques (place de la Lune sur son orbite), classe de PB*	Jeux d'apprentissage	S4J10[170]	S5J10[171]	
	Niveau du chronos	3	3	

Tableau 26 : Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Prédire » au sein d'une séquence.

[167] S1J3 :Un accord est trouvé sur l'enchaînement des étapes faisant suite aux observations : observations, questionnement puis émission d'hypothèses. La signification de chacune des étapes n'est pas explicitée.
[168] S2J3 : PB interroge les élèves sur la démarche à suivre après le travail d'émission d'hypothèses : un moyen pour « prouver » est proposé mais le moyen n'est pas défini.
[169] L'avancée des savoirs dans le jeu S3J3 n'est pas en relation directe avec la tâche épistémique mise en œuvre : une nouvelle hypothèse sur l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre est avancée par un élève
[170] En S4J10, on part d'un fait observable (la pleine Lune) et il faut trouver un élément théorique (la place de la Lune autour de la Terre).
[171] En S5J10, on part d'un élément théorique (la place de la Lune sur son orbite) et il faut trouver un fait observable (la phase de la Lune correspondante).

Tâche épistémique : *Interpréter*			
Interpréter *un fait observable (les phases de la Lune) en fonction de la position de la lune sur son orbite, classe de PB*	Jeux d'apprentissage	S4J11	S5J11
	Niveau du chronos	3	Indéfini (travail par groupes)
Interpréter *des faits observables (ceux observés lors de la modélisation visant à invalider l'hypothèse selon laquelle les nuages sont à l'origine des phases de la Lune), classe de PB*	Jeux d'apprentissage	S3J12[172]/ S3J13[173]	S4J2
	Niveau du chronos	Indéfini (travail par groupes)/0	0

Tableau 27 : Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Interpréter » au sein d'une séquence.

Tâche épistémique : *Questionner*			
Questionner *un élément théorique (le calendrier lunaire), classe de PB*	Jeux d'apprentissage	S3J10	S5J7
	Niveau du chronos	2	0

Tableau 28 : Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Questionner » au sein d'une séquence.

Tâche épistémique : *Définir*			
Définir *le terme modélisation, classe de PB*	Jeux d'apprentissage	S4J4[174]	S5J2
	Niveau du chronos	3	0

Tableau 29 : Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Définir » au sein d'une séquence.

[172] S3J12 : *interpréter* les faits observés lors de la mise en œuvre du modèle en les mettant en relation avec ceux observés dans la vie quotidienne.
[173] S3J13 : *interpréter* les faits observés lors de la mise en œuvre du modèle modélisation en les mettant en relation avec les informations issues du calendrier lunaire.
[174] S4J4 : définir la modélisation utilisée dans l'étape de validation des hypothèses (au sens scolaire): « *La modélisation se différencie d'une expérience car on ne manipule pas directement sur le réel mais sur des objets de substitution qui présentent des différences avec l'objet réel.* »

Tâche épistémique : *Expliquer*			
Expliquer le choix du matériel[175]*, classe de PB*	Jeux d'apprentissage	S3J11	S4J5
	Niveau du chronos	0	2
***Expliquer** des faits observables, dans la classe de PB*	Jeux d'apprentissage	S4J7	S5J9/ S5J15
	Niveau du chronos	Indéfini (travail par groupes)	3/0
***Expliquer** la mise en relation effectuée entre les observations réalisées de la Lune et les résultats de la recherche documentaire ou les résultats de la modélisation, classe de PA*	Jeux d'apprentissage	S2J7	S3J3
	Niveau du chronos	1	0

Tableau 30 : Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Expliquer » au sein d'une séquence.

Interprétation :

Dans la majorité des cas, l**e niveau de la chronogenèse diminue lorsque des tâches épistémiques identiques se succèdent au sein d'une même séquence ce qui corrobore les résultats précédents. Toutefois, trois exceptions sont à noter :**

- *A propos de la tâche épistémique « Expliquer le choix du matériel » :*
  Lors des jeux S3J11 et S4J5 (PB), l'objet de la tâche diffère ce qui ne permet pas de comparer l'évolution du niveau de la chronogenèse. De plus, la faible avancée des savoirs dans le premier jeu est à modérer. En effet, la modélisation dont l'objectif est d'invalider l'hypothèse selon laquelle « les nuages sont à l'origine des phases de la Lune » n'aboutit pas sur les connaissances visées. Elle permet cependant la construction d'autres connaissances (par exemple, les nuages sont formés d'eau…). Dans le second jeu d'apprentissage, marqué par une avancée significative des savoirs, la modélisation est en lien direct avec les instructions officielles et donc les savoirs visés.

- *A propos de la tâche épistémique « Prédire une relation entre faits observables et connaissances théoriques en s'appuyant sur ses connaissances expérimentales » :*
  Dans les jeux d'apprentissage S4J10 et S5J10 (PB), l'objet de la tâche est différent mais en lien avec les savoirs visés. Dans les deux cas, l'avancée des savoirs est significative.

[175] La tâche épistémique est identique et porte sur un même objet, le choix du matériel. Cependant, le matériel dont il est question ne concerne pas la même « expérience ».
S3J11 : *expliquer* le choix du matériel nécessaire à la modélisation mise en œuvre pour invalider l'hypothèse selon laquelle les nuages sont à l'origine des phases de la Lune.
S4J5 : e*xpliquer* le choix du matériel nécessaire à la modélisation en le mettant en relation avec l'évènement à modéliser. La modélisation est celle mise en œuvre pour expliquer l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre.

- *A propos de la tâche épistémique « Décrire la démarche suivie » :*
  Dans les jeux S1J3 et S2J3, l'enseignante PA demande aux élèves de décrire la démarche suivie. Or les deux jeux d'apprentissage ne correspondent pas au même stade de la démarche et ce n'est donc pas la même description qui est attendue des élèves.

Une succession de tâches épistémiques identiques au sein d'une même séquence ne favorise pas l'avancée des savoirs dans la classe. Toutefois, ce résultat ne s'applique pas lorsque l'objet de la tâche, en lien avec les savoirs visés diffère d'une séance à l'autre.
La densité de tâches épistémiques identiques au sein d'une même séance ou d'une même séquence ne garantit pas l'avancée du savoir dans la classe.

1.1.3 Nouvelle tâche épistémique au sein de la séquence.

Nous avons montré que la redondance d'une tâche épistémique exclut une avancée significative des savoirs dans le milieu sauf si cette tâche met en œuvre des objets différents.
Nous souhaitons désormais vérifier l'impact de la diversité des tâches épistémiques proposées sur l'avancée des savoirs dans la classe.
Le Tableau 31 précise le niveau de la chronogenèse des jeux d'apprentissages au cours desquels une tâche épistémique nouvelle apparaît dans la séquence ; nous présentons séparément les tâches épistémiques identiques portant sur des objets différents. Les tâches épistémiques ne présentant pas de tâche épistémique source sont surlignées en gris.

Tâches épistémiques	**Jeux d'apprentissage**	**Niveau de la chronogenèse**
Dans la classe de l'enseignante PA		
Définir la démarche suivie[176]	S2J4	3
Questionner des faits observables	S1J5	3
Prédire une relation entre faits et éléments théoriques	S1J6	2
Expliquer son point de vue sur l'origine des phases de la Lune[177]	S1J8	1
Expliquer la mise en relation d'un fait observable avec une explication hypothétique du phénomène	S2J1	3
Décrire la démarche scientifique	S1J3	3
Expliquer le principe d'utilisation d'un modèle	S4J4	3
Expliquer le rôle des éléments matériels utilisés	S4J3	3
Interpréter des faits observables dans le but de mettre au point une stratégie d'utilisation du modèle	S4J7	3
Interpréter des faits observables en utilisant un modèle (les élèves sont en train de faire fonctionner le modèle)	S4J8	3
Expliquer les phases de la Lune en ayant recours aux résultats obtenus lors de la modélisation (on ne fait plus fonctionner le modèle)	S4J9	2
Dans la classe de l'enseignant PB		
Décrire l'astre lunaire (à partir des idées préalables des élèves)	S1J1	0
Décrire un évènement historique	S2J1	0
Décrire les positions relatives des éléments du modèle lors de sa mise en œuvre	S4J6	3

[176] Dans ce jeu il s'agit de définir l'étape de validation des hypothèses et non plus de la décrire car les moyens de validation sont formulés de manière précise de façon à ce que l'ensemble de la classe puisse en acquérir la compréhension.
[177] Cette tâche ne présente pas de tâche épistémique source car les élèves expliquent le choix de l'hypothèse retenue, hypothèse obtenue à partir de dessins non codifiés de la Lune, résultat d'une observation « libre » de la Lune.

de façon à en acquérir une conception précise		
Prédire une relation entre fait observable et éléments théoriques ; le fait observable concerne la forme de l'astre lunaire et la Lune vue par un observateur dans l'espace	S2J2	2
Prédire une relation entre fait observable et éléments théoriques ; le fait observable concerne la forme de la Lune pour un observateur terrestre (à partir d'une intuition)	S2J4	3
Prédire une relation entre faits observables et éléments théoriques[178] ; le fait observable concerne la couleur de la Lune	S3J7	1
Prédire une relation entre éléments théoriques et faits observables (prédire un élément théorique à partir du fait observable) en s'appuyant sur des connaissances « expérimentales »	S4J10	3
Prédire un fait observable (lors de la mise en œuvre du modèle) en prenant appui sur ses connaissances : il s'agit de dire si la Lune est toujours éclairée de la même manière[179]	S5J13	0
Interpréter des faits théoriques (naissance de la Lune) Tirer une signification de la théorie admise comme expliquant l'origine de la Lune avec un point de vue mettant en jeu une autre représentation à savoir considérer la Terre comme une source secondaire de lumière (pas mis en œuvre)	S2J7 Jeu interrompu, tâche non mise en œuvre	1
	S2J9 Reprise du jeu S2J7	3
Interpréter un élément théorique, la situation matérialisée dans le calendrier lunaire par l'absence de lune en la mettant en relation avec d'autres éléments du calendrier ou avec ses propres représentations	S3J8	2
Interpréter les résultats de l'expérience de la balle éclairée par une lampe, donner du sens à l'observation en mettant en jeu des éléments théoriques liés à la notion de source secondaire de lumière Comprendre que ce que l'on voit de la balle dans le modèle mis en œuvre dépend des conditions expérimentales et diffèrent des conditions réelles. (pas d'objets diffusants à proximité de la Lune)	S4J9	3
Interpréter un fait observable en utilisant un modèle. Les élèves guidés par le maître doivent donner du sens aux phases de la Lune perçues par un observateur terrestre en s'appuyant sur le modèle mis en œuvre.[180]	S4J11	3
Interpréter les représentations identiques de la Lune sur le schéma, c'est-à-dire donner un sens à ces représentations en mettant en jeu un élément du modèle scientifique mis en œuvre lors de la séance précédente (le fait que vue depuis le Soleil, la Lune est toujours éclairée de la même manière)[181]	S5J4	0
interpréter un fait (la Lune présente toujours la même face) en mettant en jeu le modèle mis en œuvre par le maître	S5J17	3
Questionner des éléments théoriques (le contenu de la bande son) c'est-à-dire formuler de manière précise son sens[182]	S2J8	1

[178] Cette tâche ne présente pas de tâche épistémique source car le fait observable est donné sans avoir fait l'objet d'une vérification.

[179] Ce savoir a été déjà été introduit dans le milieu dans les jeux S4J11, S5J4, S5J5, S5J10. Pourtant un désaccord entre les élèves subsiste : certains pensent que la Lune est toujours éclairée de la même manière mais qu'un observateur terrestre ne la voit pas toujours de la même façon. ; d'autres pensent qu'elle n'est pas toujours éclairée de la même façon car elle bouge par rapport au Soleil.

[180] Nous avons considéré que la tâche épistémique « *Interpréter* des faits observables en utilisant un modèle » était introduite dans la séance 4 jeu 8 menée par l'enseignante PA même si cette tâche épistémique avait été mise en œuvre dans la séance 2 jeu 6 . En effet, la première mise en œuvre étant erronée par rapport au savoir académique, nous ne l'avons pas comptabilisée.

[181] L'objet de la tâche est le fait que la Lune est toujours éclairée de la même manière. Or cette tâche épistémique n'est pas réellement nouvelle. En effet, interpréter les phases de la Lune en utilisant un modèle implique de mettre en évidence que la Lune est toujours éclairée de la même manière. Or, l'interprétation des phases de la Lune avec l'utilisation d'un modèle a été fait en S4J11 (chronos 3).

[182] Les savoirs abordés sont hors programme.

Questionner un élément théorique (le calendrier lunaire) dans le but d'obtenir des informations sur la durée d'une lunaison	S3J10	2
Questionner, faire une demande au maître pour obtenir des informations en relation avec la Lune	S5J6	3
Définir la fiche d'identité de la Lune	S2J10	3
Définir le sens des symboles utilisés sur le calendrier lunaire.	S3J6	0
Définir le terme modélisation (sens scolaire).	S4J4	3
Définir des faits observables : le nom de chacune des phases de la Lune (le maître associe à chacune des phases la photographie de la Lune correspondante)	S5J8	3
Expliquer des évènements particuliers correspondants aux phases de la Lune en établissant des liens de cause à effet entre la position de la Lune autour de son orbite autour de la Terre et le modèle correspondant mis en œuvre lors de la séance	S4J7	indéfini
	S5J9	3
Argumenter son point de vue en faveur ou non de l'hypothèse selon laquelle les nuages expliquent les différentes formes possibles de la Lune pour un observateur éloigné de la Lune et hors atmosphère terrestre [183]	S3J3	0

Tableau 31 : Mise en relation des niveaux de la chronogenèse avec les tâches épistémiques mises en œuvre.

Interprétation :

Cette analyse montre que la mise en œuvre d'une **nouvelle tâche épistémique** implique le plus souvent un niveau de la chronogenèse élevé : 25 tâches sur 35 sont de niveaux 2 ou 3. Dans la plupart des cas, une **nouvelle tâche épistémique** se comporte donc comme un **accélérateur pour l'avancée des savoirs dans la classe**
Toutefois, certaines tâches épistémiques nouvelles ne permettent pas une avancée des savoirs significative. Les commentaires notés dans le tableau 21 mettent en évidence que, selon les cas, ces tâches épistémiques:

- ✓ mettent en œuvre un objet n'ayant pas d'équivalence dans les tâches épistémiques sources ; elles ne sont pas en lien avec une pratique scientifique réelle ;
- ✓ ne sont pas en lien direct avec le savoir visé ;
- ✓ ont un objet qui a déjà été abordé dans une autre tâche épistémique.

Une nouvelle tâche épistémique au sein d'une séquence favorise l'avancée des savoirs visés dans le milieu à condition que l'objet de la tâche soit en lien avec des objets épistémiques sources, c'est-à-dire avec des pratiques scientifiques effectives.

1.1.4 Jeux d'apprentissages sans tâche épistémique

Nos analyses montrent l'influence des tâches épistémiques sur l'avancée des savoirs dans la classe. Le tableau 32 met en relation les jeux d'apprentissage dans lesquels aucune tâche épistémique n'est mise en œuvre avec le niveau de la chronogensèse.

[183] C'est une reprise du jeu S3J3 où *prédire* une relation entre faits observables et connaissances théoriques intuitivement puis à l'aide de ses connaissances la forme de la Lune pour un observateur situé hors de l'atmosphère terrestre et éloigné de la Lune. Dans la séance 1, la tâche épistémique était de décrire : le but était d'obtenir une représentation de ce que les élèves avaient dans la tête. Ici, les élèves annoncent la forme de la Lune (par exemple en boule) comme devant se produire en tentant de trouver des causes. Les formes possibles ont été dessinées précédemment, il ne s'agit plus de faire acquérir une conception précise de ces formes.

Jeux d'apprentissage, classe de PA	Niveau du chronos	Tâches épistémiques
S3J1	0	Pas de tâche épistémique
S3J2	0	Pas de tâche épistémique
S2J5	0	Pas de tâche épistémique
S3J4	1	Pas de tâche épistémique

Tableau 32 : jeux d'apprentissage sans tâche épistémique et niveau de chronogenèse

Interprétation :

L'**absence de tâche épistémique ne permet pas l'avancée des savoirs dans le milieu.**

1.1.5 Synthèse:

La mise en œuvre de tâches épistémiques répertoriées par Tiberghien (2005) au cours des activités proposées aux élèves **favorise l'avancée des savoirs dans le milieu en référence aux savoirs visés. C'est l'introduction de nouvelles tâches épistémiques implémentées dans le milieu et non la répétition de tâches identiques qui contribue à l'avancée des savoirs. Autrement dit, la variété des tâches épistémiques dans les activités proposées aux élèves est un facteur essentiel contribuant à l'avancée des savoirs visés dans le milieu.** Cependant, notre étude ne portant pas sur les apprentissages effectifs de chaque élève, nous ne pouvons pas conclure quant à l'utilité de la répétition des tâches pour la compréhension individuelle.

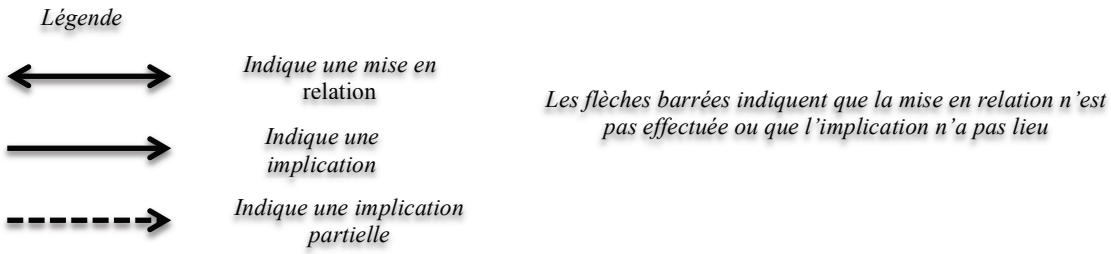
Notre analyse a mis en évidence un autre paramètre dans l'avancée des savoirs : l'efficacité des tâches épistémiques dépend de l'objet de la tâche. En effet, **les objets proposés aux élèves doivent avoir une équivalence dans les pratiques réelles des scientifiques.**

1.2 Tâches épistémiques et épistémologie pratique du professeur

Nous montrons, dans ce paragraphe, comment l'étude des tâches épistémiques permet d'inférer le rôle de déterminants de l'action professorale et de compléter les résultats présentés au chapitre précédent.

Les jeux épistémiques émergents pouvant renvoyer à une pratique savante modélisée par les jeux épistémiques sources, nous associons aux tâches épistémiques émergentes (en référence au jeu épistémique émergent), des tâches épistémiques sources (en référence au jeu épistémique source). Puis, en prenant appui sur les postures épistémologiques identifiées dans le chapitre 2 et sur les caractérisations de déterminants possibles de l'action professorale effectuées dans le chapitre 5, nous interprétons les relations entre les tâches épistémiques sources, l'avancée des savoirs et les représentations des enseignants

Nous donnons ci-dessous la légende associée aux figures présentes dans tout ce paragraphe :



- *Décrire* des faits observables

Dans les deux classes, des tâches de description[184] de faits observables ont été proposées aux élèves. L'analyse des démarches scientifiques au chapitre 2 a montré que l'observation construite de la Nature est un élément fondateur de l'empirisme, courant épistémologique mettant en œuvre un raisonnement basé sur l'induction. La place chronologique[185] attribuée aux tâches de description dans les séances analysées est compatible avec l'élaboration de savoirs à partir d'un raisonnement basé sur l'induction. Pourtant, dans les deux analyses de pratiques, ces tâches épistémiques ne sont pas associées à une avancée importante des savoirs dans le milieu didactique.

En prenant appui sur les résultats présentés dans la partie précédente (la présence d'une tâche épistémique en lien avec les pratiques réelles des scientifiques est nécessaire à l'avancée des savoirs dans la classe), nous identifions le rôle des représentations des enseignants dans la mise en place de ces tâches épistémiques. Les figures 72 et 73 rendent compte des liens entre tâches épistémiques émergente et source ainsi que du raisonnement sollicité pour contribuer à l'avancée des savoirs, respectivement pour les enseignants PA (figure 72) et PB (Figure 73).

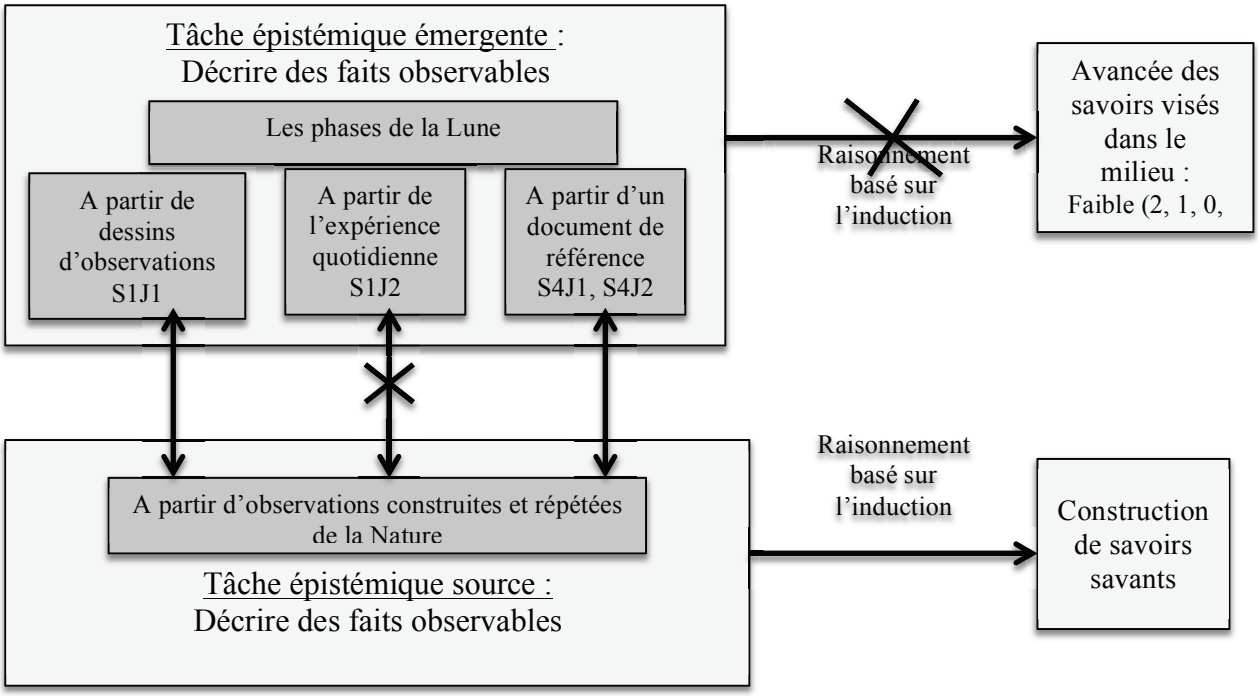


Figure 72 : Tâche épistémique « décrire des faits observables » dans la classe de PA

[184] Décrire, « c'est construire un discours se rapportant à quelque chose de manière à rendre compte de certains traits de cette chose » (Voir Chapitre 2).
[185] En début de séquence.

La tâche épistémique émergente proposée dans la classe de PA est en lien avec une tâche épistémique source : à terme, les élèves devraient être capables de *décrire des faits observables à partir d'observations rigoureuses du réel (des critères précis d'observations étant établis)*. L'objet de la tâche porte majoritairement sur l'observation des phases de la Lune pour un observateur terrestre, ce qui est cohérent avec le travail des scientifiques : en S1J1, l'élaboration de dessins à partir d'observations réelles suppose une description précise des formes de la Lune visibles depuis la Terre[186], de même que le travail à partir des photos de la Lune[187]. En revanche, la description de la Lune s'appuyant sur l'expérience quotidienne des élèves est éloignée de celle réalisée par les scientifiques.

Les analyses de l'action *in situ,* menées précédemment, montrent que l'enseignante PA rejette le raisonnement basé sur l'induction, conformément à ses représentations de la science. **La tâche est initiée mais le raisonnement associé n'est pas convoqué ce qui explique que les connaissances visées à travers les transactions didactiques ne sont pas ou peu présentes dans le milieu.**

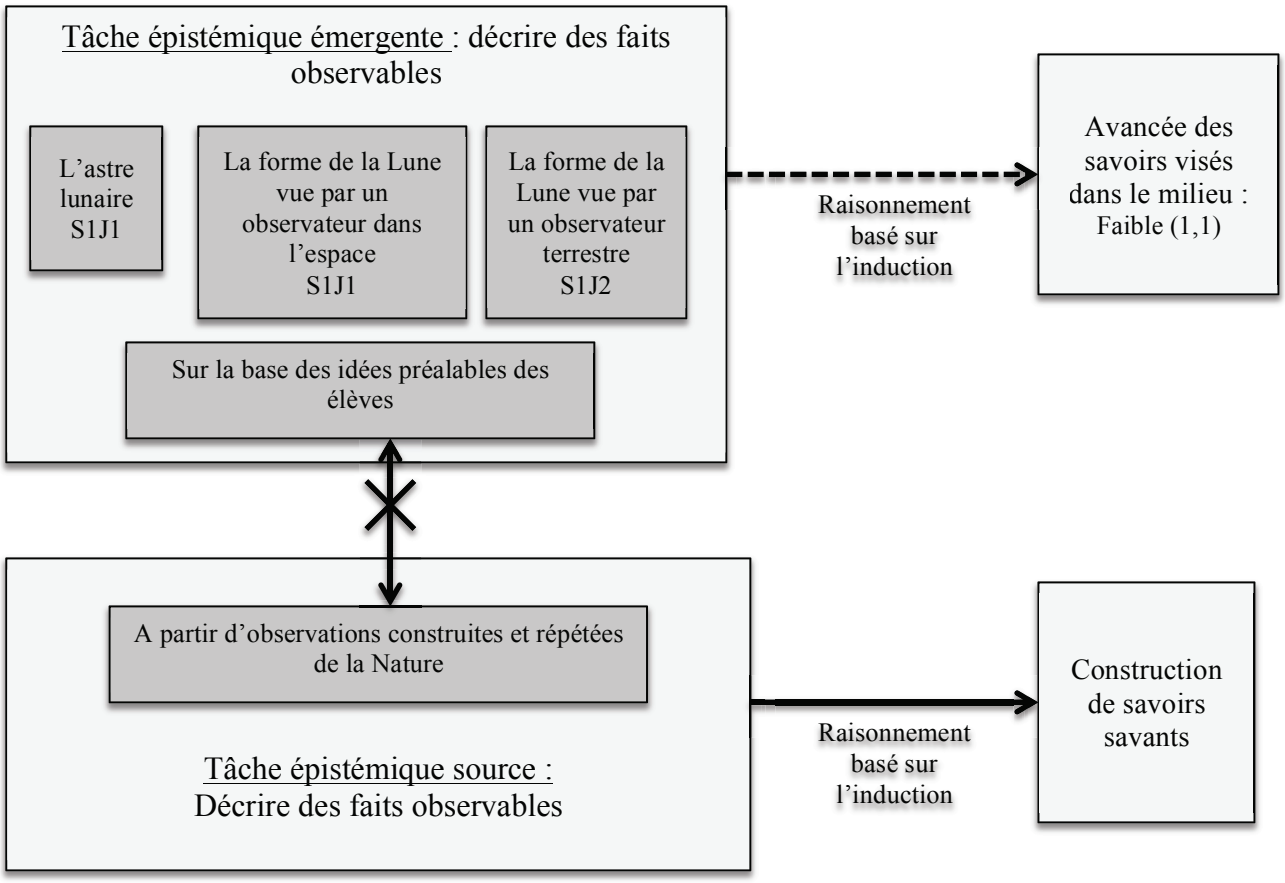


Figure 73 : Tâche épistémique « décrire des faits observables » dans la classe de PB

Dans les tâches de description proposées par PB, l'objet de la tâche ne correspond pas aux pratiques sociales de référence. La description s'appuie non pas sur des observations construites de la Nature mais sur les idées préalables des élèves. Aucune régularité du phénomène n'est mise en évidence ce qui ne permet pas un raisonnement basé sur l'induction.

[186] Nous avons vu dans l'analyse chronologique que ce travail est partiellement réalisé par les élèves.
[187] Se reporter au document dit de référence de la séance 1.

Or, les choix de l'enseignant concernant les objets décrits sont guidés par ses représentations sur l'enseignement des sciences : l'observation quotidienne peut permettre l'élaboration de connaissances scientifiques. L'extrait de l'entretien du 14 mai 2014 en témoigne :

> *C1 : du coup tu penses que dans la classe les élèves avaient déjà tous observé toutes les phases de la Lune*
> *PB : je pense qu'ils ont tous vu*
> *C1 : est-ce qu'ils savaient qu'elle a pas toujours même forme*
> *PB : ah toujours pas toujours la même forme*
> *C1 : ouais qu'elle n'a pas toujours la même forme*
> *PB : oh ouais je pense je pense que dans la littérature de jeunesse ou dans les films il y a trop de fois où on voit le croissant*
> *C1 : oui*
> *PB : je sais pas dans les comptines*
> *C1 : oui c'est vrai c'est toujours le croissant*
> *PB : le croissant et tout le monde a déjà vu la pleine Lune avec les histoires de loup garou enfin je suis sur que je suis sûr que tout le monde sait qu'il y a au moins deux phases pleine Lune et*
> *C2 : croissant*
> *PB : et croissant après je me dis que la nouvelle Lune ils se disent pas qu'elle est face à eux mais qu'on la voit pas je me dis qu'ils se disent qu'on la voient pas parce que elle est pas là elle est cachée on la voit pas parce que c'est le jour et le jour la Lune elle dort ils se disent des trucs comme ça mais j'imagine pas que*
> *C1 : qu'ils avaient pas conscience qu'elle avait plusieurs formes en fait*
> *PB : ouais au moins deux*

Les éléments de la trace écrite en relation avec ces savoirs sont issus du calendrier lunaire mis à disposition des élèves. Apparaissant comme une évidence pour l'enseignant, ces savoirs sont donnés par un document relevant du monde des théories. La séquence prend appui sur ces savoirs non explicités et considérés comme connus (en relation avec les représentations de l'enseignant : *l'observation suffit à acquérir des connaissances, les élèves dans leur vie courante ont observé*)

Les représentations de l'enseignant à propos de l'enseignement des sciences prévalent sur ses représentations *vis-à-vis* des sciences. En effet, les représentations de l'enseignant sont compatibles avec une vision empirique de la science mais la démarche choisie par PB privilégie le recueil des idées préalables des élèves et exclut un raisonnement inductif.

➢ *Prédire, Interpréter et Expliquer*

Dans les séquences analysées, les élèves doivent prédire une relation entre des faits et des éléments théoriques c'est-à-dire émettre des hypothèses. Dans les jeux épistémiques émergents, les élèves donnent une relation possible entre les phases de la Lune et les éléments théoriques dont ils disposent à savoir leurs connaissances naïves ou quotidiennes. Dans la pratique sociale de référence, le scientifique prédit également des relations entre les faits, méthodiquement observés, et les éléments théoriques dont il dispose à savoir les théories scientifiques reconnues par la communauté et appartenant au paradigme en vigueur. L'analyse des démarches scientifiques, réalisée en amont, a montré que même si les empiristes pouvaient avoir recours à l'élaboration de conjectures, le raisonnement hypothético-déductif est un élément central de la démarche expérimentale du 19ème siècle : à partir d'un raisonnement par abduction le scientifique émet des hypothèses qu'il vérifiera par un raisonnement hypothético-déductif.

Ce raisonnement hypothético-déductif constitue une lecture possible[188] des instructions officielles, préconisant le recours à la démarche d'investigation dans laquelle les étapes d'émission d'hypothèses et de validation de ces hypothèses, par l'expérimentation notamment, sont présentes.

Dans ce qui suit, nous montrons comment les tâches épistémiques implémentées dans les deux classes contribuent à l'élaboration d'hypothèses. Puis, nous proposons une analyse des tâches épistémiques convoquées faisant suite à cette phase d'émission d'hypothèses et contribuant à l'avancée des savoirs dans les classes.

La figure 74 montre le rôle des tâches épistémiques convoquées dans l'élaboration des hypothèses dans les classes de PA et PB. Dans les deux cas, l'élaboration d'hypothèses résulte de la mise en relation des faits observables (les phases de la Lune) avec les connaissances naïves des élèves. Les hypothèses étant élaborées au sein d'une culture scolaire et quotidienne donnée, le raisonnement mis en œuvre est un raisonnement par abduction.

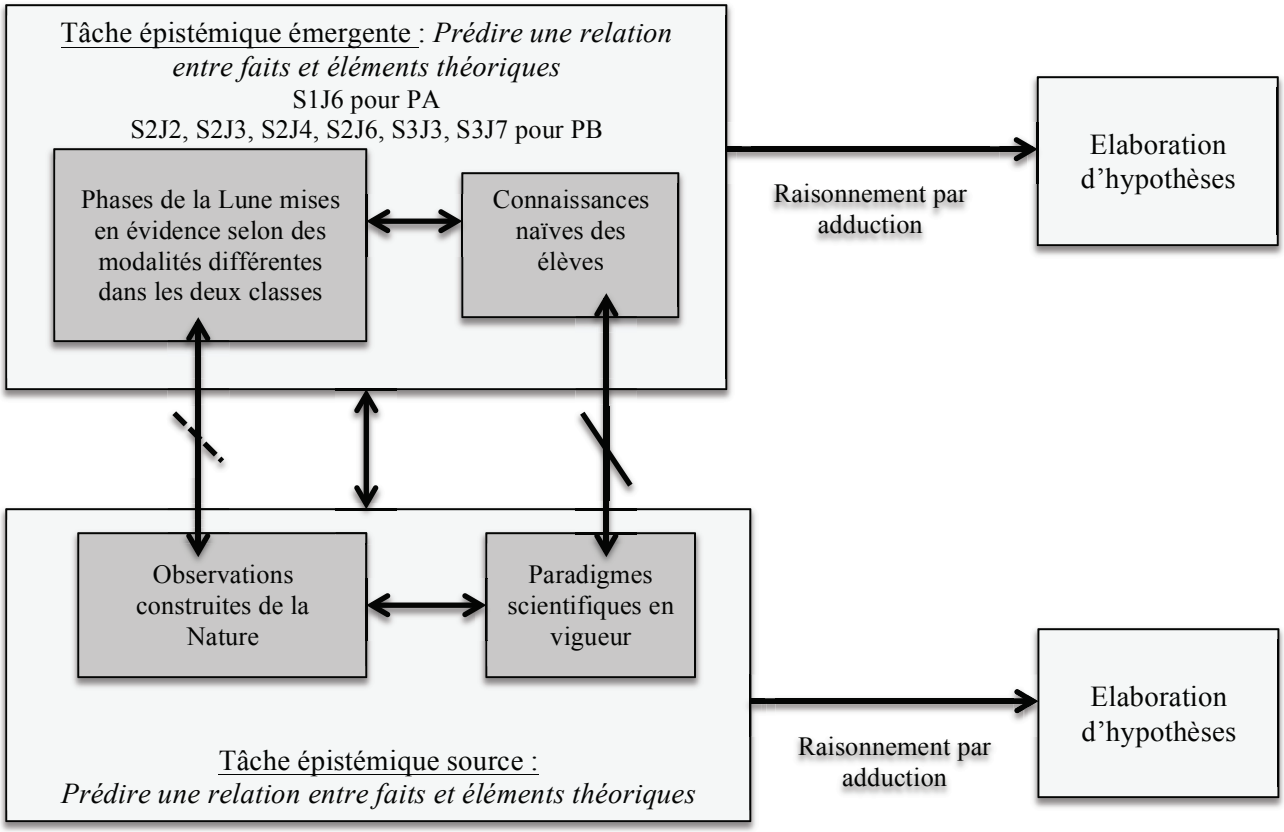


Figure 74 : Tâche épistémique « prédire une relation entre faits observables et éléments théoriques » dans les classes de PA et PB

Interprétation :

L'analyse de l'enquête a montré que l'enseignant PB accorde une place importante aux hypothèses dans la représentation qu'il se fait du travail des scientifiques, ce qui n'est pas le cas de l'enseignante PA. Par exemple, PA rejette la démarche expérimentale de type

[188] Voir dans le chapitre 2, la partie démarche d'investigation : quelles postures épistémologiques possibles ?

OHERIC, où les hypothèses résultent de l'observation, alors que l'enseignant PB l'accepte comme étant très représentative des démarches utilisées par les scientifiques.

L'enseignant PB a multiplié les tâches épistémiques de prédiction (S2J2, S2J3, S2J4, S2J6, S3J3, S3J7), tâches en accord avec ses représentations ce qui n'est pas le cas de l'enseignante PA (S1J6).

Les représentations des enseignants ont une influence sur le choix des tâches épistémiques en œuvre.

Nous nous intéressons désormais aux processus de validation des hypothèses convoqués dans chacune des classes.

- Dans la classe de PA

  - Tâche épistémique proposée :

Suite à l'élaboration des hypothèses, l'enseignante PA incite les élèves à interpréter les phases de la Lune « observées » : elle demande de tirer une signification des faits « observés » en mobilisant des éléments du modèle manipulé. Dans la pratique sociale de référence, le scientifique interprète des faits observés en ayant recours à des éléments d'un modèle, élaboré en fonction de théories scientifiques en vigueur, et en précisant son domaine de validité. L'analyse des démarches scientifiques a montré que les constructivistes[189] assimilent les théories à des instruments représentant la réalité de façon à comprendre le monde. La figure 75 montre comment cette tâche épistémique contribue à l'avancée des savoirs visés.

[189] Le constructivisme est un terme donné par les didacticiens pour qualifier la posture épistémologique actuelle dans laquelle les travaux des scientifiques s'inscrivent.

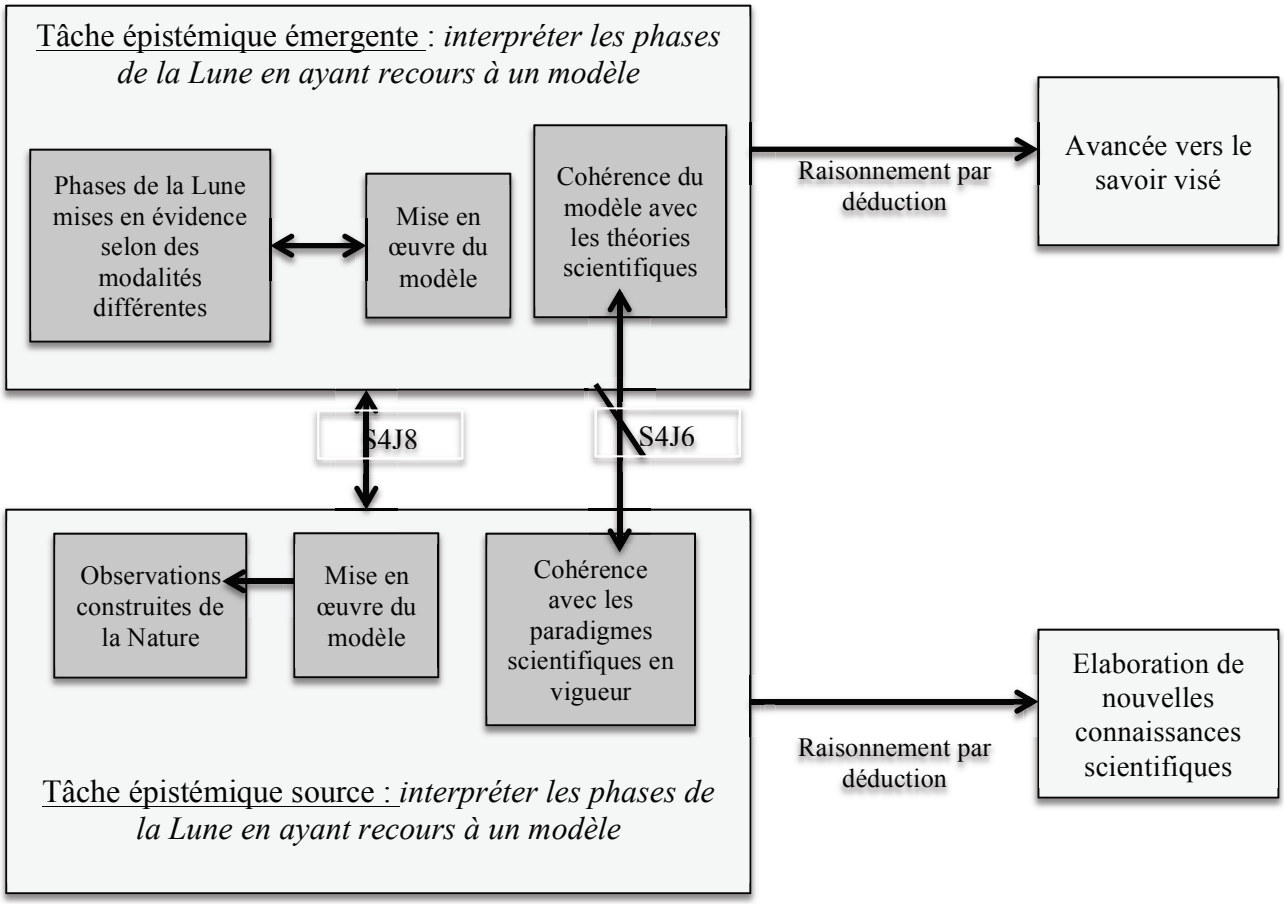


Figure 75 : Tâche épistémique « interpréter les phases de la Lune en ayant recours à un modèle » dans les classes de PA

Interprétation :

Lors de la mise en œuvre de la modélisation conduisant à l'avancée des savoirs (S4J8) pour PA, le jeu d'apprentissage pouvait être assimilé à un jeu épistémique dont la tâche principale est « *d'interpréter des faits observables en utilisant un modèle*». **Le raisonnement par déduction contribue à l'avancée des savoirs dans la classe[190], lorsque l'objet de la tâche épistémique, réalisée par les élèves, trouve une correspondance dans les pratiques sociales de référence**.

Or, lors du jeu S4J8, la modélisation proposée étant la même pour tous, les hypothèses préalablement émises ne peuvent pas toutes être pas vérifiées et ne s'avèrent donc pas nécessaires. En effet, les fiches de préparation mettent en évidence un raisonnement hypothético-déductif mais l'avancée des savoirs dans le milieu s'appuie en réalité uniquement sur un raisonnement déductif, les hypothèses émises ne sont pas intégrées au raisonnement lié à la mise en place de la modélisation. Les élèves doivent tirer des conséquences constituant des explications sur l'origine des phases de la Lune à partir de prémisses fournies par l'enseignante. Pour conduire ce raisonnement, les élèves disposent d'objets matériels. Le recours à la modélisation sous-tend le raisonnement. L'origine des phases de la Lune n'est pas

[190] S4J6 correspond à la première modélisation ne permettant pas l'avancée des savoirs dans la classe ; S4J8 correspond à la modélisation mise œuvre avec les éléments théoriques au bon fonctionnement du modèle, la chronogenèse est alors au niveau 3.

donnée, la cause est construite par les élèves grâce à un raisonnement basé sur la déduction. La tâche épistémique proposée est davantage en cohérence avec les représentations de l'enseignante (la théorie est première) qu'avec le raisonnement logique associé aux étapes de la démarche prévue. L'action professorale *in situ* non conforme à l'action planifiée, est en accord les représentations de l'enseignante PA inférées précédemment.
La mise en œuvre des tâches épistémiques d'interprétation est en cohérence avec les représentations de l'enseignante qui adapte sa réaction *in situ* aux besoins des élèves en faisant évoluer l'objet de la tâche épistémique, de façon à ce que son objet ait une équivalence avec la pratique sociale de référence. Les représentations de l'enseignante sont à la fois en cohérence avec le jeu épistémique source mais aussi avec le raisonnement sollicité.

- **Dans la classe de PB :**

  - Premières tâches épistémiques proposées :

Suite à l'élaboration des hypothèses, l'enseignante PB adapte l'investigation afin de vérifier chacune d'elles. Pour vérifier l'hypothèse des nuages, deux activités en lien avec des tâches épistémiques d'interprétation sont proposées aux élèves : une activité avec le calendrier lunaire (figure 76) et une autre mettant en œuvre une modélisation (Figure 77).

La figure 76 montre que même si l'objet de la tâche, mobilisant les éléments théoriques fournis par le calendrier lunaire et les phases de la Lune observables par un observateur terrestre, sont cohérents avec ceux sollicités dans la tâche épistémique source correspondante, le raisonnement déductif, pourtant possible, n'est pas sollicité. L'enseignant rejette le raisonnement déductif dans l'élaboration des connaissances conformément à ses représentations sur les sciences.

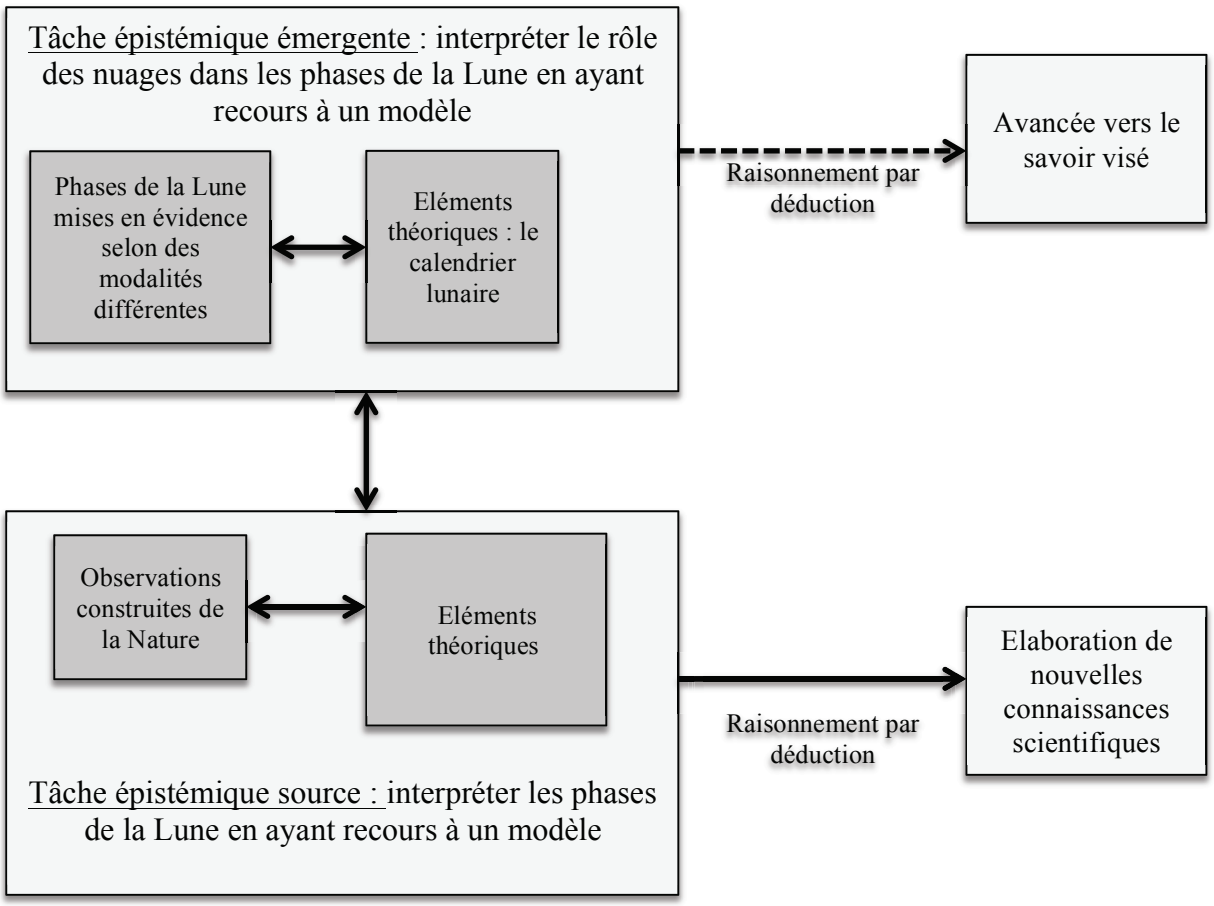


Figure 76 : Tâche épistémique « interpréter les phases de la Lune en ayant recours à un modèle (le calendrier lunaire) » dans les classes de PB

La figure 77 montre que l'interprétation fondée sur la modélisation ne permet pas l'avancée des savoirs car l'objet de la tâche ne coïncide pas avec celui de la tâche épistémique source. En effet, lors de la manipulation proposée, les élèves disposent de coton et d'une balle représentants respectivement les nuages et la Lune : aucune source de lumière n'est proposée et le coton est « collé » à la balle…

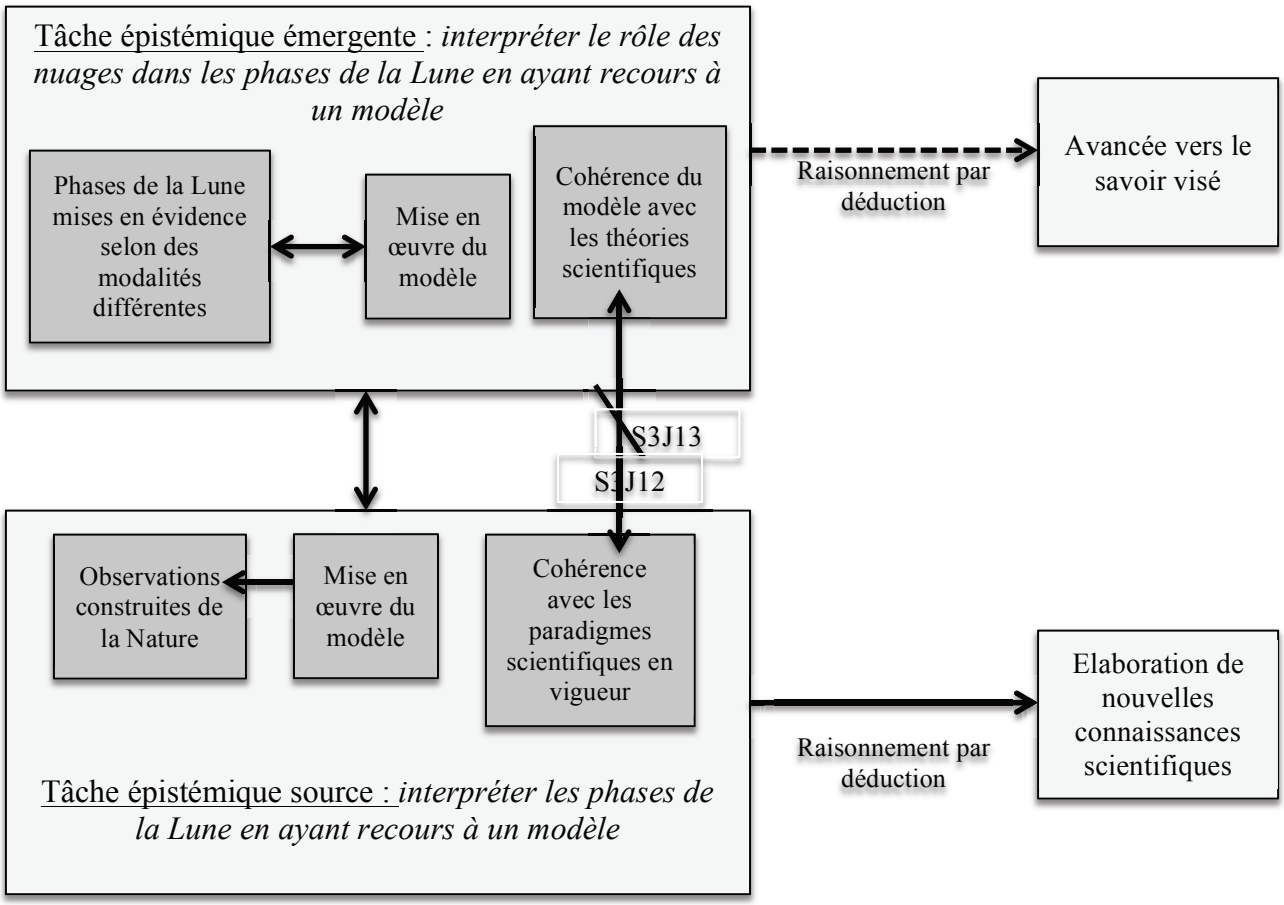


Figure 77 : Tâche épistémique « interpréter les phases de la Lune en ayant recours à une modélisation » dans les classes de PB

- Seconde tâche épistémique proposée :

La suite des activités a pour objectif la vérification de la seconde hypothèse : le Soleil n'éclaire pas toujours la Lune de la même manière. L'enseignant PB propose une nouvelle modélisation (S4J7) aux élèves pour expliquer des phases particulières de la Lune en établissant des liens de cause à effet entre la position de la Lune sur son orbite et le modèle correspondant mis en œuvre.

Lors de la quatrième séance, l'enseignant PB organise une nouvelle modélisation pour expliquer l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre. Après avoir défini le terme modélisation (S4J4) et listé le matériel nécessaire (S4J5), il donne les consignes pour la mise en œuvre de la modélisation (S4J6) en trois étapes :

- Les élèves vont choisir une position particulière de la Lune autour de son orbite autour de la Terre et la représenter sur un schéma à compléter ;
- Les élèves mettent en œuvre la modélisation avec le matériel mis à disposition et selon les consignes données par PB ;
- Les élèves observent alors une phase de la Lune en fonction de la position particulière de la Lune choisie lors de l'étape 1 et reportent leurs observations sur le schéma mis à leur disposition.

Les consignes orales préalables sont liées aux éléments théoriques et aux approximations nécessaires à son bon fonctionnement :

- La Terre est fixe par rapport au Soleil ;

- La Lune devra tourner au-dessus de la Terre (l'enseignant précise que le plan de rotation de la Lune autour de la Terre est incliné par rapport au plan de l'écliptique) ;
- L'élève jouant le rôle de la Terre regarde la Lune et indique la phase visible.

Lors de cette modélisation, la tâche épistémique est « *d'expliquer des évènements particuliers* » correspondants aux phases de la Lune en établissant des liens de cause à effet entre la position de la Lune autour de son orbite autour de la Terre et le modèle correspondant mis en œuvre. Expliquer un évènement signifie le mettre en relation avec d'autres événements c'est-à-dire établir des rapports de cause à effet précisant pourquoi l'évènement s'est produit. Dans le cas de la séance 4, même si les éléments théoriques donnés par l'enseignant permettraient de déduire l'origine des phases de la Lune, le raisonnement n'est pas basé sur une démarche déductive. L'enseignant PB donne les éléments théoriques et indique que c'est la place de la Lune par rapport à la Terre qui va permettre à un observateur terrestre d'observer une phase spécifique. L'enjeu est ici d'associer la bonne position de la Lune à une phase donnée et d'observer la variation de l'éclairement sur la boule en polystyrène. La tâche épistémique est bien d'expliquer. Pour les élèves, l'enjeu principal est de comprendre pourquoi la Lune présente plusieurs phases pour un observateur terrestre. L'enseignant donne la cause, les élèves mettent en œuvre une modélisation en appliquant les variables possibles à la cause, ils observent alors l'effet, vérifiant ainsi l'explication des phases de la Lune fournie par l'enseignant. La cause du phénomène est donnée aux élèves qui doivent seulement la vérifier. La démarche de déduction est limitée par les données fournies par le maître.

Interprétation :

Même si la tâche épistémique « Interpréter » est présente dans de nombreux jeux d'apprentissage, le raisonnement déductif ne permet d'atteindre directement l'objectif principal. En effet, l'enseignant privilégie les raisonnements liés à l'explication pour mettre en évidence l'origine des phases de la Lune. Les raisonnements déductifs aboutissent systématiquement à des résultats annexes contribuant à la compréhension des phases de la Lune mais ne permettant pas directement la compréhension des phases de la Lune. D'autres exemples, que nous n'avons pas développé ici illustrent ces résultats : dans la séance 2, les élèves déduisent que la Lune est une source secondaire de lumière à partir des faits que la Lune est issue de la terre et que la Terre n'émet pas de lumière. Ils déduisent également des informations présentes dans le calendrier lunaire la durée d'une lunaison. Dans la séance 4, ils déduisent d'une modélisation avec une balle éclairée par une lampe de poche que la forme de la partie éclairée dépend de la place de l'observateur…

Pour atteindre les objectifs visés, l'enseignant PB met en œuvre des raisonnements en accord avec ses représentations de la science. Il privilégie des explications au détriment d'interprétations basées sur la déduction. Le raisonnement au cœur du courant rationaliste rejeté par cet enseignant n'est pas privilégié dans les séances implémentées. En revanche, la logique du raisonnement mis en œuvre dans la séquence suit la démarche OHERIC, à laquelle cet enseignant adhère et au sein de laquelle les observations sont remplacées par les idées préalables des élèves.

1.3 Comparaison des pratiques enseignantes de PB et PA à travers les tâches épistémiques mises en œuvre

En lien avec les recommandations officielles, les deux enseignants ont effectué une modélisation pour comprendre les phases de la Lune. Pour autant, les tâches épistémiques proposées et implémentées, ainsi que les raisonnements associés, sont fondamentalement différents. Pour chacun des enseignants, les tâches épistémiques sont en lien avec leurs postures épistémologiques.

Les résultats de notre étude montrent l'importance des représentations épistémologiques des enseignants lors de l'implémentation de séquences de sciences. Aussi, il semble important que les enseignants soient conscients **non seulement de leurs propres postures épistémologiques mais aussi du caractère déterminant de cette posture dans leurs choix didactiques concernant le rôle attribué à l'expérimentation.**

Nous signalons l'intérêt dans cette recherche d'avoir suivi les enseignants sur l'intégralité de la séquence mise en œuvre. En effet, les premières séances proposées par l'enseignante PA laisse penser à une lecture hypothético-déductive de la démarche : les élèves émettent des hypothèses qu'ils devront vérifier expérimentalement. Or, il s'est avéré que les hypothèses n'ont pas été vérifiées. En revanche, la préparation de l'enseignant PB laisse penser que la lecture de la démarche est différente et s'appuie davantage sur des représentations empirico-inductiviste de la science. Pour autant, l'implémentation des séances montre qu'une tentative de vérification de chacune des hypothèses émises est proposée.

2 Les savoirs du point de vue des activités de modélisation

Le cadre de référence choisi *(*Chapitre 2, 2.1.2. Activités de modélisation) montre que l'avancée des savoirs dans la classe implique de proposer aux élèves des situations au sein desquelles ils sont amenés à mettre en relation les différents niveaux de modélisation. L'analyse *a priori* des savoirs a également mis en évidence que l'élaboration des savoirs visés nécessite une articulation du monde des objets et des évènements avec le monde des théories. Dans cette partie, nous montrons comment les enseignants construisent cette articulation et la rendent visible aux élèves. En revanche, nous n'analysons pas les relations internes à un monde même si nous pensons qu'elles sont importantes pour structurer les savoirs.

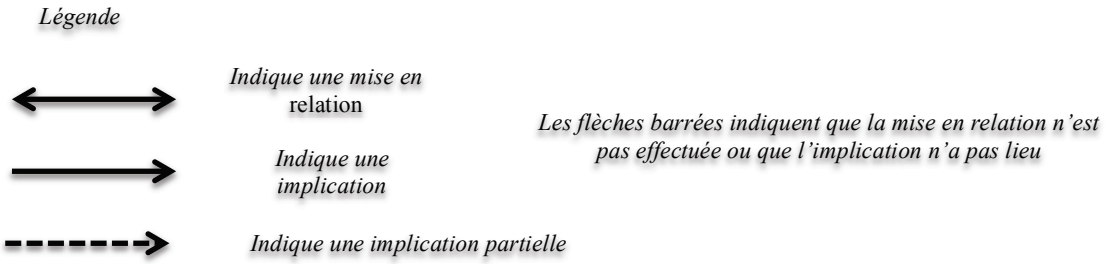
Pour ce faire, nous avons analysé chaque jeu d'apprentissage en termes de niveaux de modélisation définis au chapitre 6 (Caractérisations des déterminants de l'action professorale) et représentés dans la figure 65. Nous avons ensuite construit un graphique des niveaux de modélisation possibles en fonction du temps didactique. Nous avons distingué plusieurs niveaux dont les contenus sont précisés sur la base de la carte heuristique :

- Le niveau M3, comportant les principaux éléments de connaissances visés ;
- Les niveaux M1 et M2 relatifs aux éléments théoriques issus de l'optique et de la mécanique.
- L'analyse des séances a montré l'importance accordée aux connaissances naïves des élèves : elles sont intégrées au modèle M4.

Ainsi, M1, M2, M3 et M4 sont les niveaux de modélisation relevant du monde des théories. Il ne s'est pas avéré pertinent de distinguer des niveaux dans le monde des objets et des évènements. Nous avons donc représenté en ordonnée le monde des objets et des événements, et les niveaux de modélisation M1, M2, M3 et M4.

En prenant appui sur les niveaux de modélisation représentés sur ces graphiques, cette partie donne un nouvel éclairage sur les conditions d'avancée des savoirs dans le milieu en lien avec les mises en relation des niveaux de modélisation.

Nous donnons ci-dessous la légende associée aux figures présentes dans tout ce paragraphe :



2.1 Séquence mise en œuvre par l'enseignante PA

2.1.1 Représentations graphiques

Toutes les représentations graphiques figurent en annexe.
Les représentations graphiques 3 à 6[191] montrent que les objets du milieu, introduits au fil des séances, relèvent alternativement du monde des objets et des événements et du monde des théories. Cependant, les éléments du monde des théories convoqués relèvent majoritairement du modèle M4 (connaissances naïves des élèves). Lors des deux premières séances, seules les connaissances naïves des élèves sont mises en jeu, en lien avec les représentations de l'enseignante sur l'enseignement des sciences. Dans le jeu S2J7, le milieu incite les élèves à expliciter leurs connaissances naïves dont certaines sont en accord avec le savoir académique (*Voir la* Figure 69*)* mais l'institutionnalisation proposée par l'enseignante, en réponse aux productions des élèves, ne distingue pas les connaissances naïves des connaissances visées. La première distinction explicite entre les mondes M4 (connaissances naïves) et M3 (connaissances visées) apparaît dans la quatrième séance qui correspond aussi à une accélération du temps didactique. La dernière séance est celle lors de laquelle les jeux relatifs au monde des théories et les explications en lien avec les connaissances visées sont les plus nombreux.

2.1.2 Conditions d'avancée des savoirs en lien avec les niveaux de modélisation

Nous proposons ici d'interpréter les conditions d'avancée des savoirs dans le milieu en lien avec les niveaux de modélisation.

[191] Représentations présentées p 7 à 9 dans « Complément : éléments de référence pour l'interprétation des résultats ».

- Le document « de référence » représentant les phases de la Lune[192]

Comme mentionné dans le chapitre 6 *(1.3.2.* Points de vue mésoscopique et microscopique : les représentations comme pilote implicite mais omniprésent de la pratique*.),* les connaissances « empiriques » [193] susceptibles d'être construites à partir des observations réalisées en amont par les élèves n'ont été pas institutionnalisées : ni lors de la première séance où les observations ont été rapportées, ni lors de l'élaboration de la trace écrite. Nous proposons de montrer comment l'articulation des mondes influence l'avancée des savoirs.
Le jeu S1J1, partiellement défini par l'enseignante[194], n'est pas pris en charge par les élèves [195]. Un changement des responsabilités dans la topogenèse va être observé lors du jeu S1J2 : les élèves initient le jeu en faisant part de leur expérience quotidienne. Les échanges ne sont pas institutionnalisés[196] et on observe un blocage dans l'avancée des savoirs.[197] L'enseignante introduit alors un nouvel élément dans le milieu (S1J4) : le document nommé « document de référence » [198] sur lequel des photographies de la Lune dans l'ordre d'apparition des différentes phases au cours de la lunaison sont représentées. Ce document n'a pas permis d'avancer vers les savoirs visés, c'est pourquoi nous nous intéressons à son statut.

Interprétation :

Pour les élèves, ce document se substitue aux observations « construites » qu'ils ont effectivement réalisées ou qu'ils auraient dû réaliser. Pour l'enseignante, ce document est une ressource « théorique » avec des données « indiscutables ».

PA : je vais vous donner un document plus réaliste

Lors de l'introduction de ce document (S1J4), l'enseignante ne définit pas ses attentes[199]. Les élèves prennent en charge le jeu et commentent spontanément le document en le comparant à leurs représentations sur l'apparence de la Lune :

E : elle peut être à l'envers des fois
E : oui comme ça elle serait à l'équateur
PA : donc tu penses que partout on va voir la même chose

Autrement dit, les élèves utilisent le document comme support pour faire part de leur expérience quotidienne alors que l'enseignante l'instaure comme une référence commune indiscutable, sans faire de lien explicite avec la grille d'observations de la Lune.

PA : bon en tout cas, pour le moment je vous montre un document sur lequel on va travaille
PA : bon vous avez tous plus ou moins vu ce qu'il y a au tableau

Perçu par les élèves comme une représentation d'éléments relevant du monde des objets et des évènements (Photographies de la Lune), il n'en est pas de même pour l'enseignante qui l'instaure comme référence théorique dans le milieu (Ce document organise les observations : 24 Lunes représentées du premier croissant à la nouvelle Lune)[200]. Or, aucune relation n'est

[192] Voir photo 1 de l'annexe n°36.
[193] Connaissances visées de type empirique : « *Connaître les phases de la Lune, savoir qu'elles se reproduisent toujours dans le même ordre et avec la même durée* ».
[194] S1J1: définir niveau 1 : 1a règle du jeu est définie partiellement ; les élèves doivent restituer leurs observations mais le mode de restitution n'est pas précisé (description orale, montrer le dessin…). De plus, les critères d'observations ne sont pas rappelés.
[195] S1J1 : dévoluer : niveau 1.
196 S1J2 : institutionnaliser : niveau 1.
[197] Chronogenèse (S1J1 niveau 1 ; S1J2 niveau 1).
[198] Voir photo 1 de l'annexe n°36.
[199] S1J4 : définir : niveau 1.
[200] Dans l'analyse *a priori* des savoirs, les phases de la Lune ont été identifiées comme relevant du monde des objets et des évènements. Cette catégorisation se place du point de vue des savoirs à construire mais les phases

explicitée entre les observations réelles des élèves et le contenu du document, ce qui empêche l'articulation entre le monde des objets et des événements et le monde des théories. En effet, même si le document enrichit le milieu avec des élèments issus des deux mondes, ces éléments ne sont pas perçus simultanément par les élèves ce qui freine l'avancée des savoirs visés (L'existence des phases de la Lune et leur aspect cyclique). Ce document sera d'ailleurs utilisé lors du jeu suivant pour aider à la formulation de questions (S1J5), tout en étant cantonné au monde des objets et des évènements. La Figure 78 rend compte de cette analyse en montrant que les caractéristiques du milieu des élèves ne sont pas les mêmes que pour l'enseignante.

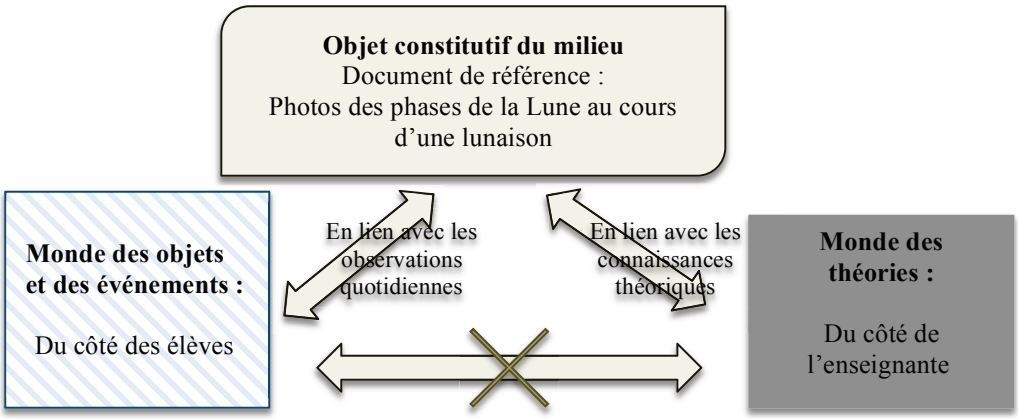


Figure 78 : L'absence de lien entre le monde des objets et des évènements est un frein à l'élaboration des savoirs visés (existence des phases de la Lune et leur aspect cyclique

- Emission d'hypothèses

Dans tous les jeux d'apprentissage de S1J6 à S1J8, on observe une mise en relation d'éléments issus du monde des objets et des évènements (Observations directes ou observations à partir du document récapitulatif pris pour référence) avec les connaissances naïves des élèves (Modèle M4). Ces relations sont liées aux explications du phénomène observé par les élèves prenant appui sur leur système de connaissances. Les analyses de la partie précédente, *(Voir Chapitre 7, 1.3.2* Points de vue mésoscopique et microscopique : les représentations comme pilote implicite mais omniprésent de la pratique*.)* montrent que les hypothèses sont parfois compatibles avec le savoir académique issu de l'optique géométrique ou de la mécanique. Ce travail est en accord avec les représentations de l'enseignante qui décrit une hypothèse comme suit :

« *PA : hypothèse : Ebauche de réponse basée sur des connaissances que l'on pense avoir*[201] »

La figure 79 montre que cette phase, favorisant la mise en relation du monde des objets et des évènements avec le monde des théories (M1, M2, M3 et connaissances naïves), permet l'avancée des savoirs dans la classe[202].

de la Lune peuvent relever du monde des théories après des observations répétées ayant conduit à la construction de connaissances.

[201] Extrait des résultats de la seconde partie de l'enquête disponible en annexe n°16.

[202] S1J6 : chronos niveau 2 : on avance vers les savoirs visés dans le sens où les élèves cherchent des explications au problème posé, on fait l'hypothèse pour chaque élève que des connaissances sont mobilisées même si le chercheur ne peut y accéder.

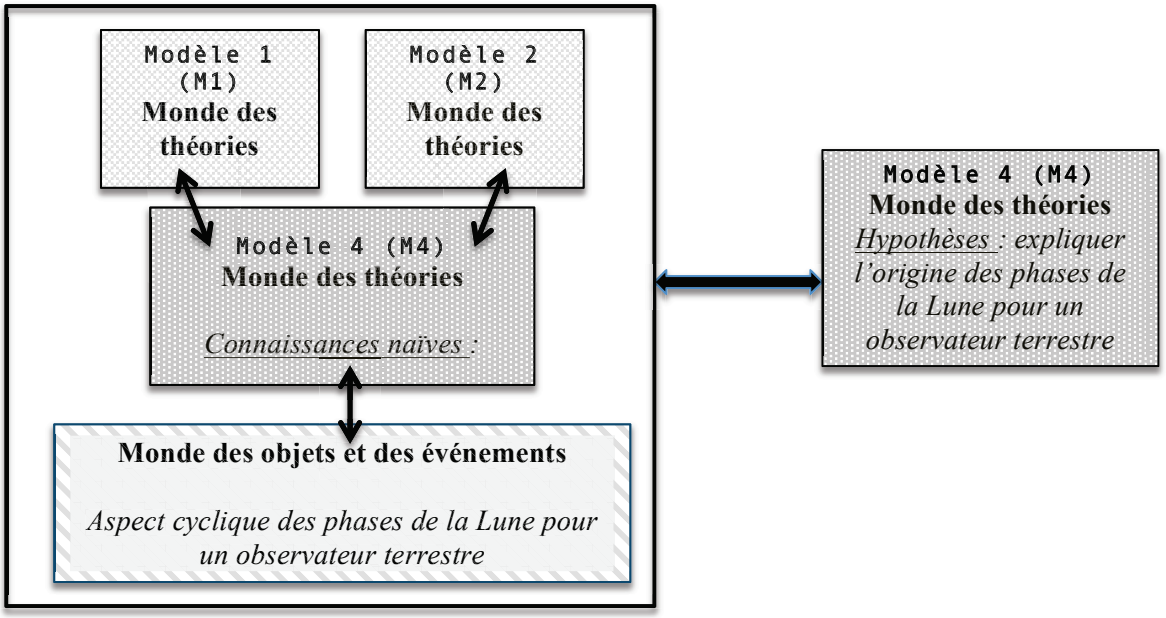


Figure 79 : Mise en relation des deux mondes permettant l'élaboration d'hypothèses.

➢ Statut de l'observation

Lors du jeu S2J1, un groupe d'élèves affirme avoir invalidé, grâce à une observation, l'hypothèse selon laquelle les nuages sont à l'origine des phases de la Lune : ils interprètent les faits observés c'est-à-dire qu'ils leur donnent du sens avec un point de vue mettant en jeu l'hypothèse émise. Comme nous l'avons indiqué dans le chapitre précédent, l'enseignante PA rejette leur proposition en exigeant le recours à une modélisation.

PA : on va quand même retenir l'hypothèse mais on va essayer de montrer que ce n'est pas les nuages.

Interprétation :

La figure 80 rend compte de l'interprétation proposée par les élèves prenant appui sur deux niveaux de modélisation :

- le monde des objets et des évènements (croissant de Lune/ ciel dégagé sans nuage)
- le monde des théories (M4, connaissances naïves constituées de l'hypothèse des élèves : les phases de la Lune s'expliquent par la présence de nuages)
- le monde des théories (M3, les phases de la Lune ne s'expliquent pas par la présence de nuage)

Les élèves construisent une signification (Modèle M3) de leur observation en mettant en jeu leur hypothèse (Modèle M4).
Or, l'enseignante n'accepte pas la mise en relation du monde des objets et des évènements (croissant/ sans nuage) avec le monde des théories (M4) et freine ainsi l'avancée des savoirs dans le milieu (M3).

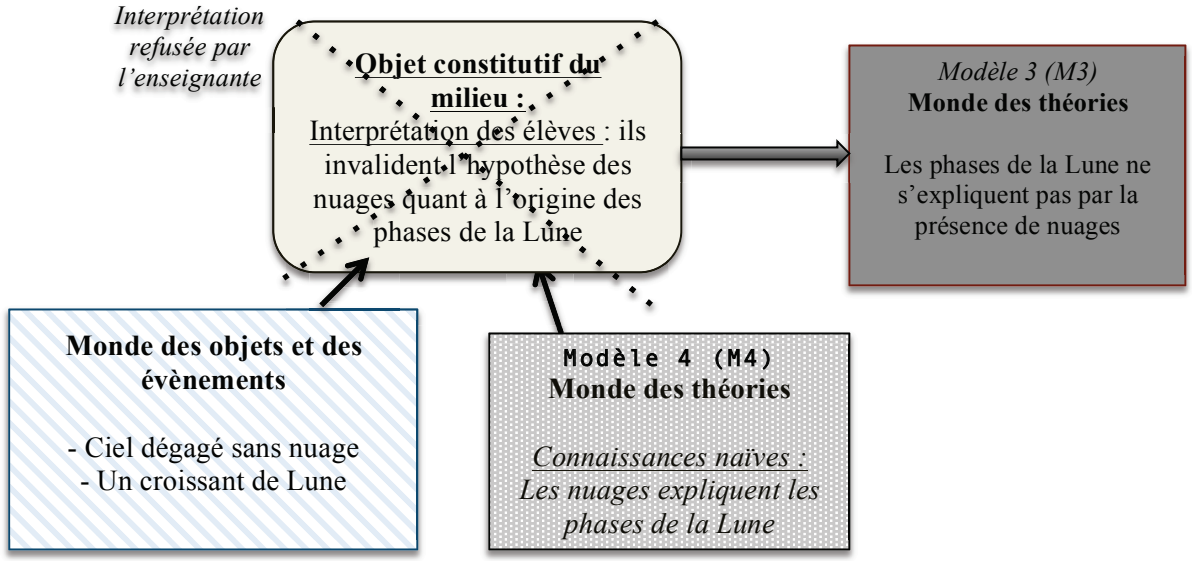


Figure 80 : Eléments relevant du monde des théories non acceptés par l'enseignante dans le milieu, frein à l'élaboration des savoirs

➢ Première modélisation

Lors du jeu d'apprentissage S2J6, les groupes 1, 3, 5 et 6 modélisent le système Soleil-Terre-Lune avec les objets matériels disponibles (Lampes, boules) afin de valider leurs hypothèses sur l'origine des phases de la Lune. Lors du jeu S2J7, les élèves de chaque groupe relatent leurs résultats à l'ensemble de la classe.

Interprétation :

Les fiches de préparation[203] indiquent que l'enseignante envisage la modélisation réalisée dans le jeu S2J6 comme le moyen d'élaborer le savoir visé[204] en validant l'hypothèse choisie par le groupe. Pour les élèves, le jeu est gagné à partir du moment où ils sont en mesure de valider ou d'invalider leurs hypothèses alors que pour l'enseignante le gain au jeu signifie que l'explication correcte de l'origine des phases de la Lune est construite. Le gain au jeu suivant S2J7 consiste en la communication des résultats préalablement explicités par écrit.[205]

Lors de l'implémentation, les élèves estiment gagner le jeu S2J6 s'ils observent une variation de la zone éclairée sur la boule. Or, il est possible de réaliser cette observation sans être en adéquation avec le savoir académique. La validation d'hypothèses erronées[206] est possible. Les rétroactions du milieu conformes au savoir académique (Modèle M1 et M2)

[203] Les fiches de préparation correspondant à la séquence implémentée par PA sont en annexe n°27.
[204] Savoir visé : « Comprendre l'origine des phases de la Lune par une modélisation. »
[205] Les élèves doivent lister le matériel nécessaire à la mise en œuvre du modèle choisi, décrire la phase de modélisation, son déroulement, les résultats observés et ce qu'ils en ont compris et comment ils pourront l'expliquer aux autres sur un document prévu à cet effet.
[206] Par exemple, le groupe 5 conclut, après la modélisation, en ayant recourt à des connaissances naïves. *E : et ben on voyait que le Soleil la lumière faisait une forme à la Lune en même temps que la Terre cache une partie de la Lune en fonction de la lumière et en fait on a vu certaines formes qui sont sur le dessin.*

n'ont pas été prévues. La seule rétroaction du milieu permettant d'identifier un échec au jeu est l'impossibilité de faire varier cet éclairement[207].
La planification de l'enseignante laisse supposer que l'utilisation du matériel disponible et de l'observation de la variation de la zone éclairée sur la boule en polystyrène doit permettre d'expliquer l'origine des phases de la Lune ce qui n'est pas le cas. Cela n'est possible que si les connaissances naïves des élèves sont en accord avec le savoir académique

L'utilisation des objets matériels lors de la modélisation est prévue comme élément de liaison entre le monde des choses et des évènements (existence des phases de la Lune) et le monde des théories (M3, expliquer l'origine des phases de la Lune). Or, les règles d'utilisation des objets ne sont pas explicitées en relation avec les modèles académiques : **le lien entre les deux mondes n'est pas assuré, l'avancée des savoirs dans la classe est freinée.** La figure 81 en rend compte en montrant notamment que la validation des hypothèses s'appuie sur des connaissances naïves (M4).
La manipulation des objets matériels représentant la Terre, le Soleil et la Lune sera conforme au savoir académique lors de la quatrième séance lorsque les règles d'utilisation s'appuieront à la fois sur des éléments du monde des objets et des évènements (phases de la Lune/ variation de la zone éclairée sur la balle) mais aussi sur des éléments du monde des théories (notamment M1 : la Lune diffuse la lumière qu'elle reçoit du Soleil ; M2 : angle de 5°environ entre le plan de rotation de la Lune et le plan de l'écliptique). **Les objets matériels pourront alors assurer le lien entre les deux mondes et permettent l'avancée des savoirs dans le milieu** (M3, explication de l'origine des phases de la Lune). Nous reviendrons sur ce point dans la suite de notre texte.

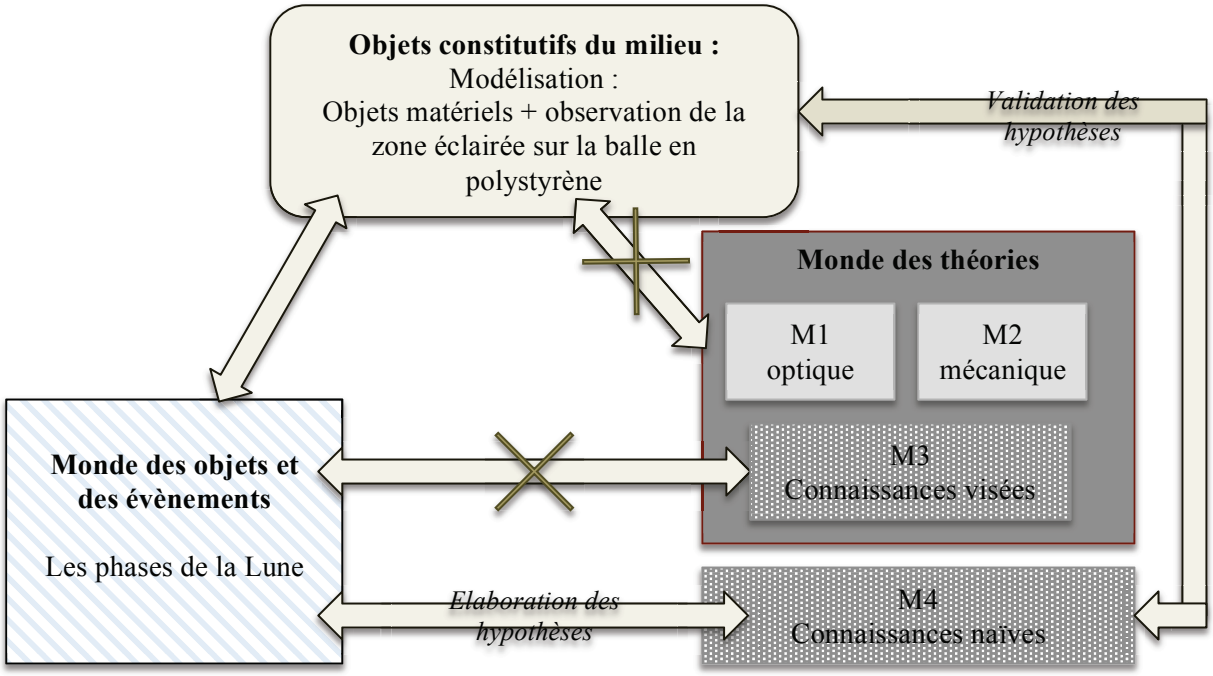


Figure 81 : La modélisation ne permet pas l'avancée des connaissances visées

[207] C'est le cas du groupe 3 ; l'objet Terre tourne plus vite autour de la lampe représentant le Soleil que l'objet Lune autour de l'objet Terre.

Remarque :

Un élément du milieu peut avoir des statuts différents selon la manière dont il est considéré. Par exemple, à l'issue du jeu S2J6, les élèves du groupe 5 proposent une explication de l'origine des phases de la Lune en accord avec les savoirs académiques. Or, dans le milieu, leur explication a la même valeur que celles proposées par les autres groupes puisque l'enseignante ne propose pas d'institutionnalisation des savoirs. Ainsi, pour les élèves l'explication du groupe 5 est équivalente aux explications des autres groupes et se trouve dans le monde des théories (M4, connaissances naïves). A l'issue de ce jeu, les deux types d'explications coexistent dans le milieu[208]. Ainsi, la présentation de l'explication des phases de la Lune, cohérente avec le savoir académique, implique qu'elle soit considérée par les élèves comme relevant du modèle M4 alors qu'elle pourrait relever du monde des théories M3 pour l'enseignante.

- Recherche documentaire[209]

Lors du jeu S3J5, la stratégie consiste à extraire des documents, les éléments utiles à la construction d'une explication quant à l'origine des phases de la Lune. A partir de ces éléments, il s'agit de sélectionner l'une des deux explications données par les élèves à l'issue du jeu précédent[210].

Interprétation :

La construction de l'explication sur l'origine des phases de la Lune résulte de la mise en relation d'éléments :

- Issus du monde des choses et des évènements (En lien avec l'aspect de la Lune pour un observateur terrestre : photographies de phases particulières de la Lune) ;
- Et des éléments issus du monde des théories (Relevant du monde M1 optique : la Lune est une source secondaire de lumière ; Relevant du monde M2 mécanique : la Lune est le satellite naturel de la Terre ; Relevant du monde M3 : la Lune est toujours éclairée de la même manière, schéma explicatif sur l'origine des phases de la Lune).

Lors du jeu suivant (S3J6), les élèves confrontent le résultat de leurs recherches avec les deux explications. Deux cas sont alors possibles : soit ils n'ont pas sélectionné d'éléments pertinents, soit ils apportent des éléments confortant l'une ou l'autre des explications. Ainsi, le milieu constitué des deux explications possibles peut rétroagir sur les élèves pour les orienter vers une stratégie gagnante.

A la fin de ce jeu, un début d'explication en accord avec le savoir académique est institutionnalisée oralement[211] : les phases de la Lune sont dues au mouvement de la Lune autour de la Terre. Cependant, même si les documents ont permis une avancée vers les objectifs d'enseignement, les savoirs institutionnalisés restent partiels. En effet, dans les documents fournis, les élèves disposent d'un schéma explicatif sur l'origine des phases de la

[208] La première hypothèse est que la Terre empêche une partie des rayons du Soleil d'arriver jusqu'à la Lune ainsi suivant la position de la Lune par rapport à la Terre elle n'est pas éclairée de la même façon ; la seconde est que la Lune est toujours éclairée de la même manière par le Soleil mais en fonction de la position de la Lune par rapport à la Terre, un observateur terrestre ne verra pas toujours la même forme.

[209] L'ensemble des documents mis à disposition des élèves figure en annexe n°39.

[210] 1ère explication : la Terre empêche une partie des rayons du Soleil d'arriver jusqu'à la Lune, ainsi suivant la position de la Lune par rapport à la Terre, elle n'est pas éclairée de la même façon ; 2nd explication : la Lune est toujours éclairée de la même manière par le Soleil mais en fonction de la position de la Lune par rapport à la Terre, un observateur terrestre ne percevra pas toujours la même forme.

[211] S3J6 institutionnaliser niveau 2 « *P : en fait c'est quand la Lune tourne et bouge autour de la Terre elle va changer de forme* ».

Lune mais les règles de fonctionnement associées ne sont pas fournies (Règles de lecture : place de l'observateur, Lune dans le système solaire et Lune vue par un observateur terrestre, règles théoriques en lien avec le mouvement des astres). Ces lacunes empêchent les élèves de confronter ce schéma aux connaissances naïves exprimées dans le milieu et donc d'avancer davantage vers les savoirs visés.

L'avancée des savoirs dans le milieu[212] s'explique de deux manières : les rétroactions du milieu sur les élèves les orientant vers des savoirs en lien avec le savoir académique et les mises en relations entre les deux mondes par le biais des documents, comportant des éléments relatifs à différents niveaux de modélisation. La figure 82 rend compte de ces résultats.

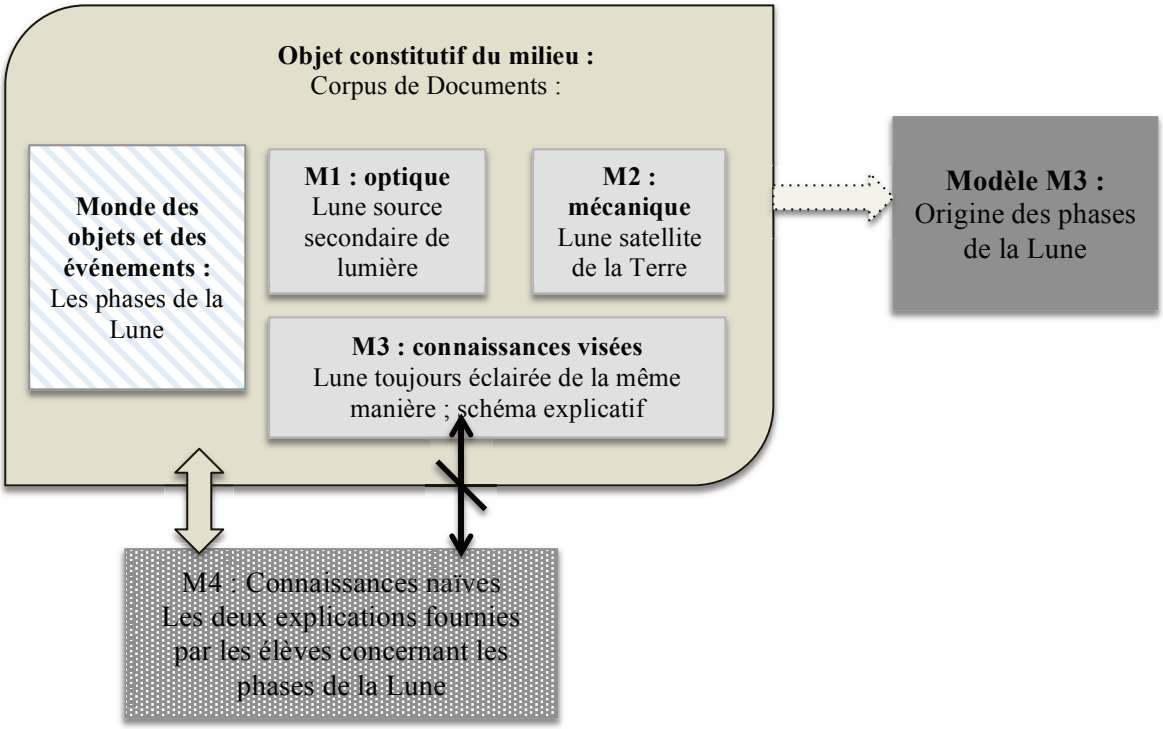


Figure 82 : Liaison entre les deux mondes par le biais des documents et contribuant à l'avancée des savoirs

- Document « de référence » représentant les phases de la Lune

Lors de la séance 4, l'enseignante réutilise le document dit de « référence » comportant des photos de la Lune. Le premier jeu d'apprentissage S4J1 marque une avancée minime vers les connaissances visées[213]. En effet, le document « de référence » permet à l'enseignante d'associer certaines formes de la Lune au nom correspondant.

[212] S3J6, chronos niveau 2 ; l'explication correcte est présente dans le milieu mais elle est incomplète.

[213] S4J1 chronos niveau 1 : certaines des phases de la Lune sont redonnées, L'ordre d'apparition des différentes phases de la Lune est partiellement évoqué. *(PA : on a un quartier puis le quartier commence un petit peu à se déformer pour faire apparaître une gibbosité qui grandit qui grandit et puis jusqu'à obtenir une forme complètement ronde).*

L'utilisation du document de référence se poursuit lors du jeu suivant S4J2 au cours duquel l'évolution des formes de la Lune est explicitée et une symétrie dans les formes successives au cours d'une lunaison est remarquée.

Interprétation :

Lors du jeu S4J1, l'enseignante tisse des liens entre le monde des objets et des évènements (Les formes de la Lune) et celui des théories (Le nom des phases). La topogenèse du côté de l'enseignante impose aux élèves des connaissances qui font partie des connaissances visées : connaître les phases de la Lune. Ici, l'avancée des savoirs est possible grâce au lien entre les deux mondes. A ce moment, le lien ne nécessite pas de support matériel dans le milieu, il est réalisé par l'enseignante qui associe des éléments des deux mondes.

Lors du jeu S4J2, les connaissances visées ne sont pas introduites dans le milieu car la notion de temps ne figure pas sur le document des photographies de la Lune. Le discours de l'enseignante relève uniquement du Monde des objets et des événements, les données utiles relevant du niveau des mesures ne sont pas explicitées. La figure 83 rend compte de ces résultats.

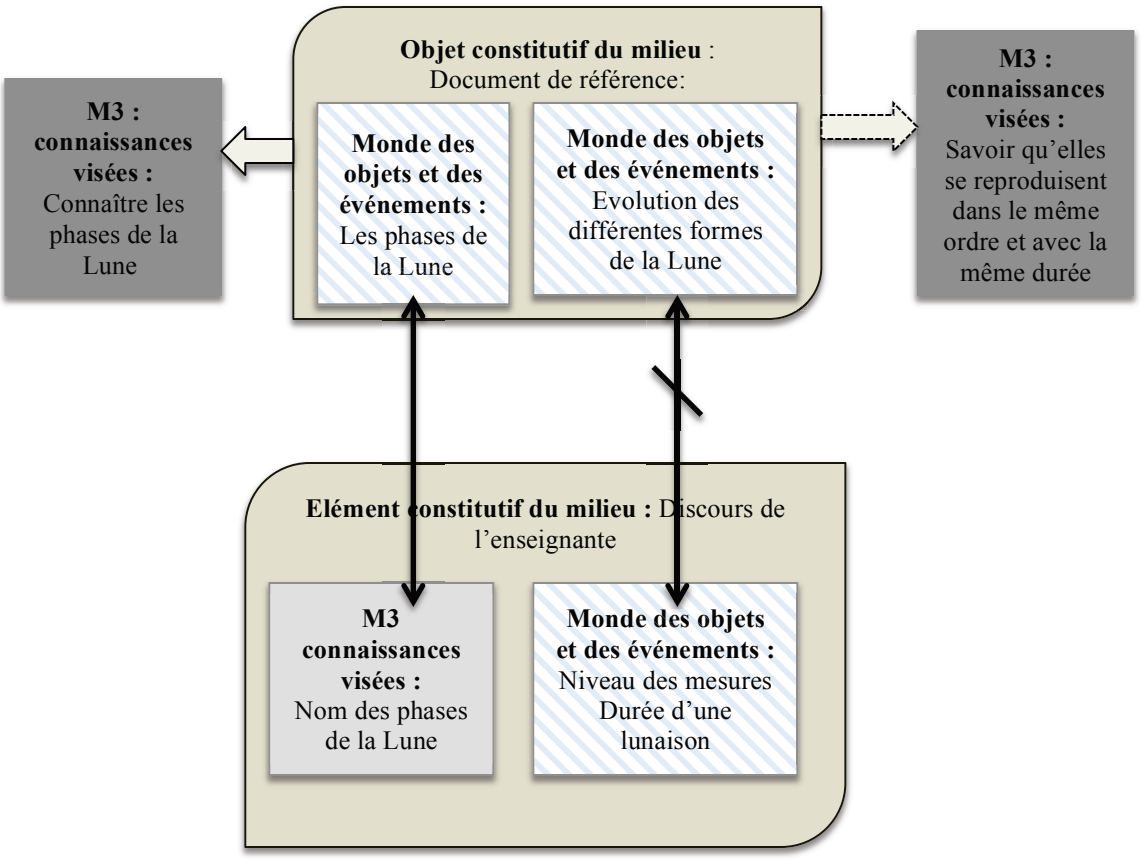


Figure 83 : Lien entre les deux mondes opéré oralement par l'enseignante par le biais du document de référence et permettant la construction de connaissances

➢ Dernières modélisations par groupes et modélisation commune :

Lors de la dernière séance, l'enseignante propose une modélisation par groupes puis une modélisation commune. Elle introduit dans le milieu des éléments issus du monde des théories (S4J4) avant la manipulation par petits groupes (S4J6):

- Des éléments relevant du monde M1 lié à l'optique géométrique (La Lune est une source secondaire de lumière, elle est éclairée par le Soleil) ;
- Des éléments relevant du monde M2 lié à la mécanique (Rotation de la Lune autour de la Terre, rotation et révolution de la Terre).

Lors du jeu S4J6, les élèves observent une variation de la zone éclairée sur la boule en polystyrène en modélisant les phases de la Lune en accord avec les savoirs académiques[214].

Avant la modélisation commune (S4J8), l'enseignante enrichit le milieu de nouveaux éléments relevant du modèle M2 (Mécanique : les durées de rotation et de révolution de la Terre ainsi que la durée d'une lunaison).

Remarque :

Contrairement au choix opéré pour notre carte heuristique, nous considérons dans ce cas que la durée d'une lunaison relève du monde des théories car elle est imposée dans le milieu par l'enseignante et n'a fait l'objet d'aucune mesure ou observation par les élèves. Autrement dit, certains éléments du milieu peuvent correspondre à l'un ou l'autre des deux mondes ou évoluer dans l'un ou l'autre des deux mondes selon le contexte dans lequel ils sont présentés et selon les connaissances préalables des élèves.

Lors cette modélisation, l'enseignante incite à la mise en œuvre d'une demie-lunaison uniquement : de la nouvelle Lune à la pleine Lune.

Interprétation :

Contrairement à la modélisation réalisée lors de la seconde séance, l'utilisation des objets matériels (Lampe, boules) permet aux élèves de faire le lien entre le monde des objets et des évènements (Variation de la zone éclairée sur la boule/phases de la Lune) et celui des théories (M1 et M2/Mise en œuvre du modèle en adéquation avec les éléments théoriques). Non seulement le milieu permet des rétroactions indiquant si la stratégie utilisée est correcte (Nécessité d'observer la variation de la zone éclairée) mais il contient aussi des éléments issus des deux mondes permettant une utilisation du modèle en accord avec le savoir académique (par exemple, la Lune ne peut pas tourner dans le plan de l'écliptique et se trouver en situation d'éclipse).

Lors de la modélisation commune (S4J8), une ambiguïté demeure sur l'origine de la nouvelle Lune. En effet, au début de cette modélisation, l'enseignante demande aux élèves de se placer de façon à ce que l'observateur terrestre soit dans la partie nuit « *car c'est à ce moment que l'on voit la Lune* ». Elle sous-entend alors que la nouvelle Lune ne peut être vue la journée sur Terre. Une explication sera donnée ultérieurement. Lors de cette phase de travail, seul un élève de la classe est mis en situation d'observer une variation de la zone éclairée sur la boule en polystyrène pouvant simuler les phases de la Lune, tous les autres élèves étant des observateurs fixes et hors du système Soleil-Terre-Lune. Cette situation présente donc des ambiguïtés et permet une construction partielle du savoir visé. Ces lacunes

[214] Nous ne l'avons pas codé par une avancée des savoirs dans notre analyse car le film ne donne pas accès aux échanges entre tous les groupes et aucune institutionnalisation n'est proposée à l'issue de ce jeu.

et ambiguïtés se retrouvent dans la trace écrite.[215] Cette dernière modélisation n'a donc pas permis de construire complètement les connaissances visées[216] :

- La mise en œuvre du modèle ne permet pas à tous les élèves de le mettre en relation avec le monde des objets et des évènements (suivant la position des élèves dans la classe, ils ne sont pas tous en mesure d'observer une variation de la zone éclairée sur la boule correspondant aux phases de la Lune) ;
- Pour les élèves en situation d'observer une variation de la zone éclairée sur la boule en polystyrène correspondant à une modélisation des phases de la Lune, le lien entre ces objets matériels et le monde des objets et des évènements est partiel (Les principales phases de la Lune ne sont pas toutes observées) ;
- Les relations préexistantes entre le monde des théories (modèle M4 connaissances naïves : la Lune est visible uniquement la nuit) et le monde des objets et des évènements (Non observation de la boule éclairée correspondant à la nouvelle lune) ne sont pas déconstruites.
- La figure 84 rend compte des niveaux de modélisation mis en relation pour susciter l'avancée des savoirs dans la classe.

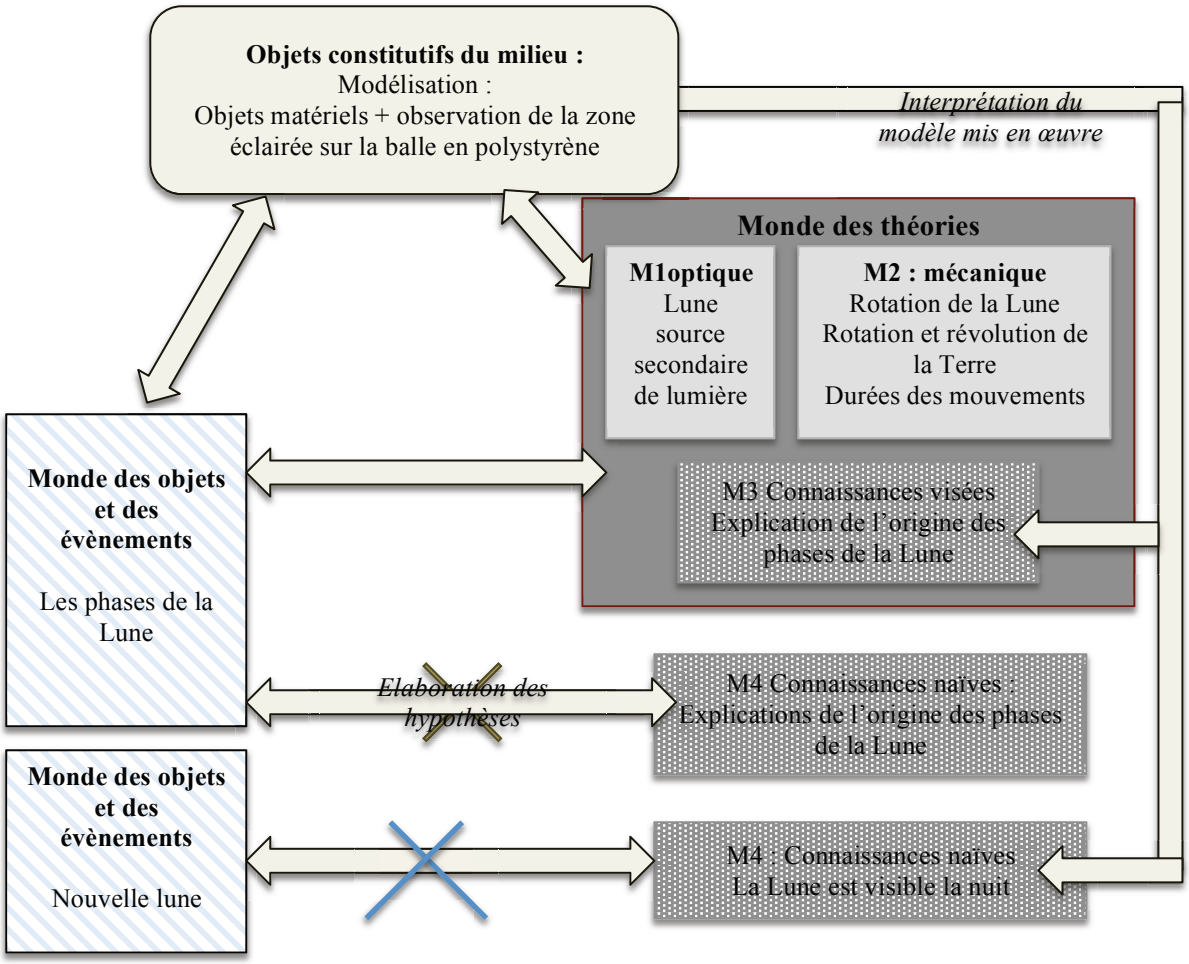


Figure 84 : la modélisation permet l'avancée des savoirs visés

[215] Une photo de la trace écrite présente dans le cahier des élèves figure en annexe n°63.

[216] La chronogènese est alors au niveau 3 car c'est la première fois que la modélisation est correctement effectuée devant tous les élèves mais la compréhension des phases de la Lune par cette modélisation n'est pas assurée pour chaque élève.

2.2 Séquence mise en œuvre par l'enseignant PB

2.2.1 Représentations graphiques

Toutes les représentations graphiques figurent en annexe.
Comme pour la séquence de l'enseignante PA, les éléments constitutifs du milieu et introduits lors des différents jeux d'apprentissage relèvent soit du le monde des objets et des événements soit du le monde des théories. Lors des deux premières séances, les éléments en lien avec les connaissances naïves des élèves sont les plus nombreux. Puis, lors des dernières séances, les jeux contiennent fréquemment à la fois des éléments issus du monde des objets et des évènements et des éléments issus du monde des théories (M1, M2 et M3). Comme pour PA, nous mettons en parallèle les conditions d'avancée des savoirs dans les différents jeux d'apprentissage avec les niveaux de modélisation.

2.2.2 Conditions d'avancée des savoirs en lien avec les niveaux de modélisation

- Documents organisateurs du recueil des représentations des élèves :

Lors de la première séance (S1J1 et S1J2), l'enseignant PB prévoit le recueil des idées préalables des élèves grâce à un schéma à compléter, représentatif de la mise en scène proposée[217]. Ces jeux relèvent uniquement du monde des théories (M4 : connaissances naïves), l'enseignant ne demandant pas aux élèves de dessiner la Lune à partir d'observations rigoureuses mais sur la base de leur expérience quotidienne.

Interprétation :

Le schéma proposé par l'enseignant est déjà une modélisation du système Soleil-Terre-Lune :
- Modèle à deux dimensions ;
- Les rayons lumineux sont modélisés par des flèches parallèles :
  PB : « vous avez vu le Soleil n'a pas été dessiné il est très loin et il est très loin sur la gauche on ne voit que la lumière qui arrive de la gauche » ;
- Le personnage est positionné « aux pôles nord » comme si la gravité ne s'appliquait pas à des latitudes moyennes.

Lors de l'implémentation de ces jeux, il n'y a pas d'avancée significative des savoirs dans le milieu[218], résultat corroboré par l'absence d'institutionnalisation.[219]
Plusieurs explications nous semblent plausibles :
- Les élèves ne maîtrisent pas le modèle proposé par l'enseignant ;
- Le milieu ne propose pas d'indice aux élèves leur permettant de vérifier leurs représentations ;
- Aucune mise en relation du monde des théories avec le monde des objets et des évènements n'est explicitée.

[217] Voir annexe N°54, en lien avec Neil Armstrong.
[218] S1J1 et S1J2 chronos niveau 1 dans le sens où les élèves doivent s'interroger sur la forme de la Lune dans l'espace.
[219] S1J1 et S1J2 : institutionnalisation niveau 0.

➢ Evolution des représentations des élèves vers des hypothèses :

Lors de la deuxième séance, l'enseignant PB discute les différentes représentations de la Lune. Les jeux d'apprentissage S2J2, S2J3 et S2J4 sont respectivement consacrés à la forme de l'astre lunaire, indépendamment de la position de l'observateur, à la façon dont un observateur dans l'espace peut voir la Lune et aux formes possibles de la Lune vue par un observateur terrestre. L'analyse précédente menée à partir des démarches mises en œuvre montre que le consensus obtenu selon lequel la Lune est un astre sphérique est confirmé par l'enseignant,[220] sans que ce savoir ne fasse l'objet d'une vérification. De plus, dans le jeu S2J4, l'existence des phases de la Lune est admise comme vraie dans le milieu sans vérification ni par comparaison au savoir savant ni par une observation organisée. L'enseignant guide ensuite les élèves vers l'élaboration d'une explication possible quant à l'origine des phases de la Lune lors des jeux S2J4, S2J5 et S2J6.

Interprétation :

Les phases de la Lune ont été considérées comme appartenant au monde des objets et des évènements mais comme elles n'ont fait l'objet d'aucune vérification (ni théorique, ni visuelle) elles auraient pu être considérées comme relevant uniquement des connaissances naïves des élèves. Nous n'avons pas fait ce choix, car l'enseignant admet l'existence de ces phases pour inciter les élèves à émettre des hypothèses sur leur origine. Ces hypothèses constituent une mise en relation du monde des objets et des évènements avec celui des connaissances naïves des élèves. Rappelons la définition de l'hypothèse donnée par cet enseignant :

> *PB : « Hypothèse : Affirmation qui fait suite à une observation que l'on cherche à valider ou invalider à l'aide d'expérimentations »*[221]

L'ambiguïté relevée au niveau du statut des phases de la Lune peut constituer un obstacle à l'élaboration des hypothèses. En effet, pour l'enseignant les phases de la Lune relèvent du monde des objets et des évènements alors que pour les élèves elles relèvent de leurs connaissances naïves. Ainsi, une dénomination « phases de la Lune » recouvre des faits différents : pour l'enseignant il s'agit des formes réellement observables depuis la Terre mais il n'est pas garanti qu'il en soit de même pour les élèves. La figure 85 en rend compte et permet d'expliquer l'origine des difficultés à émettre ensuite des hypothèses. Nous constatons d'ailleurs que les hypothèses dans la classe de PB ont été moins riches que dans celle de PA.[222]

[220] S2J2 : institutionnalisation niveau 2.
[221] Extrait des résultats de la seconde partie de l'enquête disponible en annexe n°15.
[222] Se reporter aux analyses chronologiques des séquences implémentées.

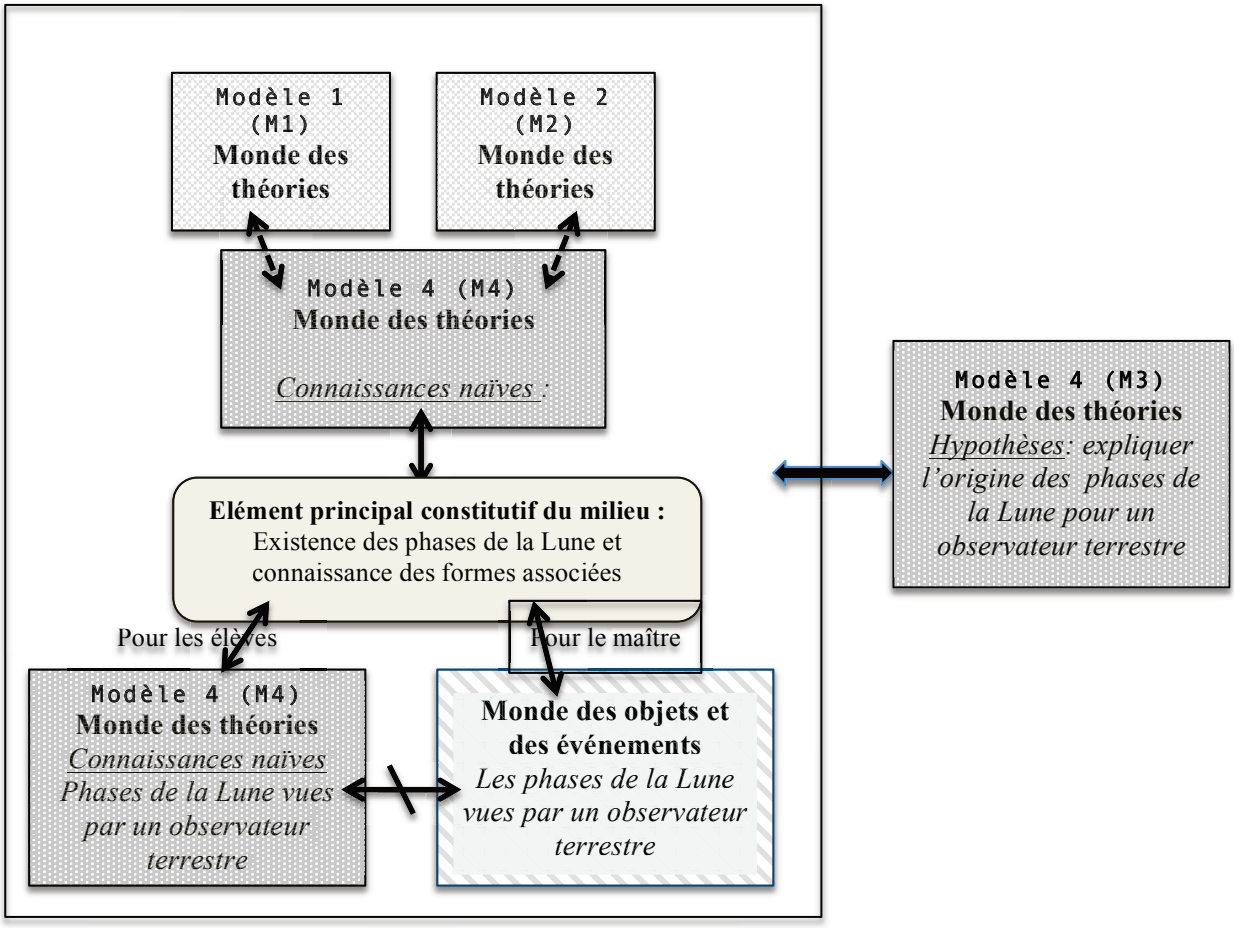


Figure 85 : Origine des hypothèses dans la classe de PB

- L'émission radiophonique :

Les jeux suivants (S2J7, S2J8, S2J9) marquent une discontinuité dans la séance et sont consacrés à la naissance de la Lune et à son caractère de source secondaire de lumière. Après l'introduction d'éléments théoriques dans le milieu par le biais d'une émission radiophonique (S2J7), les élèves reformulent ces éléments (S2J8) avant d'être incités[223] à identifier la Lune comme une source de lumière secondaire. Nous avons constaté une avancée des savoirs dans ce dernier jeu[224].

[223] S2J8 : Dévoluer (niveau 1) : les élèves agissent ponctuellement dans leur propre mouvement mais le maître leur laisse peu d'autonomie.
[224] Chronogenèse : niveau 3: la Lune est une source secondaire de lumière alors que le Soleil est une source primaire ; la Lune est constituée de roches, elle renvoie la lumière qu'elle reçoit du Soleil. A la différence du Soleil qui est constitué de gaz à très haute température elle n'émet pas sa propre lumière.

Interprétation :

L'émission radiophonique et les interventions de l'enseignant jouent le rôle d'intermédiaire entre les connaissances visées (*la Lune est une source secondaire de lumière*) et les observations des élèves (la Lune brille dans le ciel). L'émission radiophonique introduit des éléments essentiellement théoriques (*Naissance de la Lune ; La Lune fille de la Terre*) et l'enseignant des éléments issus du monde des objets et des évènements.(*PB : oui on a expliqué que la Lune c'était une roche c'était un morceau de roche est-ce que de la roche ça fait de la lumière Nadim est-ce que la nuit la roche elle fait de la lumière par exemple » ; Les éléments rocheux de la Terre ne produisent pas de lumière*). Les connaissances s'élaborent dans un milieu didactique intégrant et articulant des éléments issus des deux mondes comme en rend compte la figure 86.

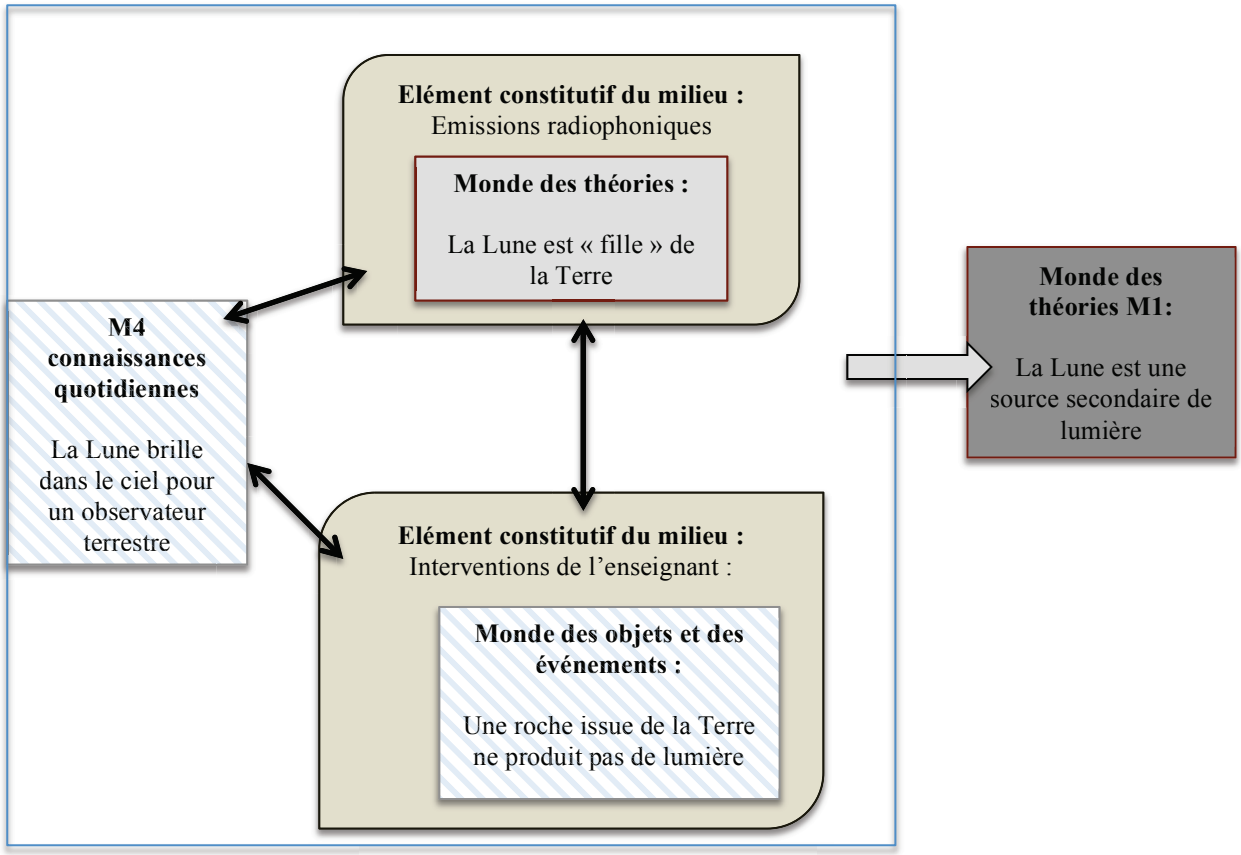


Figure 86 : Mise en relation des deux mondes permettant l'avancée des savoirs dans le milieu

- Le calendrier lunaire :

Les activités proposées aux élèves dans la séance 3 s'articulent autour d'un calendrier lunaire mis à disposition des élèves. L'objectif planifié de l'enseignant est d'invalider l'hypothèse, émise lors de la séance précédente par les élèves, selon laquelle les nuages expliquent les phases de la Lune.

Un premier travail visant à tester l'hypothèse est initié dès l'introduction du calendrier lunaire dans le milieu (S3J5)[225] mais l'enseignant ne laisse pas le temps aux élèves de jouer ce

[225] « PB : *Alors les distributeurs vous allez distribuer un calendrier par personne et vous allez regarder ce calendrier lunaire le but pour nous c'est de savoir est-ce c'est possible vraiment que ce soit les nuages qui cachent la Lune et qui nous empêchent de la voir en entier.* »

jeu et leur propose de définir le sens des symboles présents sur le calendrier (S3J6). Les activités en lien avec le calendrier lunaire se poursuivent par le jeu S3J8 où l'enseignant associe aux schémas du calendrier lunaire les noms des phases de la Lune. Lors du jeu S3J9, la durée des prévisions météorologiques est envisagée et comparée à la durée d'une lunaison (S3J10) sans aboutir à la validation de l'hypothèse concernant les nuages. Cependant, le jeu S3J10 marque une avancée vers les connaissances visées[226] puisque la durée d'une lunaison est donnée. Nous avons considéré cette durée comme relevant du monde des théories et modèles, car elle a été construite à partir des éléments théoriques donnés par le calendrier

Interprétation :

Nous considérons l'objet calendrier comme élément constitutif du monde des théories[227] car les phases de la Lune sont obtenues par un calcul théorique et signalées par des schémas normalisés et non des photographies. En revanche, les comparaisons réalisées par les élèves, des formes de la Lune lues sur ce calendrier avec celles observées dans leur expérience quotidienne, relèvent du monde des théories, modèle M4 (connaissances naïves).

Le premier jeu proposé (S3J5) n'est pas pris en charge par les élèves[228], l'enseignant initiant immédiatement d'autres jeux aux objectifs plus précis pour parvenir à utiliser le calendrier lunaire. Nous reviendrons sur ce point dans le chapitre 9, Discussion.

Dans le jeu S3J8, l'enseignant associe aux schémas du calendrier lunaire les noms des phases de la Lune. Cette association constitue une avancée faible vers les connaissances visées[229] car elle permet seulement le lien entre des schémas (Ceux du calendrier lunaire) et le nom des phases correspondantes mais pas la mise en relation des phases réellement observables depuis la Terre avec les noms correspondants. L'association forme/nom articule les connaissances naïves des élèves (La représentation qu'ils se font du schéma sur le calendrier) et le modèle (Nom des phases de la Lune). La figure 87 explique la faible avancée des savoirs dans le milieu de l'organisation choisie par l'inexistence de lien entre le monde des objets et des évènements et le monde des théories.

[226] Chronogénèse : niveau 2 : la durée d'une lunaison est donnée à 29 jours .
[227] Il s'agit d'un modèle convoqué localement autre que M1, M2 et M3.
[228] S2J5 Dévoluer niveau 0.
[229] S3J8 Chronogénèse : niveau 1.
Les noms quartier et croissant sont attribués aux schémas du calendrier lunaire correspondants mais pas aux formes visibles depuis la Terre.

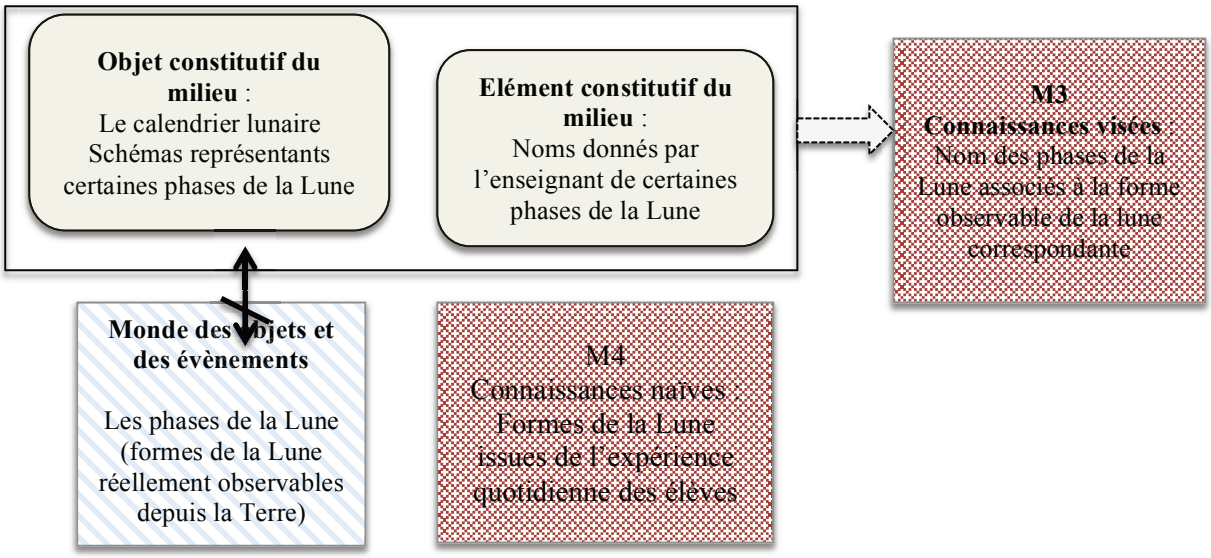


Figure 87 : Organisation expliquant à la faible avancée des savoirs concernant le nom des phases de la Lune

➢ Modélisation :

Le recours au calendrier lunaire n'ayant pas permis de valider l'hypothèse des nuages, l'enseignant propose une modélisation aux élèves (S3J11 à S3J13). Après avoir imaginé le protocole (S3J11), les élèves mettent en œuvre le modèle (S3J12) puis tentent d'interpréter les résultats (S3J13).

Interprétation :

Les élèves associent l'objet Nuages au coton et l'objet Lune à une balle en polystyrène. Le modèle mis en œuvre lors du positionnement de ces objets n'est pas conforme au savoir académique : ils sont mis au contact l'un de l'autre et les élèves observent ce système sans lui associer une source de lumière particulière. La modélisation n'aboutit pas à une interprétation correcte des résultats[230]. Le recours aux objets matériels prévus dans le milieu n'a pas permis de faire le lien entre le monde des objets et des évènements et celui des théories. En effet, l'utilisation de ces objets s'appuie uniquement sur des éléments du monde des objets et des évènements (les phases de la lune) et pas sur des éléments pertinents du monde des théories[231] (Pas de nuages hors atmosphère). Les savoirs seront imposés dans le jeu suivant (S3J14) lors de l'élaboration de la trace écrite.

[230] L'hypothèse des nuages n'est pas validée à l'issue du jeu 13.
[231] Il s'agit d'un modèle convoqué localement autre que M1, M2 et M3.

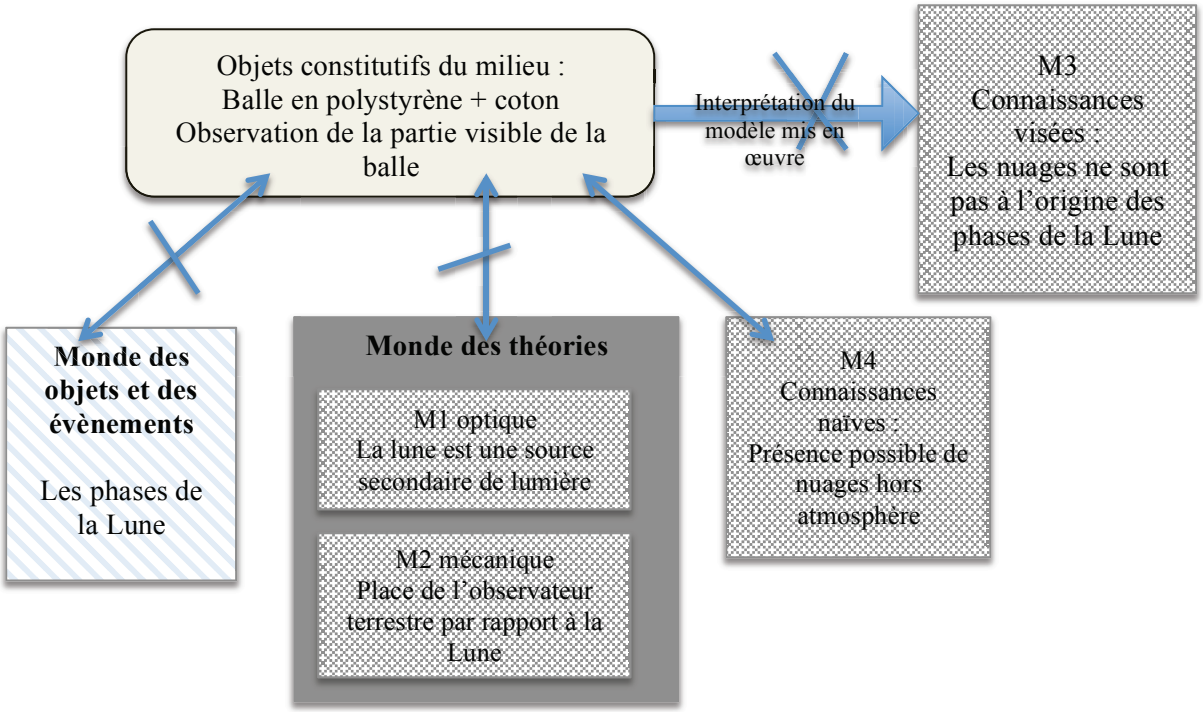


Figure 88 : La modélisation ne permet pas l'élaboration de connaissances

➢ Nouvelle modélisation

Lors de la quatrième séance[232], l'enseignant propose une modélisation dont les objectifs sont de valider l'hypothèse « les phases de la Lune s'expliquent par la variation de la zone éclairée par le Soleil » (S4J3) et ultérieurement d'expliquer l'origine des phases de la Lune (S4J6). Pour cela, il définit le terme modélisation (S4J4), discute du matériel utilisé (S4J5) et donne les consignes d'utilisation de ce matériel (S4J6). Il introduit également des éléments théoriques issus de la mécanique M3 en lien avec le mouvement de la Lune autour de la Terre. Les élèves mettent ensuite en œuvre le modèle (S4J7)[233]. Les jeux S4J10 et S4J11 consistent en un bilan de façon à expliquer les phases de la Lune en prenant appui sur les modélisations vécues et ainsi atteindre les objectifs de connaissances visées. Lors du jeu S4J10, une modélisation commune est proposée aux élèves où les positions relatives de la Terre, de la Lune et du Soleil sont données pour les phases suivantes : nouvelle Lune, dernier quartier, et pleine Lune.[234] Lors du jeu suivant S4J11, le savoir visé est explicité : la Lune est toujours éclairée de la même façon mais suivant le point de vue de l'observateur on ne voit

[232] L'analyse chronologique de cette séance est disponible en annexe n°57.
[233] Le niveau de la chronogenèse n'est pas défini, les élèves travaillant par groupes, l'avancée des savoirs peut varier.
[234] L'enseignant affirme que la pleine Lune correspond à la situation où un observateur terrestre voit tout le disque lunaire. La nouvelle Lune est décrite comme la phase où un observateur terrestre ne voit pas la Lune. Le fait que la Lune n'est pas dans le même plan que le plan de l'écliptique est réaffirmé en donnant une justification qui est d'éviter l'ombre de la Terre sur la Lune. Les positions de la Lune autour de son orbite pour la nouvelle Lune, dernier quartier et la pleine Lune sont données. Il est dit qu'un observateur terrestre ne voit pas toujours la Lune de la même manière alors que depuis le Soleil on voit toujours la pleine Lune. (ce qui sous-entend que la Lune est toujours éclairée de la même façon mais ce savoir n'est pas explicité).

pas toujours la même chose.[235] Dans les deux cas, nous avons identifié une avancée rapide des savoirs[236].

Interprétation :

Le recours aux objets matériels, sélectionnés pour la modélisation, implique de considérer à la fois des éléments :

- Issus du monde des théories :
  - L'enseignant définit les mouvements relatifs de la Lune et de la Terre (M2 : de la mécanique) pour en déduire les mouvements relatifs des balles en polystyrène ;
  - L'enseignant rappelle que la Lune est éclairée par le soleil (M1 : optique) pour en déduire la position de la lampe par rapport à la balle représentant la Lune.
- Issus du monde des objets et des évènements :
  - L'enseignant rappelle certaines des formes de la Lune visibles depuis la Terre de façon à faire le lien avec la variation de la zone éclairée sur la balle représentant la Lune.

La fiche de consignes enrichit le milieu d'éléments issus du monde des objets et des évènements (les principales phases de la Lune sont photographiées).
Une mise en relation du monde des théories avec le monde des objets et des évènements est donc rendue possible par les éléments constitutifs du milieu : l'utilisation du matériel proposé et par la feuille de consignes[237].
Lors de la modélisation, la confrontation directe des élèves au milieu leur permet de vérifier la validité de la stratégie choisie en comparant la forme de la zone éclairée sur la balle aux photographies des phases de la Lune.
L'analyse des jeux bilan permet de confirmer l'efficacité de la modélisation vis-à-vis de l'avancée des savoirs.

- Documents de synthèse :

Lors de la dernière séance visant à structurer les savoirs, l'enseignant distribue aux élèves un schéma[238] représentant un modèle explicatif de l'origine des phases de la Lune (S5J4). Il précise alors les similitudes entre le modèle représenté sur le schéma et la modélisation précédemment réalisée:

- Les lunes dont une moitié est toujours grisées sur le schéma modélisent le fait que la Lune est toujours éclairée à moitié éclairée ;
- Lors de la modélisation, les élèves jouant le rôle du Soleil et tenant la lampe ont constaté que la partie visible de la boule en polystyrène était toujours éclairée ce qui signifie que vue du Soleil, la Lune apparaît en pleine Lune c'est-à-dire qu'elle a une moitié d'éclairée.

Nous n'avons pas considéré d'avancée dans les savoirs lors de ce jeu d'apprentissage car les savoirs explicités étaient déjà présents dans le milieu[239]. Cependant, tous les élèves ne

[235] Vue du Soleil la Lune apparaît toujours en pleine Lune est un nouveau savoir explicité dans la classe. Un observateur terrestre ne voit pas la Lune de la même façon suivant la position de la Lune sur son orbite est un savoir explicité par le maître. L'association position, phase n'est pas explicitée.
[236] S4J10 et S4J11 : chronos niveau 3.
[237] Voir photo n°31, annexe n°57.
[238] Voir photo n°36, annexe n°58.
[239] La Lune est toujours éclairée de la même façon n'est pas un nouveau savoir :

semblaient pas les maîtriser. Il semble donc que sur le plan individuel ce jeu puisse marquer une avancée significative vers les savoirs mais notre recherche ne nous permet pas d'y accéder. En revanche, les jeux S5J4 et S5J5 (Trace écrite élaborée à la suite du jeu S5J4) sont marqués par une forte institutionnalisation.[240]

Interprétation :

Dans le jeu S5J8, l'enseignant introduit dans le milieu une photographie de certaines phases de la Lune (Monde des objets et des événements) et leurs associent un nom (Monde des théories). Nous constatons une avancée significative des savoirs[241] que nous attribuons au lien entre les deux mondes explicité par l'enseignant.
Nous faisons le même constat dans le jeu S5J9 : le fait d'établir des liens entre le monde des objets et des évènements (phases de la Lune) et le monde des théories (schéma explicatif) permet une avancée vers les savoirs visées[242]. Ce lien est rendu possible par le travail réalisé en amont dans le jeu S5J4 au cours duquel les règles de lecture du schéma sont apportées. Ainsi, dans le milieu, des éléments relevant soit du monde des objets et des évènements (photos de la Lune) soit du monde des théories (explications du schéma) permettent d'expliquer l'origine des phases de la Lune.

- Logiciel de simulation :

  - Première utilisation

L'enseignant introduit un logiciel de simulation[243] : un modèle du système Soleil-Terre-Lune est projeté aux élèves. Pour chaque position de la Lune sur son orbite autour de la Terre est associée une photographie de la Lune vue par un observateur terrestre. Nous constatons une avancée des savoirs significative[244].

- Lors de la séance n°4, dans le jeu n°10 il a été dit que « vue du Soleil, la Lune apparaît toujours en pleine Lune » ce qui sous-entend que la Lune est toujours éclairée de la même manière mais ceci n'a pas été explicité.
- Lors du jeu 11 de la séance 4, le maître explique que le Soleil éclaire toujours la moitié de la Lune.
- « La Lune n'est pas perçue toujours de la même manière pour un observateur terrestre ». Ce savoir n'est pas nouveau : séance 2, jeux 1 et 4 ; séance 3, jeu 2…

[240] S5J4 et S5J6 : institutionnalisation niveau 3
[241] S5J8 chronos niveau 0
[242] S5J9 chronos niveau 3 : la nouvelle Lune n'est pas visible pour un observateur terrestre. La nouvelle Lune est présente dans le ciel pour un observateur terrestre en pleine journée.
[243] Optikos
[244] S5J10 chronos niveau 3 ; - La Lune tourne autour de la Terre dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (le sens n'avait pas été donné dans les séances précédentes) ;
- Un quartier correspond au fait qu'on voit la moitié de la partie éclairée de la Lune, qui elle-même correspond à une moitié de Lune ;
- Les phases de premier quartier, pleine Lune, lune gibbeuse décroissante, dernier quartier et nouvelle Lune sont associées à la position correspondante de la Lune sur son orbite (les Lunes gibbeuses n'avaient pas été explicitées) ;
- Pleine Lune correspondant au fait que l'on voit toute la partie éclairée de la Lune ;
- On ne peut pas voir toutes les parties d'un même volume : ce que l'on voit dépend de notre position ;
- Il y a toujours une moitié de la sphère lunaire qui est éclairée par le Soleil (déjà vue en S4J11, S5J4 et S5J5) ;
- La définition de lunaison est donnée : le temps mis par la Lune pour faire un tour autour de la Terre ; environ 29 jours (déjà vu lors de la séance 2).

Interprétation :

Le logiciel présente :

- des éléments issus du monde des objets et des évènements : photographies de la Lune vue par un observateur terrestre
- des éléments issus du monde des théories M2 (mécanique) : révolution de la Lune autour de la Terre et temps de rotation,
- des éléments issus du monde des théories M1 (optique) : zone éclairée de la Lune par le Soleil.

La figure 89 montre les liens construits par le maître entre ces deux mondes permettant l'explication de l'origine des phases de la Lune.[245]

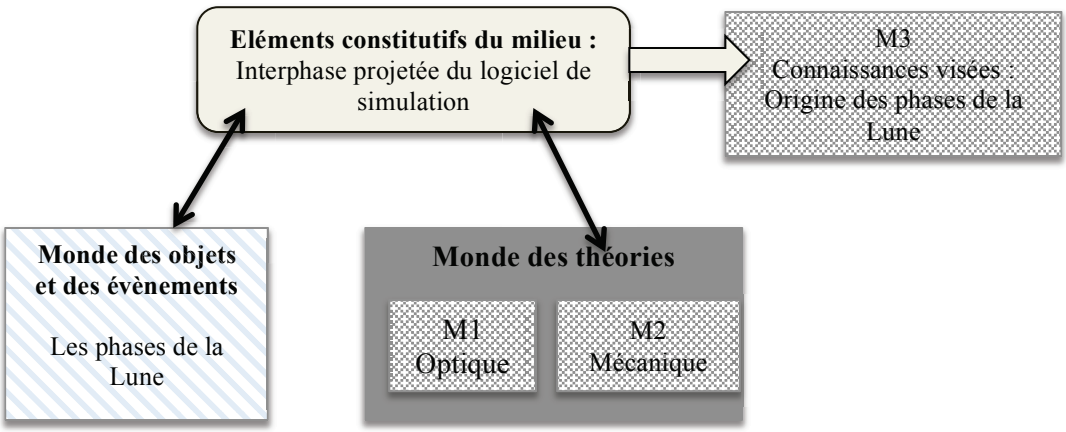


Figure 89 : Utilisation du logiciel de simulation ayant permis l'avancée des connaissances visées

- Seconde utilisation :

Dans le jeu suivant (S5J11), l'enseignant demande à nouveau aux élèves d'associer une phase de la Lune à une position particulière de la Lune autour de la Terre. Les résultats seront vérifiés dans le jeu S5J12. Il demande ainsi d'associer un élément du monde des objets et des évènements (Les phases de la Lune) avec un élément du monde des théories (En lien avec les connaissances visées). Pour ce faire, les élèves disposent de tous les objets présents dans le milieu, y compris des explications déjà données et leurs connaissances naïves.

Interprétation :

Lors de la vérification à partir du logiciel de simulation (S5J12), les phases de pleine Lune et nouvelle Lune sont associées à une position de la Lune sur son orbite (déjà fait dans le jeu S5J10). En revanche, les autres phases ne seront pas vérifiées car l'enseignant ne parvient pas à faire la relation entre le schéma explicatif distribué aux élèves et le logiciel car le Soleil n'est pas situé du même côté. Les deux éléments issus du monde des théories, présentés de manière différente, constituent un obstacle à la mise en relation du monde des théories avec le monde des objets et des évènements comme en témoigne la figure 90.

[245] Les détails sont fournis dans l'analyse chronologique de la séance 5 en annexe n°58.

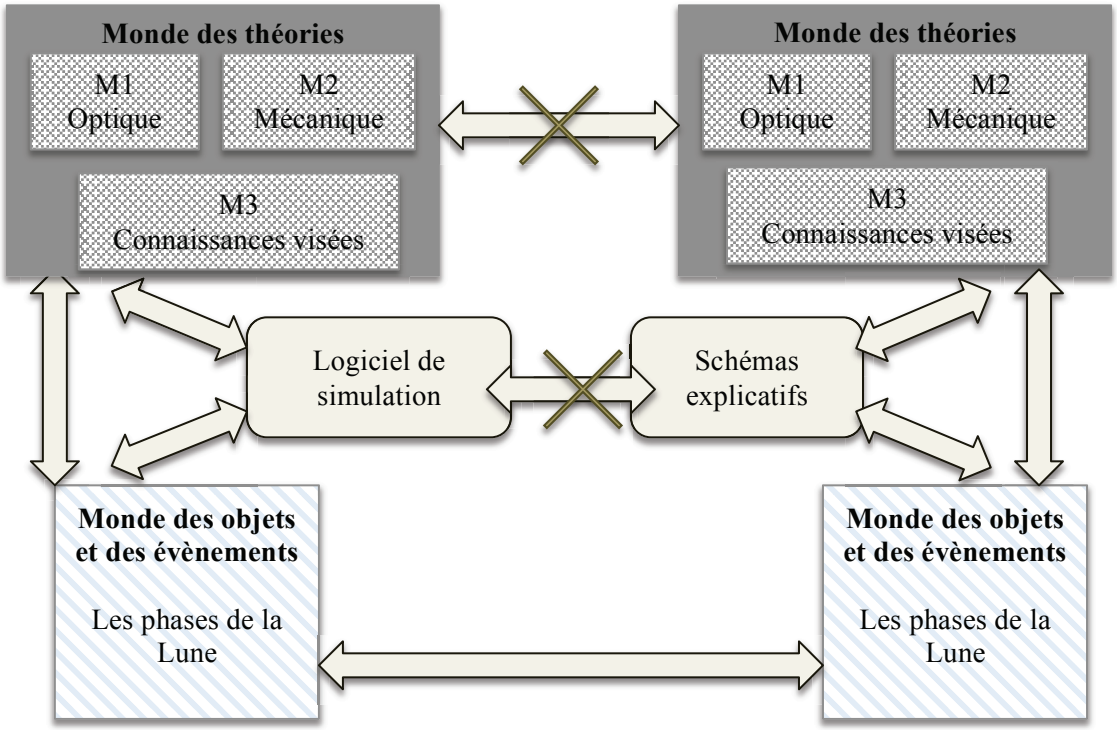


Figure 90 : la non superposition des éléments introduits dans le milieu (logiciel et schéma) empêche le lien entre le monde des théories

2.3 Synthèse

L'étude des jeux en termes de niveaux de modélisation conforte notre hypothèse selon laquelle l'avancée des savoirs nécessite des articulations entre le monde des objets et évènements et celui des théories et modèles. En effet, nous avons montré que l'introduction d'éléments relevant de chacun des mondes et leur mise en relation favorise l'avancée des savoirs.

Nous avons également montré que les rétroactions du milieu sur les élèves, leur fournit l'occasion de juger de la pertinence des stratégies convoquées dans le but de gagner le jeu, favorisant ainsi l'avancée des savoirs. Nous avons montré que l'absence de rétroaction intrinsèque à la situation proposée peut être compensée par les interventions du maître. En guidant les élèves vers une mise en relation des différents niveaux de modélisation, ces interventions contribuent à l'avancée des savoirs.

Enfin, notre étude montre que certains éléments relèvent soit du monde des objets ou des évènements soit du monde des théories suivant la manière dont ils sont introduits dans le milieu. Un élément relevant initialement du monde des objets et des évènements peut ensuite relever du monde des théories et inversement : par exemple, un élément découvert par une observation directe peut évoluer vers le monde des théories lorsque cette observation n'est plus nécessaire pour avoir une représentation de cet élément en accord avec la réalité.

Chapitre 9
Discussion et perspectives

1. Discussion des résultats de la recherche

A l'issue des analyses menées, nous proposons d'organiser la discussion des résultats selon les quatre questions de recherche extraites de notre problématique. Les hypothèses associées sont discutées sur la base des résultats obtenus.

1. Première question de recherche :
Comment l'étude des tâches épistémiques et des niveaux de modélisation renseignent sur les conditions d'avancée des savoirs *in situ* ?

Notre recherche était fondée sur deux hypothèses :

- *La première considère que la densité et la diversité des tâches épistémiques au sein d'un jeu d'apprentissage sont des témoins possibles de l'avancée des savoirs dans la classe.*

Les résultats de notre recherche montrent que c'est la variété des tâches épistémiques intégrées aux activités proposées aux élèves et non leurs répétitions qui constitue un facteur essentiel vers l'avancée des savoirs visés. Ainsi, une succession de tâches épistémiques identiques au sein d'une même séquence ou d'une même séance freine la chronogenèse et ainsi l'avancée des savoirs. En revanche, l'introduction d'une nouvelle tâche épistémique accélère systématiquement la chronogenèse.

Toutes les tâches épistémiques répertoriées par Tiberghien (2005) ne sont pas équivalentes et leur efficacité dépend principalement de trois facteurs :

- ✓ Les tâches épistémiques émergentes dont les objets n'ont pas d'équivalence dans les tâches épistémiques sources s'avèrent peu efficaces vis-à-vis de la chronogenèse. *A contrario*, les tâches épistémiques émergentes proches de tâches épistémiques sources, c'est-à-dire proches de pratiques scientifiques effectives, permettent une avancée des savoirs dans le milieu.
- ✓ La définition des niveaux de chronogenèse choisie implique que le niveau attribué jeux relatifs à des tâches épistémiques sans relation avec les savoirs visés est faible. Cependant, d'autres savoirs peuvent être introduits dans le milieu lors de ces tâches particulières.
- ✓ Les tâches épistémiques dont l'objet a déjà été abordé dans une autre tâche s'avèrent moins efficientes vis-à-vis de l'avancée des savoirs dans le milieu que celles dont l'objet est abordé pour la première fois dans la séquence.

- *La seconde hypothèse considère que la construction des connaissances se fait en partie à travers la mise en relation du monde des objets et des évènements et du monde des théories, le nombre de relations établies entre ces deux mondes étant un indicateur possible de l'avancée des savoirs dans la classe.*

Notre étude valide partiellement cette hypothèse en montrant que la mise en relation du monde des objets et des évènements avec le monde des théories est une condition nécessaire à l'avancée des savoirs, ce lien étant assuré par l'introduction d'éléments [246] vecteurs d'informations relatives à ces deux mondes. En revanche, nous ne disposons pas de preuve concernant le lien entre la fréquence des passages de l'un à l'autre des deux mondes et le niveau de la chronogenèse.

Néanmoins, la présence de rétroactions du milieu sur les élèves, facteur non pris en considération initialement, s'est avérée utile à la compréhension des conditions d'avancée des savoirs. En effet, l'analyse des situations de classe montre une avancée significative de la chronognenèse lorsque le milieu, en réponse à une action des élèves, fournit des indices sur la pertinence de la stratégie choisie. Ces rétroactions favorisent des liens entre les deux mondes. Nous revenons sur ce point dans la partie suivante où nous discutons la pertinence des critères d'analyse retenus

- *Les trois dernières questions de recherche concernent l'identification du rôle de l'action adressée, des représentations des sciences et de son enseignement sur l'action didactique des professeurs. Elles reposent sur le postulat qu'une analyse a priori de chacun de ces déterminants est indispensable pour les caractériser afin ensuite de les identifier au sein des pratiques enseignantes.*

Nos réponses s'appuient sur les résultats de l'enquête, sur des pratiques déclarées par le panel des enseignants répondants et sur les deux études de cas.

2. Deuxième question de recherche :
L'action adressée du professeur, malgré son caractère obligatoire, est-elle déterminante dans les choix opérés par les professeurs lors de la préparation et de l'implémentation des séquences de sciences ?

D'après les pratiques déclarées, le caractère effectif de l'enseignement des sciences n'est pas déterminé par les instructions officielles mais par des déterminations plus personnelles comme le goût pour les disciplines scientifiques ou le plaisir de susciter l'intérêt des élèves. En hiérarchisant le contenu des programmes, les enseignants n'attribuent pas aux sciences un caractère prioritaire. Cependant, lorsque les sciences font partie des enseignements dans la classe, les choix didactiques semblent en partie déterminés par les instructions officielles. Ces choix concernent le contenu des séquences de sciences dépendant également des contraintes matérielles mais aussi la démarche mise en œuvre, présentée comme étant conforme à la démarche d'investigation prescrite soit comme une adaptation. En effet, les séquences de

[246] Objets matériels ou discours de l'enseignant.

sciences sont construites et menées selon des démarches paraissant en conformité avec la structure de la démarche d'investigation prescrite.

Les études de cas montrent que les étapes prescrites de la démarche d'investigation constituent une trame lors de l'élaboration de séquences de sciences. Cependant, cette organisation de surface ne garantit pas l'implémentation du contenu de chacune des étapes dans le respect d'un raisonnement hypothético-déductif. Les réponses apportées aux autres questions nous amèneront à conclure que des déterminants, autres que l'action adressée, influencent davantage les décisions didactiques prises *in situ*.

3. Troisième question de recherche :
Comment l'influence de l'épistémologie pratique du professeur se manifeste t-elle sur son action hors et dans la classe ?

✓ Représentations des enseignants vis-à-vis des sciences.

L'enquête montre que la lecture des instructions officielles par les enseignants ne correspond ni aux fondements épistémologiques de la démarche ni à une autre posture épistémologique étudiée dans notre partie théorique. Les étapes de la démarche d'investigation prescrite sont majoritairement lues comme des entités indépendantes les unes des autres ; le raisonnement hypothético-déductif, sous-tendant la logique d'enchaînement des différentes étapes, n'est pas perçu comme caractéristique de la démarche . Le processus d'élaboration des connaissances étant peu explicité.

Les pratiques déclarées attribuent majoritairement à l'expérience un rôle de validation des hypothèses et rarement de confirmation d'un résultat préalablement obtenu par le raisonnement. Les enseignants déclarent accorder une place importante au travail de groupes, à l'organisation de débats en classe et à l'élaboration collective des connaissances. Ces éléments sont en accord avec leurs représentations du travail des scientifiques. En effet, les méthodes issues du rationalisme sont, par exemple, majoritairement rejetées alors que celles issues du constructivisme génèrent l'adhésion. Les connaissances scientifiques sont alors perçues comme étant le fruit d'une construction humaine collective dans des contextes données.

Les représentations des enseignants *vis-à-vis* des sciences semblent donc déterminer une partie des choix pédagogiques et didactiques réalisées lors de la pratique de la démarche d'investigation.

L'analyse des études de cas montrent que les décisions *in situ* des enseignants face à des situations non prévues ou planifiées, sont toujours conformes à leurs représentations des sciences et ce quelques soient leurs postures épistémologiques. Notamment, la place de la théorie et le rôle de l'expérience au sein du raisonnement mis en œuvre sont fidèles à leurs représentations du fonctionnement de la science. Par exemple, l'enseignante PA, qui adhère au courant rationaliste, refuse des arguments basées sur l'observation pour construire des connaissances. Consciente que les théories scientifiques sont soumises à un certain nombre d'approximations, elle parvient à les expliciter lors de la modélisation mise en œuvre. En revanche, l'enseignant PB dont les croyances sont proches des idées défendues par les empiristes, rejette les conclusions d'un raisonnement ou des informations extraites de documents scientifiques comme preuve ; il privilégie l'expérience comme origine de la connaissance, sans systématiquement considérer la validité du modèle. Convaincu de la

validité de la démarche OHERIC, il a tendance à minorer l'importance de la phase de questionnement.

- ✓ Représentations des enseignants vis-à-vis de l'enseignement des sciences.

Même si les instructions officielles constituent un déterminant pour le choix de la démarche implémentée en sciences, l'explicitation des étapes mises en œuvre montre que les pratiques déclarées des enseignants ne sont pas strictement conformes à leurs connaissances des instructions officielles. Des préoccupations liées aux représentations de l'enseignement des sciences semblent déterminer en partie les choix pédagogiques et didactiques lors de l'élaboration et de l'implémentation des séquences de sciences. En effet, les résultats de l'enquête montrent que des éléments issus du constructivisme sont systématiquement associés à la mise en place de la démarche d'investigation alors qu'ils n'apparaissent pas toujours lors de la description des instructions officielles. Ainsi, la participation active des élèves est citée comme favorisant la construction de leurs connaissances. Le relevé des représentations initiales devient une préoccupation majeure pour la plupart des enseignants, même s'ils avouent des difficultés à s'appuyer réellement sur ces idées préalables pour conduire la classe. De plus, la cohérence de l'ensemble de la démarche incite la majorité des enseignants à intégrer régulièrement une question scientifique lors des premières étapes de la démarche, à faire systématiquement émettre des hypothèses aux élèves et à utiliser l'expérience comme moyen de validation de ces hypothèses.

Le décalage entre les démarches d'investigation prescrite et mise en œuvre montre le rôle des représentations des enseignants dans leurs choix lors de l'élaboration et de l'implémentation des séquences de sciences.

L'analyse des pratiques de classe montre, que hormis les étapes de la démarche d'investigation prescrite, les représentations liées à l'enseignement jouent le rôle d'organisateur de l'action planifiée. En effet, l'enseignant PB, persuadé que tout enseignement nécessite une mise en scène pour susciter l'intérêt des élèves, fonde systématiquement ses séquences sur une histoire[247].
De plus, les études de cas montrent que les habitudes de travail liées aux représentations sur l'enseignement prévalent sur leur planification. Par exemple, l'enseignante PA convaincue de la nécessité de recueillir les représentations initiales des élèves, n'interrompt jamais les prises de parole à l'initiative des élèves, même si elle éprouve ensuite des difficultés à exploiter les idées des élèves.
Cependant, lorsque les représentations des enseignants *vis-à-vis* de l'enseignement des sciences entrent en conflit avec celles vis-à-vis des sciences, nous avons constaté que les décisions prises *in situ* sont en cohérence avec la posture épistémologique de l'enseignant.

- ❖ *La méthodologie retenue pour réaliser cette étude, repose sur l'hypothèse selon laquelle tous les enseignants ont une représentation de la science et de son enseignement, consciente ou non, à laquelle il en partie possible d'accéder par questionnaires. Ainsi, nous postulons que l'identification, au moins partiel aux représentations des enseignants sur les fondements de la science, son origine, ses*

[247] Les autres séquences filmées mais non analysées confirment ce résultat.

relations avec la vérité nous permettra de caractériser l'action didactique in situ du professeur et d'inférer des déterminants de cette action.

4. Quatrième question de recherche :
Le savoir en jeu détermine-t-il les pratiques des enseignants ? A-t-il un impact sur l'efficacité des démarches implémentées ? Les étapes prescrites de la démarche d'investigation est-elle une réponse adaptée pour tous les savoirs à enseigner ?

La méthodologie et l'hypothèse de travail retenues se sont avérées fructueuses. En effet, l'enquête nous a permis d'identifier partiellement des postures épistémologiques chez les répondants et de les reconnaître dans les pratique de classe.

Les déclarations des enseignants lors de l'enquête indiquent que leurs visions de la pratique de la démarche d'investigation est indépendante des savoirs en jeu. Seule l'introduction du questionnement scientifique traité dépend minoritairement du domaine disciplinaire concerné, la distinction étant relative aux démarches dites technologiques.

En revanche, les études de cas montrent que l'efficacité des démarches en classe dépend de la nature des connaissances visées. En effet, les raisonnements sollicités diffèrent selon que ces objectifs d'enseignement relèvent du monde des théories ou du monde des objets et des évènements, cette catégorisation des objectifs étant définie par une analyse *a priori* synthétisée sous forme d'une carte heuristique. L'association des objectifs à l'un ou l'autre des deux mondes peut évoluer en fonction des connaissances acquises par les élèves.

Nous avons montré l'inefficacité d'un raisonnement de type hypothético-déductif pour comprendre l'origine des phases de la Lune par une modélisation ; la démarche d'investigation, telle que prescrite dans les instructions officielles françaises, n'est donc pas adaptée à tous les types de savoirs. Une démarche de type rationaliste sollicitant un raisonnement déductif s'est avérée plus pertinente. De plus, l'avancée des savoirs, identifiés comme relevant du monde des objets et des évènements, peut résulter d'un raisonnement inductif basé sur des observations construites de la Lune.

Une bonne connaissance des étapes de la démarche n'est pas une condition suffisante à la mise en place d'un raisonnement cohérent et donc à l'avancée des savoirs dans le milieu en adéquation avec le savoir académique.

Bilan et limites :

Notre recherche montre le rôle de l'action adressée, de l'épistémologie pratique du professeur et des savoirs dans les choix pédagogiques et didactiques des professeurs lors de l'élaboration et de l'implémentation des séquences de sciences. Cependant, nous observons une hiérarchisation de ces déterminants :

- D'une part, leur influence dépend de la nature de la tâche du professeur (préparation, implémentation) ;
- D'autre part, *in situ*, certains agissent prioritairement à d'autres suivant le moment du travail du professeur (tâche de planification, préparation ou implémentation), suivant si l'action enseignante pouvait être anticipée ou si elle est une réaction face à une situation non prévue.

Ainsi, **l'action adressée** constitue le déterminant principal lors de la planification des séquences et éventuellement lors de leurs organisations macroscopiques. Ses effets sont restreints car elle n'intervient pas dans le choix des raisonnements sollicités au sein des tâches prescrites et réalisées par les élèves.

En revanche, **l'épistémologie pratique** des professeurs détermine des choix d'organisation globale d'une séquence et surtout l'action didactique *in situ*. Les élèves se voient imposer une posture épistémologique associée à une forme de raisonnement en accord avec l'épistémologie pratique des professeurs. Cependant, même si le rôle de l'épistémologie pratique est majeure, le poids des représentations des enseignants *vis-à-vis* des sciences ou de son enseignement est différent. L'action professorale est principalement guidée par des considérations non conscientes relevant de postures épistémologiques.

Enfin, **les savoirs** en jeu n'apparaissent pas comme des déterminants majeurs de l'action professorale alors que nous avons montré que l'efficacité d'une démarche dépend de leur nature.

Globalement, les hypothèses de travail retenues et la méthodologie associée ont permis de fournir des éléments de réponses pour chacune des questions posées dans cette recherche.

Cependant, nous entrevoyons deux limites à notre recherche. D'une part, l'échantillon des répondants à l'enquête est restreint et la spécificité de leur formation initiale peu représentative de celle des professeurs des écoles. D'autre part, les deux études de cas portent sur des savoirs spécifiques et ont été réalisées dans des conditions d'étude de l'action *in situ* particulières : deux enseignants intéressés par les sciences ; école classée en zone prioritaire d'éducation ; peu de matériel à disposition ; difficultés matérielles ayant restreint les possibilités de réaliser des entretiens planifiés et de filmer plus de séquences.

Les conditions d'avancée des savoirs ont été obtenues par l'analyse de chacune des séquences menées dans deux classes différentes. Nos critères d'analyse ne permettent pas de comparer l'efficacité des deux méthodes choisies par les deux enseignants. En effet, nous avons montré la similitude des résultats dans les deux classes concernant le rôle des tâches épistémiques et des mondes sollicités dans l'avancée des savoirs, le lien entre ces tâches et l'épistémologie pratique des enseignants et les connaissances présentes dans le milieu à l'issue de ces deux séquences mais nous n'avons pas évalué la maîtrise des savoirs par les élèves dans chacune des classes.

Même si des réponses ont été apportées concernant le rôle de l'épistémologie pratique des professeurs dans la détermination de leurs actions didactiques, nous précisons quelques limites à ce travail et soumettons quelques pistes d'améliorations. En effet, la longueur de l'enquête et ses formulations très spécifiques ont nécessité chez les répondants un véritable engagement, temporel et intellectuel d'où le panel peu représentatif des enseignants du premier degré obtenu. En effet, ce sont les enseignants intéressés par les sciences et peut-être par son histoire qui ont été tenté de répondre. De plus, les affirmations soumises relevant de l'épistémologie demandaient un effort d'appropriation ce qui laisse une part de subjectivité dans l'interprétation, les affirmations pouvant être comprises différemment d'un individu à l'autre. Ce biais aurait pu être évité par des entretiens d'explicitation laissant la possibilité aux enseignants de justifier leurs réponses. Cependant, le panel obtenu aurait été plus restreint en optant pour cette méthodologie, c'est pourquoi nous ne l'avons pas retenue. Enfin, même si la longueur de l'enquête a constitué un obstacle, nous avons délibérément multiplié les affirmations notamment lors de la première partie. En effet, nous pensons que le croisement des résultats pour plusieurs affirmations relatives à une même posture épistémologique permet d'obtenir des résultats exploitables.

Par ailleurs, nous avons montré que la démarche et le raisonnement à mobiliser dans la classe dépendent des savoirs en jeu. Ce choix a permis de faire une analyse relativement fine des savoirs à mobiliser.
Notre étude met en évidence que la construction des connaissances s'établit obligatoirement dans un milieu où non seulement des éléments issus du monde des objets et des évènements coexistent avec des éléments du monde des théories mais aussi où le lien entre les niveaux de modélisation est explicité. Il nous semble donc que l'explicitation du modèle constitue un facteur fondamental et déterminant dans la construction des connaissances : conditions d'utilisation du modèle, lien entre les observables sur le modèle et le monde des objets et des évènements, conditions de validité du modèle. La modélisation étant spécifique à la construction des connaissances en sciences physiques, une question émerge sur le transfert de ces résultats aux autres disciplines abordées dans la partie « Découverte du monde » au cycle 3. Les modèles utilisés en SVT ont-ils les mêmes règles de fonctionnement et les résultats concernant la nécessité de mise en relation des deux mondes sont-ils transférables ? Les savoirs en jeu en technologie où des démarches liées à l'analyse fonctionnelle des objets et à leurs fabrications sont mobilisées, peuvent-ils être regroupés avec ceux des sciences expérimentales ?

Enfin, la limite sans doute la plus importante liée à cette recherche concerne les déterminants mis en évidence. Nous avons cherché l'impact de certains déterminants préalablement sélectionnés. Aussi, nous avons analysé les données à partir d'un « filtre » qui, peut-être, nous a empêché d'accéder à d'autres déterminants de l'action professorale pour autant tout aussi important que ceux analysés. Notre recherche, axée sur le développement des savoirs, n'a sans doute pas permis de mettre à jour des déterminants d'un autre ordre. Par exemple, nous n'avons pas considéré le contexte difficile de l'école dans laquelle pratiquent les enseignants observés. Amade-Escot & Venturini (2009) ont montré qu'un tel contexte a un effet sur l'action didactique conjointe[248].

2. Discussion sur des éléments théoriques : découpage en jeux d'apprentissage

Enchaînement des jeux d'apprentissage

- **Retour sur la définition des jeux d'apprentissage :**

Le découpage mésoscopique des séquences analysées résulte des jeux d'apprentissage définis par la théorie de l'action conjointe :

> *« Un jeu d'apprentissage constitue une forme didactique connexe, orientée par un enjeu, qui lui fournit une première logique, et une première ontologie »* (Sensevy, 2011, p. 257)

Ainsi, nous avons considéré un changement de jeu pour chaque évolution de la règle du jeu et/ou de l'enjeu.

[248] Par exemple, « *l'une des caractéristiques fortes des deux enseignants observés réside dans l'intense activité déployée pour maintenir l'engagement de leurs élèves dans l'apprentissage* » (Ibid., p. 18).

- **Hiérarchisation possible des jeux :**

La confrontation de notre corpus de données avec ces éléments théoriques dévoile une hiérarchisation possible des jeux d'apprentissages : certains jeux d'apprentissages semblent inclus dans un jeu plus large. En effet, certains jeux d'apprentissage apparaissent comme des « *Sous-Jeux* » d'un jeu « *Chapeau* » aux objectifs de connaissances plus globaux.
Nous éclairons notre propos par un exemple :

Enseignant PB, Séance 3

Thème 3 :
Utiliser le calendrier lunaire pour déterminer si l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre peut s'expliquer par la présence de nuages.

Jeu n°5 : écouter l'objectif de l'activité définie par le maître : utiliser le calendrier lunaire pour déterminer si les nuages sont à l'origine des phases de la Lune pour un observateur terrestre.	**Le milieu** : constitué des séances précédentes, des hypothèses des élèves sur l'origine des phases de la lune, les idées préalables des élèves sur les formes de la Lune et du calendrier lunaire. **Enjeu** : le but est de savoir si les phases de la Lune pour un observateur terrestre sont dues aux nuages. **Règles implicites** : utiliser le calendrier lunaire pour répondre à la question
Jeu n°6 : comprendre les règles de lecture d'un calendrier lunaire	**Le milieu** : identique au jeu 5 **Enjeu** : comprendre les règles de lecture associées au calendrier lunaire (symboles utilisés sur le calendrier) **Règles explicites** : donner la signification des différentes formes de la Lune indiquées sur le calendrier
Jeu n°7 : interpréter des aspects particuliers de la Lune observés dans la vie quotidienne	**Le milieu** : identique au jeu 5 + idées préalables des élèves explicitées sur la couleur de la Lune **Enjeu** : comprendre les différentes couleurs prises par la Lune **Règles explicites :** expliquer l'origine des différentes couleurs prises par la Lune en s'appuyant sur ses propres connaissances
Jeu n°8 : identifier les phases de la Lune présentes dans le calendrier lunaire et leur associer une date	**Le milieu** : identique au jeu 5 **Enjeu :** identifier les différentes phases de la Lune **Règles explicites :** donner le nom des phases de la Lune présentes sur le calendrier et expliquer l'absence de représentations sur certaines cases du calendrier
Jeu n°9 : **comparer les informations données par le calendrier lunaire (phases de la Lune) avec celles susceptibles d'être données par la météorologie**	**Le milieu** : identique au jeu 5 **Enjeu** : comparer les données météorologiques avec celles du calendrier **Règles explicites** : répondre aux questions posées par le maître favorisant la mise en relation des données issues du calendrier avec celles données par les prévisions météorologiques
Jeu n °10 : compter des intervalles définis par le maître entre différentes phases de la Lune pour faire le lien entre l'invariabilité de la durée d'une lunaison avec l'hypothèse selon laquelle les nuages sont à l'origine des phases de la Lune	**Le milieu** : identique au jeu 5 **Enjeu :** invalider l'hypothèse selon laquelle les nuages sont à l'origine des phases de la Lune **Règles explicites :** Le maître demande aux élèves de compter le nombre de jours séparant deux nouvelles Lunes. Il ne donne pas de précision sur le façon dont on peut/doit repérer les jours et si les jours des nouvelles lunes doivent être comptés**.**

L'enjeu commun à l'ensemble des jeux de ce thème est l'invalidation de l'hypothèse concernant les nuages comme origine des phases de la Lune. La règle du jeu évoluant au cours de ce thème, six jeux d'apprentissage (S3J5 à S3J10) ont été proposés. Le jeu 5 constitue le jeu « *Chapeau* », à forte densité épistémique, et englobant les jeux suivants (de 6 à 10) . Cette hiérarchisation des jeux d'apprentissages a été observée à plusieurs reprises, notamment lors de la séance 2 menée par PB (jeux 7 à 9), lors de la séance 4 menée par PB (jeux 3 à 7). Elle s'appuie sur des choix pédagogiques/didactiques basés sur le découpage

d'une tâche complexe en tâches plus simples. Nous pensons qu'elle est révélatrice d'une position pédagogique particulière de l'enseignant PB, présentant des similitudes avec le courant béhavioriste *(Voir chapitre 2,* Mise en relation des courants épistémologiques, psychologiques et des tendances didactiques*.)*. Ainsi, l'organisation des jeux les uns par rapport aux autres constitue un indice sur la pédagogie mise en œuvre. Dans le cas cité en exemple, l'analyse révèle que l'ensemble des jeux menés au sein d'un thème ne permet pas d'atteindre l'objectif annoncé dans le premier jeu (S3J5).

Nous avons évoqué des raisons d'ordre épistémologique pour expliquer l'attitude de l'enseignant : manque d'institutionnalisation à l'issue de ce thème, besoin de recourir à une autre méthode pour invalider l'hypothèse. Une autre possibilité d'interprétation, en lien avec la structure même de ces jeux d'apprentissage, nous semble possible. **En effet, le découpage trop fin du jeu « *Chapeau* » en « *Sous-jeux* » ne permet plus aux élèves de saisir le sens des activités proposées (enjeu du jeu 5).** De plus, même si les objectifs des « *Sous-jeux* » correspondent effectivement à des étapes du raisonnement à mettre en œuvre pour atteindre ceux fixés dans le premier jeu, le lien entre les objectifs des « *Sous-jeux »* et celui du jeu « *Chapeau* » n'est pas explicité aux élèves. Les jeux étant présentés indépendamment, la contribution des uns par rapport aux autres, en lien avec le savoir visé, n'est pas explicite pour les élèves.

Cette organisation particulière ne doit pas être confondue avec les évolutions des jeux d'apprentissages décrites par Sensevy (2011). Selon lui, trois principaux types d'évolution des jeux peuvent survenir : un **changement de jeu**, un **glissement de jeu** ou un **jeu alternatif**.

Un **changement de jeu** correspond « *à une action réfléchie du professeur, qui considère que, dans l'état actuel du système contrat-milieu, le temps didactique ne peut avancer. Le professeur peut réguler ce système, en infléchissant l'action conjointe vers un nouveau contrat, un nouveau milieu, ou vers un nouveau système contrat-milieu* » (Sensevy, 2011, p. 282). Un changement de jeu coïncide avec une nécessité du jeu didactique qui peut être liée soit à une nécessité du temps didactique soit à la relation du jeu joué avec le jeu épistémique source. Dans un changement de jeu, l'enseignant change l'enjeu, le milieu et le contrat.

Dans le cas présenté, l'organisation choisie des jeux ne correspond pas à une nécessité de faire évoluer le jeu initial (qualifié de « *Chapeau* »). En effet, l'enseignant ne laisse pas le temps aux élèves de jouer ce premier jeu qu'il décline en « *Sous-jeux »*. Il s'agit donc d'un choix de stratégie pédagogique et non d'une nécessité.

Notons, cependant, qu'à l'issue du jeu 5, le calendrier lunaire est distribué aux élèves qui spontanément le commentent (S3J6). Ils s'interrogent notamment sur la signification de symboles associés à des dates particulières. On peut alors penser que l'enseignant assimile les commentaires des élèves à des indices lui signifiant que le jeu 5, initialement prévu, ne peut aboutir étant donné que les élèves ne comprennent pas toutes les informations de ce calendrier. Dans ce cas, il faudrait considérer le passage de S3J5 à S3J6 comme un changement de jeu. Nous ne l'avons pas interprété ainsi pour trois principales raisons :

- Le temps de réflexion laissé aux élèves entre le moment où le calendrier est effectivement distribué à tous et le moment où l'enseignant pose la question de la signification des symboles du calendrier est très court (moins d'une minute). Les symboles sont peut-être connus de certains élèves ;
- Le maître aurait pu répondre à la question des élèves concernant la signification des symboles sans changer de jeu : munis de ce nouvel indice, les élèves avaient encore la possibilité de gagner le jeu initialement prévu S3J5 ;

- Tous les autres « *Sous-jeux* » sont initiés et guidés par le maître ; aucune possibilité n'est laissée aux élèves de gagner le jeu initial S3J5.

Nous pensons qu'il s'agit donc d'un choix de stratégie pédagogique et non d'une nécessité. De plus, le milieu proposé aux élèves n'évolue pas. Certes, l'enjeu annoncé dès le jeu 5 évolue au fil des jeux proposés mais est explicité à nouveau dans le jeu 10 : les jeux intermédiaires apparaissant alors comme des moyens pour atteindre l'enjeu fixé initialement. Les « *Sous-jeux »* correspondent à une stratégie de l'enseignant proposant des jeux intermédiaires aux objectifs plus restreints. Même si, dans ce cas, nous n'avons pas conclu à un changement de jeu pour les raisons évoquées, nous n'excluons pas que ce changement aurait pu être nécessaire si le jeu avait été effectivement joué. En effet, le milieu constitutif du jeu « *Chapeau* » ne semble pas conçu avec des rétroactions qui auraient permis l'avancée vers les savoirs visés. Ce manque de rétroaction possible et la topogenèse du côté de l'enseignant pourraient empêcher la clause *proprio motu* des jeux de fonctionner, particulièrement celle du premier jeu.

Un **glissement de jeu** survient lorsque soit le contrat soit le milieu ne peuvent plus jouer pleinement leur rôle. Même en imaginant un autre scénario des transactions didactiques, le jeu initialement pensé ne peut être joué car « *il ne respecte pas la logique de la pratique* ». (Sensevy, 2011, p. 283). Il s'agit « *d'un phénomène didactique générique : les glissements de jeux d'apprentissages tendent en général à substituer à des jeux spécifiques au savoir en jeu, des jeux premiers, sur lesquels tout le monde peut s'accorder, pour continuer à vivre la relation didactique, même s'ils ne permettent pas vraiment de penser le problème qu'on s'était proposer d'attaquer* » (Ibid, p. 284). Pour appréhender ce phénomène, Marlot (2008) distingue des jeux d'apprentissage à faible densité épistémique (jeux génériques) de ceux à forte densité épistémique. Le glissement de jeu correspond au passage d'un jeu épistémiquement dense à un jeu générique et s'explique par le fait *« soit que le professeur se substitue aux élèves, soit qu'il peine à faire percevoir aux élèves les objets sensibles et les « bons jeux », soit que certains objets nécessaires à la mise en œuvre du jeu, sont absents du milieu* » (Marlot, 2009).

Dans le cas donné en exemple (S3J5 à J10 ; PB), certains aspects de l'organisation des jeux au sein de la thématique laissent penser à un glissement de jeu. En effet, dans le jeu 5 le contrat instauré comporte des lacunes d'un point de vue du contrat d'utilisation du calendrier en lien avec l'hypothèse testée. L'utilisation du calendrier aurait pu être détournée par les élèves de l'utilisation prévue. Cependant, le jeu initialement planifié n'étant pas joué, le passage d'un jeu à l'autre ne correspond pas à un glissement de jeu: la déclinaison de la tâche complexe envisagée en tâches plus simples est imposée aux élèves.

Enfin, un **jeu alternatif** correspond à une altération du jeu dont les relations didactiques ne débouchent pas sur des savoirs.

« Les jeux alternatifs décrivent donc cet évitement épistémique de l'action conjointe qui est un évitement de et dans l'action conjointe » (Ibid, p. 285)

Dans le cas cité ici (S3J5 à J10 ; PB), même si le savoir principal visé n'est pas explicité dans le milieu, d'autres savoirs en lien avec le savoirs visés ont été introduits dans le milieu (durée d'une lunaison, par exemple). Il ne s'agit donc pas d'un jeu alternatif.

➢ **Un exemple d'évolution de jeu :**

Nous avons relevé dans l'analyse des jeux d'apprentissage en lien avec les phases de la Lune des évolutions pouvant s'apparenter à un **glissement de jeux** et à un **jeu alternatif**. Le tableau 30 rend compte d'un exemple observé lors de la première séance de la séquence « Phases de la Lune » menée par PA.

Tableau 33 : exemple d'évolutions de jeu.

Enseignante PA, séance 1
Thème 1 : les différents aspects de la Lune

Jeu 1 : décrire les résultats des observations « organisées » de la Lune lors du travail préliminaire	**Le milieu** : constitué des observations des élèves et des dessins de ces observations **Enjeu** : lister toutes les formes possibles de la Lune, connaître les phases de la Lune **Règle explicitée** : montrer à l'enseignante le résultat des observations faites de la Lune et les décrire.
Jeu 2 : décrire les observations faites de la Lune lors de son expérience quotidienne	**Le milieu :** constitué des observations des élèves et des dessins de ces observations + expérience quotidienne des élèves + idées préalables sur les formes de la Lune **Enjeu** : lister toutes les formes possibles de la Lune, connaître les phases de la Lune **Règle** : implicitement modifiée par les élèves, les résultats d'observation exposés sont ceux relatifs à leurs expériences personnelles et non ceux issus des dessins demandés par l'enseignante
Jeu 3 : décrire la démarche scientifique	**Le milieu :** constitué de l'ensemble des séquences de sciences vécues précédemment par les élèves **Enjeu** : décrire la démarche d'investigation **Règle explicitée** : reconstituer les étapes de la démarche d'enseignement habituellement utilisée en sciences.

Glissement du jeu

Vers un jeu alternatif

✓ **Glissement de jeu** : de S1J1 à S1J2

Dans les exemples du tableau 33, les éléments nécessaires au bon déroulement du premier jeu (S1J1) sont absents du milieu. Les élèves n'ont pas, ou de façon partielle, réalisé le travail demandé en amont par l'enseignante. Ils ne disposent donc pas des dessins d'observations nécessaires au bon déroulement du jeu ce qui provoque un changement de la

règle que nous considérons comme un glissement de jeu. Le milieu n'est pas suffisamment riche pour jouer son rôle avec la règle du jeu prévue. Les élèves font part de leurs idées préalables sur la forme de la Lune et non d'observations réelles ce qui représente, en lien avec les savoirs visés, un appauvrissement du jeu.

- ✓ **Vers un jeu alternatif** : de S1J2 à S1J3

Prenant appui sur le relevé des idées préalables émises dans le jeu S1J2, l'enseignante PA interroge les élèves sur la démarche habituellement suivie en sciences. Les transactions ne sont plus en lien avec les savoirs visés : nous constatons une généralisation du jeu joué, dont les contenus pourraient figurer dans une autre séance de sciences, et ainsi un appauvrissement de la densité épistémique. Les logiques à la fois transactionnelles et épistémiques ne sont pas respectées dans la pratique observée. L'action conjointe n'est plus en lien avec les savoirs visés, le jeu S1J3 apparaît alors comme un jeu alternatif faisant suite à l'incapacité de l'enseignante à réagir face au manque du milieu : les idées des élèves sur l'apparence de la Lune ne permettent pas d'établir des liens avec les connaissances visées, comme l'aspect cyclique d'une lunaison.

Dans nos analyses, nous avons donné deux interprétations liées à l'épistémologie pratique de l'enseignante : les habitudes de travail[249] et ses représentations des sciences. Le relevé des idées préalables des élèves fait partie des habitudes de la classe, c'est pourquoi le contrat didactique explique en partie le premier glissement de jeu observé. Enfin, l'enseignante n'exploite pas les données des élèves car elle n'est pas convaincue que des connaissances puissent être construites à partir de l'observation ce qui explique également qu'elle accepte le premier glissement de jeu et qu'elle favorise ensuite le jeu alternatif.

L'évanouissement des savoirs peut s'expliquer par la présentation linéaire de la démarche où l'interprétation du réel semble indépendante de la théorie et où « *les professeurs ne maîtrisent pas suffisamment les conceptions épistémologiques et didactiques qui sous-tendent les pratiques socioconstructivistes pour atteindre une certaine autonomie dans la gestion des séances* » (Morge, 2001). Marlot (2009) ajoute que le besoin des enseignants de s'appuyer sur des pratiques connues liées à leur épistémologie peut également expliquer cet appauvrissement épistémique.

Ces résultats corroborent nos conclusions selon lesquelles l'épistémologie pratique et l'action adressée déterminent l'action didactique et peuvent parfois faire obstacle à l'élaboration des connaissances visées.

- ➢ **<u>Comment situer la hiérarchisation des jeux proposée d'un point de vue théorique ?</u>**

Sans prétendre apporter de réponse définitive, nous souhaitons ouvrir la réflexion sur le lien possible entre la hiérarchisation des jeux que nous suggérons et celle proposée par la théorie de l'activité (TA) entre activité[250], action[251] et opération[252]. Pour cela, nos propos prennent appui sur la discussion théorique proposée par Venturini (2012) montrant une certaine compatibilité entre la TACD et la TA notamment car toutes deux reconnaissent:

[249] Obtenues sur la base de la seconde partie de l'enquête.
[250] « *Les activités, orientées par un mobile, objet matériel ou idée satisfaisant un besoin (le besoin motive l'activité* » (Ibid, p. 129).
[251] « *La actions, subordonnées aux activités, orientées par des buts conscients* » (Ibid, p. 129).
[252] « *Les opération, permettant de réaliser les actions, déterminées par les conditions de l'activité au moment où elles sont mises en œuvre*. » (Ibid, p. 129).

- « *L'importance du social dans la production des pensées et conduites* » (Ibid, p. 131) ;
- L'importance d'instruments, supports de l'activité ou de l'action conjointe : outils matériels et symboliques et le milieu ;
- Le développement des êtres humains (développement de l'élève et du professeur dont l'épistémologie pratique est un témoin) et de leur environnement (un phénomène didactique est lié à une institution) à travers les interactions (ou les transactions).

De plus, l'action conjointe relevant de la TACD, tout comme activité, action et opération de la TA, « *englobe à la fois des éléments locaux, situés et des éléments reliés à l'histoire et à la culture des institutions dans lesquelles l'action se développe* » (Ibid, p. 133). Ainsi, les actions de la TACD peuvent être assimilées soit aux opérations soit aux actions dans la théorie de l'activité en fonction du contexte et de l'expérience de l'enseignant.

Venturini propose de remplacer l'*action* de la TACD par un *agir conjoint* englobant les interactions didactiques et les transactions qui les caractérisent. Il précise qu'inclure la notion d'activités dans le raisonnement implique le choix d'une échelle de temps, « *les échelles de temps envisagées pouvant aller de la durée du jeu didactique à celle de la scolarité toute entière* ». (Ibid., p.131). L'articulation des deux systèmes théoriques sous-entend donc de préciser l'activité considérée.

En considérant l'activité sur une échelle de temps longue, Venturini propose que l'agir conjoint, rende compte des dimensions actions et activités de la théorie de l'activité :

> *« (L'action) prenant en compte à la fois l'individu comme être singulier et le contexte local en les incluant dans une temporalité très courte, (l'activité) prenant en compte l'individu comme être social appartenant à différentes communautés et institutions en l'incluant dans une temporalité beaucoup plus courte »* (Ibid, p. 133).

Nous proposons de situer les activités sur une échelle de temps plus courte. Ceci nous semble possible à condition de considérer le mobile qui oriente l'activité comme étant l'un des objectifs notionnels d'une séquence d'apprentissage (dans notre cas, comprendre que les phases de la Lune ne s'expliquent pas par la présence de nuages par exemple). Nous nous interrogeons alors sur les correspondances possibles entre les deux théories : quels pourraient être les liens entre activité, action et opération et l'agir conjoint défini par la TACD ? Il nous semble que l'activité pourrait constituer le jeu « *Chapeau* » et les actions ou les opérations les « *Sous-jeux* » suivant qu'il s'agit de comportements routinisés ou pas. Cette hypothèse mériterait d'être davantage fouillée d'un point de vue théorique et pratique en analysant d'autres séquences.

Pertinence des critères d'analyse retenus

Les critères d'analyse de l'action *in situ* ont été essentiellement élaborés à partir de ceux fournis par la théorie de l'action conjointe en didactique. Nous avons eu notamment recours aux notions de **contrat et de milieu** didactiques, au quadruplet de la **caractérisation professorale** et au **triplet fondamental des genèses**. Nous souhaitons discuter la pertinence de ces critères en lien avec nos questions de recherche.

Les notions de **contrat et de milieu didactiques** se sont avérées fondamentales dans notre recherche pour deux raisons. D'une part, l'obtention des jeux d'apprentissages est complétement liée à ces notions qui en constituent l'essence même. Chaque jeu d'apprentissage est caractérisé par un milieu et un contrat, l'évolution du contrat entraînant un changement de jeu. Les déterminants de l'action professorale ont été principalement inférés à

partir de l'analyse des transactions didactiques au sein de ces jeux d'apprentissage. D'autre part, notre recherche étant axée sur les savoirs, ces notions nous ont permis d'obtenir des informations sur l'avancée des savoirs dans la classe. En effet, la TACD considère le contrat comme le moyen utilisé par les élèves pour identifier et mobiliser les éléments du milieu en lien avec les connaissances visées. La TACD nous a donné à voir le milieu comme un processus de co-construction, résultat d'une transaction s'appuyant sur l'arrière fond commun dont chacun des acteurs construit une signification[253]. Lors de l'analyse chronologique des jeux d'apprentissage, nous avons listé certaines des composantes de cet arrière fond commun. Dans cette première approche, nous avons nommé « milieu » ce qui correspond au milieu matériel[254], c'est-à-dire les éléments à disposition des élèves. Cette première description est très limitée puisqu'elle ne rend pas compte ni du « *milieu des élèves* » ni des milieux « *potentiel et activé* » (Perrin-Glorian, 1999). Ainsi, notre analyse chronologique a permis de décrire l'arrière fond sur lequel les transactions prennent appui mais ne décrit pas les significations partagées, ni même si elles le sont effectivement. Les dimensions conjointes des actions du professeur et des élèves au sein des jeux d'apprentissages ont été révélées lors de l'analyse de l'action enseignante à travers les démarches implémentées et les savoirs mobilisés en référence à la chronogenèse. En effet, au fil de nos interprétations, nous avons constaté « *des conditions de possibilité de jeu d'apprentissage* » liées à l'évolution du milieu (Sensevy, 2000) par ailleurs mis en évidence par Amade-Escot et al. (2009) :

- La création d'un milieu antagoniste n'est pas évident. Il se peut que la tâche ne puisse « faire milieu » pour l'étude des savoirs visés, *« car l'existence d'un milieu didactique reste très dépendante des réalisations des élèves* » (Ibid., p. 14)
  Par exemple, l'analyse montre que la première modélisation proposée dans la classe de PA ne permet pas l'avancée des savoirs visés car les milieux matériel[255] et objectif[256] ne permettent pas de rétroaction sur les élèves leur indiquant si la stratégie choisie est pertinente pour atteindre les objectifs visés.
- Le milieu, en tant que système de « *co-construction* », ne peut jamais totalement être contrôlé par l'enseignant. Des éléments, non pertinents ou perturbateurs, de l'environnement matériel entrent dans le milieu. Par exemple, « *lorsque les élèves pointent des phénomènes apparaissant dans le milieu, liés à des objets considérés a priori comme extérieurs par l'enseignant* » (Ibid., p. 18)
  Lors du jeu S3J7 mené par l'enseignant PB, les élèves évoquent les différentes couleurs possibles de la Lune ce qui n'était pas prévu. Ces éléments ne s'intègrent pas dans le milieu en tant qu'objet permettant la construction des savoirs visés.
- Le dispositif constitutif du milieu et choisi par l'enseignant ne peut garantir la construction de connaissances qui dépend aussi du résultat des interactions enseignant-élèves-savoirs.

[253] Par exemple, le document dit « de référence dans la séquence menée par PA n'a pas la même signification pour les élèves et pour l'enseignante : pour les premiers, il s'agit de photos de la Lune qui n'apparaît pas toujours de la même manière pour un observateur terrestre, pour PA, il s'agit de l'enchaînement des formes successives de la Lune pris au cours d'une lunaison, les formes comportant une certaine symétrie.

[254] « *Un milieu se structure au sein de la trilogie milieu matériel, milieu objectif et milieu de référence (Bloch et Salin, 2003). Dans le milieu matériel existent des objets dans leur forme ordinaire, par exemples des cartes dans un jeu mathématique. Dans le milieu objectif, ces objets sont transformés en objets mathématiques , ainsi les cartes sont transformées en objets mathématiques lorsqu'elles signifient qu'il faut avancer ou reculer sur la piste de tant de cases. Dans le milieu de référence, les cartes pour avancer ou reculer tendent à référer à la connaissance mathématique de l'addition ou de la soustraction* »(Toullec-Théry, 2007).

[255] Le milieu matériel est constitué des objets matériels utilisés (lampe, balles) et des observations possibles (variation de la zone éclairée sur la balle).

[256] dans le milieu objectif, les objets matériels utilisés sont associés aux objets réels correspondants (balles pour la lune et la Terre, lampe pour le Soleil), la signification de la-c-variation de la zone éclairée est construite.

Lors du jeu S2J13, PB a prévu l'interprétation des résultats de la modélisation visant à déterminer si les nuages peuvent expliquer les phases de la Lune. Or, des problèmes liés à la gestion de la classe vont interrompre le jeu.

- Enfin, nous avons mis en évidence que l'avancée des savoirs dans la classe est favorisée par un milieu antagoniste fournissant des rétroactions.
  La seconde modélisation proposée par l'enseignante PA s'avère efficace : les éléments théoriques introduits au préalable donnent les conditions de mise en œuvre du modèle. Ainsi, le milieu matériel comporte des indices de la « bonne » utilisation du modèle.

A l'issue de notre recherche, deux éléments s'avèrent fondamentaux pour définir le milieu :

- **C'est avant tout dans les interactions que le milieu se construit ;**
- **L'étude du milieu nécessite une référence au savoir visé ce que constitue la chronogenèse**. Nous reviendrons sur ce point par la suite.

Les **éléments constitutifs du triplet des genèses** ont aussi constitué un point d'appui indispensable, pour croiser l'évolution des savoirs, l'évolution des significations partagées par les transactants, et le partage des responsabilités au sein des transactions *vis-à-vis* de l'avancée des savoirs.

La quantification proposée de l'évolution de la chronogenèse a permis un suivi fin de l'évolution des savoirs dans le milieu, résultats indispensables à l'analyse du rôle des tâches épistémiques et du recours aux niveaux de modélisation. Nous avons affiné le rôle des tâches épistémiques en comparant les tâches mises à contribution et leurs objets avec l'avancée des savoirs ainsi chiffrée. De plus, en lien avec la mésognenèse, chacun des savoirs introduits dans le milieu, lors des différents jeux, a été explicité dans l'analyse chronologique des séances ce qui a permis des liens entre l'avancée des savoirs et les niveaux de modélisation. Nous reviendrons sur la contribution de chacun des cadres théoriques sollicités les uns par rapport aux autres dans la partie suivante.

L'étude de la mésogenèse et de la topogenèse a enrichi celle de la chronognenèse. L'analyse fine de l'évolution du milieu a documenté la façon dont les savoirs vivent dans la classe. La compréhension de la mésogenèse nécessite aussi la prise en compte du partage des responsabilités. Nous avons, identifié à travers la topogenèse le rôle attribué aux idées préalables des élèves ou encore comment ces idées préalables, en lien avec la mésogenèse, ont enrichi le milieu et contribué à l'avancée des savoirs (par exemple dans la séquence mise en œuvre par l'enseignant PB, les idées préalables des élèves sont à l'origine des hypothèses émises). **L'analyse des jeux d'apprentissage, en lien avec le triplet des genèses, a permis de reconnaître, dans l'action didactique, des éléments issus soit des injonctions officielles, soit de l'épistémologie pratique du professeur et ainsi d'inférer le rôle des déterminants étudiés.**

En revanche, le **quadruplet de la caractérisation professorale** ne nous a pas permis une analyse pertinente au regard de nos questions de recherche. Même si lors de l'analyse chronologique effectuée, nous avons considéré tous les éléments constitutifs de ce quadruplet, nos interprétations ne les prennent pas systématiquement en considération. En effet, nous avons ponctuellement sollicité les actions de ce quadruplet lors de l'interprétation de l'action enseignante à travers les savoirs mobilisés mais leur contribution est restée limitée. Nous les avons utilisés, par exemple, pour justifier du faible investissement des élèves lorsque la définition du jeu en limite sa dévolution . De même, l'étude de la régulation des jeux, réalisée par les enseignants, en rapport à la topogenèse, nous a permis des interprétations en lien avec

les représentations des enseignants de l'enseignement des sciences : la nécessité de laisser les élèves exprimer leurs idées initiales, par exemple. De plus, nos questions de recherche, centrées sur les savoirs, nous ont amené à focaliser nos analyses sur l'institutionnalisation. En effet, l'institutionnalisation renseigne sur l'évolution des savoirs dans le milieu car elle implique que le professeur ait à la fois identifié et structuré les stratégies gagnantes du jeu dans les termes du savoir visé.

Ainsi, nous avons dégagé un certain nombre de résultats cohérents chez l'enseignante PA :

- Une i**nstitutionnalisation inexistante** ou faible s'accompagne presque systématiquement d'une avancée **lente des savoirs voire d'un arrêt**[257]**.** Il est très rare que les savoirs avancent avec une institutionnalisation faible ou inexistante[258].
- U**ne forte avancée des savoirs est marquée par une institutionnalisation importante.**[259] **Très rarement,** une forte institutionnalisation entraine une avancée des savoirs rapide.[260]

En revanche, ces régularités n'ont pas été relevées dans les séquences de l'enseignant PB. Pour lui, l'institutionnalisation peut se dérouler à différents moments :

- L'introduction dans le milieu de nouveaux savoirs en lien avec les savoirs visés n'implique pas une institutionnalisation systématique ;
- L'institutionnalisation peut concerner des savoirs introduits dans une autre séance ou dans une autre thématique de la séance c'est-à-dire introduits en amont (en référence au temps didactique).

Notre recherche ne permet pas de déterminer si les modes d'institutionnalisation observés chez les deux enseignants sont liés à des stratégies conscientes ou s'ils relèvent de déterminations non intentionnelles non mises à jour.

L'utilisation croisée des critères d'analyse proposés par la TACD a permis de renseigner l'évolution des savoirs au sein de l'action conjointe. Les outils de la TACD se sont avérés pertinents dans le cadre de notre recherche.

3. Discussion sur la compatilité des cadres théoriques convoqués

Nos questions de recherche et notre méthodologie nous ont amené à solliciter différents cadres théoriques : la TACD, les tâches épistémiques, les niveaux de modélisation et les postures épistémologiques.

Nous avons produit des analyses *a priori* (des instructions officielles, des représentations des enseignants et des savoirs en jeu) dans le but de caractériser les

[257] Nous l'avons constaté dans la séance 1 (S1J2 ; S1J4 ; S1J7, S1J8), dans la séance 2 (S2J2,S2J5,S2J6,S2J7) ; dans la séance 3 (S3J1, S3J3, S3J3, S3J4, S3J6 : une nouvelle explication de l'origine des phases de la Lune est présente mais non explicitée) et dans la séance 4 (l'institutionnalisation des observations de la Lune se fait oralement et demeure partielle ce qui ne permet de construire entièrement les savoirs visés : S4J1 et S4J2 ; S4J6).

[258] C'est le cas dans deux séances uniquement : dans la séance 1 (S1J6 où nous avons postulé que l'émission d'hypothèses pouvait être considérée comme une avancée du savoir dans la classe dans le sens où les élèves tentent une première explication) et dans la séance 4 (S4J3 institutionnalisation faible mais l'avancée des savoirs est rapide mais ces savoirs concernent la démarche de modélisation).

[259] Nous l'avons constaté dans la séance 1 (S1J3), dans la séance2 (S2J1,S2J2,S2J3) et dans la séance 4 (S4J4 et S4J7,S4J8, S4J9).

[260] C'est le cas dans la séance 4 (S4J5 : institutionnalisation orale forte mais tous les éléments apportés l'ont déjà été dans des jeux précédents d'où une avancée des savoirs faible).

déterminants choisis de façon à ensuite les inférer, essentiellement à partir de l'action *in situ*. Il nous semble que cette méthodologie s'est avérée pertinente puisqu'elle nous a permis de répondre à nos questions de recherche. Les cadres théoriques liés aux postures épistémologiques et à l'action conjointe en didactique n'ont pas été superposés mais ont tous deux contribués à inférer les déterminants professoraux.

En revanche, lors des analyses de l'action *in situ*, nous avons focalisé sur l'avancée des savoirs à partir de critères élaborés en fonction de la TACD, des tâches épistémiques et des niveaux de modélisation. Sans prétendre à une recherche théorique approfondie, nous souhaitons interroger la compatibilité de ces différents cadres. Nous souhaitons également discuter la pertinence de leur superposition au regard nos questions initiales.

En premier lieu, les données recueillies dans des recherches sollicitant l'un de ces trois cadres théoriques semblent compatibles puisqu'elles sont obtenues *in situ*, c'est-à-dire à partir de pratiques réelles.

L'une des stratifications de la TACD propose d'étudier les jeux tels qu'ils sont joués dans la classe. Dans ce cas, la TACD privilégie les données sous forme vidéo : « *Étudier l'action in situ, c'est précisément ce que permettent, dans le travail en didactique, les films vidéo* ». (Sensevy, 2013). Nombre de recherches en lien avec l'action conjointe ont recours à cette méthodologie (Pautal, 2012 ; Santini, 2009 ; Marlot, 2008 ; Tibreghien & al., 2007…).

Les notions de tâches épistémiques, également sollicitées dans la TACD à travers la notion de jeu épistémique, concernent aussi des recherches visant à étudier l'action *in situ.* (Santini, 2009 ; Malkoun, 2007…). De même, le recours aux niveaux de modélisation est observé dans des recherches analysant des situations de classe et ayant aussi recours à la vidéo.

D'un point de vue méthodologique, les trois cadres semblent donc compatibles.

Par ailleurs, les résultats de notre recherche montrent que la combinaison de ces trois cadres donne un triple éclairage sur les choix opérés par les enseignants dans le cadre de l'action conjointe.

La chronogenèse s'est avérée être un lien fort entre les trois cadres théoriques convoqués. Dans une première intention, l'analyse du niveau de la chronogenèse dans la classe devait nous renseigner sur l'avancée des savoirs. La mise en relation de cet indicateur avec l'analyse des tâches épistémiques mises en œuvre par les élèves et l'analyse des niveaux de modélisation renseignent sur les conditions d'avancée des savoirs dans la classe.

L'analyse de l'action enseignante à travers les démarches mises en œuvre, s'appuyant sur des éléments issus de la TACD, a permis d'inférer certains des déterminants de l'action professorale alors que l'analyse de l'action enseignante, s'appuyant sur des éléments issus des deux autres cadres théoriques, a surtout permis une analyse sur les conditions d'avancé des savoirs. Cependant, le recours aux notions de tâches épistémiques a confirmé certains des déterminants de l'action professorale mis en évidence par ailleurs. Ainsi, l'association de la TACD avec les notions de tâches épistémiques s'est avérée pertinente dans l'élaboration des **déterminants possibles de l'action professorale.**

Dans la partie précédente, nous avons montré que les dimensions conjointes des actions du professeur et des élèves ainsi que la notion de co-construction du milieu ont été révélées par l'analyse de l'action enseignante à travers les savoirs mobilisés. Nous souhaitons revenir sur ce point qui nous semble dépendre des cadres théoriques choisis.

En effet, les actions réciproques enseignant-élève prennent appui sur un milieu commun, correspondant à l'intersection (que nous supposons toujours non vide) des milieux de l'enseignant et des élèves. Ce milieu commun peut-être constituée d'objets matériels, de prises de parole, de connaissances théoriques ou naïves. L'analyse des niveaux de

modélisation nous indique qu'une des conditions nécessaires à la construction de connaissances (connaissances scientifiques en sciences physiques) est la mise en relation par les élèves du monde des objets et des évènements avec celui des théories. Autrement dit, les actions des élèves et des enseignants sur ce milieu commun doivent permettre de construire une mise en relation de ces mondes partagée de tous. Les résultats de nos analyses révèlent deux possibilités de mise en relation :

- L'utilisation proposée, à travers la tâche épistémique, du milieu commun permet aux élèves de construire des liens entre les niveaux de modélisation. Les interactions des élèves avec les objets disponibles dans ce milieu leur permettent d'avancer vers les savoirs visées, les rétroactions du milieu sur les élèves étant un guide. Le rôle du maître est alors limité, la topogenèse étant du côté des élèves.
- Le milieu commun ne suffit pas à organiser des liens entre les deux mondes. Les rétroactions du milieu soin, ne sont pas possibles, soit sont insuffisantes pour permettre aux élèves d'avancer seuls vers les savoirs. Ce déficit est alors comblé par les interventions du maître qui joue le rôle de médiateur pour établir des relation entre les niveaux de modélisation. La topogenèse est du côté de l'enseignant, ce qui n'empêche pas que les élèves construisent des relations.

La superposition des trois cadres théoriques s'est avérée pertinente pour étudier les conditions d'avancée des savoirs dans la classe mais ne renseigne pas sur la construction des connaissances des élèves. La compatibilité de ces cadres s'appuie sur le lien proposé par la TACD : l'étude de la méso et de la chronognenèse est transférable aux deux autres cadres. En effet, les résultats obtenus lors de l'étude de l'évolution du milieu et des savoirs à travers les tâches épistémiques ont complété, sans jamais contredire, les résultats obtenus lors de l'étude des niveaux de modélisation. Il semble que les outils proposés par la TACD permettent la discussion entre tâches épistémiques et niveaux de modélisation. De plus, même si les déterminants de l'action professorale ont principalement été inférés à partir de critères issus de la TACD, l'étude des tâches épistémiques et des niveaux de modélisation ont permis de corroborer les résultats obtenus par ailleurs.

4. Perpectives en terme de formation

Notre implication dans la formation des enseignants du premier degré nous conduit à interroger les résultats de notre recherche dans une perspective de formation. L'objectif de la formation des enseignants est de maîtriser les compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation[261] afin, entre autres, d'être capables de construire et mettre en œuvre des situations d'enseignement et d'apprentissages. Dans le cas de l'enseignement des sciences, les enseignants devront maîtriser des savoirs disciplinaires et leur didactique afin d'organiser un enseignement en lien avec les démarches d'investigation.

Notre recherche montre que **les injonctions officielles** ne sont pas le premier facteur déterminant pour rendre effectif l'enseignement des sciences. Le goût pour les disciplines scientifiques, le plaisir suscité lors de l'implémentation de séquences de sciences jouent un rôle essentiel dans la mise en place d'activités scientifiques dans le premier degré. Aussi, certaines formations, à destination des professeurs des écoles n'ayant pas une formation initiale en sciences, devraient s'appuyer sur des fondements théoriques liés à la motivation en

[261] Disponible à l'adresse : http://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin_officiel.html?cid_bo=73066 consultée le 28 janvier 2015.

faisant, par exemple, vivre aux formés des situations prenant en compte ces éléments théoriques. L'objectif de telles formations seraient de donner le goût aux sciences, avant même de viser des connaissances scientifiques et didactiques.

Les objectifs de formation impliquent de fournir aux enseignants les outils nécessaires pour penser et mettre en œuvre une séquence de sciences. Or, notre recherche montre que **l'épistémologie pratique** des enseignants et en particulier leurs représentations des sciences guident implicitement leurs réactions *in situ* face à des situations imprévues. Aussi, il nous semble que la formation des enseignants devraient obligatoirement intégrer des éléments d'épistémologie. Une initiation à l'histoire des sciences, à l'évolution de l'épistémologie en fonction des époques semblent une première étape avant d'aider les enseignants à prendre conscience de leurs propres postures épistémologiques. Nous pensons que la première partie de l'enquête analysée dans cette recherche pourrait constituer un outil pertinent.

De plus, notre recherche a mis en évidence le rôle des représentations sur les décisions prises lors de la préparation et de l'implémentation des séquences de sciences. Nous avons montré l'importance, pour les enseignants, de relever les idées préalables des élèves sans pour autant toujours être en mesure de les prendre en considération dans leurs enseignements. Les conceptions initiales, concept classique de la didactique, a une place importante dans les formations proposées aux enseignants dans les IUFM[262] ou maintenant dans les ESPE[263]. Les enseignants ont conscience de l'importance de leur prise en compte mais manquent d'outils pour les intégrer à leur enseignement. Morge (2001) signale que les recherches en didactique « *se centrent principalement sur la relation entre l'élève (ses conceptions, son activité cognitive) et son environnement d'apprentissage (tâches, situations expérimentales, démarches) laissant de côté la description du rôle tenu par l'enseignant dans cet environnement. Tant que ces situations restent dans le domaine de la recherche, cette mise à l'écart ne pose pas de problèmes particuliers. Mais ces séances, franchissent actuellement le milieu de la recherche en didactique des sciences et sont proposées aux enseignants dans les accompagnements de programmes (MEN, 1997)* ». Aussi, il propose de recentrer les formations sur le rôle de l'enseignant. En effet, nous avons montré l'importance des liens entre les niveaux de modélisation, construits lors des tâches épistémiques proposées aux élèves, dans l'avancée des savoirs. Une transposition de ces cadres théoriques dans la formation des enseignants constituerait un point d'appui intéressant pour penser leur enseignement mais aussi pour constituer des outils d'analyse pertinents. Aider les enseignants à mieux comprendre le processus de modélisation en sciences physiques, le rôle du modèle en tant qu'intermédiaire entre le monde des théories et le monde des objets et des évènements nous semble une première étape indispensable avant de transposer ces processus de modélisation à la classe et de les rendre compréhensibles par les élèves.

Nous nous interrogeons également sur la transposition possible des outils fournis par la TACD (quadruplet de la caractérisation professorale, triplet des genèses et notions de milieu et contrat didactiques) pour aider les enseignants à juger de la pertinence de leurs actions au sein des jeux didactiques. Nous sommes consciente que la notion de jeu didactique est une reconstruction du chercheur *a posteriori* à partir des transactions jouées *in situ*. Il semble toutefois que certains outils de la TACD pourraient constituer des indicateurs pour le maître de l'efficacité des situations mises en œuvre.

L'enseignante PA, dont les jeux proposés sont très ouverts, se rend compte tardivement de l'inefficacité de la modélisation proposée aux élèves[264]. Le quadruplet de la caractérisation ne

[262] IUFM : instituts universitaires de formation des maîtres.
[263] ESPE : écoles supérieurs du professorat et de l'éducation.
[264] La première modélisation permet aux élèves de valider des hypothèses scientifiquement erronées ; l'enseignante n'en prend conscience qu'au moment de la mise en commun c'est-à-dire à la fin de la séance.

pourrait-il pas constituer un guide aussi pour l'enseignant lui permettant de s'interroger sur la pertinence du milieu mis à disposition des élèves : le jeu est-il défini ? les règles sont-elles suffisamment claires pour que le jeu puisse être pris en charge par les élèves ? La dévolution s'est-elle opérée ? Les élèves ont-ils besoin d'aide pour mettre en place une stratégie gagnante ? Quelles sont les régulations possibles pour réorienter les élèves vers la stratégie gagnante ? Quels sont les savoirs susceptibles d'émerger dans le milieu suite aux activités proposées ? Comment les structurer ?
Même si ces questions ne peuvent pas spontanément faire sens pour les enseignants, elles pourraient constituer un outil de formations dans le cadre d'analyses de pratiques, notamment.

Enfin, la carte heuristique, élaborée pour l'analyse *a priori* **des savoirs enjeu** dans les séquences analysées, fournit une autre piste intéressante de formation. En effet, comprendre l'imbrication des savoirs les uns par rapport aux autres permet de prendre conscience des postulats nécessaires à l'élaboration des savoirs visés et aux expérimentations envisagées. Superposer à ces cartes heuristiques les niveaux de modélisation permet aussi de prendre conscience de la nature différente des savoirs enjeu. Aussi, ce genre de support a toute sa place en formation car il permet de discuter de la pertinence des raisonnements à associer aux savoirs visées et ainsi de s'interroger sur la pertinence de la démarche d'investigation : le raisonnement hypothético-déductif sur lequel elle s'appuie n'est pas adaptée à tous les savoirs scientifiques à enseigner à l'école primaire[265]. La formation pourrait inclure des situations concrètes à faire vivre aux enseignants et nécessitant différents types de raisonnements et de démarches.

5. Perspectives en terme de recherche

Plusieurs pistes s'offrent à nous pour poursuivre et approfondir cette recherche.

- ✓ **Le public étudié** :

L'enquête proposée ayant principalement touché les enseignants issus d'une formation initiale scientifique, nous souhaitons désormais élargir le panel des répondants. Pour cela, nous proposons de solliciter directement certains enseignants sans passer par l'étude en ligne, les moments de formation continue permettant de repérer les enseignants concernés.

Nous souhaitons également analyser des séquences, toujours sur les phases de la Lune, mais conçues et implémentées par des enseignants non scientifiques.

- ✓ **Les déterminants étudiés.**

Nous pourrions construire une analyse des déterminants à une échelle de temps plus grande afin de mettre en évidence leur évolution au cours du temps.

Nous pourrions également analyser des séquences en lien avec d'autres savoirs scientifiques en sciences physiques et menées par les mêmes enseignants. Nous pourrions ainsi mesurer l'impact des savoirs en jeu vis-à-vis des autres déterminants mis à jour.

Nous pourrions prendre d'avantage en considération le travail de préparation des enseignants pour inférer les déterminants de son action. Nous pourrions envisager une

[265] Le modèle hypothético-déductif de la démarche d'investigation « *peut se révéler pertinent (…) lorsqu'il s'agit d'étudier un phénomène, ses conditions d'apparition, les variables dont il s'agit, ou d'en donner une interprétation, une explication…* » (Mathé, 2010, p. 32).

recherche dans laquelle la méthodologie intègre l'analyse du travail de préparation, notamment à travers un suivi assuré par des entretiens.

- ✓ **Les critères d'analyse**

Nous avons mis en évidence dans cette recherche l'importance d'étudier le milieu pour comprendre l'avancée des savoirs dans la classe. Or, l'analyse chronologique que nous avons effectuée prend appui sur le seul milieu matériel. Les critères d'analyse pourraient être affinés en prenant appui sur des propositions théoriques sur le milieu (par exemple, décrire systématiquement les jeux d'apprentissage selon le milieu matériel sollicité mais aussi les milieux objectif et de référence correspondant) . Une étude plus approfondie du milieu et de son évolution permettrait peut-être de comprendre plus finement l'avancée des savoirs dans la classe et de reconstruire les déterminants de l'action du professeur.

Bibliographie

Abd-El-Khalick, F. (2005). Developing deeper understandings of nature of science: the impact of a philosophy of science course on preservice science teachers' views and instructional planning. *International Journal of Science Education*, 27(1), p. 15-42.

Albe, V. (2005). Un jeu de rôle sur une controverse socio-scientifique actuelle : Une stratégie pour favoriser la problématisation ?, *Aster, 40, Problème et problématisation,* p. 67-94.

Amade-Escot, C., Venturini, P. (2009). Le milieu didactique : d'une étude empirique en contexte difficile à une réflexion sur le concept *Éducation et didactique,* vol 3 (1), 2009,p. 7-43.

Arcà, M. (1999). La représentation scientifique de la réalité : expérience et expérimentation à l'école primaire, *Aster, 28, L'expérimental dans la classe,* p. 191-218.

Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*, p. 60-61 ; p. 14.

Bachelard, S. (1979). Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles. In P. Delattre & M. Thellier (Eds.), *Elaboration et justification des modèles. Application en biologie*. (Vol. 1, p. 3-19). Paris: Maloine S.A.

Bacon, F. (1620). *Novum organum*, livre 1, aphorisme 95, trad. M. Malherbe et J. M. Pousseur, Paris, PUF, 1986. p. 156-157, p. 195-198, p. 207-208.

Bacon, F., Buchon, J-A. (2008). *Œuvres philosophiques, morales et politiques*, Paris, Archives Kareline, Harmattan, p. 303.

Bader, B., Therriault, G. (2008). *Revue des sciences de l'éducation*, vol. 34, 1, p. 163-184.

Bécu-Robinault, K. (2002). Modelling activities of students during a traditional labwork. In D. Psillos & H. Niedderer (Eds.), *Teaching and learning in the science laboratory. Dordrecht, Holland Kluwer Academic Publishers*.

Bécu-Robinault, K. (1997). Expérience et activités de modélisation de l'apprenant : introduction expérimentale du concept de puissance, *Didaskalia, 11*, p. 7-37.

Bernard, C. (1984). *Introduction à l'étude de la Médecine expérimentale*. (1ère édition, 1865) éd. GF.

Blaug, M. (1982). *La Méthodologie Economique*, Ed Economica, Paris.

B.O.E.N. n°1 du 5 janvier 2012, consulté le 23 juin 2013 à l'adresse : http://cache.media.education.gouv.fr/file/1/58/7/programmes_ecole-primaire_203587.pdf.

B.O.E.N. n°3 du 19 juin 2008, consulté le 23 juin 2013 à l'adresse : http://www.education.gouv.fr/bo/2008/hs3/programme_CE2_CM1_CM2.htm.

Boilevin, J-M. (2005). Enseigner la physique par situation problème ou par problème ouvert, *Aster, 40, Problème et problématisation*, p. 13-37.

Boilevin, J-M., Delserieys-Pedregosa, A., Brandt-Pomares, P., Coupaud, M. (2015). Démarches d'investigation : histoire et enjeux. In C. Marlot & L. Morge (eds), *Adapter l'investigation scientifique aux enseignants : points de vue de la recherche en didactique*, Collection sphères éducatives-PUBP, p. 9-23.

Boivin-Delpieu G., Bécu-Robinault K. & Lautesse P. (2014) Identification de certains déterminants de l'action du professeur au sein de transaction didactiques: étude de cas: une séquence sur les phases de la Lune au cycle 3. In 8ièmes rencontres de l'ARDIST Marseille 2014, Skholê, Vol 18, n°2, p. 87-94.

Boivin-Delpieu G., Becu-Robinault K., & Lautesse P. (2013). Primary school teacher's conceptions concerning experimentation in science, a case study in France , En ligne : <http://www.esera.org/media/eBook_2013/strand%2016/ESERA_eBook_Part_16.pdf> (consulté le 29 aout 2014)

Brickhouse, N. W. (1990). Teachers'beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, vol. 41, n° 3, p. 53-62.

Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Brousseau, G. (1988). Le contrat didactique, le milieu, recherche en didactique des mathématiques, vol 9, n°3,pp 309-336, consulté le 21 aout 2013 à l'adresse : http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/68/60/12/PDF/contrat_didactique_le_milieu.pdf.

Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 7.2 Grenoble : la pensée sauvage, p. 33-115.

Bunge, M. (1975). *Philosophie de la physique*. Paris : Editions du Seuil.

Buty, C. (2000). Etude *d'un apprentissage dans une séquence d'enseignement en optique géométrique à l'aide d'une modélisation informatique*. Thèse de doctorat, Université Lyon2, Lyon. consulté le 26 juin 2012 à l'adresse : http://demeter.univ-lyon2.fr :8080/sdx/theses/lyon2/2000/buty_c.

Buty, C., Tiberghien, A., & Le Maréchal, J.-F. (2004). Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching-learning sequences. *International Journal of Science Education (26)*, p. 579-604.

Calmettes, B., Matheron, Y. (2015). Les démarches d'investigation : utopie, mythe ou réalité ?, Recherches en éducation, 21, p. 3-11.

Cariou, J-Y. (2015). Quels critères pour quelles démarches d'investigation ? Articuler esprit créatif et esprit de contrôle. *Recherches en éducation, 21*, p. 12-33

Carret, G., Chabot, H. (2008). *L'expérimentation scientifique : un point de vue épistémologique*, les cahiers du musée des confluences, l'expérimentation.

Chalmers, A. (1987). *Qu'est ce que la science ? : Popper, Kuhn, Lakatos, Feyerabend*, biblio-essais, trad. Biezuski,M.

Chevallard, Y. (1989). *Le concept de rapport au savoir*. Rapport personnel, rapport institutionnel, rapport officiel, Séminaire de Didactique des mathématiques et de l'informatique, n°108, p 215, LSD-IMAG, Grenoble.

Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique*. Grenoble, la pensée sauvage.

Chevallard, Y. (1992). *Concepts fondamentaux de la didactique : perspective apportée par une approche anthropologique*, 12(1), p. 73-111.

Chevallard, Y. (1996). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. In J. Brun (Ed.), *Didactique des mathématiques* (p. 145-196). Lausanne : Delachaux et Niestlé.

Cobern, W., & Loving, C. (2002). Investigation of preservice elementary teachers' thinking about science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(10), p. 1016-1031.

Collins, A., & Ferguson, W. (1993). Epistemic forms and epistemic games : Structures and strategies to guide inquiry. *Educational Psychologist, 28*(1), p. 25-42.

Crahay, M. (2005). *Psychologie de l'éducation*, PUF, coll Quadrige manuels.

Comte, A. (1844). Discours sur l'esprit positif, Vrin.

Cross D., Veillard L., Le Maréchal J-F, Tiberghien A. (2009). Analyse de corpus vidéo d'une série de situation d'enseignement : le découpage en thème. In Cohen-Azria C., Sayac N.(eds), *Questionner l'implicite, les méthodes de recherche en didactique, Education et didactique (3),* p. 101-111,.

Crozier, M., Erhard F. (1977). *L'acteur et le système : les contraintes de l'action collective*. Editions du Seuil, Paris.

De Bueger-Vander Borght, C., Lambert, J. (1994). Des représentations spatiales de concepts, pour quoi faire ?, *Didaskalia, 5*, p. 11-23.

Dell'Angelo, M., Coquidé, M., & Magneron, N. (2012). Statut de l'investigation dans les standards de l'enseignement scientifique. Cas des USA, de la Suisse et de la France. In B. Calmettes (Eds), *Didactique des sciences et démarches d'investigation. Références, représentations, pratiques et formation*, Edition l'Harmattan, p. 27-53.

Descartes, R. (1951). *Discours de la méthode*, 6è partie, «Choses requises pour aller plus avant en la recherche de la nature», Revues, Paris, Gallimard, p. 169-170.

Develay, M. (1992), *De l'apprentissage à l'enseignement*, ESF éditeur, ISBN Paris, p 106-109.

Encyclopédie Larousse, version numérique consultée le 6 novembre 2012 à l'adresse : http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais

Ernst, S. (1997). Un éclairage sur les 10 principes de la Main à la Pâte, consulté le 27 mai 2014 à l'adresse : http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11925/un-clairage-sur-les-10-principes.

Fillon, P., et Vérin, A. (2001). Ecrire pour comprendre les sciences, *Aster,33*, p. 3-16.

Giordan, A. & De Vecchi, G. (1987). Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques. Neûchatel : Delachaux & Niestlé. (Trad, cast. Los orígenes del saber. Sevilla : Diada, 1988).

Glaser, B., et Strauss L. (1967). T*he discovery of Grounded Theory : Strategies for Qualitative Research*, Aldine de Gruter, New York.

Guilbert, L., & Meloche D. (1993). L'idée de science chez les enseignants en formation : un lien entre l'histoire et l'hétérogénéité des visions ?, *Didaskalia,* 2, p. 7-30.

Hagège, H. (2007). La démarche scientifique : invariants et spécificités disciplinaires – une approche épistémologique. Université Montpellier 2, IREM, consulté le 15 mars 2011 à l'adresse : http://www.irem.univmontp2.fr/IMG/pdf/La_demarche_scientifique.pdf.

Hannoun, H. (1995). *Anthologie des penseurs de l'éducation*, Paris, éd. PUF.

Jacobi, D., Boquillon, M. & Prévost, P. (1994). Les représentations spatiales de concepts scientifiques : inventaire et diversité, *didaskalia, 5*, p. 11-23.

Johsua, S., & Dupin, J.-J. (1989). *Représentations et modélisations : le débat scientifique dans la classe*. Berne : Peter Lang.

Khalick A., (2005). Developing deeper understandings of nature of science: the impact of a philosophy of science course on preservice science teachers' views and instructional planning. *International Journal of Science education*, 27(1), p. 15-42.

Koenig, G. (1993). Production de la connaissance et constitution de pratiques organisationnelles , *Revue de Gestion des Ressources Humaines* ; p. 4-17

Koffi, K-I. (2015), Analyse des situations d'entrée à l'enseignement de la physique au collège en Cote d'Ivoire. In C. Marlot & L. Morge (eds), *Adapter l'investigation scientifique aux enseignants : points de vue de la recherche en didactique*, Collection sphères éducatives-PUBP, p. 71-84.

Legendre, R. (1993). *Dictionnaire actuel de l'éducation* (2e édition). Montréal/Paris : Guérin/ESKA.

Leblond, J-M., *Logique et méthode chez Aristote*, Paris, Vrin, 1970, 2è ed., p. 235.

Lecourt, D. (2001).*La philosophie des sciences,* Que sais-je ?

Le Moigne, J-L. (1990). *Epistémologies constructivistes et sciences de l'organisation*, In Epistémologie et Sciences de Gestion, Coordonné par Alain - Charles Martinet, Ed Economica, Paris, p. 81-140.

Le Moigne, J.L. (1995). *Les épistémologies constructivistes*. Que sais-je. Paris : Presses universitaires de France (PUF).

Lémonie, Y., Gouju, Y., David, B. (2007). *L'interaction didactique comme construction d'un espace partagé : le cas de l'enseignement de la natation sportive en EPS*. eJRIEPS version numérique consulté le 30 janvier 2014 à l'adresse : http://www.fcomte.iufm.fr/ejrieps/ejournal11/Lemonie.pdf.

Leutenegger, F. (2009). *Le temps d'instruire. Approche clinique et expérimentale du didactique ordinaire en mathématiques*. Berne : Peter Lang.

Leutenegger, F. (2000). Construction d'une clinique pour le didactique. Une étude des phénomènes temporels de l'enseignement. *Recherches en didactiques des mathématiques,* 20(2), p. 209-250.

Marlot, C. (2008). Caractérisation des transactions didactiques : deux études de cas en Découverte du Monde Vivant au cycle II de l'école élémentaire. Thèse de Sciences de l'Education, Université Rennes 2. Consulté le 26 novembre 2014 à l'adresse : http://tel.archives-ouvertes.fr/index.php?halsid=kk32ju0giop38jsa100cveckv0&view_this_doc=tel-00297536&version=1.

Marlot , C. (2009). Glissement de jeux d'apprentissage scientifiques et épistémologie pratique de professeurs au CP. *Aster, 49*, p. 109-136.

Malkoulm, L. (2007). De la caractérisation des pratiques de classes de physique à leur relation aux performances des élèves : étude de cas en France et au Liban. Thèse de Sciences de l'Education, Université Lyon 2.

Martinand, J.L. (1985). Sur la caractérisation des objectifs de l'initiation aux sciences physiques. *Aster, 1*,p. 141-154.

Martinand, J.-L. (1994). Introduction à la modélisation. Communication présentée à la conférence Actes du séminaire de didactique des disciplines technologiques, Cachan, p. 126-138.

Martínez Barrera, L.-H., De Hosson, C., Décamp, N. (2015). Construire un problème : un premier pas vers l'investigation en sciences. Analyse d'une formation d'enseignants de primaire en contexte français et colombien, *Recherches en éducation, 21*, p. 51-66.

Mathé, S. (2010). La "démarche d'investigation" dans les collèges français - Élaboration d'un dispositif de formation et étude de l'appropriation de cette nouvelle méthode

d'enseignement par les enseignants. Thèse sciences de l'Education. Université Paris-Diderot - Paris VII.

Mathé, S., Méheut, M., De Hosson, C. (2008). Démarche d'investigation au collège : quels enjeux ?, *Didaskalia,32*, p. 41-76.

Mbengue, A., Vandangeon-Derumez I. (2005). *Positions épistémologiques et outils de recherche en management stratégique*, Actes de l'AIMS.

Miles, M.B., & Huberman A.M., (1991). Analyse des données qualitatives : Recueil de nouvelles méthodes, De Boeck Université.

Moreau, D., Lesterlin, B., Beauchesne, S. (2004). Faire des sciences dans le cadre d'une communauté virtuelle éducative : devenir apprenti-chercheur. *Aster, 39*, p. 173-198.

Morge., L. (2001). Former sur les aspects pratiques et théoriques des interactions enseignant-élèves en classe de sciences. *Aster, 32*, p. 41-62.

Not, L. (1982). *Les pédagogies de la connaissance*. Paris, Privat, coll. Sciences de l'homme, 2ème édition.

Ohlsson, S. (1996). Learning to do and learning to understand: A lesson and a challenge for cognitive modeling. In P. Reiman & H. Spada (Eds*.), Learning in Humans and Machine Oxford : Pergamon Elsevier Science*, p. 37-62.

Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences* ; Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe, de boeck, p. 17.

Orange, C. (2005). Problème et problématisation dans l'enseignement scientifique, *Aster, 40*, Problème et problématisation ,p. 3-11.

Pautal, E. (2012). Enseigner et apprendre la circulation du sang : analyse didactique des pratiques conjointes et identification de certains de leurs déterminants : trois études de cas à l'école élémentaire. Thèse de Sciences de l'Education, Université Toulouse 2. Consulté le 23 janvier 2015 à l'adresse : https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00844031/document.

Peirce, C.-S. (1839-1914, traduction 2002). *Pragmatisme et pragmaticisme*, Œuvres I. Traduction de C. Tiercelin & P. Thibaud. Paris : Cerf.

Pelissier, L., Venturini, P., Calmettes, B. (2007), *L'épistémologie souhaitable et l'épistémologie implicite dans l'enseignement de la physique. De l'étude sur l'enseignement en seconde à la démarche d'investigation au collège*. In Actes des 3ièmes journées nationales inter-IUFM sur la recherche et la formation des enseignants en Epistémologie et Histoire des Sciences et des Techniques, (ReForHST) Caen 31 mai au 1 juin (pp 8-13).

Pettigrew, Andrew M. (1985). The Awakening Giant : Continuity and Change in ICI, Blackwell ed, Oxford.

Popper, K. (1984). *La logique de la découverte scientifique*, Editions Payot, Paris.

Porlan, A. ; Ariza, R. ; Garcia, E.; Rivero Garcia, A.; Martin Del Pozo, R. (1998). *Les obstacles à la formation professionnelle des professeurs en rapport avec leurs idées sur la science, l'enseignement et l'apprentissage*, Aster, 26, p. 207-235

Perrin-Glorian, M.-J. (1999). *Problèmes d'articulation de cadres théoriques : l'exemple du concept de milieu*. Recherches en Didactique des Mathématiques, 19(3), p. 217-276.

Riopel, M. (2005). Épistémologie et enseignement des sciences, Les sciences sociales contemporaines. Consulté le 10 janvier 2013 à l'adresse : http://sites.google.com/site/epistemologieenseignement

Riopel, M. (2009). Site internet consulté le 10 janvier 2013, disponible à l'adresse : http://sites.google.com/site/epistemologieenseignement/#TOC-Constructivisme-20e-si-cle-

Robardet, G. (1990). Enseigner les sciences physiques à partir des situations problèmes. *Bulletin de l'Union des Physiciens, 720*, p. 17-28

Robardet, G., Guillaud,J-C. (1997). *Eléments de la didactique des sciences physiques*, PUF, p. 77

Robardet, G., Verin, A. (1998). L'enseignement scientifique vu par les enseignants, *Aster*, 26, p. 3-10

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H & Hemmo, V. (2007). *L'enseignement scientifique aujourd'hui : une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe.* Union européenne : direction générale de la recherche Science, économie et société. Consulté le 26 mai 2014 à l'adresse : http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_fr.pdf

Roletto, E. (1998). La science et les connaissances scientifiques : points de vue de futurs enseignants, *Aster, 26*, p. 11-30.

Rolland, J-M. (2006). L'enseignement des disciplines scientifiques dans le primaire et le secondaire. Rapport d'information déposé par la commission des affaires culturelles de l'Assemblée nationale. Consulté le 26 mai 2014 à l'adresse : http://www.assemblee-nationale.fr/12/rap-info/i3061.asp.

Rosmorduc, J. (1996). *L'histoire des sciences*, Ressources formation, enjeux du système éducatifs, Hachette Education, p. 90.

Rumelhard, G. (2005). Problématisation et concept de paradigme approche épistémologique, psychologique, sociologique, *Aster, 40*, p. 205-223.

Santini, J. (2009). Caractérisation de l'élaboration conjointe de la compréhension conceptuelle et des perfomances associés. Volcans et séismes au cours moyen. Thèse de Sciences de l'Education, Université Rennes 2.

Sauvageot, M. (1994). Les trames conceptuelles : outils de formation en didactique de la biologie, Didaskalia, 5,p. 91-103.

Schubauer-Leoni, M.L., & Leutenegger, F. (2002). *Expliquer et comprendre dans une approche clinique/expérimentale du didactique ordinaire*. In F. Leutenegger et M. Saada-Robert (Eds), Expliquer et comprendre en sciences de l'éducation, Bruxelles de Boeck, p. 227-251.

Sensevy, G., Mercier, A., & Schubauer-Leoni, M-L. (2000). Vers un modèle de l'action didactique du professeur. A propos de la Course à 20. *Recherches en Didactique des mathématiques, 20(3)*, p. 263-304.

Sensevy, G., & Mercier, A. (Eds). (2007). *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Rennes : PUR.

Sensevy, G. (2008). Le travail du professeur pour la théorie de l'action conjointe en didactique. Une activité située ? *Recherche et formation*, (57), p. 39-50.

Sensevy, G. (1998). *Institutions didactiques, étude et autonomie à l'école élémentaire*. Paris: PUF, p. 87.

Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir, éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. De Boeck.

Sensevy, G (2013).Filmer la pratique : un point de vue de la théorie conjointe en didactique. In L. Veillard & A. Tiberghien (Eds), VISA instrumentation de la recherche en éducation, Editions de la maison des sciences de l'homme, chapitre 1 version électronique consultée le 24 janvier 2014 à l'adresse : http://books.openedition.org/editionsmsh/1954.

Sextus Empiricus, Hypothyposes, II, 204, version numérique consultée le 15 juin 2012 à l'adresse : http://remacle.org/bloodwolf/philosophes/empiricus/pyrrhon3.htm#3.

Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and instructions*, 4, p. 71-87.

Tiberghien, A., Buty, C., & Le Maréchal, J. F. (2005). *Physics teaching sequences and students' learning*. In D. Koliopoulos & A. Vavouraki (Eds.), Science and Technology Education at cross roads: meeting the challenges of the 21st century. The second Conference of EDIFE and the Second IOSTE Symposium in Southern Europe (pp. 25- 55). Athens, Greece : Association for science education (EDIFE).

Tiberghien A, Malkoun L., Buty C., Souassy N. & Mortimer E. (2007). *Analyse des savoirs en jeu en classe de physique à différentes échelles de temps*. In Sensevy G. & Mercier A.(Eds), Agir ensemble : éléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves, p. 93-122, rennes : PUR

Thomas, J-P. (2014). *Expérience et expérimentation*. *Encyclopædia Universalis* consulté le 11 décembre 2014 à l'adresse : http://www.universalis.fr/encyclopedie/experience-et-experimentation-sciences.

Toullec-Théry, M. (2007). Les enseignants spécialisés à dominante pédagogique à l'école primaire : recherche, action et formation. *Carrefours de l'éducation ,2 (24*), p. 183-199,

consulté le 10 mars 2015 à l'adresse : http://www.cairn.info/revue-carrefours-de-l-education-2007-2-page-183.htm

Toussaint, M., Lavergne, M-H. (2005). Problèmes complexes flous en environnement et pensée réflexive d'élèves du secondaire, *Aster,40*,p. 39-66.

Triquet, E., Gandit, M. & Guillaud, J-C. (2012), *Démarches scientifiques, démarches d'investigation en sciences expérimentales et en mathématiques*. In B. Calmettes (Eds), Didactique des sciences et démarches d'investigation. Références, représentations, pratiques et formation, Edition l'Harmattan, p. 101-125.

Veillard, L. (2013). Les méthodologies de constitution et d'analyse des enregistrements vidéo. In L. Veillard & A. Tiberghien (Eds), VISA instrumentation de la recherche en éducation, Editions de la maison des sciences de l'homme, chapitre 5 version électronique consultée le 24 janvier 2014 à l'adresse : http://books.openedition.org/editionsmsh/1990.

Venturini, P. (2012). *Préface, Les démarches d'investigation enjeux pour l'enseignement et objets de recherche pour la didactique*. In B. Calmettes (Eds), *Didactique des sciences et démarches d'investigation. Références, représentations, pratiques et formation*, Edition l'Harmattan, p. 9-13.

Venturini, P. (2012). Action, activité, « agir » conjoints en didactique : discussion théorique », *Éducation et didactique,1, vol.6*, p.127-136.

Vernant, D. (1997). *Du discours à l'action*. Paris : PUF.

Vernant, D. (2004). *Pour une logique dialogique de la véridicité. Cahiers de linguistique française*, p. 26,87-111.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction, 4*, pp 4-69.

Wittgenstein, L. (2004). *Recherches philosophiques*. Gallimard

Tables des illustrations

Table des Figures

Figure 1 : Caractéristiques principales du système théorie/réalité. (Robardet, Guillaud, 1997, p. 77)……...……..43
Figure 2 : Représentation de la dynamique de modélisation (Walliser, 1997, p. 156)…… 45
Figure 3 : « Place des aspects quantitatifs dans la description des deux mondes en relation », (Bécu-Robinault, 1997, p. 12) 48
Figure 4 : Mode d'élaboration des connaissances scientifiques..... 58
Figure 5 : Modes de raisonnement dans l'établissement des connaissances scientifiques. (D'après Mbengue, Vandangeon-Derumez, (2005))..... 59
Figure 6 : Nature des données issues du monde extérieur ……...58
Figure 7 : Nature des théories scientifiques 61
Figure 8 : Nature du lien entre les données expérimentales et théories……61
Figure 9 : Organisation du dispositif global de recherche dans lequel s'intègre cette thèse…80
Figure 10 : Dispositif général permettant de produire une analyse argumentée……...83
Figure 11 : Constitution des corpus ; sélection des données……85
Figure 12 : Les écrans de Transana 90
Figure 13 : Mise en narration du premier jeu d'apprentissage de la séance n°1 97
Figure 14 : Contrat, règle du jeu et milieu du premier jeu d'apprentissage de la séance n°1 .. 97
Figure 15 : Mise en narration du premier jeu d'apprentissage de la séance 1 mise en œuvre par PB. 101
Figure 16 : Contrat, règle du jeu et milieu du premier jeu d'apprentissage de la séance 1 mise en œuvre par PB. 101
Figure 17 : Description de l'action conjointe pour le premier jeu d'apprentissage de la séance 1 menée par l'enseignante PA 105
Figure 18 : Description de l'action conjointe pour le premier jeu d'apprentissage de la séance 1 menée par l'enseignante PB. 105
Figure 20 : Profil des répondants à l'enquête préliminaire 119
Figure 21 : Figure extrait du chapitre 2 : Postures épistémologiques et modes d'élaboration des connaissances scientifiques..... 123
Figure 22 : Elaboration des connaissances scientifiques suivant un point de vue empiriste. 123
Figure 23 : Elaboration des connaissances scientifiques suivant un point de vue rationaliste. 124
Figure 24 : Elaboration des connaissances scientifiques suivant un point de vue constructiviste..... 124
Figure 25 : Figure extraite de la partie théorique : Postures épistémologiques et nature du monde extérieur. 126
Figure 26 : Postures épistémologiques des répondants sur le statut du monde extérieur. 126
Figure 27 : Extrait du chapitre 2 : Postures épistémologiques et Nature des théories scientifiques..... 127
Figure 28 : Postures épistémologiques des répondants sur la nature des théories scientifiques 127
Figure 29 : Extrait du chapitre 2 : Nature du lien entre les données expérimentales et les théories 128
Figure 30 : Nature des relations entre le monde extérieur et les théories scientifiques suivant un point de vue réaliste..... 129

Figure 31 : Nature des relations entre le monde extérieur et les théories scientifiques suivant un point de constructiviste..... 129
Figure 32 : Existence de critères de scientificité et postures épistémologiques..... 131
Figure 33 : Points de vue sur l'activité du scientifique : isolée ou collective 132
Figure 34 : Points de vue sur l'activité du scientifique : indépendante du contexte 132
Figure 35 : Points de vue sur l'activité du scientifique : dépendante du contexte 133
Figure 36 : Points vue sur la science, le mythe scientiste 134
Figure 37 : Méthodes utilisées pour construire des connaissances scientifiques : empirisme contre rationalisme. 135
Figure 38 : Nature des théories scientifiques et de leurs liens avec le: réalisme contre constructivisme..... 136
Figure 39 : L'activité du scientifique. 137
Figure 40 : Démarches liées à l'enseignement des sciences……...136
Figure 41 : La démarche d'investigation vue comme une méthode d'enseignement ou d'apprentissage ? ……..…..137
Figure 42 : La démarche d'investigation et les théories de l'apprentissage...……...138
Figure 43 : Description des étapes de la démarche d'investigation. 141
Figure 44 : Quelles modalités pour l'étape dite d'investigation ?.....140
Figure 45: Nature de la situation d'entrée dans la démarche d'investigation……141
Figure 46 : Phase de questionnement au sein de la démarche d'investigation……...142
Figure 47 : Phase d'émission d'hypothèses au sein de la démarche d'investigation……..143
Figure 48 : L'expérimentation au sein de la démarche d'investigation……..144
Figure 49 : La modélisation au sein de la démarche d'investigation……..144
Figure 50 : Structuration des connaissances et démarche d'investigation……..145
Figure 51 : Pratique réelle de la démarche d'investigation : fréquence d'implémentation....145
Figure 52 : Données générales sur la mise en œuvre de la démarche d'investigation. 148
Figure 53 : Démarche d'investigation et implémentation réelle dans la classe……..147
Figure 54 : Démarche d'investigation et prise en compte des conceptions initiales……..148
Figure 55 : Utilisation des représentations des élèves au sein de la démarche d'investigation 151
Figure 56 : Choix du contenu d'une séquence de sciences……150
Figure 57: Questionnement au sein d'une séquence de sciences……150
Figure 58 : Elaboration des hypothèses et séquences de sciences……..151
Figure 59 : Rôle de l'expérimentation au sein des séquences de sciences ……....152
Figure 60 : Organisation de classe et expérimentation……...152
Figure 61 : Différentiation lors de la phase d'expérimentation ……153
Figure 62 : Rôle des élèves lors de l'expérimentation……153
Figure 63: Elaboration du protocole expérimentale et démarche d'investigation……..154
Figure 64 : Structuration et séquences de science……...154
Figure 65 : Les principales connaissances visées (modèle 3) relèvent à la fois comme résultat de la mise en relation d'éléments issus du monde des théories (modèles 1 et 2) et d'éléments issus du monde des objets et des évènements ……163
Figure 66 : Vue synoptique de la séquence mise en œuvre par PA……176
Figure 67 : Profil général des séquences prévue et réalisée……...……176
Figure 68 : Trace écrite élaborée à l'issue de la séquence sur les phases de la Lune dans la classe de PA..... 179
Figure 69 : Résultats de la première modélisation lors de la séquence menée par PA, les cadres du haut indiquent les hypothèses retenues par chacun des groupes, ceux du bas les résultats obtenus après la modélisation. 188
Figure 70 : Vue synoptique de la séquence mise en œuvre par PB……197

Figure 71 : Enchaînement des thématiques au sein de la séquence sur les phases de la Lune menée par l'enseignant PB 205
Figure 72 : Tâche épistémique « décrire des faits observables » dans la classe de PA …….234
Figure 73 : Tâche épistémique « décrire des faits observables » dans la classe de PB……..234
Figure 74 : Tâche épistémique « prédire une relation entre faits observables et éléments théoriques » dans les classes de PA et PB……..237
Figure 75 : Tâche épistémique « interpréter les phases de la Lune en ayant recours à un modèle » dans les classes de PA……..…239
Figure 76 : Tâche épistémique « interpréter les phases de la Lune en ayant recours à un modèle (le calendrier lunaire) » dans les classes de PB…….……241
Figure 77 : Tâche épistémique « interpréter les phases de la Lune en ayant recours à une modélisation » dans les classes de PB……..…..242
Figure 78 : L'absence de lien entre le monde des objets et des évènements est un frein à l'élaboration des savoirs visés (existence des phases de la Lune et leur aspect cyclique…..247
Figure 79 : Mise en relation des deux mondes permettant l'élaboration d'hypothèses……248
Figure 80 : Eléments relevant du monde des théories non acceptés par l'enseignante dans le milieu, frein à l'élaboration des savoirs……..249
Figure 81 : La modélisation ne permet pas l'avancée des connaissances visées……....250
Figure 82 : Liaison entre les deux mondes par le bais du documents et contribuant à l'avancée des savoirs……...252
Figure 83 : Lien entre les deux mondes opéré oralement par l'enseignante par le biais du document de référence et permettant la construction de connaissances…….253
Figure 84 : La modélisation permet l'avancée des savoirs visés……255
Figure 85 : Origine des hypothèses dans la classe de PB……...258
Figure 86 : Mise en relation des deux mondes permettant l'avancée des savoirs dans le milieu ……259
Figure 87 : Organisation expliquant à la faible avancée des savoirs concernant le nom des phases de la Lune 263
Figure 88 : La modélisation ne permet pas l'élaboration de connaissances……...262
Figure 89 : Utilisation du logiciel de simulation ayant permis l'avancée des connaissances visées……...265
Figure 90 : la non superposition des éléments introduits dans le milieu (logiciel et schéma) empêche le lien entre le monde des théories 268

Table des tableaux

Tableau 1 : Les étapes de la démarche d'investigation du point de vue de l'enseignant et des élèves 22
Tableau 2 : Categories of epistemic tasks (Tiberghien, Buty & Le Maréchal, 2005, p. 42) 36
Tableau 3 : Liens possibles entre postures épistémologiques et stratégies didactiques 64
Tableau 4 : Empirisme et pédagogie 67
Tableau 5 : Rationalisme et pédagogie 67
Tableau 6 : Exemples de marqueurs langagiers d'introduction et de fin de thèmes 96
Tableau 7 : Jeux d'apprentissage de la séance n°1, séquence menée par PA 96
Tableau 8 : Découpages macro et mésoscopique de la séquence sur les phases de la Lune menée par l'enseignante PA 98
Tableau 9 : Episodes, séance 1 de la séquence menée par PB 99
Tableau 10 : Exemples de jeux d'apprentissages issus de la séance 1, séquence menée par PB 99
Tableau 11 : Exemple de thème issu de la séance1, séquence menée par PB 100
Tableau 12 : Récapitulatif des découpages macroscopique et mésoscopique de la séquence menée par l'enseignant PB 104
Tableau 13 : Organisation des courants épistémologiques représentés dans les deux premières versions de l'enquête. 108
Tableau 14 : Grille de lecture de la première partie de l'enquête 121
Tableau 15 : Connaissances utiles pour construire les connaissances visées par les programmes en lien avec les phases de la Lune 164
Tableau 16 : Mise en relation des thématiques de la séquence sur les phases de la Lune menée par l'enseignante PA et les instructions officielles. 181
Tableau 17 : Comparaison des séquences prévues par l'enseignante PA avec les jeux d'apprentissages implémentés. 182
Tableau 18 : Comparaison de la trace écrite avec les connaissances visées. 193
Tableau 19 : Comparaison de la séquence sur les phases de la Lune menée par l'enseignant PB avec les instructions officielles 203
Tableau 20 : Comparaison de la trace écrite élaborée lors de la séquence sur les phases de la Lune mise en œuvre par l'enseignant PB et les savoirs visés 224
Tableau 21 :Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Décrire » au sein d'une séance unique. 227
Tableau 22 : Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Prédire» au sein d'une séance unique. 227
Tableau 23 : Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Interpréter » au sein d'une séance unique. 228
Tableau 24 : Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Expliquer » au sein d'une séance unique. 228
Tableau 25 : Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Décrire » au sein d'une séquence. 229
Tableau 26 : Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Prédire » au sein d'une séquence. 229
Tableau 27 : Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Interpréter » au sein d'une séquence. 230

Tableau 28 : Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Questionner » au sein d'une séquence. 230
Tableau 29 : Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Définir » au sein d'une séquence. 230
Tableau 30 : Lien entre chronogenèse et enchaînement de la tâche épistémique « Expliquer » au sein d'une séquence. 231
Tableau 31 : Mise en relation des niveaux de la chronogenèse avec les tâches épistémiques mises en œuvre. 234
Tableau 32 : jeux d'apprentissage sans tâche épistémique et niveau de chronogenèse 235
Tableau 33 : exemple d'évolutions de jeu. 279

Index des auteurs

Abd-El-Khalick 50, 51, 291
Albe 23, 291
Amade-Escot 276, 283, 291
Arcà 24, 291
Bachelard..... 23, 24, 46, 143, 170, 291
Bacon..... 54, 56, 64, 291
Bader 50, 51, 291
Bécu-Robinault 1, 3, 13, 24, 25, 45, 46, 48, 49, 161, 291, 292, 301
Bernard..... 2, 56, 65, 167, 291
Boilevin 22, 23, 292
Boivin-Delpieu 169, 197, 292
Brickhouse..... 50, 51, 292
Brousseau 29, 30, 49, 50, 292
Buchon 55, 291
Bunge 46, 292
Buty 36, 37, 45, 46, 292, 293, 299, 304
Calmettes,..... 51, 74, 76, 293, 297
Cariou 23, 76, 293
Carret..... 52, 293
Chabot 52, 293
Chalmers..... 52, 55, 62, 63, 293
Chevallard 30, 32, 35, 80, 85, 293
Cobern 50, 51, 293
Collins 36, 293
Comte 56, 57, 65, 293
Coquidé 12, 14, 22, 74, 75, 294
Crahay 66, 67, 293
David 92, 295
De Vecchi 24, 294
Dell'Angelo 22, 75, 294
Descartes 53, 64, 67, 294
Develay..... 69, 70, 72, 294
Dupin..... 46, 295
Ernst 74, 294
Ferguson 36, 293
Fillon 24, 294
Gandit..... 76, 299
Giordan..... 14, 24, 152, 294
Gouju..... 92, 295
Guilbert..... 50, 51, 58, 294
Guillad..... 76
Guillaud..... 57, 297, 299, 301
Hagège..... 53, 54, 56, 294
Hannoun 67, 294
Johsua 46, 295
Koffi 24, 295
Lautesse 1, 3, 292
Lavergne 23, 299
Le Maréchal ... 36, 37, 45, 46, 92, 293, 299, 304
Le Moigne..... 57, 58, 61, 62, 295
Lecourt..... 57, 295
Legendre 52, 295
Lémonie 92, 295
Leutenegger 13, 80, 81, 107, 295, 298
Loving..... 50, 51, 293
Magneron..... 22, 75, 294
Malkoun..... 37, 38, 40, 42, 220, 286, 299
Marlot 28, 92, 279, 281, 286, 292, 295
Martinand..... 35, 74, 296
Mathé 12, 75, 289, 296
Mbengue 59, 60, 296, 301
Meloche 50, 51, 58, 294
Mercier... 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 94, 95, 298, 299
Moreau 75, 296
Morge..... 1, 3, 76, 281, 288, 292, 295, 296
Orange..... 23, 296, 297
Pautal 75, 76, 286, 297
Peirce 56, 75, 297
Pelissier..... 51, 297
Riopel..... 55, 58, 63, 64, 297
Robardet..... 24, 45, 50, 51, 57, 297, 301
Robardet,..... 24, 297, 301
Rocard..... 12, 14, 297
Roletto..... 50, 51, 298
Rolland..... 12, 14, 298
Rosmorduc..... 54, 298
Santini 37, 220, 286, 298
Schubauer-Leoni..... 80, 107, 298
Schubauer-Léoni..... 26, 81
Sensevy 1, 3, 13, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 84, 88, 89, 94, 95, 276, 278, 279, 283, 286, 298, 299
Spada..... 24, 296
Therriault 50, 51, 291
Thomas 52, 299
Tiberghien.... 13, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 88, 91, 92, 236, 270, 293, 298, 299, 304
Toullec-Théry 283, 299
Toussaint..... 23, 299
Triquet..... 23, 24, 76, 299

Vandangeon-Derumez..... 60, 296, 301
Veillard..... 88, 90, 92, 293, 298, 299
Venturini.. 1, 3, 14, 51, 276, 282, 291, 297, 299, 300
Vérin 24, 50, 51, 294
Vosniadou 24, 300
Walliser..... 46, 47, 161, 301