Ingénierie pédagogique des systèmes d'enseignement supérieur

Bruno Warin

▶ **To cite this version:**

Bruno Warin. Ingénierie pédagogique des systèmes d'enseignement supérieur. Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. Université du Littoral Côte d'Opale, 2016. tel-01346269

HAL Id: tel-01346269
https://theses.hal.science/tel-01346269

Submitted on 18 Jul 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.

Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

Année 2016

Habilitation à Diriger des Recherches en informatique

présentée par

Bruno WARIN

Maître de Conférences en Informatique

INGÉNIERIE PÉDAGOGIQUE DES SYSTÈMES D'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

Laboratoire d'Informatique Signal et Image de la Côte d'Opale

Maison de la Recherche Blaise Pascal

50, rue Ferdinand Buisson - BP 719 - 62228 Calais Cedex France

Soutenue le 23 juin 2016 à l'Université du Littoral Côte d'Opale

devant le jury composé de :

Sébastien George	Professeur, Univ. du Maine, Rapporteur
Jean-Marc Labat	Professeur, Univ. Paris 6, Rapporteur
Philippe Trigano	Professeur, Univ. de Technologie de Compiègne, Rapporteur
Luigi Lancieri	Professeur, Univ. Lille, Examinateur, Président
M. Henri Basson	Professeur, ULCO, Co-promoteur
M. Christophe Kolski	Professeur, Univ. Valenciennes, Co-promoteur

Remerciements

Je remercie ici les personnes qui m'ont fait l'honneur de participer à ce jury d'Habilitation à Diriger des Recherches. Je suis très honoré de la présence dans ce jury de Sébastien George, Jean-Marc Labat et Philippe Trigano au titre de rapporteur ; je les remercie en particulier de leurs nombreuses suggestions ayant permis d'améliorer ce mémoire. Je remercie Luigi Lancieri pour avoir accepté d'être examinateur.

Je remercie Henri Basson de m'avoir accepté dans l'équipe MODEL et d'être co-promoteur de cette HDR. Je remercie vivement Christophe Kolski pour son soutien sans faille pour la promotion et la réalisation de cette habilitation.

Je remercie les collègues enseignants et non enseignants de l'IUT du Littoral Côte d'Opale avec qui je travaille depuis de nombreuses années, les membres de l'équipe MODEL : Adeel Ahmad, Mourad Bouneffa, Grégory Bourguin, Insaf Kerkeni, Arnaud Lewandowski et Bénédicte Talon, ainsi que les membres du Laboratoire d'Informatique Signal et Images de la Côte d'Opale.

Je remercie toutes les autres personnes avec qui j'ai collaboré au cours de toutes ces années de recherche plus particulièrement Firas Abdallah, Francis Bossut, Pierre-André Caron, Max Dauchet, Alain Derycke, Chantal D'Halluin, Rim Drira, Frédéric Hoogstoel, Mona Laroussi, Dominique Leclet-Groux, Xavier Le Pallec, Christian Percebois, Céline Quénu-Joiron, Mouldi Sagar, Omar Talbi, Bénédicte Talon, Claudine Toffolon.

Je tiens à remercier tout particulièrement Christine, mon épouse, Alexandre, Juliette et Pierre pour leur patience, leur présence, et leur amour.

Résumé

Nos travaux s'inscrivent dans le domaine de l'ingénierie pédagogique des systèmes d'enseignement supérieur. Nos premiers travaux se sont portés sur la modélisation des pratiques universitaires. Nous avons ainsi dégagé un cadre conceptuel d'évolution d'acquisition de connaissances disciplinaires en vue d'intégrer l'acquisition de compétences cognitives professionnelles et de haut niveau. Ensuite, nous avons travaillé à définir un cadre de définition de scénarios pédagogiques plus formel. L'enjeu était d'obtenir des scénarios pédagogiques qui permettent une expressivité pédagogique qui dépasse celle des standards existants tels IMS-Learning Design (IMS-LD) tout en étant suffisamment formalisé pour se prêter à un traitement informatique et être implémenté, au moins semi automatiquement, dans différentes plateformes de e-learning. Cette approche a été validée en utilisant la méthode Assistance for Contextualized MoDeling of learning systems (ACoMoD). Enfin nous développons une méthode de pédagogie par projet, Multi-Rôles Project, autour des problématiques de l'enseignement en Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM). Un des buts est de projeter nos résultats dans l'implémentation des Massive Open Online Courses (MOOC) qui pose des défis particuliers.

Mots-Clefs : Ingénierie Pédagogique, Outils et Techniques de Conception, Enseignement Supérieur, Scénario d'Apprentissage, Architecture Dirigée par les Modèles, Pédagogie par Projet, Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain

Abstract

Our works are set in the field of higher-education systems pedagogical engineering. Our early works deal with the modeling of university practices. We expressed a conceptual framework for the evolution of acquiring knowledge modules to integrate the acquisition of high-level cognitive skills and professional competencies. Next, we have defined a frame to help define pedagogical scenarios more formally. The challenge was to get pedagogical scenarios that favored a higher pedagogical expressiveness compared to existing standards such as IMS-Learning Design (IMS-LD), while begin formal enough to be implemented, at least semi-automatically, on different e-learning platforms. This approach was validated thanks to the Assistance for Contextualized MoDeling of learning systems (ACoMoD) method. Finally, we developed a project-based learning pedagogical method, Multi-Role Project, applied to the teaching of Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM). One goal is to project our results in Massive Open Online Courses (MOOC), which raise challenges of their own

Keywords: Instructional Engineering, Design tools and techniques, Higher Education, Learning scenario, Model Driven Architecture, Project-based Learning, Technology Enhanced Learning.

SOMMAIRE GÉNÉRAL

Partie 1. Cursus et activités

1. CURRICULUM VITÆ 15

2. PARCOURS PROFESSIONNEL 19

3. ACTIVITES ADMINISTRATIVES 21

4. ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT 23

4.1 PREMIERE PERIODE PEDAGOGIQUE 23
4.2 DEUXIEME PERIODE PEDAGOGIQUE 24
4.3 POLYCOPIES ET SUPPORTS DE COURS LIES A MES ENSEIGNEMENTS 25
4.4 DEVELOPPEMENT DE RESSOURCES PEDAGOGIQUES RELATIVES AUX MOOC 27

5. ACTIVITES DE RECHERCHE 29

5.1 PERIODE 1982 – 1986 : DU DEA A LA SOUTENANCE DE THESE 29
5.2 PERIODE 1987 – 1992 : VALORISATION DE MES TRAVAUX EN INFORMATIQUE THEORIQUE 29
5.3 PERIODE 1991 – 1998 : TRANSFERT TECHNOLOGIQUE UNIVERSITE-ENTREPRISE 33
5.4 PERIODE 1999 – 2015 : NOUVELLE THEMATIQUE 34
5.5 ENCADREMENTS DE THESES 39
5.6 ENCADREMENTS DE MASTERS 40
5.7 RELECTEUR POUR DES CONFERENCES ET JOURNAUX 40

6. TRAVAUX DE VALORISATION (SYNTHESE) 41

7. LISTE DES PUBLICATIONS 43

7.1 REVUES AVEC COMITE DE LECTURE (6) 43
7.2 OUVRAGE (1) 43
7.3 CONFERENCES AVEC COMITE DE LECTURE (14) 43
7.4 PUBLICATIONS INTERNES, POSTERS OU SANS COMITE DE LECTURE (11) 45
7.5 SEMINAIRES ET AUTRES COMMUNICATIONS (8) 46
7.6 THESE (1) 46

Partie 2. Ingénierie pédagogique des systèmes d'enseignement supérieur

0. INTRODUCTION GÉNÉRALE 50

0.1 LE CHOIX DU DOMAINE DE RECHERCHE 51
0.2 PLAN DE CETTE PARTIE 52

1. ÉTAT DE L'ART 54

1.1 INTRODUCTION 55
1.2 L'INSTRUCTIONAL DESIGN 57
1.2.1 Introduction 57
1.2.2 Les modèles de l'ID 60
1.3 LES ENVIRONNEMENTS INFORMATIQUES POUR L'APPRENTISSAGE HUMAIN (EIAH) 63
1.4 LES COURANTS PSYCHO-PEDAGOGIQUES 68
1.4.1 L'approche behaviouriste 68

1.4.2 Approche cognitiviste *70*
1.4.3 Approche constructiviste *70*
1.4.4 Approche socio-constructiviste *71*
1.5 QUELQUES DIFFICULTES PEDAGOGIQUES 72
1.6 LA PEDAGOGIE ACTIVE 73
1.6.1 Perspectives historiques *74*
1.6.2 Qu'est-ce que la pédagogie active ? *75*
1.7 LA PEDAGOGIE PAR PROJET 76
1.7.1 Les premières pédagogies par projet *76*
1.7.2 Evolution de la gestion de projet *78*
1.7.3. Les formations à la gestion de projets *80*
1.8 L'APPRENTISSAGE COLLABORATIF ASSISTE PAR ORDINATEUR 81
1.9 L'INGENIERIE DIRIGEE PAR LES MODELES 82
1.10 CONCLUSION SUR L'ETAT DE L'ART 87

2. CONTRIBUTIONS À L'INGÉNIERIE PÉDAGOGIQUE DES SYSTÈMES D'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR 89

2.1 MODÉLISATION DES INTERACTIONS D'ENSEIGNEMENT 91
2.1.1 Proposition d'un cadre d'évolution des enseignements *91*
Sept principes fondateurs *92*
2.1.2 Évaluation *96*
2.1.3 Professionnalisation des étudiants *96*
2.1.4 Utilisation des TIC *98*
2.1.5 Métiers d'enseignants et connaissances dispensées *99*
2.1.6 Interactions étudiants et acquis pédagogiques *101*
2.1.7 Conclusion sur la modélisation des interactions d'enseignement *102*
2.2 MULTI-RÔLES PROJECT (MRP) : UNE NOUVELLE METHODE DE PEDAGOGIE PAR PROJET 104
2.2.1 Motivations *105*
2.2.2 Difficultés pédagogiques *105*
2.2.3 Méta-principe et Principes *106*
2.2.4 Application *111*
2.2.5 Synthèse des résultats sur le cas d'application *114*
2.2.6 Conclusion *118*
2.3 OUTILS DE META-MODELISATION POUR LES *LEARNING MANAGEMENT SYSTEM* 118
2.3.1 Dans le cadre de la thèse Firas Abdallah *118*
2.3.2 Dans le cadre de la thèse de Rim Drira *121*
2.3.3 Conclusions sur les outils de méta-modélisation pour les LMS *128*
2.4 VERS UNE ASSISTANCE A LA CONCEPTION D'ENSEIGNEMENT 129
2.4.1 Etat des lieux de facteurs d'évolution pesant sur l'enseignement supérieur *129*
2.4.2 Teaching Content Management System (TCMS) *131*
2.4.3 Conclusions sur l'assistance à la conception d'enseignement *133*
2.5 CONCLUSIONS SUR MES CONTRIBUTIONS 134

3. PROJET DE RECHERCHE 136

3.1 INTRODUCTION 137
3.2 PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LA SCENARISATION DE METHODES PEDAGOGIQUES 138
3.2.1 Développement de la méthode MRP *139*
3.2.2 Conception collaborative d'étude de cas *143*
3.2.3 Régulation du travail collectif *144*
3.2.4 Gamification *145*
3.3 PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LES MOOC 146
3.3.1 Ingénierie pédagogique *146*
3.3.2 Évaluation des étudiants *148*
3.4 CONCLUSIONS SUR LE PROJET DE RECHERCHE ET L'HDR 151

4. BIBLIOGRAPHIE 153

Partie 3. Sélection de cinq publications

1. Framework for the evolution of acquiring knowledge modules to integrate the acquisition of high-level cognitive skills and professional competencies: principles and case studies 169

2. Multi-Role Project (MRP): A New Project-Based Learning Method for STEM 191

3. Contextualization of reusable learning systems: Theoretical and practical analysis, approach and case study..... 201

4. Contextualizing learning scenarios according to different Learning Management Systems 223

5. Towards A Support System For Course Design..... 237

Table des figures

Figure 1 – Sous-graphes non planaires [Hopcroft, Tarjan, 1974] 30
Figure 2 – Architecture générale du processus de traitement des tarifs 34
Figure 3 – Cartes utilisées dans le programme TWI [Dooley, 1946] 59
Figure 4 – Les phases de la construction d'un système d'instruction [Glaser, 1962] 61
Figure 5 – Modèle original de l'ADDIE selon [Donclark, http-b] 62
Figure 6 – General system model for effective curriculua [Silvern, 1972] 63
Figure 7 – Évolution dans le temps des sigles des TICE [Pernin, Lejeune, 2004] 64
Figure 8 – Outils pédagogiques de base proposés [Moodle, version 2.9] 65
Figure 9 – Quelques grandes étapes vers le management de projet 79
Figure 10 – Schéma général de la méthode SCRUM [agileforall, http] 80
Figure 11 – Méta-modèle des diagrammes de cas d'utilisation [Blanc, 2005] 83
Figure 12 – Architecture de métamodélisation à 4 niveaux de l'OMG (Majid, Aallouche, http] 83
Figure 13 – Le méta-modèle IMS-LD [IMS-LD, 2010] 86
Figure 14 – Approche MDA [Drira, Laroussi, Le Pallec, Warin, 2012] 87
Figure 15 – Sept principes fondateurs 92
Figure 16 – Diagramme de contexte de l'évolution pédagogique 92
Figure 17 – Évolution des acquis en pratique professionnelle 97
Figure 18 – Évolution de l'importance des TIC 99
Figure 19 – Évolution du métier de l'enseignant 100
Figure 20 – Évolution des interactions et des acquis des étudiants 101
Figure 21 – Page d'accueil d'un site Web de suivi de projet [Bardet *et al*., 2015] 109
Figure 22 – Vue générale de la méthode Multi-Rôles Project 111
Figure 23 – Quantity of work provided by students 116
Figure 24 – Improvement in students'skills 117
Figure 25 – Méta-modèle général de la PBCL [Firas, 2009] 119
Figure 26 - PBCL scenario and transformed PBCL scenario 121
Figure 27 – Implémentation du scénarioMepulco-Université à l'IUT de l'ULCO sous Moodle [Drira, Warin, Laroussi, 2011] 122
Figure 28 – Implémentation du scénario Mepulco-Université à l'école d'ingénieurs Polytech Lille [Drira, Warin, Laroussi, 2011] 123
Figure 29 – Vue générale de l'approche ACoMoD avec ses deux outils 124
Figure 30 – Utilisation de l'outil GEN-COM 124
Figure 31 – Le méta-modèle Mepulco-Université 125
Figure 32 – Le méta-modèle (partiel) Moodle 126
Figure 33 – Un exemple de modèle Mepulco-Université contextualisé 127
Figure 34 – TCMS versus LCMS [Talbi, Warin, Kolski, 2013] 131
Figure 35 - L'assistance aux nouveaux instructors [Talbi, Warin, Kolski, 2013] 133
Figure 36 – Plugin Moodle-MRP : écran de création d'une activité MRP [Talbi, 2015] 141
Figure 37 - Plugin Moodle-MRP : écran de création d'une équipe d'étudiants [Talbi, 2015] 142

Table des tableaux

Tableau 1 – Exemple d'utilisation de l'architecture à 4 niveaux 85
Tableau 2 - Application de la méthode 115

Tableau 3 - Développement des soft skills 115
Tableau 4 - la méthode MRP comme cadre de travail 118
Tableau 5 – Transformation rules 120
Tableau 6 - Matrice PME employée à Polytech Lille en 2015 145

GLOSSAIRE DES SIGLES

ACM : *Association for Computing Machinery*
ACoMoD : *Assistance for Contextualized MoDeling of learning systems*
ADDIE : *Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*
AFNOR : Association Française de NORmalisation
ATIEF : Association des Technologies de l'Information pour l'Enseignement et la Formation
CAI : *Computer-Assisted Instruction*
CIM : *Computation Independent Model*
COBOL : *Common Organisation Business Oriented Language*
CSCW : *Computer Supported Cooperative Work*
CUEEP : Centre Universitaire-Economie d'Education Permanente
DEA : Diplôme d'Etudes Approfondies
DEUG : Diplôme d'Etudes Universitaires Générales
DESS : Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées
DTD : *Document Type Definition*
DUT : Diplôme Universitaire de Technologie
EAO : Enseignement Assisté par Ordinateur
EIAH : Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain
EIAO : Enseignement Interactif Assisté par Ordinateur
EUCUE : Evaluation des Usages dans des Contextes de E-services Ubiquitaires et Evolutifs
FOAD : Formation Ouverte et A Distance
GdP : Gestion de Projet
GEII : Génie Electrique et Informatique Industrielle
GIS : Génie Informatique et Statistiques
ID : *Instructional Design*
IDM : Ingénierie Dirigée par les Modèles
IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers
IHM : Interaction Homme-Machine
IIHM : Ingénierie des Interactions Homme-Machine
IMS-LD : *IMS-Learning Design*
INRIA : Institut National de la Recherche en Informatique et Automatique
ISBN : *International Standard Book Number*
IUT : Institut Universitaire de Technologie
KM3 : Kernel Meta Meta Model
LAMIH : Laboratoire d'Automatique de Mécanique et d'Informatique, industrielles et Humaines

LCMS : *Learning Content Management System*
LIFL : Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille
LIL : Laboratoire d'Informatique du Littoral
LISIC : Laboratoire d'Informatique, Signal, Images de la Côte d'Opale
LMS : *Learning Management System*
MDA : *Model Driven Architecture*
METAWEP : *METAmodeling to build Web Environment to support learning by project*
MIAOU : Modèles d'Interaction et Architectures Orientées Utilisateurs
MODEL : Multi-mODélisation et Evolution du Logiciel
MOF : *Meta Object Facilities*
MOOC : *Massive Open Online Course*
MRP : Multi-Rôles Project
NTE : Nouvelles Technologies Educatives
OMG : *Object Management Group*
PBCL : *Project-Based Collaborative Learning*
PBL : *Problem-Based Learning*
PDAG : *Planar Directed Acyclic Graph*
PET : *Personnal Electronic Transactor*
PIM *: Platform Independent Model*
PISA : *Program for International Student Assessment*
PjBL : *Project-Based Learning*
PMBOK : Project Management Of Knowledge
PME : Plus Moins Egal
PSI : Projet Système d'Information
PSM : *Platform Spécific Model*
SADT : *Structured Analysis and Design Technique*
SCORM : *Sharable Content Object Reference Model*
SEP : *Stanford Encyclopedia of Philosophia*
SERPE : Suivi Et Réalisation de Projet Etudiant
SFGP : Société Française de Génie des Procédés
SIGSE : *Special Interest Group in Software Engineering*
STEM : *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*
TCMS : *Teaching Content Management System*
TEL : *Technology Enhanced Learning*
TIC : Technologie de l'Information et de la Communication
TICE : Technologie de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement
TWI : *Training Within Industry*
ULCO : Université du Littoral Côte d'Opale
UML : *Unified Modeling Language*
XML : *eXtensible Markup Language*

Partie 1

Cursus et activités

TABLE DES MATIÈRES

1. CURRICULUM VITÆ 15

2. PARCOURS PROFESSIONNEL 19

3. ACTIVITES ADMINISTRATIVES 21

4. ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT 23

4.1 PREMIERE PERIODE PEDAGOGIQUE 23
4.2 DEUXIEME PERIODE PEDAGOGIQUE 24
4.3 POLYCOPIES ET SUPPORTS DE COURS LIES A MES ENSEIGNEMENTS 25
4.4 DEVELOPPEMENT DE RESSOURCES PEDAGOGIQUES RELATIVES AUX MOOC 27

5. ACTIVITES DE RECHERCHE 29

5.1 PERIODE 1982 – 1986 : DU DEA A LA SOUTENANCE DE THESE 29
5.2 PERIODE 1987 – 1992 : VALORISATION DE MES TRAVAUX EN INFORMATIQUE THEORIQUE 29
5.2.1 On a code Problem concerning directed acyclic graphs 30
5.2.2 A Kleene theorem for a class of planar acyclics graphs 31
5.3 PERIODE 1991 – 1998 : TRANSFERT TECHNOLOGIQUE UNIVERSITE-ENTREPRISE 33
5.4 PERIODE 1999 – 2015 : NOUVELLE THEMATIQUE 34
5.4.1 De 1999 à 2007 : construction de la thématique de recherche 34
5.4.2 De 2007 à aujourd'hui : développement 37
5.5 ENCADREMENTS DE THESES 39
5.6 ENCADREMENTS DE MASTERS 40
5.7 RELECTEUR POUR DES CONFERENCES ET JOURNAUX 40

6. TRAVAUX DE VALORISATION (SYNTHESE) 41

7. LISTE DES PUBLICATIONS 43

7.1 REVUES AVEC COMITE DE LECTURE (6) 43
7.2 OUVRAGE (1) 43
7.3 CONFERENCES AVEC COMITE DE LECTURE (14) 43
7.4 PUBLICATIONS INTERNES, POSTERS OU SANS COMITE DE LECTURE (11) 45
7.5 SEMINAIRES ET AUTRES COMMUNICATIONS (8) 46
7.6 THESE (1) 46

1. CURRICULUM VITÆ

Coordonnées

Bruno WARIN
52, rue Macquinghen
62360 BAINCTHUN
Tél. : 03.21.33.81.49 et 06.99.71.19.13
Email : bruno.warin@univ-littoral.fr

État civil

M. WARIN, Bruno, Bernard, Jean
Né le 20 octobre 1958 à Lille, France
Marié, 3 enfants
Nationalité française

Profession

Maître de conférences depuis le 1er décembre 1988 à l'IUT Calais-Boulogne (nouvellement IUT du Littoral Côte d'Opale).
19, rue Louis David
62100 Calais
Promu à la Hors-Classe en 2010 - 27ème section (informatique)

Laboratoire/Equipe

Laboratoire d'Informatique Signal et Image de la Côte d'Opale (LISIC) depuis 1999 (anciennement LIL).
Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO)
Équipe Multi-MOdélisation et Evolution du Logiciel (MODEL)
Maison de la Recherche
Rue Ferdinand Buisson
62100 Calais

Titre Universitaire Français

- **Doctorat en Informatique (1986)** : Université des Sciences et Techniques de Lille / Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille - Mention "Très honorable". Doctorat soutenu le 20 avril 1986 à l'Université de Lille 1 sous la direction de Max Dauchet.

- **D.E.A. Informatique (1982)** : Université des Sciences et Techniques de Lille - Mention Assez bien

- **Maîtrise d'informatique (1981)** : Université des Sciences et Techniques de Lille Mention Assez bien

- **Deux unités de Maîtrise de Mathématiques et Applications Fondamentales (1981)** : Unité de "Recherche opérationnelle" et Unité de "Calcul analogique et hybride"

- **Licence d'informatique (1980)** : Université des Sciences et Techniques de Lille - Mention Bien

- **DUT informatique (1979)** : IUT de l'Université des Sciences et Techniques de Lille

- **Baccalauréat série C (1977)** : Académie de Lille

Autres formations

- Unité de Langue Anglaise, niveau 4 (Juin 1999) : C.U.E.E.P. de Boulogne-sur-Mer.

- Unité de Langue Anglaise, niveau 5 (Février 2000) : C.U.E.E.P. de Boulogne-sur-Mer.

- **Unité de Langue Anglaise, niveau européen B1/B2 Intermediate (Février 2008)** : C.U.E.E.P. de Calais.

- MOOC "ABC de la Gestion de projet" (Mars 2013, Septembre 2013 ; Mars 2014, Septembre 2014, Mars 2015) : Membre de l'équipe de conception/encadrement sous la direction de Rémi Bachelet, Maître de conférences à l'École Centrale de Lille.

- **Certificat du MOOC "Initiation à la programmation en Java" (Septembre 2013)** : délivré par l'École Polytechnique de Lausanne et réussi sur la plateforme Coursera.

- **Certificat du MOOC "Initiation à la programmation orientée objet en Java" (Février 2014)** : délivré par l'École Polytechnique de Lausanne et réussi sur la plateforme Coursera.

- **Certificat du MOOC "Principles of Project Management" (Septembre 2014)** : awarded by Polytech West (Australia) on the Open2Study platform.

- **Certificat du MOOC "Exploring English: Language and Culture" (Octobre 2014)** : awarded by British Council on the FutureLearn platform.

2. Parcours professionnel

Mon parcours professionnel est assez classique avec des efforts constants qui débouchent sur des expertises reconnues.

- De 1982 à 1992 : Membre du Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille de l'Université des Sciences et Techniques de Lille

- De 1982 à 1988 : Assistant en informatique à l'Université des Lettres, Arts, Sciences Humaines et Sociales -Lille 3 - Charles De Gaulle - Département Mathématiques

- Depuis 1988 : Maître de Conférences en informatique au département informatique de l'IUT Calais-Boulogne

- Depuis 1999 : membre de Laboratoire d'Informatique Signal et Images de la Côte d'Opale (LISIC) - auparavant Laboratoire d'Informatique du Littoral (LIL) -.

- Depuis 2006 : **Expert projet pédagogique** et vacations en Projet Système d'Information à l'école d'ingénieurs Polytech Lille de l'Université des Sciences et Techniques de Lille

- En 2011 : **Lauréat au prix d'Innovation Pédagogique** décerné par le Pôle de Recherche et d'Enseignement Supérieur. Avec mes collègues Christophe Kolski et Mouldi Sagar de l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis

- Depuis 2013 : **Membre de l'équipe de conception et d'encadrement du premier Massive Open Online Course (MOOC) certifiant de France** à l'école d'Ingénieurs Centrale Lille. Dans ce cadre notre équipe a reçu deux prix d'innovation pédagogique :

- **Meilleur MOOC Francophone 2013** délivré par l'organisme spécialiste DigiSchool.
- **Meilleur dispositif de formation éducation (Février 2014**) délivré lors de la quatrième édition des E-Learning Excellence Awards et décerné par les groupes CEGOS et AEF.

3. Activités administratives

J'ai toujours eu une activité administrative importante. J'ai essayé de mener ces activités d'une manière la plus professionnelle possible. J'ai mis en œuvre beaucoup d'énergie et cela m'a donné l'occasion d'acquérir de nombreuses compétences. Citons sans souci d'exhaustivité.

- De 1982 à 1988 : Responsable à l'Université de Lille 3 (avec F. Bossut) des enseignements informatiques (DEUG à DESS), de l'encadrement des vacataires informatiques et de nombreux projets de développement informatique.

- De 1982 à 2011 : Membre de différentes commissions de spécialiste en informatique à Lille 3 et à l'ULCO.

- Depuis 1988 : responsabilité et création de nombreux modules d'enseignements à l'IUT Calais- Boulogne de l'Université du Littoral Côte d'Opale (algorithmique, programmation avancé, bases de données, génie logiciel, analyse et conception des systèmes d'information, gestion de projets, etc.)

- De 2001 à 2002 : chef du département informatique de l'IUT Calais-Boulogne de l'Université du Littoral Côte d'Opale

- En 2011-2012 : animateur et rapporteur de la commission fusion des IUT Calais-Boulogne et Saint-Omer/Dunkerque de l'Université du Littoral Côte d'Opale

- En 2012-2013 : chargé de mission pour le rapprochement des deux IUT de l'Université du Littoral Côte d'Opale

- Depuis 2008 : mise en place et Administration de la plateforme de gestion des apprentissages Moodle pour l'IUT Calais-Boulogne de l'Université du Littoral Côte d'Opale

- De 2010 à 2014 : membre du Conseil de l'Institut de l'IUT Calais-Boulogne de l'Université du Littoral Côte d'Opale

- Des 2010 à 2015 : responsable de la Licence Professionnelle "Analyse, Conception et Développement de solutions Internet/Intranet" à l'IUT de Calais-Boulogne.

Toutes ces responsabilités ont été réalisées dans un esprit d'ouverture et de transparence qui m'ont donné l'occasion d'acquérir des compétences reconnues en administration universitaire.

4. Activités d'enseignement

J’enseigne dans le supérieur depuis 1982 d’abord en tant qu'assistant à l'Université Charles de Gaulle alors appelée Lille 3, puis depuis 1988 en tant que maître de conférences à l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO) à l'IUT informatique Calais-Boulogne. Sensible aux enjeux que représentent les études supérieures pour les étudiants, l'enseignement a toujours été une priorité.

On peut distinguer deux périodes dans mon activité d'enseignement. La première au cours de laquelle j'ai reproduit la pédagogie dont j'avais moi-même profité. La seconde au cours de laquelle j'ai innové pour répondre d'une part à l'évolution de l'informatique et d'autre part à l'évolution du profil des étudiants.

4.1 Première période pédagogique

La première période a duré une quinzaine d'années, de 1982 à 1998. Durant cette période, j'ai préparé mes enseignements avec beaucoup de conscience mais, il faut le reconnaître, avec une méthode peut-être parfois artisanale : la plupart de mes préparations étaient créées à peu près *ex nihilo* et avec une méthode parfois peu pertinente.

Durant cette période, j'ai travaillé à acquérir un spectre d'enseignement adapté aux besoins, c'est-à-dire des enseignements visant une formation professionnelle complète d'étudiants en informatique. Ce qui m'a conduit à avoir un spectre d'enseignements assez large. Ainsi j'ai enseigné des cours en :

- **Algorithmique**
- **Programmation**
- **Base de données**
- **Analyse et de Conception des Systèmes d'Information**
- **Génie logiciel**
- **Gestion de projets**.

Ces trois dernières matières étant peu développées alors, elles m'ont demandé beaucoup d'énergie. Outre la rédaction de nombreux *polycopiés dans toutes ces matières*, le point culminant a été sans aucun doute la rédaction d'un livre de plus de 300 pages en algorithmique : Warin, B., 2002; *L'algorithmique : votre passeport informatique pour la programmation,* Edition Ellipses, ISBN 2-7298-1140-0, 327 pages.

4.2 Deuxième période pédagogique

A partir de 1999 environ, à l'occasion d'une collaboration avec deux collègues, Bénédicte TALON et Claudine TOFFOLON, je me suis intéressé, presque par hasard mais fortement, à la pédagogie par projet. A tel point, que cela m'a mené à faire des recherches autour de la résolution de problèmes pédagogiques. Finalement je me suis spécialisé dans la gestion de projets et la pédagogie par projet, notamment dans la création de dispositifs informatiques pour leur soutien.

J'ai créé une méthode d'encadrement de projets tutorés, Multi-Rôles Project (initialement appelée Mepulco-Université et développée avec Bénédicte TALON et Claudine TOFFOLON). De ce fait l'encadrement de projets étudiants est devenu une seconde nature.

Depuis 2001, j'ai encadré près d'une centaine de projets étudiants en sus de mes enseignements classiques. Depuis 2006, je travaille en tant qu'expert pédagogique et vacataire à l'école d'ingénieurs Polytech'Lille dans l'enseignement "Projet Système d'Information" (PSI). En 2011, j'ai été lauréat au prix d'Innovation Pédagogique décerné par le Pôle de Recherche et d'Enseignement Supérieur "Université Lille Nord de France" avec mes collègues Christophe KOLSKI et Mouldi SAGAR de l'Université de Valenciennes-Hainaut-Cambrésis. En 2013, j'ai été membre de l'équipe de conception et d'encadrement du premier Massive Open Online Course (MOOC) certifiant de France "ABC de la gestion de projet" de l'Ecole Centrale de Lille sous la direction de Rémi BACHELET. Dans ce cadre, notre équipe a reçu deux prix d'innovation pédagogique celui du **Meilleur MOOC Francophone 2013** délivré par l'organisme spécialiste DigiSchool et celui du **Meilleur dispositif de formation éducation (Février 2014**) délivré lors de la la quatrième édition des E-Learning Excellence Awards et décerné par les groupes CEGOS et AEF.

4.3 Polycopiés et supports de cours liés à mes enseignements

Certaines de ces publications ont été produites par un processus itératif et incrémental réalisé en fonction des enseignements donnés à mes étudiants de DUT Informatique ou de Licence Professionnelle Réseaux et Systèmes de Communication. Dans cette section nous ne reprenons que les versions les plus abouties.

Algorithmique

- Warin, B., 2002; L'algorithmique : votre passeport informatique pour la programmation, Edition Ellipses, ISBN 2-7298-1140-0, 327 pages.
- Warin, B, 1998, Corrigé des exercices du livre L'algorithmique : votre passeport informatique pour la programmation, 139 pages.

Programmation

- Warin, B., 1992, Cours de COBOL Microsoft, polycopié de cours, 120 pages.
- Warin, B. 1993, Programmation d'un tableur en PASCAL, polycopié de travaux pratiques, 49 pages.
- Warin, B., 2013, Introduction à la programmation Java : polycopié de cours et exercices sur le langage Java, 67 pages.

Logiciel / Matériel

- Bossut, F., Warin, B. 1984, Guide d'utilisation du P.E.T. CBM, polycopié, 31 pages.
- Bossut, F., Warin, B. 1984, Guide d'utilisation du Micral 90.50, polycopié, 31 pages.
- Warin, B., Talon, B., 1993, Guide d'utilisation du logiciel Méga Standard, polycopié, 46 pages.

Analyse et Conception des Systèmes d'Information

- Talon, B., Warin, B., 2005; Analyse et Conception des Systèmes d'Information : polycopié du cours de DUT Informatique, 69 pages.
- Talon, B., Warin, B., 2005; Analyse et Conception des Systèmes d'Information : transparents support au cours de DUT Informatique, 225 transparents.
- Talon, B., Warin, B., 2008; La démarche Merise, polycopié de cours, 22 pages.
- Talon, B., Warin, B., 2008; Transparents support à la démarche Merise, 104 transparents.

Génie Logiciel

- Warin, B., 2000, Structured Analysis and Design Technique (SADT), polycopié de cours, Notes de cours, Version 2.0, 68 pages.
- Talon, B., Toffolon, C., Warin, B., 2002; Cahier des charges utilisateur, polycopié de cours, 40 pages.
- Talon, B., Warin, B., 2005; Génie Logiciel : polycopié du cours de DUT Informatique, polycopié de cours, 130 pages.
- Talon, B., Warin, B., 2005; Génie Logiciel : transparents support au cours de DUT Informatique, 101 transparents support de cours.

Gestion de projets

- Fernandez, M, Mesnil, C., Talon, B., Toffolon, C., Warin, B, 2001, Kit de projet (à l'attention des étudiants), 2001-2006, Rapport interne de l'IUT Informatique Calais-Boulogne, Université du Littoral Côte d'Opale, 22 pages.
- Leblond, M., Talon, B., Toffolon, C., Warin, B., 2001, Guide d'assistance à l'encadrement d'études de synthèse (à l'usage des tuteurs), 2001-2006, Rapport interne de l'IUT, 20 pages.
- Talon, B., Warin, B., 2006, Gestion de projet : transparents support au cours de Licence professionnelle Réseaux et systèmes de communication, 121 transparents.
- Warin, B., Hoogstoel, F., 2007, 2008, Kit étudiant (à l'attention des étudiants) : description de la méthode Mepulco-Université appliquée aux projets SI GIS2 Polytech'Lille, Le Projet SERPE-07, 28 pages, janvier 2007 et 2008.
- Warin, B., 2008, Guide d'assistance à l'encadrement des projets tutorés (à l'usage des tuteurs), 2008, Rapport interne de l'IUT Calais-Boulogne, Département GEII, 14 pages.
- Warin, B, 2008, Kit de projet tutoré (à l'attention des étudiants), Rapport interne de l'IUT Calais-Boulogne, Département GEII, Université du Littoral Côte d'Opale, 14 pages.
- Warin, B., 2012, Modèle d'avancement pédagogique selon la méthode *Multi-Rôles Project, 7 pages.*
- Warin, B., Bonant, A. (traduction), 2012, Educational Progress Model for Multi-Role Project method*, 7 pages.*
- Warin, B., Hoogstoël, F., 2013, Avancement pédagogique selon la méthode Multi-Rôles Project - Polytech'Lille - 4ème année - Département G.I.S. Projets Systèmes d'Information 2012/2013, 12 pages.
- Warin, B., Hoogstoël, F., 2013, 12 pages. Educational progress Polytech'Lille – 4th year - G.I.S. Department - Information System Projects 2012/2013.

- Warin, B., 2013, Introduction à la gestion de projet, polycopié de cours, 39 pages.
- Warin, B., 2014, Description de la méthode Multi-Rôles Project (kit à l'attention des étudiants), polycopié de cours, 43 pages.
- Warin, B., 2014, Norme documentaire de rapports techniques (à l'attention des étudiants), version du 20 octobre 2014, Rapport interne de l'IUT du Littoral Côte d'Opale, Université du Littoral Côte d'Opale, 14 pages.

4.4 Développement de ressources pédagogiques relatives aux MOOC

Après les nombreuses évolutions des supports et techniques de l'information : tablettes, papyrus, parchemin, codex, papier, livre, imprimerie, photographie, radio, vidéo et télévision, la dernière évolution, l'Internet et les TIC en général, est aussi une révolution. Elle remet en cause les modèles connus de tous les acteurs qui s'appuient sur l'information. L'université et l'enseignement supérieur sont en première ligne.

Dans ce contexte, il est indispensable d'étudier le phénomène des *Massive Open Online Courses* (MOOC). Ainsi en parallèle au suivi personnel de MOOC (se reporter à mon CV), j'ai participé depuis son lancement, en janvier 2013, en tant que concepteur-encadrant, à toutes les sessions du premier MOOC certificatif de France, le MOOC "ABC de la gestion de projet", sous la direction de Rémi Bachelet de l'Ecole Centrale de Lille.

L'idée est de pouvoir comprendre et évaluer la portée du phénomène MOOC, puis ultérieurement de produire des connaissances sur leurs élaborations et leurs impacts sur l'enseignement supérieur.

Mes activités ont été diverses à ce sujet :

- Développement de l'ensemble des questionnaires, quiz et examens des 4 modules de la session 1 du MOOC "ABC de la Gestion de projet" (GDP1) de Mars 2013.
- Développement de l'ensemble des questionnaires, quiz et examens du nouveau module "Analyse Fonctionnelle et Cahier des Charges" développé par Michel Bigand du MOOC "ABC de la Gestion de projet". Session GDP2 de Septembre 2013.
- Développement de l'ensemble des questionnaires, quiz et examens des nouvelles versions des 4 modules du MOOC "ABC de la Gestion de projet". Session GDP3 de Mars 2013.
- Retranscription de 33 vidéos de MOOC "ABC de la Gestion de projet". Session GDP4 de Septembre 2014
- Développement d'un module "Planification avancée" pour le site de Rémi Bachelet. Novembre 2014. Accessible à http://gestiondeprojet.pm/planification-avancee.

- Mise en place du nouveau module "Planification avancée" pour le MOOC "ABC de la Gestion de projet" et des quiz et examens associés. Session GDP5 de Mars 2015.

5. Activités de recherche

Mon activité de recherche a connu quatre périodes. Dans cette section je m'attarderai plus particulièrement sur la dernière période.

5.1 Période 1982 – 1986 : du DEA à la soutenance de thèse

C'est la période qui va de la sortie de mon Diplôme d'Études Approfondies (DEA) en informatique à l'obtention de mon doctorat en avril 1986. Immédiatement, après mon DEA, j'ai obtenu un poste d'assistant en informatique à l'Université des Lettres, Arts et Sciences Sociales de Lille 3.

Cette situation m'a permis de faire mon doctorat dans de bonnes conditions matérielles mais cependant elle conduisit à me laisser un peu accaparé par des projets pédagogiques, administratifs ou techniques de toutes sortes. En effet, nous étions trois enseignants informaticiens pour une université de plus de 10 000 étudiants. Cela a été positif du point de vue pédagogique et participation à la vie universitaire de Lille 3 mais m'éloigna du réseau de mon laboratoire d'origine de Lille 1. Heureusement, le suivi de mon directeur de thèse, Max Dauchet, a permis de soutenir ma thèse en 1986 dans des délais standards.

La problématique abordée était une problématique d'informatique théorique. Il s'agissait d'élaborer une théorie d'automates d'états finis et d'expressions rationnelles sur des graphes planaires orientés sans cycles qui permette d'élaborer, sur ces graphes, un théorème de Kleene comme il en existe déjà pour les langages de mots et d'arbres (voir plus loin la partie "5.5.2 A Kleene theorem for a class of planar acyclics graphs" pour plus de détails). C'est durant cette période que j'ai commencé à acquérir cette rigueur propre aux sciences formelles.

5.2 Période 1987 – 1992 : valorisation de mes travaux en Informatique théorique

J'ai été recruté en 1988 sur deux postes de maître de conférences. L'un à Lille et l'autre à Calais. Pous des raisons familiales, je venais de me marier et mon épouse habitait et avait son travail à Boulogne-sur-Mer, j'ai choisi Calais. Bien que ce choix ne

fut pas entièrement favorable à une activité de recherche, cela ne m'empêchat pas de publier dans deux revues internationales avec *Impact Factor*. La première publication concernait des résultats qui n'apparaissaient pas dans la thèse. La seconde s'appuyait sur des résultats de la thèse tout en les améliorant. Leur contenu respectif est résumé ci-dessous.

5.2.1 On a code Problem concerning directed acyclic graphs

La première publication dans la revue *Theorical Informatics and Applications* [Bossut, Warin, 1991] traitait du problème du code dans les graphes planaires orientés sans cycles ou **Planar Directed Acyclic Graphe (PDAG)** en anglais. Intuitivement un graphe est un ensemble de points, appelés sommets, reliés entre eux par lignes appelées arcs. Si les arcs ont un sens, i.e. pour deux sommets u et v on distingue (u, v) et (v, u) alors le graphe est orienté ou **dirigé**. Si entre deux sommets, il n'y a au plus qu'un arc et si un sommet ne peut être relié à lui-même, pas de boucles, alors le graphe est dit **simple**. S'il n'existe pas de chemin qui part d'un sommet et revient à ce même sommet en suivant les arcs du graphe alors le graphe est dit **acyclique**. Un graphe est **planaire** s'il peut être dessiné dans le plan sans qu'aucun de ses arcs ne se coupent. [Kuratowski, 1930] a montré qu'un graphe fini est planaire si et seulement s'il ne contient pas de sous-graphes qui est une expansion d'un des deux graphes de la figure 1.

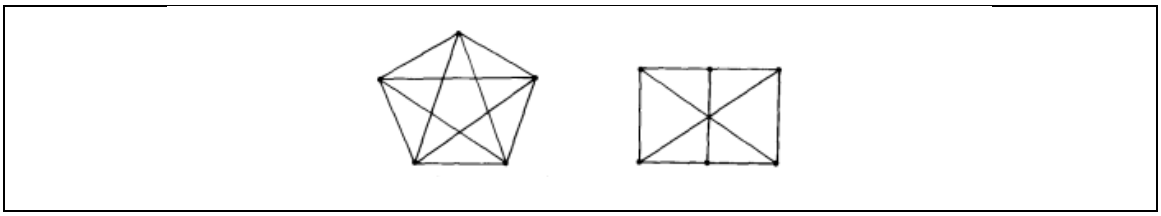


Figure 1 – Sous-graphes non planaires [Hopcroft, Tarjan, 1974]

Dans notre publication, les sommets étaient des lettres d'un alphabet avec une double arité. C'est-à-dire qu'à chaque lettre était associé un premier nombre entier représentant un nombre d'entrées, et un deuxième nombre entier représentant un nombre de sorties. Ces entrées et ces sorties représentant par exemple des connecteurs, c'est-à-dire des contraintes de connexion. Les graphes étaient obtenus à l'aide de deux opérateurs de composition. La composition parallèle qui met en parallèle, côte à côte, deux PDAGs. La composition en série permettant d'assembler deux sommets, ou d'une manière générale deux graphes, pourvu que les sorties de l'un correspondent, en

nombre, aux entrées de l'autre. La structure algébrique sous-jacente étant le magmoïde libre [Arnauld, Dauchet, 1978a et 1978b].

Dans une structure algébrique libre, un ensemble fini C est un code si et seulement si aucun objet ne peut être obtenu par deux compositions différentes dans la structure algébrique (modulo les axiomes de la structure). Le problème du code est de déterminer si un ensemble fini quelconque est un code. Nous avons montré l'indécidabilité du problème du code dans les PDAGs en le réduisant à celui du mot vide dans les graphes de dérivations des grammaires à structure de phrases.

5.2.2 A Kleene theorem for a class of planar acyclics graphs

La seconde publication, dans la revue *Information and Computation* [Bossut, Dauchet, Warin, 1995] reprennait les principaux résultats de la thèse. Nous avons montré dans les PDAGs l'équivalent du théorème de Kleene dans les mots à savoir : "Un ensemble de mots est définissable par un automate d'états-finis si et seulement s'il est rationnel" [Kleene, 1956]. Nous avons utilisé le magmoïde libre [Arnauld, Dauchet, 1978a et 1978b] comme structure algébrique support avec la composition en parallèle notée $\otimes$ et la composition en série notée °.

Les automates d'états finis de PDAGs

Nous avons d'abord défini un **automate d'états finis de PDAGs comme une structure M = ((Σ, S), Q, R, I, F)** où :

- (Σ, S) est alphabet avec une double arité. Σ étant un alphabet fini de lettres et S étant une fonction de Σ dans NxN où N est l'ensemble des entiers naturels.
- Q est un ensemble fini d'états.
- I est un contrôle initial et F est un contrôle final. I et F étant deux ensembles reconnaissables de mots sur Q.
- R est un ensemble fini de règles de la forme r: $\alpha \rightarrow \beta$, où α and β sont appelés respectivement la partie gauche et la partie droite de r. Les règles de R sont de la forme :

$<p_1p_2\ldots p_h> \circ \sigma \rightarrow \sigma \circ <q_1q_2\ldots q_t>$ avec $\sigma \in \Sigma_{h,t}$ où $\Sigma_{h,t}$ désigne le sous-ensemble des lettres de arité d'entrée *h* et de arité de sortie *t* et $p_1, p_2, \ldots, p_h, q_1, q_2, \ldots, q_t \in Q$. Intuitivement la règle r reconnaît, ou accepte, la lettre σ si les h connecteurs d'entrée de σ portent les états $p_1, p_2, \ldots, p_h$ et fait porter en sortie au t connecteurs de sortie de σ les états $q_1, q_2, \ldots, q_t$

En identifiant l'ensemble Q des états avec des lettres de arité d'entrée et de arité de sortie égales à 1, on définit sur $\Sigma \cup Q$ (on suppose que $\Sigma \cap Q = \varnothing$) une configuration comme étant un PDAG qui peut être exprimé sous la forme d ° <q> ° d' où <q> est dénote une composition en parrallèle d'états de Q et d et d' deux PDAGs sur (Σ, S).

Une configuration est initiale si elle est de la forme <q>°d avec <q> ∈ I et elle est finale si elle est de la forme d°<q> avec <q> ∈ F. On définit la relation ⊢M parmi les configurations de l'automate M comme suit : C ⊢M C' si C' peut être obtenu de C en remplaçant la partie gauche d'une règle de R par sa partie droite. La clotûre transitive ⊢M est notée ⊢M*. Un PDAG sur (Σ, S) est accepté par un automate M si <q>°d ⊢M* d°<q'> pour <q> ∈ I, <q'> ∈ F. On note L(M) l'ensemble des PDAGs acceptés par M. Un langage L est automate-définissable si il existe M, un automate de PDAGs tel que L=L(M).

Les expressions rationnelles de PDAGs

Nous avons défini les expressions rationnelles de PDAGs en se calquant sur les expressions rationnelles de mots mais cette fois-ci avec deux opérateurs d'itérations puisque les PDAGs sont construits à partir de deux opérateurs de composition : la composition en parallèle et la composition en série. Les expressions rationnelles de PDAGs admetent donc la composition parallèle, la composition parallèle itérée, la composition en série et la composition en série itérée. La composition parallèle dans les expressions rationnelles a été définie avec une différence par rapport à la composition parallèle utilisée dans la construction des PDAGs dans le sens où elle n'assure pas le synchronisme des deux PDAGs qu'elle met en parallèle. Elle est notée $\otimes_N$ où $_N$ est une abbréviation pour indiquer *Non synchronisée*. Ainsi, la composition parallèle dans les expressions de PDAGs est définie par :

Soit d et d' deux PDAGs alors d $\otimes_N$ d' =

{d, d'} ∪

{d ⊗ ε^u où u ∈ S^+} ∪ où le ⊗ dans d ⊗ ε^u est le produit parallèle classique et non sa version *Non synchronisée*. ε est un nouveau symbole qui désigne l'élément neutre pour la composition en série.

{ε^u ⊗ d où u ∈ S^+} ∪

{d ⊗ d'}

Cette non synchronisation a été introduite pour pallier l'incapacité des automates d'états finis des PDAGs à gérer la synchronisation. On se reportera à [Bossut, Dauchet, Warin, 1995] pour le formalisme complet.

Moyennant l'introduction de cette *Non synchronisation* dans l'opérateur de mise en parallèle nous avons montré l'équivalence entre les ensembles de PDAGs automate-définissables et les ensembles de PDAGs rationnels. Cette démonstration longue et difficile peut être trouvée dans [Bossut, Dauchet, Warin, 1995].

5.3 Période 1991 – 1998 : transfert technologique Université-Entreprise

Le fonctionnement de la recherche et de l'enseignement universitaire m'apparaissait trop restreint dans ces apports notamment par rapport à ce qu'elle aurait dû apporter au monde de l'entreprise, je me suis lancé dans la création d'une entreprise. Cette période fut intense avec le développement d'un **système expert de tarifications comparatives d'assurances toutes branches, BW-TARIF, qui fut le leader sur le marché**.

Plus précisemment nous étions les premiers et nous avons créé le marché en France de la tarification comparative d'assurance. BW-Tarif avait, dans ses bases de données et de programmes, les tarifs automobiles de 56 compagnies d'assurance et les tarifs Multi-Risques Habitation de 22 compagnies d'assurance. Il fut diffusé auprès des courtiers et des agents d'assurances mais aussi adopté par plusieurs compagnies d'assurances. Hormis la maîtrise des technologies informatiques de programmation et de diffusion de l'époque, de certains aspects juridiques, j'ai eu à résoudre trois défis principaux.

Le premier défi concernait la maîtrise efficace de la compréhension des tarifs. J'ai créé des modèles de cahier des charges et des processus semi-automatiques de transformation des tarifs fournis par les courtiers et les agents d'assurance en spécifications fonctionnelles. Ainsi la réalisation des spécifications fonctionnelles, avant développement, était fiable et efficace.

Le second défi concernait la comparaison des tarifs et notamment la prise en compte de certains paramètres 'non comparables' entre des compagnies différentes. J'ai pour cela défini une base de thésaurus des questions paramètres provenant de toutes les compagnies. Ce thésaurus s'enrichissait, au fil des nouvelles compagnies pour lesquelles je développais les tarifs, pour finir à être à peu près stable.

Le troisième défi concernait les mises à jour des tarifs. Celles-ci étaient en principe annuelles et les solutions mises en place pour les deux premiers problèmes permettaient d'y répondre efficacement.

La figure 2 montre l'architecture globale du système mis en oeuvre. Malheureusement, j'avais surtout des compétences en recherche scientifique et la diffusion de mes résultats n'était ni encouragée par l'activité d'entreprise qui encourage plutôt le secret, ni encouragée, comme aujourd'hui, par l'université. Cela n'a pas donné lieu à publication.

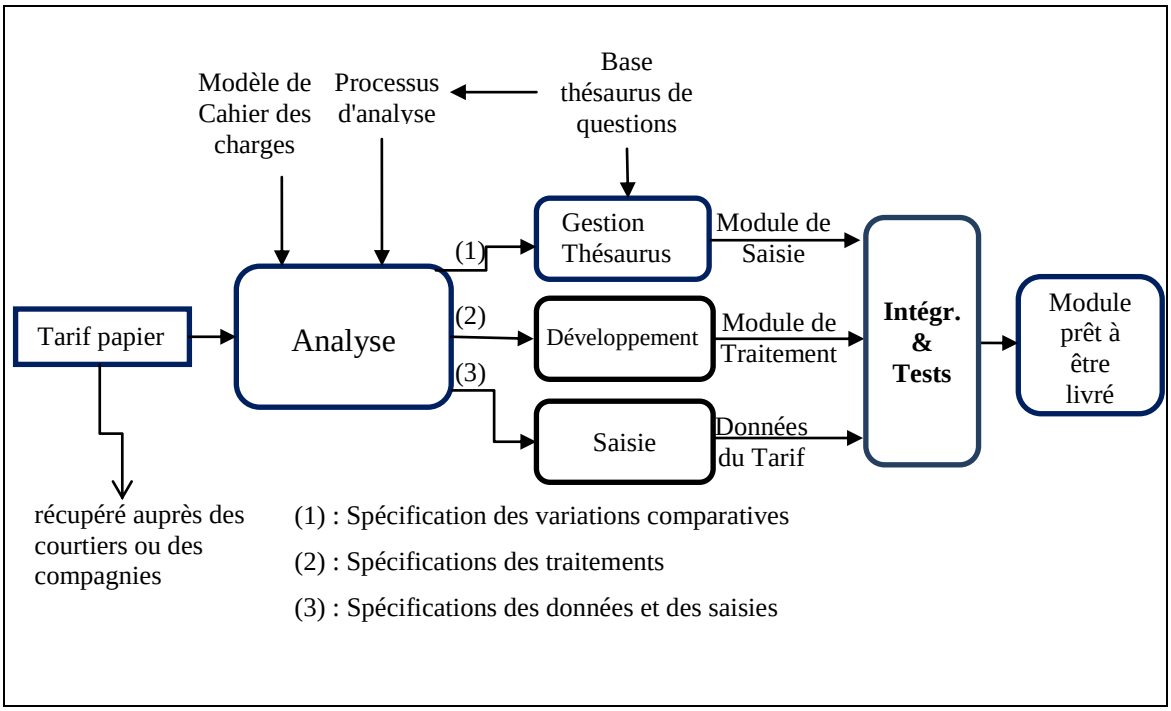


Figure 2 – Architecture générale du processus de traitement des tarifs

5.4 Période 1999 – 2015 : nouvelle thématique

5.4.1 De 1999 à 2007 : construction de la thématique de recherche

Dans les années 2000, lorsque j'ai repris une activité de recherche académique, après ma création d'entreprise et l'écriture et la publication de mon livre d'algorithmique, s'est posée la question de développer une thématique de recherche. J'ai eu toutes latitudes du choix et j'ai créé à l'aide de deux collègues, Bénédicte Talon et Claudine Toffolon, un groupe de travail à l'ULCO qui avait pour thèmes : le génie logiciel, les technologies de l'information et de la communication et la pédagogie universitaire.

Notre premier axe de travail était le développement d'une méthode outillée pour l'Encadrement des projets étudiants (groupe **MEPULCO**, http://mepulco.net). Nous

avons d'abord mené une recherche de terrain très pragmatique. Cela nous a fait remarquer et inviter par Eric Ramat, Professeur à l'Université du Littoral Côte d'Opale au projet de création du master européen de e-learning (projet **EUROMASTER**). Nous avions en charge le développement du module de Base de données. Cette expérience nous a conduits à poser les bases d'une réflexion sur la problématique d'intégration de la technologie dans les enseignements universitaires et plus précisemment dans l'enseignement à distance [Talon, Toffolon, Warin, 2004]. Nos pratiques d'enseignement, nous ont donné l'opportunité d'expérimenter nos théories et propositions, et de les publier [Talon, Toffolon, Warin, 2005].

Ces premiers résultats, nous ont donné l'opportunité d'être invités au projet régional *Modèles d'Interaction et Architectures Orientées Utilisateurs* (**MIAOU**) dirigé par le Professeur Christophe Kolski de l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis. Ce projet a rassemblé sept équipes : Les équipes RAIHM et PERCOTEC du Laboratoire d'Automatique de Mécanique et d'Informatique, industrielles et Humaines (LAMIH) de l'Université de Valenciennes ; l'équipe NOCE du laboratoire TRIGONE ; les équipes SMAC et GRAPHIX du Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille (LIFL) de l'Université de Lille 1 ; l'équipe EVALAB du laboratoire du Centre d'Etudes et de Recherche en Informatique Médicale (CERIM) de l'Université de Lille 2 et l'équipe CoolDev du Laboratoire d'Informatique du Littoral (LIL) de l'Université du Littoral Côte d'Opale. Il s'agissait de définir de nouveaux modèles et architectures d'interaction personnes-organisations. Notre travail a consisté à étudier le travail collaboratif dans le cadre des formations universitaires.

Dans le même temps, nous avons participé au projet régional *Evaluation des usages dans des contextes de E-services ubiquitaires et évolutifs* (**EUCUE**) dirigé par le Professeur Alain Derycke de l'Université des Sciences et Techniques de Lille. Ce projet rassemblait les équipes RAIHM et PERCOTEC du Laboratoire d'Automatique de Mécanique et d'Informatique, industrielles et Humaines (LAMIH) de l'Université de Valenciennes ; l'équipe NOCE du laboratoire TRIGONE ; les équipes SMAC et GRAPHIX du Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille (LIFL) de l'Université de Lille 1; l'équipe EVALAB du laboratoire du Centre d'Etudes et de Recherche en Informatique Médicale (CERIM) de l'Université de Lille 2 ; les équipes CLAREE du laboratoire Centre Lillois d'Analyse et de Recherche sur l'Evolution des Entreprises (CLAREE) et l'équipe GERICO du laboratoire Groupe d'Études et de Recherche Interdisciplinaire en Information et Communication (GERICO) de l'Université de Lille

3 et nous-mêmes, l'équipe COOLDEV du Laboratoire du Littoral (LIL) de l'Université du Littoral Côte d'Opale. Ce projet connexe au projet MIAOU en représentait la partie plus pratique.

Parallèlement à ces deux gros projets, nous avons été invités ou avons participé avec plus ou moins d'intensité à des projets connexes mais importants car ils ont renforcé la compréhension des modes de travail de ce qui sera notre prochain domaine de recherche celui des *Technology Enhanced Learning* (TEL) ou en français les *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain* (EIAH. Citons ces projets : le projet **COOLDEV** de Grégory Bourguin, maître de conférences à l'ULCO. De 2004 à fin du projet en 2005, le projet **EICAL** pour *Etudes et Instrumentation dans les Communautés d'Apprentissage en Ligne* sous la responsabilité de Dominique Leclet, HDR, de l'Université de Picardie Jules Verne, projet déposé en 2006. Le Projet **VANUPIETS** pour *Valorisation de NetUnivesité pour des Polycopiés Interactifs dans l'EnseignemenT Supérieur* sous la responsabilité du professeur Philippe Trigano de l'Université Technologique de Compiègne, projet déposé en 2006 et le lancement, en 2006-2007, malheureusement sans suite de **FERNATHI** de la *Fedération des Régions Nord pour l'Apprentissage Humain Numérisé* pour lequel j'avais organisé Les Journées recherches "Fernahti" – 20 et 21 juin 2006 – Calais sur les thèmes *"Traces & Instrumentations d'expérimentations dans un contexte de mobilité"* et *"Modélisation de scénarios pédagogiques dans un contexte de mobilité"*. Les invitations à participer aux dépôts de projets ANR, n'eurent pas de suite : **CREADICO** pour "Communication en réseau et apprentissages distribués : interactions, collectifs, outils" – Edition 2008 et **MODALE** pour Adaptation des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain en 2008 de l'appel à projet ARPEGE : Systèmes Embarqués et Grandes Infrastructures.

Notre participation à ces projets et surtout notre participation à toutes les réunions de travail et séminaires ainsi que la présentation de nos travaux des projets MIAOU et EUCUE ont eu trois impacts forts (hormis diverses publications en conférences reprises dans la liste des publications) :

- Extension de notre contexte de recherche qui devient celui des *Technology Enhanced Learning* (TEL) ou en français les *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain* (EIAH).
- Passage d'une approche de recherche *bottom-up* qui part d'expérimentations de terrain vers la théorie à une approche plus classique de type *top-down* qui part

d'une recherche académique vers la validation de terrain. Ce passage s'accompagnant, pour des raisons économiques mais pas seulement, par une stratégie de publication centrée sur les revues internationales si possible avec *Impact Factor*.

- Et enfin la création d'un réseau de recherche avec des collègues de Lille 1, Lille 3, Valenciennes, Le Mans et Tunis. Et plus largement avec la communauté des EIAH représentée en France par l'Association des Technologies de l'Information pour l'Enseignement et la Formation (ATIEF) dont je suis membre.

5.4.2 De 2007 à aujourd'hui : développement

A partir de là, vers 2007, notre contexte de recherche s'est établi comme étant les EIAH, plus précisément l'ingénierie pédagogique[1]. L'ingénierie pédagogique est un domaine à la confluence de plusieurs autres domaines :

- L'ingénierie cognitive qui sert à identifier et à structurer des connaissances, afin de les expliquer, de les représenter en langage symbolique ou graphique, et finalement faciliter leur usage subséquent par des personnes et des systèmes informatiques.
- Les Sciences de l'éducation pour clarifier, comprendre, utiliser et construire un discours scientifique relativement aux faits éducatifs.
- Les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) lorsqu'il s'agit de définir, développer ou expérimenter des systèmes informatiques, principalement basés Internet, pour supporter et expérimenter les théories pédagogiques.
- Le Génie Logiciel lorsqu'il s'agit de définir, intégrer et expérimenter de nouveaux modèles d'ingénierie logicielle pour réaliser les dispositifs pédagogiques définis dans la partie TIC. Pour notre part, nos modèles d'ingénierie logicielle sont basés sur le Model Driven Architecture (MDA) de l'Object Management Group (OMG)

C'est donc fondamentalement un contexte transdisciplinaire dans le sens où il nécessite, pour le chercheur, des compétences avérées dans chacun des domaines concernés. Ce qui a nécessité un lourd investissement et un travail en réseau. Il en ressort d'être à la pointe dans un domaine essentiel pour l'enseignement supérieur et

[1] Selon Paquette, dans la littérature américaine, cette discipline est connue sous le nom de "*instructional design (ID*)"

prioritaire au niveau de la recherche internationale : la définition, l'implémentation et l'évaluation de dispositifs numériques pour l'enseignement supérieur.

Notre approche est aussi bien **théorique et académique** comme l'attestent nos récentes publications en revues internationales :

- Warin, B., Kolski, C., Sagar, M., 2011, "Framework for the evolution of acquiring knowledge modules to integrate the acquisition of high-level cognitive skills and professional competencies: Principles and case studies", Computers & Education 57 (2011), pp. 1595-1614 - **Impact Factor 2011 : 2,621**
- Drira, R., Warin, B., Laroussi, M, 2011, Contextualization of reusable learning systems: Theorical and pratical analysis, approach and case study, International Journal of Learning Technology 6(4), 2011, pp. 362-383
- Drira R., Laroussi M., Le Pallec X., Warin B., 2012, Contextualizing learning scenarios according to different Learning Management Systems, IEEE Transactions On Learning Technologies, 5(3), 2012, pp. 213-225 - **Impact Factor 2012 : 0,823**
- Warin, Talbi, Kolski, Hoogstöel, (2016), Multi-Role Project (MRP): a new Project-based Learning, Method for STEM, IEEE Transactions on Education, 59(2), p. 137-146 - **Impact Factor 2015 : 0,842**

En complément de nos apports théoriques et académiques nous avons su aussi être **pragmatiques et tournés vers l'innovation et la valorisation** comme l'attestent nos trois récompenses de valorisation (comme déjà précisé plus haut) :

- 2011 : **Lauréat au prix d'Innovation Pédagogique décerné par le Pôle de Recherche et d'Enseignement Supérieur Nord de France**. Avec mes collègues Christophe Kolski et Mouldi Sagar de l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis.
- 2013 **:** Membre de l'équipe du MOOC GdP3 organisé par l'école Centrale Lille sous la direction de Rémi Bachelet et classé **Meilleur MOOC Francophone 2013** délivré par l'organisme spécialiste DigiSchool.
- Juin 2014 : Membre de l'équipe du MOOC GdP3 organisé par l'école Centrale Lille sous la direction de Rémi Bachelet **lauréat lors de la quatrième édition des E-Learning Excellence Awards** organisée par le Groupe Cegos en partenariat

avec le Groupe AEF dans la catégorie "Meilleur dispositif de formation éducation".

Notre démarche de recherche est donc non seulement transdisciplinaire mais aussi complète. Elle lie intimement la théorie et la pratique comme le préconise l'*Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), organisation de référence dans notre domaine de recherche [Boyer, 1997] et [Froyd, 2013].

5.5 Encadrements de thèses

- **Firas ABDALLAH**, Méta-modélisation pour décrire et instrumenter une situation d'apprentissage de Pédagogie par Projet Collectif, Direction : Prof. Henri Basson (ULCO) puis Dominique Py (Université du Mans). Co-encadrants : Claudine Toffolon, Bruno Warin. Soutenue le 7 janvier 2009.

D'un point de vue pratique, j'ai encadré la thèse de Firas ABDALLAH à 50% avec Claudine Toffolon. Nous avons eu toutes latitudes concernant l'encadrement que nous avons donc effectué en totale autonomie. Monsieur ABDALLAH à la suite de sa thèse a enseigné à l'Institut Universitaire de technologie du Liban. Malgré la lourde charge d'enseignement (plus de 20h/sem), je l'ai accompagné dans la réalisation de la publication en revue : Abdallah, F., 2014. *Proposing a Framework for Choice Assistance of a Technology Enhanced Learning System Dedicated to Project-Based Collaborative Learning*, International Arab Journal of E-Technology, 3(3). Revue référencée dans la base de données DBLP (base de référence en informatique).

- **Omar TALBI**, Conception de dispositifs pédagogiques basée sur approche d'ingénierie dirigée par les modèles (IDM), Thèse de doctorat en cours, début en fin 2010 -Soutenance prévue en 2016.

D'un point de vue pratique, Omar TALBI est en co-tutelle. J'en assure l'encadrement à 90%. Christophe Kolski, Professeur à l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis m'aide dans cette tâche à 10%. Un des critères de cette thèse en co-tutelle est de publier dans une revue internationale avec *Impact Factor* (critère exigé par l'Université de Tlemcen pour une autorisation de soutenance côté Algérie). Un tel article a été entièrement rédigé et soumis mais la revue ne l'a pas reviewée car elle estimait que la problématique traitée était trop large et menée à un article de 16 000 mots trop éloigné des 6 000 mots de moyenne de cette revue. La revue nous a conseillé de scinder l'article en deux articles avec chacun une

problématique plus ciblée. Nous suivons leur conseil. Le contenu de l'article a été scindé en deux. La première partie a été acceptée par la revue *IEEE Transaction on Education*. La seconde partie est en cours de finalisation.

5.6 Encadrements de masters

- **Ahmed ZIANI**, 2003, *Application de la théorie de l'activité au développement collaboratif,* Etude bibliographie en DEA MOdélisation des Systèmes Complexes, Université du Littoral Côte d'Opale, Calais, France.
- **Mohammad AL HAJJ HASSAN**, 2004, *Implémentation d'un modeleur graphique pour le développement collaboratif de logiciel,* Stage de fin d'étude en DEA MOdélisation des Systèmes Complexes, Université du Littoral Côte d'Opale, Calais, France. Resp sc. Prof. Henri Basson, Co-encadrants : Bénédicte Talon, Claudine Toffolon.

  D'un point de vue pratique, nous formions une équipe, mais chacun de nous, Madame Talon et Mme Toffolon avait un encadrement de master personnel.
- **Mourad MAAMERI**, 2005, *Etude de plateformes d'Environnement Informatique appliquée à l'apprentissage humain (EIAH) : application possible eu génie logiciel,* Stage d'étude bibliographique en DEA MOdélisation des Systèmes Complexes, Université du Littoral Côte d'Opale, Calais, France.
- **Abdelmalek MEDJBER**, 2006, Le génie logiciel support à la conception et à l'instrumentation des scénarios pédagogiques, Stage de fin d'étude en DEA MOdélisation des Systèmes Complexes, Université du Littoral Côte d'Opale, Calais, France. Resp sc. Prof. Henri Basson.

5.7 Relecteur pour des conférences et journaux

- ECEL – European Conference on E-Learning (depuis 2005)
- IADIS – Conference de l'International Association for development of the Information Society (2005-2010)
- Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain – Conférence EIAH 2015 – Membre du comité scientifique du Workshop
- Computers & Education, Elsevier Amsterdam - Revue Internationale (depuis 2013 - Impact Factor 2015 : 2,556)
- Cognition, Technology & Work, Springer London – Revue Internationale (depuis 2015 – Impact Factor 2015 : 1.308)

6. Travaux de valorisation (synthèse)

L'aspect valorisation pratique a été un point important que j'ai réussi à faire aboutir plusieurs fois. Notamment :

- 1992-1997 : **Transfert de technologie vers l'industrie** : conception de BW-TARIF, logiciel de tarification comparative de tarifs d'assurances : produit leader sur le marché, a donné des dérivés non comparatifs auprès de 6 compagnies d'assurances, a abouti à la création d'une Société Anonyme (Casa - Leader Informatique).

- 2002 : **Publication du livre** L'algorithmique : votre passeport informatique pour la programmation, Edition Ellipses, ISBN 2-7298-1140-0, 327 pages.

- 2002 : à ce jour : **Création de la méthode pédagogique** de développement de projets étudiants : Multi-Rôles Project (anciennement Mepulco-Université). Voir le site du groupe Mepulco : http://mepulco.net

- 2006-2008 : **Expert projet pédagogique** en Projet Système d'Information à l'école d'ingénieurs Polytech Lille de l'Université des Sciences et Techniques de Lille

- 2011 : **Lauréat au prix d'Innovation Pédagogique décerné par le Pôle de Recherche et d'Enseignement Supérieu**r. Avec mes collègues Christophe Kolski et Mouldi Sagar de l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis

- 2013-2014 : **Membre de l'équipe** de conception et d'encadrement du Massive Open Online Course (MOOC) "ABC de la gestion de projet", **premier MOOC certifiant de France,** à l'école d'Ingénieurs Centrale Lille sous la direction de Rémi

Bachelet. Session de février 2013 (3500 inscrits) – Session septembre 2013 (10 500 inscrits) –Session mars 2014 (12 000 inscrits) - Septembre 2014 (19 000 inscrits)

- 2013 **:** Membre de l'équipe du MOOC GdP3 organisé par l'école Centrale Lille sous la direction de Rémi Bachelet et classé **Meilleur MOOC Francophone 2013** délivré par l'organisme spécialiste DigiSchool.

- Juin 2014 : Membre de l'équipe du MOOC "ABC de la gestion de projet", session 3 **(**GdP3), organisé par l'école Centrale Lille sous la direction de Rémi Bachelet **lauréat de la quatrième édition des E-Learning Excellence Awards organisée par le Groupe Cegos en partenariat avec le Groupe AEF** dans la catégorie "*Meilleur dispositif de formation EDUCATION*".

7. Liste des publications

7.1 Revues avec comité de lecture (6)

- Bossut, F., Warin, B., 1991, On a code Problem concerning directed acyclic graphs. Vol. 25, No 3, 1991, pp. 205 à 218, RAIRO Theorical Informatics and Applications - **Impact Factor 1992 : 0,267**
- Bossut, F., Dauchet, M., Warin, B., 1995, A Kleene theorem for a class of planar acyclics graphs, vol. 117, No 2, 1995, pp. 251-265, Information and Computation - **Impact Factor 1995 : 0,516**
- Talon, B., Toffolon, C., Warin, B., 2005, Projet en milieu universitaire : vers une gestion collaborative assistée par le Web, Revue Internationale de Pédagogie Universitaire, vol. 2, n° 2, pp. 28-33, 2005, ISSN 1708-7570
- Warin, B., Kolski, C., Sagar, M., 2011, "Framework for the evolution of acquiring knowledge modules to integrate the acquisition of high-level cognitive skills and professional competencies: Principles and case studies", Computers & Education 57 (2011), pp. 1595-1614 - **Impact Factor 2011 : 2,621**
- Drira, R., Warin, B., Laroussi, M, 2011, Contextualization of reusable learning systems: Theorical and pratical analysis, approach and case study, International Journal of Learning Technology 6(4), 2011, pp. 362-383
- Drira, R., Laroussi, M., Le Pallec, X., Warin, B., 2012, Contextualizing learning scenarios according to different Learning Management Systems, IEEE Transactions On Learning Technologies, 5(3), 2012, pp. 213-225 - **Impact Factor 2012 : 0,823**
- Warin, B., Talbi, O., Kolski, C., Hoogstoel, F., 2016, Multi-Role Project (MRP): a new project-based learning method for STEM, IEEE Transactions On Education, 59(2), p. 137-146 – **Impact Factor 2016 : 0,842**

7.2 Ouvrage (1)

- Warin, B., 2002, *L'algorithmique : votre passeport informatique pour la programmation,* Edition Ellipses, ISBN 2-7298-1140-0, 327 pages.

7.3 Conférences avec comité de lecture (14)

- Bossut, F., Dauchet, M., Warin, B., *1988, Automata and rational expressions on planar graphs,* Lecture Notes in Computer Science, 13ème colloque Mathematical Foundations

of Computer Science, pp. 190-200, ISBN 3-540-50110-X, Karlovy Vary, Tchécoslovaquie.

- Bossut, F., Dauchet, M., Warin, B., 1990, *A Kleene Theorem and the code problem for Planar Directed Ordered Acyclic Graphs,* Journées Montoises, Université de Mons-Hainaut, Belgique, 10-12 septembre 1990.
- Bossut, F., Warin, B.,1992, *Automata and pattern matching in planar directed acyclic graphs,* Lecture Notes in Computer Science, 1er Latin American Symposium on Theorical Informatics, pp. 76-86, ISBN 3-540-55284-7, Sao-Paulo, Brésil.
- Talon, B., Toffolon, C., Warin, B., 2004, *From Classroom to E-learning Teaching: A European Partnership Experiment,* European Conference on E-Learning (ECEL 04), 25-26 nov. *2004*, Paris, France.
- Talon, B., Toffolon, C., Warin, B., 2007, *Accompagner les projets informatiques en milieu universitaire - Présentation d'une méthodologie d'encadrement assistée par le Web,* pp. 439-446, ISBN 978-2-8746-3043-9, 4ème colloque Questions de pédagogies dans l'enseignement supérieur, 23 au 26 janvier *2007*, Louvain, Belgique
- Caron, P.A., Derycke, A., Hoogstoel, F., Le Pallec, X., Warin, B., 2007, *Scénarios et dispositifs de formations spécialisés : application de la démarche d'ingénierie BRICOLE pour une instanciation sur MOODLE,* Colloque international Scénario *2007*, 14 et 15 mai 2007, Montréal, Canada.
- Caron, P.A., Warin, B., Hoogstoel, F., Le Pallec, X., 2007, *Instrumentation de l'apprentissage en ligne par l'échange pour le suivi de projets étudiants,* Colloque Echanger Pour Apprendre en Ligne, 7, 8 et 9 juin *2007*, Grenoble.
- Caron, P.A., Hoogstoel, F., Le Pallec, X., Warin, B., *2007*, *Construire des dispositifs sur la plateforme Moodle - application de l'ingénierie Bricoles,* MoodleMoot-2007, 14 et 15 juin 2007, Castres, France.
- Abdallah, F., Toffolon, C., Warin, B., *2007*, *Assistance to project-based learning support: from learning models to platforms,* IADIS-2007, 6 au 8 juillet 2007, Lisbonne, Portugal.
- Sagar, M., Kolski, C., Talon, B., Warin, B. 2007. Vers de nouvelles approches pédagogiques pour la formation des concepteurs de systèmes interactifs. *Workshop International : Logistique & Transport LT2007*, Sousse, Tunisie, novembre 2007.
- Caron, P.A., Hoogstoel, F., Warin, B., 2008, Développement de web services pour l'instrumentation automatisée de Moodle. Application à un dispositif de suivi de projet pédagogique, MoodleMoot-2008, 28 et 30 mai 2008, Nantes, France.
- Abdallah, F., Toffolon, C., Warin, B., 2008, Models transformation to implement a Project-Based Collaborative Learning (PBCL) scenario: Moodle case study, 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies - ICALT-2008, July 1st to 5th 2008, Santander, Spain.

- D'Halluin, C., Hoogstoel, F., Warin, B., 2008, Mise en œuvre d'une pédagogie par projet en école d'ingénieur, TICE 2008, 27 au 29 octobre 2008, Paris, France.
- Talbi, O., Warin, B., Kolski, C., 2013,Towards A Support System For Course Design, 5th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU), 6-8 may 2013, Aachen, Germany, p 449-454.

7.4 Publications Internes, Posters ou sans comité de lecture (11)

- Bossut, F., Warin, B., 1987, *Problème de décision sur des dags,* Publication Interne numéro 107 du Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille (LIFL) de l'Université des Sciences et Technologie de Lille.
- Bossut, F., Dauchet, M., Warin, B., 1987, *Rationality and recognizability on planar acyclic graphs,* Publication Interne numéro 108 du Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille (LIFL) de l'Université des Sciences et Technologie de Lille.
- Bossut, F., Warin, B., *Images par Morphismes et Morphismes Inverses d'ensembles de pdags définissables par automate,* Publication Interne numéro148 du Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille (LIFL) e l'Université des Sciences et Technologie de Lille.
- Bossut, F., Warin, B., 1991, *Automata and Pattern Matching in Planar Direcetd Acyclic Graphs,* Publication Interne numéro 206 du Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille (LIFL) de l'Université des Sciences et Technologie de Lille.
- Fernandez, M, Mesnil, C., Talon, B., Toffolon, C., Warin, B., 2001, *Kit de projet (à l'attention des étudiants), 2001-2006,* Rapport interne de l'IUT Informatique Calais-Boulogne, Université du Littoral Côte d'Opale, 22 pages.
- Leblond, M., Talon, B., Toffolon, C., Warin, B., 2001, *Guide d'assistance à l'encadrement d'études de synthèse (à l'usage des tuteurs),* 2001-2006, Rapport interne de l'IUT, 20 pages.
- Leclet, D., Quénu-Joiron, C., Talon, B., C., Warin, B., 2006, *Instrumentation et expérimentation d'une méthode d'apprentissage en ligne de la conduite de projet,* Poster à 1ère Journée Communication et Apprentissage Instrumentées en Réseau, 6 et 7 juillet 2006, Amiens, France.
- Warin, B., 2006, *Projet Vanupiets : rapport test/évaluation de NetUniversité V 3.0 et de son aide en ligne,* 44 pages, Proposition de livrable au Projet *Vanupiets* de l'Université de Technologie de Compiègne, France.
- Warin, B., Hoogstoel, F., 2007 et 2008, *Kit étudiant (à l'attention des étudiants) : description de la méthode Mepulco-Université appliquée aux projets SI GIS2 Polytech'Lille, Le Projet SERPE-07,* 28 pages, janvier 2007 et 2008.

- Caron, P.A., Hoogstoel, F., Le Pallec, X., Warin, B., 2007, *Le projet Metawep : ingénierie dirigée par les modèles de dispositifs web supports pour l'apprentissage par projet,* Poster à EIAH-2007, 24 et 27 juin 2007, Lausanne, Suisse.
- Warin, B., 2008, Accompagner les projets tutorés à l'Université, Journées Vivaldi de l'Université Numérique en Région, 2-4 avril 2008, Lille, France.

7.5 Séminaires et autres communications (8)

- Talon, B., Toffolon, C., Warin, B., 2004, *Sa.So, Mepulco, CoolDev - Pour la définition d'une collaboration de recherche,* Groupe Mepulco-Mutice, Amiens, le 14 décembre 2004.
- Talon, B., Toffolon, C., Warin, B., 2004, *Bilan rapprochement Groupe Mepulco- Projet Cooldev,* Groupe Mepulco, Calais, le 27 janvier 2004.
- Talon, B., Toffolon, C., Warin, B., 2005, *Tâches, Activités, Scénario,* Projet régional MIAOU, Lille, le 3 mai 2005.
- Talon, B., Toffolon, C., Warin, B., 2006, *Gestion collaborative de projets étudiants à l'Université,* Projet régional EUCUE, Lille, le 7 février 2006.
- Warin, B., 2006, *Mepulco-Université, une méthodologie d'encadrement des projets universitaires,* Groupe de Réflexion sur la Pédagogie en Réseau de L'ULCO, Calais, le 14 novembre 20063
- Caron, P.A., Warin, B., Hoogstoel, F., Le Pallec, X., 2006, Le projet Metawep : METAmodeling to build Web Environment to support learning by project, Journée Fernahti, Amiens, le 15 décembre 2006.
- Warin, B., *Dispositif de formation sous Moodle : Pédagogie par projets en école d'ingénieurs - PolyTech'Lille,* Groupe de Réflexion en Pédagogie en Réseau (GRPR) de l'Université du Littoral Côte d'Opale, 22 janvier 2008, Calais, France.
- Warin, B., *La plateforme E-learning Moodle,* Groupe de Réflexion sur la Pédagogie en Réseau (GRPR) de l'Université du Littoral Côte d'Opale, 27 janvier 2009, Calais, France.

7.6 Thèse (1)

- Warin, B., 1986, *Rationalité et reconnaissabilité dans des graphes,* Thèse de doctorat en informatique de l'Université des Sciences et Techniques de l'Université de Lille Flandres Artois, France, 297 pages.

Partie 2

Ingénierie pédagogique des systèmes d'enseignement supérieur

TABLE DES MATIÈRES

0. INTRODUCTION GÉNÉRALE 50

0.1 LE CHOIX DU DOMAINE DE RECHERCHE 51
0.2 PLAN DE CETTE PARTIE 52

1. ÉTAT DE L'ART 54

1.1 INTRODUCTION 55
1.2 L'INSTRUCTIONAL DESIGN 57
1.2.1 Introduction 57
1.2.2 Les modèles de l'ID 60
1.3 LES ENVIRONNEMENTS INFORMATIQUES POUR L'APPRENTISSAGE HUMAIN (EIAH) 63
1.4 LES COURANTS PSYCHO-PEDAGOGIQUES 68
1.4.1 L'approche behaviouriste 68
1.4.2 Approche cognitiviste 70
1.4.3 Approche constructiviste 70
1.4.4 Approche socio-constructiviste 71
1.5 QUELQUES DIFFICULTES PEDAGOGIQUES 72
1.6 LA PEDAGOGIE ACTIVE 73
1.6.1 Perspectives historiques 74
1.6.2 Qu'est-ce que la pédagogie active ? 75
1.7 LA PEDAGOGIE PAR PROJET 76
1.7.1 Les premières pédagogies par projet 76
1.7.2 Evolution de la gestion de projet 78
1.7.3. Les formations à la gestion de projets 80
1.8 L'APPRENTISSAGE COLLABORATIF ASSISTE PAR ORDINATEUR 81
1.9 L'INGENIERIE DIRIGEE PAR LES MODELES 82
1.10 CONCLUSION SUR L'ETAT DE L'ART 87

2. CONTRIBUTIONS À L'INGÉNIERIE PÉDAGOGIQUE DES SYSTÈMES D'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR 89

2.1 MODÉLISATION DES INTERACTIONS D'ENSEIGNEMENT 91
2.1.1 Proposition d'un cadre d'évolution des enseignements 91
Sept principes fondateurs 92
2.1.2 Évaluation 96
2.1.3 Professionnalisation des étudiants 96
2.1.4 Utilisation des TIC 98
2.1.5 Métiers d'enseignants et connaissances dispensées 99
2.1.6 Interactions étudiants et acquis pédagogiques 101
2.1.7 Conclusion sur la modélisation des interactions d'enseignement 102
2.2 MULTI-RÔLES PROJECT (MRP) : UNE NOUVELLE METHODE DE PEDAGOGIE PAR PROJET 104
2.2.1 Motivations 105
2.2.2 Difficultés pédagogiques 105
2.2.3 Méta-principe et Principes 106
2.2.4 Application 111
2.2.5 Synthèse des résultats sur le cas d'application 114
2.2.6 Conclusion 118
2.3 OUTILS DE META-MODELISATION POUR LES *LEARNING MANAGEMENT SYSTEM* 118
2.3.1 Dans le cadre de la thèse Firas Abdallah 118
2.3.2 Dans le cadre de la thèse de Rim Drira 121
2.3.3 Conclusions sur les outils de méta-modélisation pour les LMS 128
2.4 VERS UNE ASSISTANCE A LA CONCEPTION D'ENSEIGNEMENT 129

2.4.1 Etat des lieux de facteurs d'évolution pesant sur l'enseignement supérieur 129
2.4.2 Teaching Content Management System (TCMS)..... 131
2.4.3 Conclusions sur l'assistance à la conception d'enseignement..... 133
2.5 CONCLUSIONS SUR MES CONTRIBUTIONS 134

3. PROJET DE RECHERCHE 136

3.1 INTRODUCTION..... 137
3.2 PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LA SCENARISATION DE METHODES PEDAGOGIQUES 138
3.2.1 Développement de la méthode MRP..... 139
3.2.2 Conception collaborative d'étude de cas 143
3.2.3 Régulation du travail collectif 144
3.2.4 Gamification..... 145
3.3 PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LES MOOC 146
3.3.1 Ingénierie pédagogique 146
3.3.2 Évaluation des étudiants..... 148
3.4 CONCLUSIONS SUR LE PROJET DE RECHERCHE ET L'HDR 151

4. BIBLIOGRAPHIE 153

0. INTRODUCTION GÉNÉRALE

0.1 Le choix du domaine de recherche

Ma formation en informatique théorique m'a permis d'acquérir cette rigueur propre aux sciences exactes et qui s'est concrétisée par l'obtention d'un doctorat en 1986 et par la publication de deux articles de recherche de haut niveau avec *Impact Factor* [Bossut, Warin, 1991] [Bossut, Dauchet, Warin, 1995].

Je me suis alors posé la question d'utiliser ces acquis, notamment en capacité d'abstraction et en rigueur, dans des projets plus concrets qui pourraient servir à mes étudiants à mieux apprendre et moi à améliorer le monde universitaire.

Je me suis lancé alors dans la création d'une entreprise. La vie de cette entreprise était basée sur le développement d'un système expert de tarification comparative d'assurances toutes branches [Warin, 1992-1998]. Le succès commercial fit qu'il fut pionnier et leader sur son marché durant toute sa commercialisation. Le succès technique a, outre sur la maîtrise des technologies d'alors, reposé sur le développement d'un système de formes normales inspirés de mes travaux de recherche de thèse qui s'appuyait sur des formes normales de PDAG.

Les acquis sur les plans techniques, management, commercial, juridiques, etc., furent importants. Le défaut, outre l'énormité de travail à assurer deux métiers, l'un d'enseignant-chercheur et l'autre d'ingénieur, c'est que c'est le client, ou plus précisément le marché, qui influe sur vos choix de recherche. Ce qui m'a conduit à céder mes parts.

Il s'est alors posé de nouveau la question inverse de la première qui est maintenant d'utiliser au sein de l'université les compétences entrepreneuriales acquises. Je me suis lancé alors dans l'approfondissement de mon métier, ou plutôt ma fonction puisque dans l'enseignement supérieur aucun diplôme, ni certification, dans le domaine de la pédagogie ou des sciences de l'éducation ne sont exigés. La rédaction de mon livre [Warin, 2002] peut faire partie de cette démarche dans le sens où elle représente une modélisation scientifique et pédagogique de l'algorithmique. Bien que la forme de ce travail soit littéraire, je l'ai rédigé comme on rédige une théorie mathématique : rigoureux et construit. Faute d'opportunités et de soutien, ce travail s'est arrêté, pour l'instant, sans donner de résultats de recherche académique.

Ensuite, presque par hasard, je me suis attaqué avec deux autres collègues, Bénédicte TALON et Claudine TOFFOLON, à l'assistance de la pédagogie universitaire

par les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC). Au départ, il s'agissait de définir et d'outiller une méthode d'encadrement des projets tuteurés. Au fil des avancées de mes travaux, il est apparu que cette thématique faisait partie d'un ensemble indissociable très complexe et très vaste :

- La didactique, c'est-à-dire l'étude des questions de pédagogies relativement à une discipline donnée y compris la connaissance et la structuration des connaissances de cette discipline.
- La pédagogie, c'est-à-dire toute intention de mise en forme destinée à faciliter l'apprentissage et d'une manière générale toutes interactions entre l'apprenant et tout dispositif humain, informatique ou matériel, qui aide à développer les apprentissages.
- Les environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH), ou Technology Enhanced Learning (TEL) en anglais, qui est la construction d'artefact informatique conçu dans le but de favoriser l'apprentissage humain.
- L'ingénierie pédagogique qui est la définition et la mise en pratique de *méthodes soutenant l'analyse, la conception, la réalisation et la planification (...) des systèmes d'apprentissage, intégrant les concepts, les processus et les principes du design pédagogique, du génie logiciel et de l'ingénierie cognitive* [Paquette, 205, p. 106]. Les anglais appellent cela l'Instructional Design. Je l'appellerais volontiers le "Génie logiciel de la pédagogie" si l'expression Génie logiciel avait une définition stable.
- Les systèmes éducatifs et plus particulièrement le système éducatif de l'enseignement supérieur.

0.2 Plan de cette partie

Le reste de cette deuxième partie est conçu comme suit. Un premier chapitre dresse un état de l'art des notions et concepts nécessaires aux contributions qui suivent. Un deuxième chapitre présente une synthèse de quatre contributions publiées récemment. Les deux premières contributions concernent la modélisation des interactions d'enseignement dans des enseignements universitaires. La troisième contribution est plus technique, elle s'attache à la paramétrisation et la contextualisation des scénarios pédagogiques dans des *Learning Management Systems* (LMS). La quatrième

contribution présente une analyse des besoins en vue du développement d'un système interactif d'assistance à la gestion des enseignements (Teachning Content Management System – TCMS -). Le dernier chapitre est dédié à mon projet de recherche à la suite de mon habilitation.

1. ÉTAT DE L'ART

1.1 Introduction

Historiquement le domaine de l'enseignement a toujours été un domaine extrêmement important. Cependant, quelle que soit l'époque considérée, son évolution a toujours été encadrée par les systèmes qu'il était censé aider : politiques, économiques, sociétaux et religieux notamment [SEP, 2013].

La première ouverture décisive vient du siècle des Lumières et du libéralisme économique qui contribuèrent à l'ouverture des esprits et à l'évolution du rapport entre la société, le savoir et l'éducation. Ensuite l'évolution de la masse et de l'importance des connaissances dans tous les domaines contribua à poser la question de la manière d'apprendre. Mais ce n'est que vers le début de 20ème siècle que la question de la pédagogie apparut scientifiquement.

Cependant faute de moyens de mise en œuvre, la question de la pédagogie, malgré des avancées majeures (Dewey, Freinet, Meirieu, Montessori, …), resta cantonnée à une audience restreinte. Depuis une trentaine d'années et l'arrivée d'Internet et des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC), un changement de dimension dans l'audience s'est produit. Ce phénomène touche bien entendu tous les niveaux d'enseignement-apprentissage, mais dans nos travaux nous nous sommes intéressés à l'enseignement supérieur.

Ainsi nos travaux s'inscrivent dans le domaine de l'ingénierie pédagogique des systèmes d'enseignement supérieur qui s'appuient sur les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC). Ils concernent l'analyse, la conception, la mise en œuvre, l'exécution et l'évaluation de dispositifs pédagogiques incluant les TIC. Plus précisément nous nous sommes attachés à analyser et à proposer tout ou partie de dispositifs pédagogiques en se focalisant sur les activités des deux parties au cœur du système : les enseignants et les apprenants.

Les travaux que je présente ici ont pour origine l'apparition et le développement constant et invasif des Technologies de l'Information et de la Communication dans toutes les sphères de la société. Confronté comme l'ensemble de mes collègues à ce phénomène, il s'agissait à l'origine d'analyser comment les TIC pouvaient interagir avec nos pratiques réelles d'enseignant-chercheur à l'Université et comment développer des

dispositifs informatiques pédagogiques pour les supporter. L'approche que nous avons eue s'est faite d'une manière ascendante en analysant notre pratique d'enseignant-chercheur.

Ce n'est que dans un second temps que nous avons eu une approche plus globale. Nous nous sommes intéressés à : la conceptualisation, l'étude théorique et la recherche sur l'analyse, la conception, la mise en œuvre, l'exécution et l'évaluation de dispositifs pédagogiques incluant les TIC pour l'enseignement supérieur.

De nos jours, l'enseignement supérieur est souvent confondu avec le fonctionnement des universités. Cela n'a pas toujours été et n'est pas immuable. Si la première université est celle de Constantinople et date de 425 [Morrisson, 2012], l'origine de nos universités date du XI^{ème} siècle avec la création en 1088 de l'université de Bologne suivie en 1150 de celle de Paris. Les universités se présentaient alors comme une association, de type corporatiste, de maîtres et d'étudiants réunis pour traiter de la connaissance.

Les missions des universités reposaient sur la production (1 - recherche), la conservation (2 - publications et bibliothèques) et la transmission des connaissances (3 - enseignement supérieur). Les établissements qui n'incluaient pas la fonction "production" étaient considérés comme des écoles. On trouvera dans [Charle, Verger, 2007] des précisions sur leurs historiques et leurs évolutions. Ce modèle assez pur, en trois parties, a perduré jusqu'à récemment.

Avec l'évolution des sociétés, la massification de l'enseignement supérieur, et la généralisation des TIC, la situation est en train de changer complétement. Dans son schéma de fonctionnement actuel plusieurs questions essentielles se posent. Quelle recherche l'université peut-elle assurer vis-à-vis d'autres grandes organisations qu'elles soient industrielles, politiques ou confessionelles ? Dans quelle mesure l'université est-elle garante de la conservation et de la diffusion des connaissances ? Dans quelle mesure l'enseignement supérieur peut-il s'affranchir de l'université ? Nos travaux ne concernent pas les deux premières questions. Nos travaux se focalisent sur l'ingénierie pédagogique des systèmes d'enseignement supérieur.

A ce stade de notre exposé se pose un problème de présentation. En effet, nous soutenons que l'ingénierie pédagogique des systèmes d'enseignement supérieur est

complexe au sens d'Edgar Morin [Morin, Lemoigne, 1999]. Couramment traduit par l'assertion que *"le tout n'est pas égal à la somme des parties"*. Dans le cas de nos travaux, cette complexité peut être approchée sur une structure multi-échelle [Rim, 2010] du système qui va des politiques éducatives d'un pays, au niveau macro, à l'interaction en salle de classe, au niveau micro, en passant par plusieurs échelles méso qui comprennent la politique de l'université, de l'école, du département, etc., et incluant les compétences et croyances des enseignants.

Dans ce contexte, nous avons choisi de focaliser nos recherches sur les deux parties au cœur du système : les enseignants et les apprenants comme nous l'avons déjà introduit précédemment. Dans ce chapitre, nous aborderons donc une approche ascendante, c'est-à-dire en dressant un état de l'art qui s'intéresse aux différents niveaux micro et méso de notre système.

Cependant dans la partie *2.3 Vers une assistance à la conception d'enseignement*, nous proposerons une étude descendante pour poser la problématique de l'assistance de la conception d'enseignements dans l'enseignement supérieur

1.2 L'Instructional Design

Dans cette section, nous nous attachons à montrer le contexte général, la philosophie et les principaux modèles de base de l'ID. Nous ne viserons pas l'exhaustivité, le but étant de donner un contexte général aux travaux et résultats que nous présenterons dans la suite de ce mémoire. Le lecteur pourra se référer à [Donclark, http], [Gustafson, Branch, 2002] pour plus de détails sur l'ID.

1.2.1 Introduction

L'origine de l'Instructional Design (ID) en revient à John Dewey qui au début du XX^{ème} siècle réclamait le développement d'une discipline qui permettrait d'intégrer les résultats des théories de l'apprentissage dans les pratiques éducatives [Paquette, 2003].

Les premiers travaux furent menés durant la seconde guerre mondiale par des éducateurs et des psychologues pour le compte de l'armée américaine. Il s'agissait d'intégrer dans les formations des tests de compétences intellectuelles, psychomotrices et de perception afin de diriger les apprenants vers les bonnes formations [Reiser, 2001] ou de créer des procédures de formation des soldats à bien utiliser les nouveaux modèles d'armements comme des nouveaux modèles de canons par exemple.

L'ID fut aussi appliquée pour résoudre des problèmes dans l'industrie. Le programme *Training Within Industry* (TWI) a été créé et maintenu de 1940 à 1945 par le département de la guerre aux Etats-Unis. Il s'agissait de développer et organiser des formations très pratiques pour résoudre des problèmes spécifiques de production dans les usines [Dooley, 1946] [Huntzinger, 2006] [Robinson & Schroeder, 1993]. Les formations étaient intégrées par la direction comme faisant partie de la production et s'appuyaient sur une méthode pratique basée sur la méthode développée par C.R. Allen durant la première guerre mondiale et qui se déclinait en sept points :

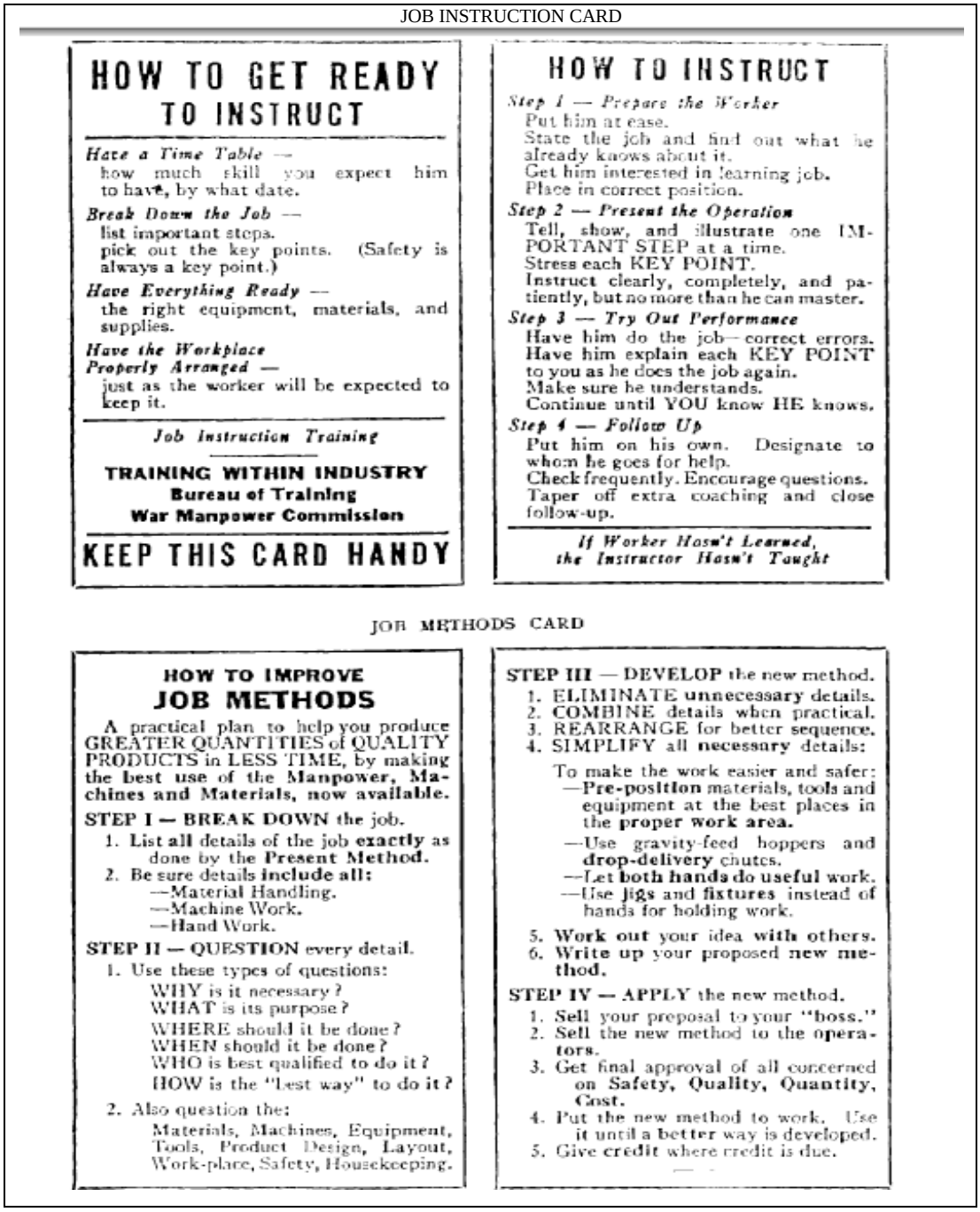
1) Montrer ce qu'il faut faire.
2) Expliquer les points clés.
3) Remontrer à nouveau.
4) Laisser faire sur les parties simples du travail.
5) Faites faire le travail entier mais aidez-le.
6) Laissez-lui faire le travail dans sa totalité mais surveillez-le.
7) Laissez-lui prendre ses responsabilités.

Les méthodes développées donnèrent lieu à 1 750 650 certifications et furent adaptées à diverses domaines et diffusées dans le monde entier. Ces méthodes basées sur le *learning by doing* étaient très pratiques et se faisaient en situation de travail. Leurs applications sur le lieu de travail étaient encadrées par des formateurs qui eux-mêmes étaient formés à l'aide de 4 autres méthodes. Les cartes de travail reprises à la figure 3 illustrent deux de ces quatre méthodes.

À partir des années 1950, des projets et des recherches se sont développés parfois indépendamment les uns des autres. Plusieurs appellations furent utilisées témoignant de la diversité des travaux : ISD pour *Instructional System Design*, SAT pour *Systems Approach to Training* ou encore ADDIE pour *Analysis, Design, Implementation and Evaluation* [Donclark, http]. Au milieu des années 1970 le modèle ADDIE, dont [Molenda, 2003] montra qu'il était le fruit d'un consensus et non la création d'un chercheur ou d'un organisme particulier, devint le modèle de référence.

L'ID va ainsi réellement devenir une discipline qui va se développer en adoptant une approche rationnelle comme le montrera l'étude des différents modèles d'Instructional Design présentés au paragraphe suivant. Dans cette approche les modèles développés sont centrés sur les livrables à produire pour réaliser la formation. Le

problème de l'évaluation des apprentissages est aussi présent mais manque d'outils de mesure pour diriger réellement les processus de conception des formations.


JOB INSTRUCTION CARD

HOW TO GET READY TO INSTRUCT

Have a Time Table —
how much skill you expect him to have, by what date.

Break Down the Job —
list important steps.
pick out the key points. (Safety is always a key point.)

Have Everything Ready —
the right equipment, materials, and supplies.

Have the Workplace Properly Arranged —
just as the worker will be expected to keep it.

Job Instruction Training

TRAINING WITHIN INDUSTRY
Bureau of Training
War Manpower Commission

KEEP THIS CARD HANDY

HOW TO INSTRUCT

Step 1 — Prepare the Worker
Put him at ease.
State the job and find out what he already knows about it.
Get him interested in learning job.
Place in correct position.

Step 2 — Present the Operation
Tell, show, and illustrate one IMPORTANT STEP at a time.
Stress each KEY POINT.
Instruct clearly, completely, and patiently, but no more than he can master.

Step 3 — Try Out Performance
Have him do the job—correct errors.
Have him explain each KEY POINT to you as he does the job again.
Make sure he understands.
Continue until YOU know HE knows.

Step 4 — Follow Up
Put him on his own. Designate to whom he goes for help.
Check frequently. Encourage questions.
Taper off extra coaching and close follow-up.

If Worker Hasn't Learned, the Instructor Hasn't Taught

JOB METHODS CARD

HOW TO IMPROVE
JOB METHODS

A practical plan to help you produce GREATER QUANTITIES of QUALITY PRODUCTS in LESS TIME, by making the best use of the Manpower, Machines and Materials, now available.

STEP I — BREAK DOWN the job.
1. List all details of the job **exactly** as done by the **Present Method.**
2. Be sure details **include all:**
   —Material Handling.
   —Machine Work.
   —Hand Work.

STEP II — QUESTION every detail.
1. Use these types of questions:
   WHY is it necessary?
   WHAT is its purpose?
   WHERE should it be done?
   WHEN should it be done?
   WHO is best qualified to do it?
   HOW is the "best way" to do it?
2. Also question the:
   Materials, Machines, Equipment, Tools, Product Design, Layout, Work-place, Safety, Housekeeping.

STEP III — DEVELOP the new method.
1. ELIMINATE **unnecessary** details.
2. COMBINE details when practical.
3. REARRANGE for better sequence.
4. SIMPLIFY all **necessary** details:
   To make the work easier and safer:
   —**Pre-position** materials, tools and equipment at the best places in the **proper work area.**
   —Use gravity-feed hoppers and **drop-delivery** chutes.
   —Let **both hands do useful** work.
   —Use **jigs** and **fixtures** instead of hands for holding work.
5. **Work out** your idea **with** others.
6. **Write up** your proposed **new method.**

STEP IV — APPLY the new method.
1. **Sell** your proposal to your "**boss.**"
2. **Sell** the new method to the **operators.**
3. Get final approval of all concerned **on Safety, Quality, Quantity, Cost.**
4. Put the new method to work. Use it until a **better** way is developed.
5. Give **credit** where credit is due.

Figure 3 – Cartes utilisées dans le programme TWI [Dooley, 1946]

Pour [Smith, Raglan, 1999], l'ID se réfère aux processus systématiques de transformation de principes d'apprentissage et d'enseignement en plans pour produire du matériel, des activités, des ressources et des évaluations pédagogiques. [Ab Maleh *et al.*, 2004] définit l'ID comme la science de la création de spécifications détaillées pour le développement, l'évaluation et la maintenance de situations qui facilitent l'apprentissage

de petite ou grande unité d'apprentissage. Selon [Gustafson, Branch, 2002], l'ID est un système de procédures pour développer des programmes d'enseignement et de formation d'une façon cohérente et fiable.

L'ID est donc à l'origine une ingénierie de formation. Elle pourrait s'inspirer de la définition du Génie logiciel de l'IEEE Computer Society dans laquelle l'objet de l'étude serait la formation au lieu du logiciel. L'ID, ou génie de la formation, serait :

(1) l'application d'une approche systématique, disciplinée et quantifiable pour le développement, l'opération et la maintenance des formations ; c'est-à-dire, l'application du **génie à la formation** ;

(2) l'étude des approches comme en (1).

L'opération serait l'application de la formation aux étudiants. Il est à noter aussi que l'ID est connu sous diverses appellations comme l'*Instructional Technology* ou l'*Instruction Design and Technology* [Reiser, 2001b].

1.2.2 Les modèles de l'ID

Comme tout génie, l'ID se construit autour de modèles. Plusieurs d'entre eux sont successivement décrits.

Le système pédagogique de Glaser

Selon [Donclark, http-a], le premier modèle de l'ID a été défini par [Glaser, 1962]. Il comprenait 4 composantes ou phases comme le montre la figure 4 :

1. On commence avec la spécification des buts pédagogiques.
2. On entre le comportement de l'étudiant, c'est-à-dire les pré-requis (aptitudes et background pédagogiques).
3. On exécute les procédures pédagogiques. C'est le moment où l'enseignement est dispensé.
4. On évalue la performance : un contrôle qualité qui évalue si les buts atteints par l'étudiant correspondent à ceux annoncés.

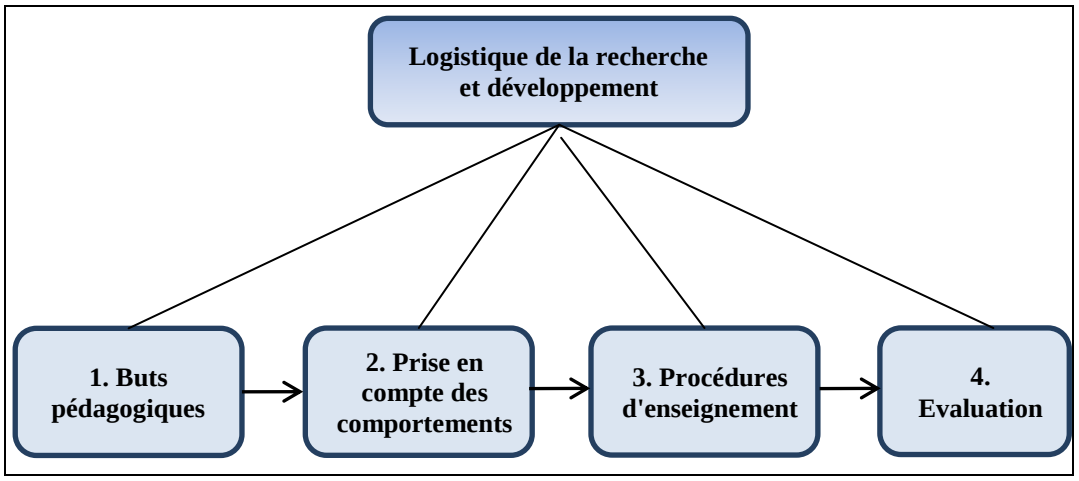


Figure 4 – Les phases de la construction d'un système d'instruction [Glaser, 1962]

Ces phases sont les phases principales, mais il y a d'autres entrées et il faut tenir compte de l'introduction de boucles de rétroaction. Par exemple la sortie de la phase "4. Évaluation" peut servir d'entrée à la phase "1. Buts pédagogiques" d'une nouvelle conception.

Le modèle ADDIE

Selon [Gustafson, Branch, 2002], de nombreux processus d'ID ont été définis par [Dick & Carey, 1996] [Gagné & Briggs & Water, 1992] [Kemp, Morrison & Ross, 1998] [Smith & Ragan, 1998] et tous incluent la structure "Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation" (ADDIE) pour assurer la cohérence parmi les buts, les stratégies, l'évaluation et l'efficacité de l'enseignement.

La figure 5 présente le modèle original de l'ADDIE bien que selon Molenda [2003], l'ADDIE ne possède pas de créateur : il s'agit d'un modèle qui a émergé au fil du temps pour devenir le symbole de l'ID.

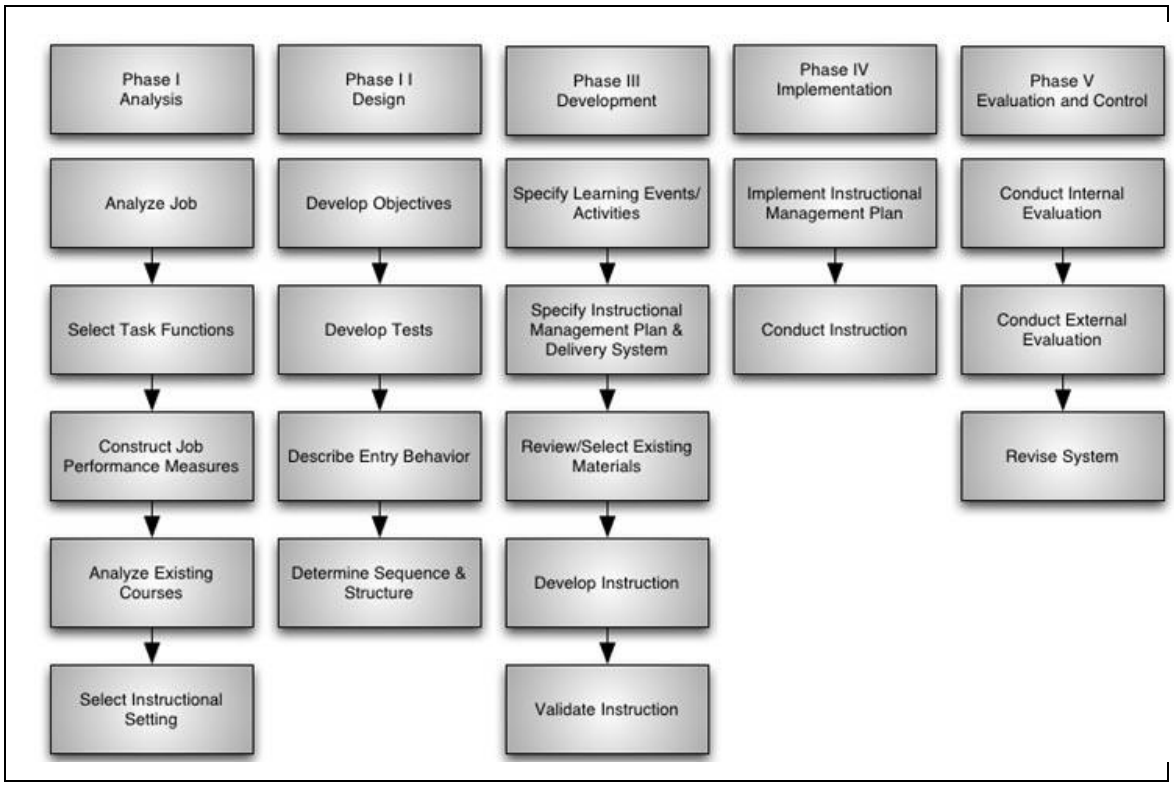


Figure 5 – Modèle original de l'ADDIE selon [Donclark, http-b]

Modèle général de système pour des curricula performants

Des méthodes très complètes furent développées. [Silvern, 1972] propose une méthode basée sur un organigramme de programmation (*flowchart*) exprimé en Langage for Optimizing Graphically Ordered Systems ou LOGOS [Silvern, 1969] de 164 boîtes dont un aperçu est visible en figure 7. Cet organigramme spécifie les tâches à exécuter pour produire une formation professionnelle constituée de cours où un cours consiste en des unités d'enseignements (*instruction*), une unité consiste en des leçons, une leçon consiste en des points d'enseignement (*teaching*). La description de la méthode consiste en l'organigramme de la figure 6 qui est ensuite détaillée "morceau par morceau" au fil de plus de 150 pages. Même s'il vient immédiatement à l'esprit que cette méthode gagnerait à être mise au format S.A.D.T. [Roos, 1977], elle reste très complexe et réservée à des formateurs aguerris, travaillant en équipe et engageant des enjeux importants.

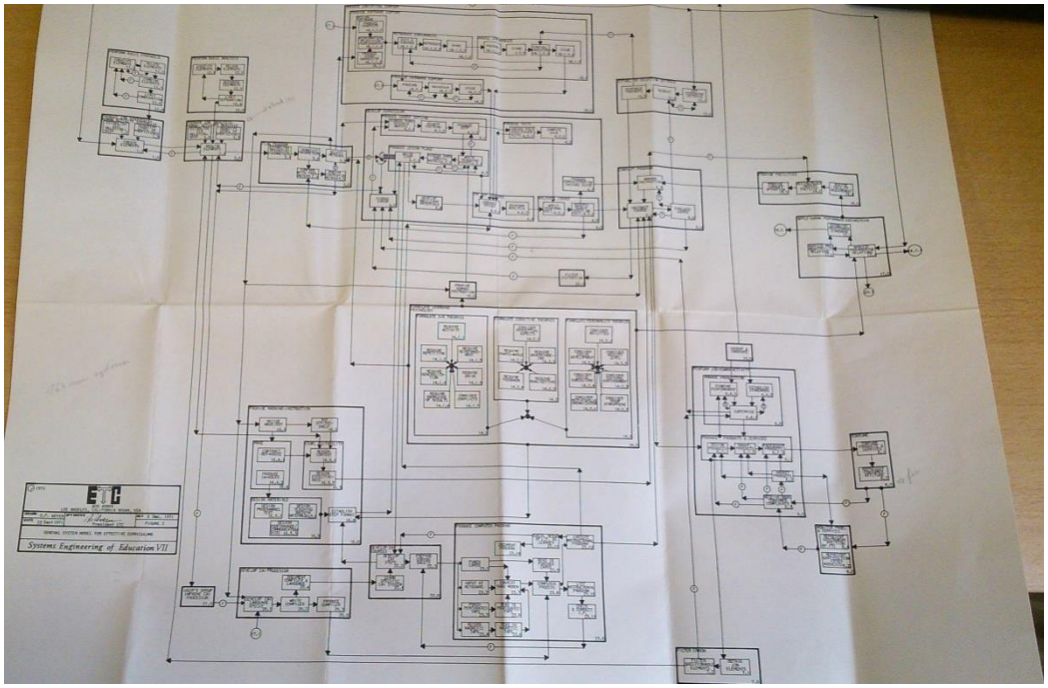


Figure 6 – General system model for effective curriculua [Silvern, 1972]

1.3 Les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH)

Parallèlement à l'ID une autre approche s'est développée. Elle a consisté à s'appuyer sur les progrès de la technologie pour favoriser l'apprentissage. Non pas qu'il n'y avait pas de réflexions pédagogiques dans cette nouvelle approche mais le moteur de ces travaux était avant tout les progrès technologiques. La synthèse des deux approches a été faite par l'introduction du concept d'Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH) ou *Technology Enhanced Learning* (TEL) en anglais et de son domaine associé l'ingénierie des EIAH. L'objet des travaux de recherche relatifs aux EIAH est d'étudier les situations pédagogiques informatisées et les logiciels qui les permettent [Tchounikine, 2009].

C'est un vaste domaine qui fait appel à de nombreuses disciplines : informatique, didactique, pédagogie, sciences de l'éducation, psychologie, ergonomie, sciences de la communication. La figure 7 montre les différentes évolutions en mettant en évidence les associations (instrument, théorie d'apprentissage, dispositif).

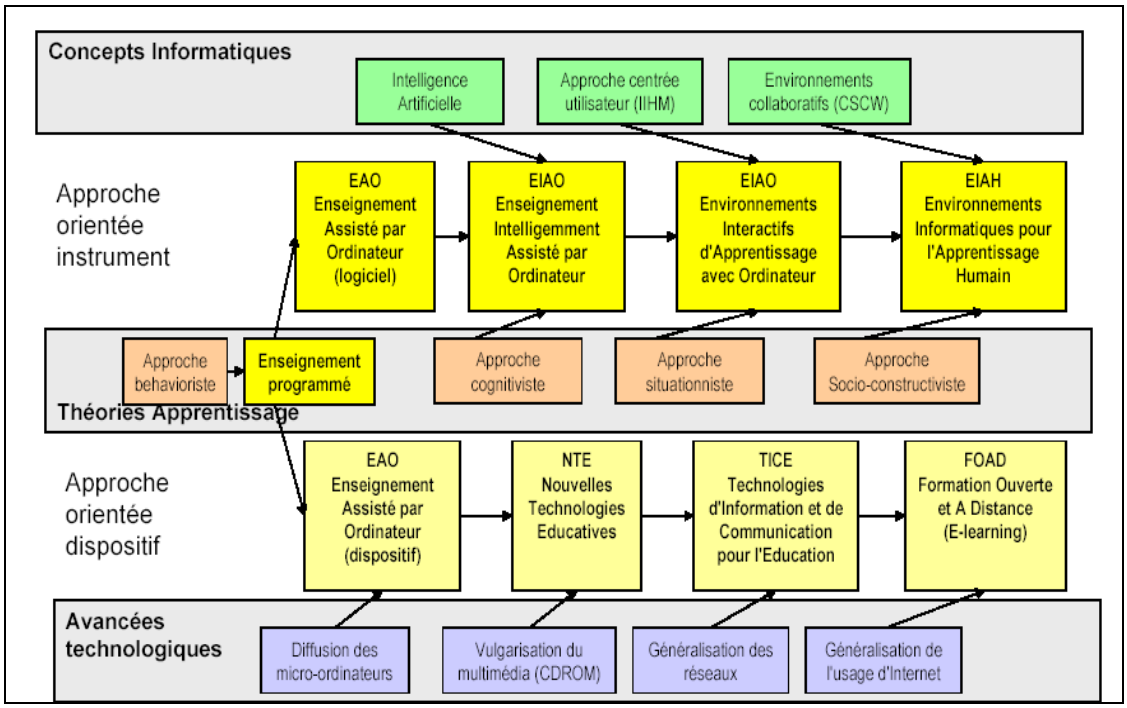


Figure 7 – Évolution dans le temps des sigles des TICE [Pernin, Lejeune, 2004]

Un EIAH est un système complexe formé par un ensemble interdépendant et hétérogène de composants (acteurs, outils et ressources d'apprentissage) organisés dans un espace et dans le temps pour atteindre des buts pédagogiques [Drira, Laroussi et Derycke, 2007].

Un scénario pédagogique peut être vu comme une pièce de théâtre dans laquelle les enseignants et les étudiants jouent chacun un rôle. Le développement d'un scénario pédagogique est un travail important qui demande des compétences de haut niveau mais il permet la réutilisabilité pédagogique. Il est nécessaire de garantir l'interopérabilité des scénarios pédagogiques dans les systèmes TEL pour capitaliser l'effort que la conception et la mise au point des scenarios nécessittent. Cet enjeu d'interopérabilité a d'ailleurs conduit à de nombreuses normes, telles que Sharable Content Object Reference Model (SCORM) [ADL, 2011] et IMS-Learning Design [IMS, 2011]. Toutefois, ces normes ont des limites en ce qui concerne la personnalisation et l'expressivité contextuelle [Allert, 2004] [Nodenot, 2006].

Les Learning Management System (LMS) ou Virtual Learning Environnement (VLE) se sont développés progressivement depuis une quinzaine d'années à travers tous les niveaux de l'éducation [Zou *et al.*, 2012]. Ces plateformes basées Internet ont pour vocation principale de favoriser la création, le partage de contenu et les interactions

entre les enseignants et les étudiants via le Web [Ab Maleh *et al.*, 2004], [Bennett, 2012]. La quasi-totalité des universités mettent à la disposition de leurs étudiants et enseignants de tels LMS. Les plateformes LMS sont des systèmes logiciels qui prennent en charge l'enseignement et l'apprentissage à distance. Un LMS fournit des fonctionnalités pertinentes pour l'apprentissage collaboratif, l'évaluation et la communication à l'aide des outils aux fonctionnalités nombreuses et diverses tels que les forums, les chats, les wikis, les blogs, les quiz, etc. La figure 8 présente les outils standards de base fournis par le LMS Moodle. Moodle offre de plus des centaines de plugins développés par des tiers.

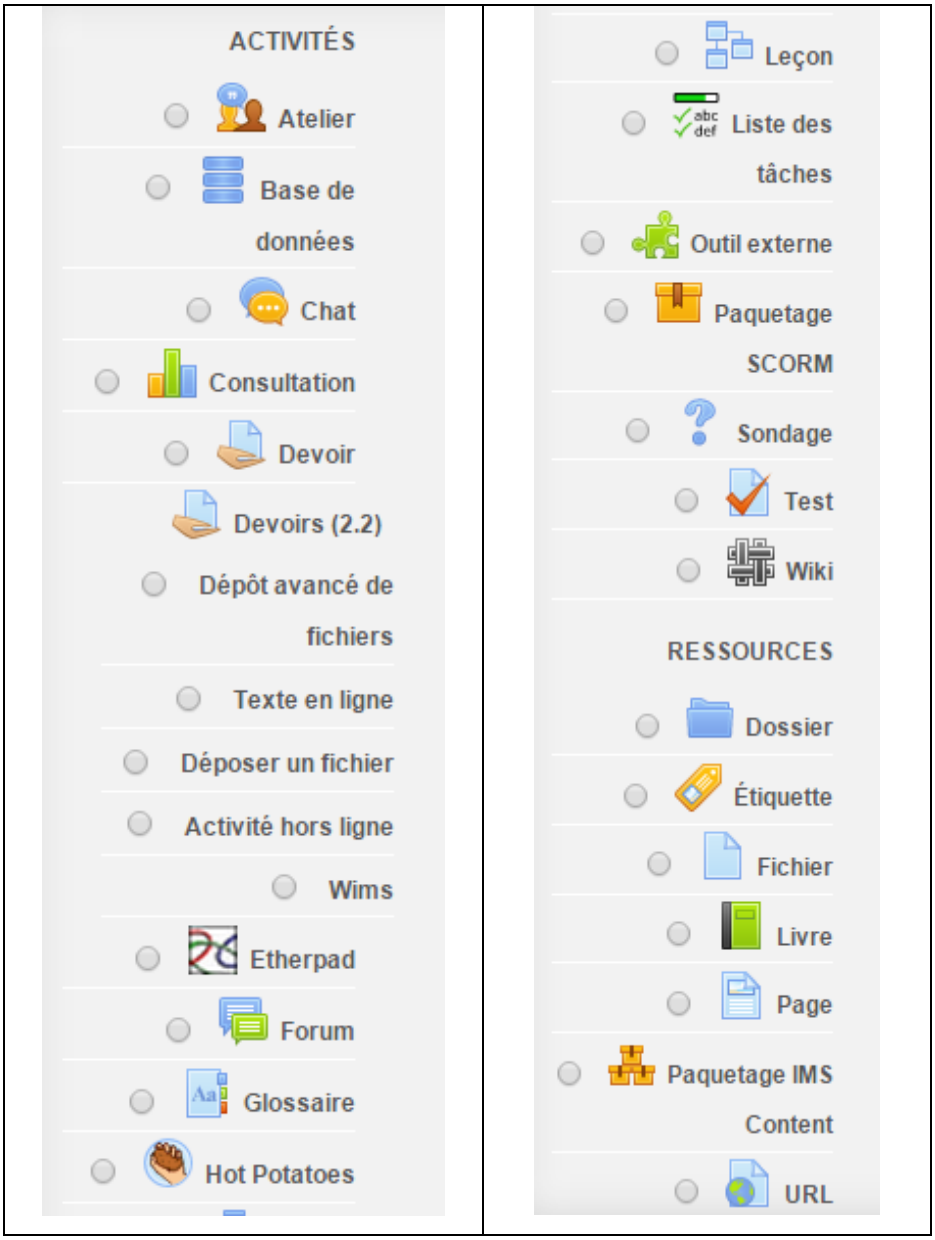


Figure 8 – Outils pédagogiques de base proposés [Moodle, version 2.9]

Un LMS offre également plusieurs services administratifs tels que la gestion et le

suivi des cours, des étudiants et des enseignants. En outre, un LMS offre des services techniques, telles que la sauvegarde, des rapports statistiques et la gestion de la langue [Paulsen, 2003]. Les LMS sont souvent au centre des systèmes TEL des universités. Un des enjeux est de pouvoir implémenter des scénarios pédagogiques dans des systèmes TEL supportés par des LMS.

En parallèle de cette problématique, l'approche *Model Driven Architecture* (MDA) a émergé comme un cadre de génie logiciel pour traiter le problème de l'interopérabilité des systèmes sur différentes plateformes d'exécution. MDA fait la séparation entre les préoccupations métiers des préoccupations techniques et propose des techniques pour les intégrer ces deux points de vue. En outre, les mécanismes de génération de code MDA permettent des générations de code à partir de modèles.

Notre troisième contribution, "2.3 Outils de méta-modélisation pour les Learning Mangement System", a abordé la problématique d'assistance à l'implémentation d'un scénario dans un LMS (en l'occurrence Moodle). L'idée est de se servir du méta-modèle du LMS. Ce méta-modèle est d'abord utilisé pour permettre de spécifier des contraintes d'implémentation à respecter, par exemple dans le choix des outils. Il est ensuite utilisé pour valider les choix d'implémentation du modèle du scénario pédagogique ; ces choix devant respecter les contraintes d'implémentation préalablement définies avec le métamodèle du LMS.

Les Massive Open Onligne Course (MOOC)

A partir des années 2000, le formidable développement de l'infrastructure d'Internet, l'apparition et la généralisation de l'usage de nouveaux logiciels comme les réseaux sociaux et des périphériques personnels, aux capacités importantes ont formé un nouveau paysage. C'est ce que les spécialistes appellent le *tsunami numérique* [Hennessy, 2012], [Davidenkoff, 2014] dont les *Massive Online Open Course* (MOOC) constituent la partie la plus visible. Historiquement l'initiative du Massachusetts Institute of Technology (MIT), OpenCourseWare, fut lancée en 1999. L'idée était de mettre tout le matériel pédagogique, pour tous les niveaux "undergraduate" (licence) et "graduate" (master), partiellement gratuitement mais disponible en ligne pour tous. En septembre 2002 un site pilote avec 32 cours fut ouvert et un an plus tard, on comptait plus de 500 cours. Cependant ce n'est qu'en 2012, appelée l'année des MOOC, que le phénomène devint visible. Depuis, le mouvement est lancé avec quatre défis à relever :

1) défi du modèle économique, 2) défi de l'évaluation des étudiants et 3) défi de la certification [Hyma, 2012] et bien entendu 4) défi de son ingénierie.

Instructional Design versus Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain

Du paragraphe précédent, on pourrait croire à une évolution transformative. L'ID évoluant en EIAH et ces derniers étant une partie de ce que peuvent apporter les TIC dont les MOOC seraient la partie la plus visible. Nous soutenons qu'il n'en est rien.

Les MOOC, même s'ils sont à l'état embryonnaire, donnent à penser que les TIC, comme elles l'ont fait dans d'autres métiers, ouvrent la voie à une révolution dans les métiers de l'enseignement supérieur. Les universités s'accordent, ou du moins certaines d'entre-elles parmi les plus prestigieuses, pour prédire un tsunami. Il est cependant difficile de savoir lequel et dans quel état cela amènera l'enseignement supérieur auquel il faudrait d'ailleurs ajouter celui de la formation tout au long de la vie. Concernant l'incertitude quant à l'impact des MOOC sur les systèmes d'enseignement, on pourra relire [Reiser, 2001a] qui rappelait que Thomas Edison avait proclamé en 1913 *"Les livres seront bientôt obsolètes dans les écoles ... Il est possible d'enseigner chaque branche de connaissance humaine à l'aide de films de cinéma. Notre système d'école en sera complètement changé dans les 10 ans."*[2]. Ou en 1930, en se référant au potentiel pédagogique des médias (radio, films et télévision), un éditeur célèbre de publications affirmait que *"demain ils seront aussi communs que les livres et très puissants dans leurs effets sur l'apprentissage et l'enseignement"*[3].

Quant aux EIAH, si c'est un domaine indispensable à l'avancée des connaissances théoriques et pratiques pour l'efficacité pédagogique, il ne peut se suffire à lui-même. Son objet d'étude reste les situations pédagogiques informatisées et les logiciels qui permettent ces situations. Le but de l'ingénierie des EIAH est de définir, concevoir et réaliser de telles situations soutenues par l'informatique. Elle est donc une partie de l'ID. Cependant, même si le fait que l'informatique doit intervenir dans un EIAH, la part de la pédagogie doit y être pensée et intégrée dans son ingénierie. Dans un EIAH, pédagogie

[2] Traduction de "Books will soon be obsolete in the schools . . . . It is possible to teach every branch of human knowledge with the motion picture. Our school system will be completely changed in the next ten years" (cited in Saettler, 1968, p. 98).
[3] Traduction de "tomorrow they will be as common as the book and powerful in their effect on learning and teaching".

et technologie sont intimement liées. Un EIAH ne peut pas se résumer à n'être qu'un outil informatique.

Nous l'avons déjà dit plus haut, si nos travaux ont pour éléments déclencheurs l'arrivée massive et ubiquitaire des TIC, notre approche est plus une approche de l'ID que de l'EIAH.

1.4 Les courants psycho-pédagogiques

L'idée que sous-tend l'ID est la rationalisation de la production de plans de formation mais cette rationnalisation doit intégrer les principes pédagogiques prescrits par l'enseignant. Parmi ces principes, on identifie les quatre courants psycho-pédagogiques : behaviourisme, cognitivisme, constructivisme et socio-constructivisme.

1.4.1 L'approche behaviouriste

Le behaviourisme a été introduit au début du XXème siècle par [Thorndike, 1911], et par Watson [Watson, 1913] qui s'inspiraient des travaux du prix Nobel de 1904, Yvan Pavlov sur le comportement répondant [Pavlov, 1927]. Il fut poursuivi par Skinner dans les années 1930-1950 avec le conditionnement opérant [Skinner, 1935] et l'enseignement programmé [Skinner, 1968]. Cette pédagogie est encore dominante dans le champ de l'éducation. Ces connaissances, ainsi que leurs textes fondateurs, sont bien connus [Green, 2009], [Raynal & Rieunier, 2001], [SEP, 2015]. Du point de vue opérationnel de l'enseignant, il est possible de formuler cette pédagogie en peu de principes :

1. Il existe une réalité objective des savoirs et c'est l'enseignant qui la détermine complètement.
2. Ce savoir est découpé en savoirs élémentaires. Il est exprimé en contenus à connaître et en capacités à résoudre des problèmes en relation directe avec ce contenu.
3. L'apprentissage se fait par celui des savoirs élémentaires et leurs acquisitions garantissent l'atteinte des objectifs pédagogiques.
4. Les contrôles sont évalués par rapport au modèle de l'enseignant, donc objectifs. Ils sont quantifiables, individuels et le plus souvent écrits.
5. L'apprentissage est mené par exposé des connaissances de l'enseignant.

6. L'apprenant procède par écoute, lecture, essai et erreur suivis de renforcements.

Ces principes proposent un cadre pour structurer un plan de formation. La forme du livrable 'Plan de formation' serait composé par 1) un point d'entrée défini par l'enseignant, 2) un enseignement défini par raffinements successifs d'un savoir initial à apprendre qui fait penser à un diagramme S.A.D.T. [Ross, 1977] et 3) d'un système d'évaluation quantifiable. La formation est ainsi une sorte de programme, au sens informatique du terme, qui serait exécuté par l'apprenant sous contrôle de l'enseignant.

Lors de "l'exécution" par les apprenants, sous forme d'essai et erreur, des renforcements seraient dispensés. Une fois admis ce principe, il vient naturellement le besoin d'établir des méthodes et procédures rationnelles permettant de produire un plan de formation relativement à un ensemble de savoir à faire apprendre.

L'instruction programmée

Alors que l'ordinateur peut assister l'enseignant dans les tâches administratives comme l'inscription des apprenants, les présences au cours, les suivis de notes, etc. l'instruction assistée par ordinateur – *Computer-Assisted Instruction* (CAI) - assiste directement le processus d'enseignement. Un ancêtre de la CAI est l'instruction programmée, qui a commencé à la fin des années 1950, et étudie les techniques pour enseigner sans l'intervention d'un instructeur humain. Selon [Silvern et Silvern, 1966] l'instruction programmée admet certains critères :

1. L'instruction est fournie sans la présence ou l'intervention d'un instructeur humain.
2. L'apprenant apprend à son propre rythme (les enseignements traditionnels collectifs, les films, la télévision et tous les autres médias et méthodes qui ne permettent pas à l'apprenant de se contrôler ne satisfaisont pas ce critère).
3. L'instruction est présentée par petits pas d'incréments demandant à l'apprenant des réponses fréquentes.
4. Il y a des interactions construites entre l'apprenant et la machine.
5. Les apprenants reçoivent régulièrement et immédiatement des retours sur leurs progrès.
6. Le renforcement est utilisé pour raffermir les apprentissages.
7. Les séquences des leçons sont contrôlées et cohérentes.

8. Le programme pédagogique forme et contrôle le comportement des apprenants.

L'instruction programmée est une sorte d'opérationnalisation du béhaviourisme. Il s'agit de construire un dispositif, qui est le plus souvent un programme informatique, pour faire apprendre et dans lequel l'instructeur n'apparaît plus. Là aussi vient, devant la difficulté de la tâche, le besoin de créer des méthodes et procédures rationnelles de production de ces dispositifs pédagogiques.

1.4.2 Approche cognitiviste

Alors que l'objet d'étude du béhaviorisme est le comportement, celui du cognitivisme est de modéliser et d'expliquer les activités mentales qui génèrent ce comportement. Il fait partie des sciences cognitives et postule que l'esprit humain peut être comparé à une machine de traitement de l'information. Un courant computo-symbolique, s'appuyant sur le fonctionnement séquentiel des ordinateurs, distingue la mémoire dite à court terme, la mémoire transitoire et la mémoire à long terme. Un second courant, le connexionisme, co-committant au premier mais reconnu plus tardivement, assimile le fonctionnement du cerveau à un réseau de neurones avec possibilité de calculs parallèles. Du point de vue de la pédagogie, le cognitivisme postule que l'apprenant interprète l'environnement selon ses schémas mentaux pour intérioriser les nouvelles connaissances. Les neuf événéments d'apprentissage de Gagne peuvent servir de guide pour un enseignement connectivisme [Gagne, 1965]. Gagne propose 9 événements d'apprentissage : 1) gagner l'attention, 2) présenter les objectifs d'apprentissage, 3) rappeler les connaissances antérieures, 4) présenter le matériel d'apprentissage, 5) fournir des guides et conseils d'apprentissage, 6) inciter et laisser travailler, 7) fournir du feedback, 8) évaluer, 9) améliorer la rétention et le transfert de l'apprentissage dans un autre contexte. Ainsi d'un point de vie pratique cette approche propose à l'enseignant de commencer les leçons par une question provocante ou un fait original, de présenter au préalable les objectifs et le contenu des leçons, de lier les nouvelles connaissances aux anciennes, de favoriser chez l'apprenant son organisation de connaissances, de présenter les contenus sous différentes formes et différents cheminements [Kruse, 2009].

1.4.3 Approche constructiviste

L'approche cognitiviste peut être enrichie par l'approche constructiviste établie au plan théorique dès les années 1930-1940 notamment par Bruner [Bruner, 1960], Piaget

[Piaget, 1970] et Vytgotsky [Vytgotsky, 1998]. Cette approche considère que l'apprentissage résulte d'une interaction entre l'apprenant et son environnement et n'est pas un résultat modelé uniquement par l'environnement. Elle donne priorité à la connaissance qui relève de la personne sur les savoirs qui sont codifiés et fixés par un groupe social. Elle considère les apprenants comme des organismes actifs cherchant du sens et des significations. Ce système actif de traitement de la connaissance interprète l'information et le monde extérieur selon sa représentation personnelle. L'apprenant assimile mieux lorsqu'il peut contextualiser ce qu'il apprend pour une application immédiate, ce qui lui permet d'acquérir une signification personnelle. Elle favorise donc une pédagogie active et non directive, en préconisant de donner priorité à un contexte réel d'apprentissage, à un enseignement soutien plutôt qu'un enseignement intervention. Elle donne priorité à la découverte guidée, à l'apprentissage collaboratif et à une approche par projet. La tâche de l'enseignant sera d'offrir aux étudiants un environnement d'apprentissage riche et stimulant. L'enseignant devient un facilitateur, un médiateur plus qu'un dispensateur de savoir et les compétences seront alors abordées d'une manière plus globale plutôt que par un découpage en petits objectifs.

1.4.4 Approche socio-constructiviste

Le socio-constructivisme [Vytgotsky, 1998] préconise d'utiliser

- L'interaction sociale pour aider la construction des connaissances des apprenants.
- La médiation des outils, particulièrement ceux du Traitement de l'Information et de la Communication (TIC) tels les wikis, blogs, forums pour médiatiser les processus d'apprentissages.
- L'aide extérieure pour assister les apprenants à franchir une zone proximale de développement (ZPD), c'est-à-dire à passer de connaissances en maturation à des connaissances matures.

Dans ce cadre, le socio-constructivisme favorise les compétences d'apprentissage collaboratif qui sont une des clés pour les emplois futurs [Looi *et al.*, 2010]. La mise en place d'une telle ambition ne va pas de soi [Cole, 2009]. D'une part il est établi que les avancées ne se font qu'en intégrant au sein d'une même pédagogie les différents courants : behavioriste, cognitiviste, constructiviste [Hoic-Bozic, Mornar & Boticki,

2009] et socio-constructiviste. Et d'autre part, il faut traiter le problème de leur application en situation écologique, donc en situation réelle.

1.5 Quelques difficultés pédagogiques

Dans les enseignements universitaires à vocation scientifique et technologique, on constate combien certains objectifs pédagogiques sont difficiles à atteindre. Ce d'autant que l'engagement étudiant pour les enseignements traditionnels à base de cours et de séminaires a diminué ces dernières années [Eastman and Reisenwitz, 2006], [Cole, 2009]. Cette situation se rencontre par exemple lorsqu'il s'agit d'inculquer aux étudiants certaines connaissances conceptuelles où la part de définitions et de modélisations abstraites est importante. Leurs acquisitions rebutent un grand nombre d'étudiants. En effet, elles se prêtent peu facilement à la mise en place d'activités d'apprentissages riches en aspects techniques. De plus, elles n'ont pas souvent d'applications pratiques immédiates.

Enfin une autre difficulté pédagogique de nos enseignements universitaires, notamment technologiques, est de minimiser l'acquisition et la pratique de savoir-être, de savoir-faire et de travail collectif pourtant plébiscités par les entreprises [Gunasekaran, McNeil, & Shaul, 2002]. Ceci est particulièrement dommageable dans l'apprentissage des développements informatiques où les équipes sont la base de l'organisation ; la complexité croissante des projets rendant les développements inaccessibles à un seul individu [Sancho-Thomas *et al.*, 2009]. Les entreprises préfèrent un ingénieur aux compétences techniques correctes mais surtout sachant "s'articuler" avec les activités, processus et hommes de l'entreprise plutôt qu'un spécialiste hyper-technicien. Celui-ci est alors souvent isolé et à contretemps de la réalité et des objectifs de l'entreprise. Ainsi la pratique et l'acquisition de telles compétences de haut niveau sont peu acquises par les étudiants. C'est le cas particulièrement dans de nombreuses formations en informatique, dans lesquelles la priorité est portée naturellement, aussi bien par l'équipe d'enseignement que par les étudiants, sur les compétences métier. [Abet, 2000] reprend pourtant ces compétences comme quatrième compétence, parmi onze compétences : "*An ability to function on multi-disciplinary teams*". Il la décompose en quatre dimensions comportementales: collaboration, communication, gestion des conflits et autogestion [Besterfield-Sacre *et al.*, 2000].

Discipline versus compétence

Ces phénomènes se sont accentués récemment. En effet, jusqu'aux années 1980, les entreprises spécifiaient leurs besoins de recrutement en termes de fonctions à accomplir, qu'elles déclinaient ensuite en tâches puis en habiletés [Raynal & Rieunier, 2001, p. 110] ce qui correspondait bien aux définitions des curricula universitaires structurés par champ disciplinaire. Cependant ce système structuré s'est trouvé en porte à faux avec la réalité où le travail en entreprise est devenu moins prescrit [Curricula-Vitae, http] et s'exprime en exigences complexes [Pisa, 2005]. Cela a induit pour les individus de faire face à la nécessité de mieux gérer l'interdépendance entre eux, d'avoir une plus grande réactivité face aux besoins et de gérer une diversification des missions [Pisa, 2005].

Aujourd'hui de nombreuses entreprises raisonnent en termes de compétences. Cette problématique a suscité une multiplication et une hétérogénéité de définitions [Mc Clelland, 1973], [Katz, 1974], [Pisa, 2005], [Le Boterf, 2006]. Nous retenons celle formulée par [Perrenoud, 1999] *"capacité d'action efficace face à une famille de situations, qu'on arrive à maîtriser parce qu'on dispose à la fois de connaissances, savoir-faire et savoir-être et de la capacité de les mobiliser à bon escient, en temps opportun pour identifier et résoudre de vrais problèmes"* particulièrement dans l'exercice d'un emploi ou d'un métier. Le désengagement des étudiants face à certains modules d'enseignement peut s'expliquer par cet écart entre une offre enseignante exprimée en termes de *discipline* et une attente étudiante et professionnelle exprimée en termes de *compétences*.

1.6 La pédagogie active

La didactique a pour but de transformer le savoir académique en savoir à enseigner. Les préoccupations sont orientées vers le contenu disciplinaire. La pédagogie s'intéresse à la médiation entre l'apprenant et l'enseignant et d'une manière générale entre l'apprenant et tout dispositif humain, informatique ou matériel, qui aide à développer les apprentissages.

Avant l'apparition d'un langage élaboré, l'apprentissage se faisait uniquement par mimétisme [Rilley 2007]. Ensuite, en complément du mimétisme, la transmission de connaissances s'est faite le plus souvent d'une manière transmissive. Une personne, appelée enseignant(e), exposait des faits à un groupe de personnes, appelée apprenants. Ces derniers devaient apprendre par cœur en répétant ou en réécrivant inlassablement les leçons données. Cette technique a été la principale pédagogie depuis l'antiquité et

prévaut encore de nos jours [Talbot 1990] [Dumont 1992]. Cependant régulièrement s'est posé la création de manières, ou de pédagogies, efficaces pour transmettre les connaissances. Parmi celles-ci, la pédagogie par projet (PjBL) est une des plus prometteuses mais aussi une des plus difficiles à mettre en place. La PjBL est souvent confondue avec la pédagogie active. Pour cela, nous présentons une perspective historique de la pédagogie active avant d'en donner une définition. Nous traiterons des spécificités de la PjBL dans la section suivante.

1.6.1 Perspectives historiques

Une rapide et non exhaustive course à travers l'histoire de l'humanité montre que la pédagogie active s'est aussi définie d'une manière positive et non pas seulement par opposition par rapport à la pédagogie transmissive. Le premier pédagogue de l'humanité, le philosophe chinois Confucius (551-479 avant J.C.), conseillait une pédagogie du *Learning by doing* lorsqu'il affirmait "J'entends et j'oublie, je vois et je me souviens, je fais et je comprends". Aristote (384-322 avant J.C.) faisait de même lorsqu'il disait "Ce que nous devons apprendre, nous l'apprenons en le faisant". Ce principe du *Learning by doing* est présent dans un grand nombre de pédagogies actives [Boss http]. Socrate (vers 479 - 399 avant J.C.) a développé la maïeutique, méthode qui consiste à questionner un interlocuteur pour lui faire prendre conscience que les connaissances qu'il croit posséder ne sont que des croyances. Ainsi l'interlocuteur en ayant conscience de ce qu'il sait et de ce qu'il ne sait pas, peut faire un choix dans les apprentissages qu'il doit faire. Il peut ainsi être actif dans la définition de son processus d'apprentissage. Ce principe se retrouve dans les pédagogies actives comme la pédagogie par problème dont un des buts est de faire prendre conscience aux apprenants des lacunes dans leurs connaissances [Loyens and Rikers 2011]. Ces principes pour être efficaces nécessitent le respect d'autres principes comme l'attitude de bienveillance du maître envers l'apprenant ou encore celui de la mise en confiance de l'apprenant.

Cependant les évolutions décisives qui ont soutenu la formation de la pédagogie active sont à chercher du côté des évolutions des idées politiques et éducatives. Le philosophe anglais John Locke (1632-1704) par ses écrits sur la philosophie politique [Locke 1689; 1690a], sur la connaissance [Locke 1690b] et sur l'éducation [Locke 1693] posa les bases à la fois des idées du Siècle des Lumières et de celles du libéralisme économique. Pour lui, l'éducation fait l'individu. Locke insiste sur le rôle de l'expérience et des connaissances pratiques dans la formation, la recherche active de la

connaissance, le développement du sens critique, la nécessité d'apprendre à apprendre et l'amour de la connaissance. Le philosophe français Jean-Jacques Rousseau (1712-1778) par ses écrits sur la politique et le fonctionnement d'une société démocratique [Rousseau 1750; 1755; 1762a] et sur l'éducation [Rousseau 1762b] contribua à l'évolution du rapport entre la société, le savoir et l'éducation. Il affirme également que l'éducation doit s'attacher à faire acquérir des savoirs pratiques plus que des savoirs livresques.

Après les avancées philosophiques et politiques, c'est au tour des avancées scientifiques de soutenir la construction de la pédagogie active. Les travaux sur la définition des objectifs pédagogiques [Bloom *et al.*, 1956 ; Anderson et Krathwohl 2001] permettent d'analyser plus finement et plus complètement les objectifs d'apprentissage. Ils ont concouru à mettre en avant la nécessité de pédagogies plus aptes à produire des apprentissages de savoir-faire et d'innovation. Les travaux de [Piaget 1937] et de [Bruner 1961] sur le constructivisme ont permis de justifier et de renforcer les techniques de construction de connaissances chez l'apprenant, utilisées dans les pédagogies actives. Les travaux [Vytgotsky 1978] sur le socio-constructivisme ont soutenu les principes d'apprentissage coopératif et collaboratif et ont mis en évidence l'importance des interactions sociales dans le développement de l'individu et de l'apprentissage comme acte social qui va du social vers l'individu.

Enfin, les bouleversements sociétaux ont conduit à définir de nouveaux types d'objectifs d'apprentissages regroupés sous le concept de compétences clés du 21ème siècle (OCDE 2005), [Binkley *et al.*, 2012]. Ces nouvelles connaissances, par leur nature socio-constructiviste, nécessitent des pédagogies faisant participer les apprenants dans le déroulement de leurs processus d'apprentissage donc des pédagogies actives.

1.6.2 Qu'est-ce que la pédagogie active ?

Dans la mise au point d'un apprentissage, il y a trois questions fondamentales : Quoi faire apprendre ? Comment faire apprendre ? Comment évaluer la réussite des apprentissages ? Si les réponses à ces trois questions montrent que les décisions sont fortement encadrées voire imposées par l'enseignant(e), alors la pédagogie est dite centrée-enseignant(e). Si les réponses montrent que l'étudiant(e) peut avoir un rôle actif, nous dirons que la pédagogie est centrée-étudiant(e) ou encore que c'est une pédagogie active. Il est clair que le mot 'actif' n'est pas approprié. Car même avec une pédagogie centrée-enseignant(e), l'étudiant(e) est en fait actif/active ; en effet, en écoutant une

conférence ou en réécrivant des notes de cours dictées par l'enseignant(e), on considère que l'étudiant(e) est cognitivement actif/active [Page 1990 ; Loyens, Rikers 2011].

En laissant aux apprenants une certaine emprise sur la conception de l'apprentissage, le danger d'une pédagogie active est de tomber dans le laisser-faire. L'étudiant(e) décide trop et apprend peu. Bien entendu, la pédagogie active, ce n'est pas cela. En pédagogie active, il s'agit de mettre en place une organisation dans laquelle l'apprenant puisse avoir, dans une certaine mesure, une part active et critique (de manière constructive) le déroulement voire la définition de son apprentissage tout en réussissant à lui faire atteindre un certain nombre d'objectifs pédagogiques. Par exemple, avant d'aborder l'étude d'un thème donné, Nosich conseille aux apprenants, avant toute lecture ou conférence sur le cours à venir, de faire une recherche et mettre par écrit des premières connaissances sur le sujet [Nosich, 2010]. Ce travail préalable permet à l'apprenant d'avoir des éléments pour analyser le cours et négocier positivement sur son déroulement plutôt qu'être un réceptacle passif d'information. La mise en place d'une pédagogie active demande une élaboration bien supérieure à une pédagogie centrée-enseignant(e). Dans ce cas, l'enseignant(e) cède une partie de son contrôle sur l'enseignement et il faut donc se garder des dérives possibles.

1.7 La pédagogie par projet

Après avoir présenté une perspective historique et donné une définition de la pédagogie active, nous montrons que la pédagogie par projet a, elle aussi, son histoire propre, indépendante de celle de la pédagogie active. En quelque sorte, nous montrons dans cette section que la pédagogie par projet n'a pas été conçue avec l'intention unique d'être une descendante de la pédagogie active. Ce n'est qu'après coup qu'elle a obtenu le statut de pédagogie active parmi d'autres. Puis dans cette section, nous présentons les fondements de la gestion de projet, telle que pratiquée dans l'industrie.

1.7.1 Les premières pédagogies par projet

Selon (Knoll 1997), les premiers témoignages de pédagogie par projet concernent les académies d'architecture de Rome et Paris qui confiaient dès la fin du 16ème siècle des projets de conception de monuments à leurs étudiant(e)s avancé(e)s. George établit que le travail en équipe proposé par Comenius (1592-1670) dans l'enseignement mutuel était précurseur de la pédagogie par projet [George, 2001]. A la fin du 18ème siècle, le projet devient une méthode ordinaire d'enseignement en Allemagne, France et Suisse

[Knoll http]. A la fin du 19ème siècle, la pédagogie par projet eut une introduction, en tant qu'activité officielle à l'école, avec le philosophe et pédagogue John Dewey (1859-1952). Le crédo pédagogique [Dewey 1897] était que le social et le psychologique ne peuvent être dissociés dans l'éducation. L'un n'est pas supérieur à l'autre. L'éducation se fait à travers la demande de l'enfant par rapport à la situation sociale où ils se trouvent. Pour Dewey le vrai centre de l'école ce sont les activités sociales propres à l'enfant. Il réintroduisit le concept de *Learning by doing* [Dewey 1899] et l'expérimenta pour aider à apprendre à lire, à écrire et à compter, à être attentif aux autres et à assumer des responsabilités [Grégoire and Laferrière, 1998]. Le concept de projet de Dewey fut disséminé par le pédagogue William H. Kilpatrick (1871-1965) grâce à son fameux article "The project method" [Kilpatrick 1918] suivi en 1925 de "Foundations of Method : Informal Talks on Teaching" [Kilpatrick 1925]. Pour Kilpatrick, un projet est une activité qui possède un but précis, engage la personne qui l'accomplit et se déroule dans un environnement social.

De nombreuses pratiques pédagogiques s'apparentant à du travail en projet ont vu le jour. Citons sans souci d'exhaustivité, le pédagogue Ukrainien A.S. Marenko (1888-1939) qui prônait l'importance de la découverte de la responsabilité sociale et l'ouverture de perspective à travers un travail collectif pour d'autres. Avec Célestin Freinet (1896-1966), les élèves et les enseignant(e)s utilisent des outils, presses à imprimer, des phonographes, etc., selon leurs besoins et forment une communauté de travail qui travaille ensemble à la résolution de problèmes. L'ambition est d'apprendre à l'élève à participer à une activité constructive qu'il sert et qui le sert. Le mouvement de l'Education progressive aux Etats-Unis, de même que celui de l'Ecole nouvelle en France initiés à la fin du 19ème siècle, qui prônent une éducation personnalisée, sont basés sur ces mêmes principes de pédagogie. De ces perspectives historiques, on en déduit que la notion de projet était vue au sens de travail authentique réalisé collectivement pour développer des compétences méthodologiques comme la résolution de problèmes, la pensée critique ou pour développer des compétences sociales comme le travail de groupe, la responsabilité collective, la démocratie et l'esprit d'entreprenariat. L'acquisition de compétences techniques évoluées et surtout l'acquisition de savoirs formels n'étaient pas visées.

1.7.2 Evolution de la gestion de projet

Jusqu'à récemment la pédagogie par projet ne s'était appuyée que modérément sur les techniques et méthodes de gestion de projet telles que développée par l'industrie. Ce n'est pas étonnant car d'une part le milieu de l'industrie et celui de la pédagogie sont deux milieux étanches l'un vis-à-vis de l'autre. D'autre part la gestion de projet ne s'est pleinement développée que récemment, vers le milieu du 20ème siècle.

Historiquement, on considère que les méthodes de gestion de projet trouvent leurs origines au XVème siècle avec l'architecte italien Filippo Brunelleschi qui introduisit la méthodologie de l'anticipation de l'œuvre [Aïm 2009]. A partir de là, la responsabilité de la réalisation est découpée entre les acteurs de la conception d'une part et les acteurs de la réalisation d'autre part. Cette première évolution fut suivie par de nombreuses autres (figure 9) :

- L'interchangeabilité des pièces dans la construction d'outils mis au point au 18ème et 19ème siècle en France et aux Etats-Unis pour la fabrication des fusils.
- La division du travail introduite par A. Smith au 18ème siècle.
- L'organisation scientifique du travail à la fin du 19ème siècle par W. F. Taylor.
- L'organisation administrative du travail au début du 20ème siècle par H. Fayol.
- La planification avec L.H. Gantt au début du 20ème siècle puis quelques années plus tard les algorithmes de planification *Program Evaluation Review Technique* (PERT) et *Critical Path Method* (CPM).
- La gestion industrielle de projet est devenue un mode d'organisation basée sur le cercle de la qualité de Deming : *Plan, Do, Check, Act* (Shewhart 1939 ; Deming 1982). Il s'agissait de répondre à un besoin avec des exigences spécifiques et des contraintes de délais, de coûts et de ressources (AFNOR 1991 ; ISO, 2003).

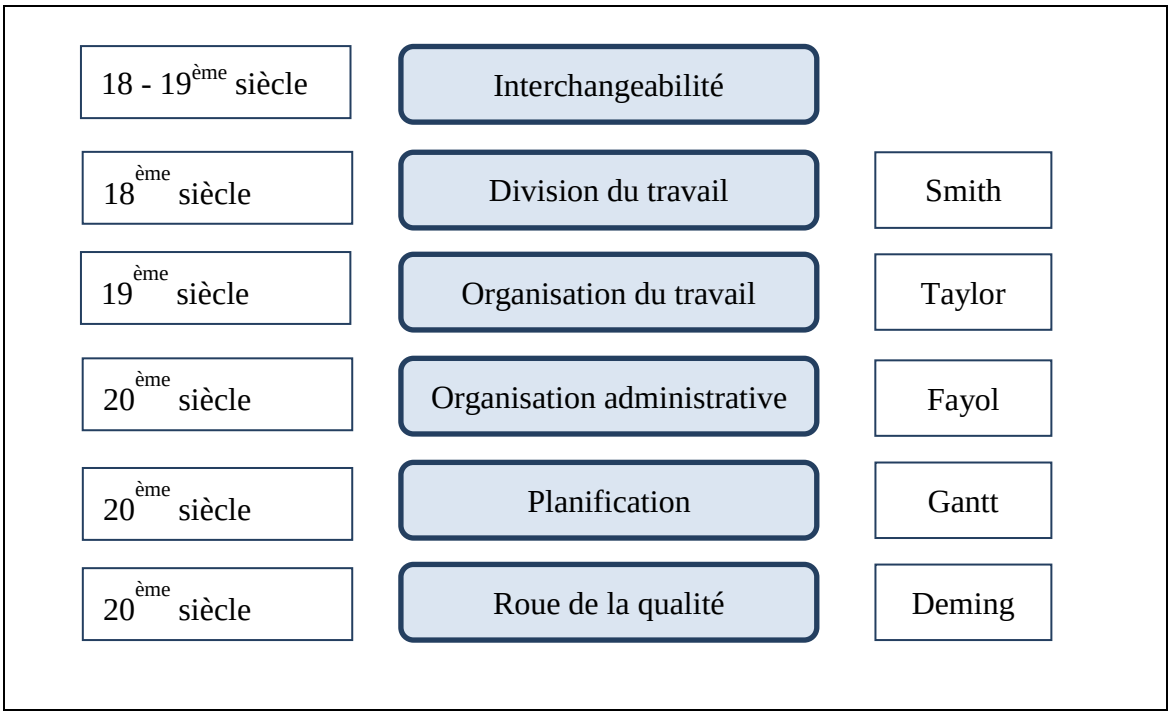


Figure 9 – Quelques grandes étapes vers le management de projet

Jusqu'aux années 1990, ces techniques, même si elles étaient connues, restaient des pratiques et des savoir-faire propres aux entreprises. A partir des années 1990, plusieurs phénomènes ont incité à appliquer les techniques et méthodes de gestion de projet en pédagogie :

- La formation et la diffusion des corpus de connaissances sur la gestion de projet [PMBOK, 1996] ont rendu plus accessibles les connaissances spécifiques de la gestion de projet.
- La généralisation de l'Internet a fourni un outillage efficace et à bas coût aux fonctions indispensables de communication et de partage d'information pour une gestion de projet efficace.
- L'apparition d'une nouvelle classe de méthode de gestion de projet, issue de la gestion des développements informatiques : les méthodes agiles. Les méthodes agiles demandent une réflexion critique et continue sur le processus du projet et sont ainsi propices à l'apprentissage [Hanney and Savin-Baden 2013]. Une méthode agile doit s'appuyer sur quatre principes : *a) Individuals and interactions over processes and tools, b) Working software over comprehensive documentation, c) Customer collaboration over contract negotiation, d) Responding to change over following a plan* [Beck *et al.*,

2001]. Ces méthodes agiles offrent des cadres éprouvés dans la gestion de projet et sont applicables en pédagogie [Chun 2004 ; Cubric 2008, 2013 ; Souza, Rodrigues, 2015]. Par exemple Scrum [Takeuchi and Nonaka 1986 ; Sutherland et Schwaber 1995] est une méthode agile qui propose de faire avancer le projet par *Sprints*, c'est-à-dire par séquences de 2 à 4 semaines guidées par un but (figure 10). Ce principe est transposable à l'enseignement où les buts seraient des objectifs pédagogiques et la fin d'un *Sprint* serait l'occasion d'effectuer des évaluations formatives et de permettre de définir le but du prochain *Sprint*.

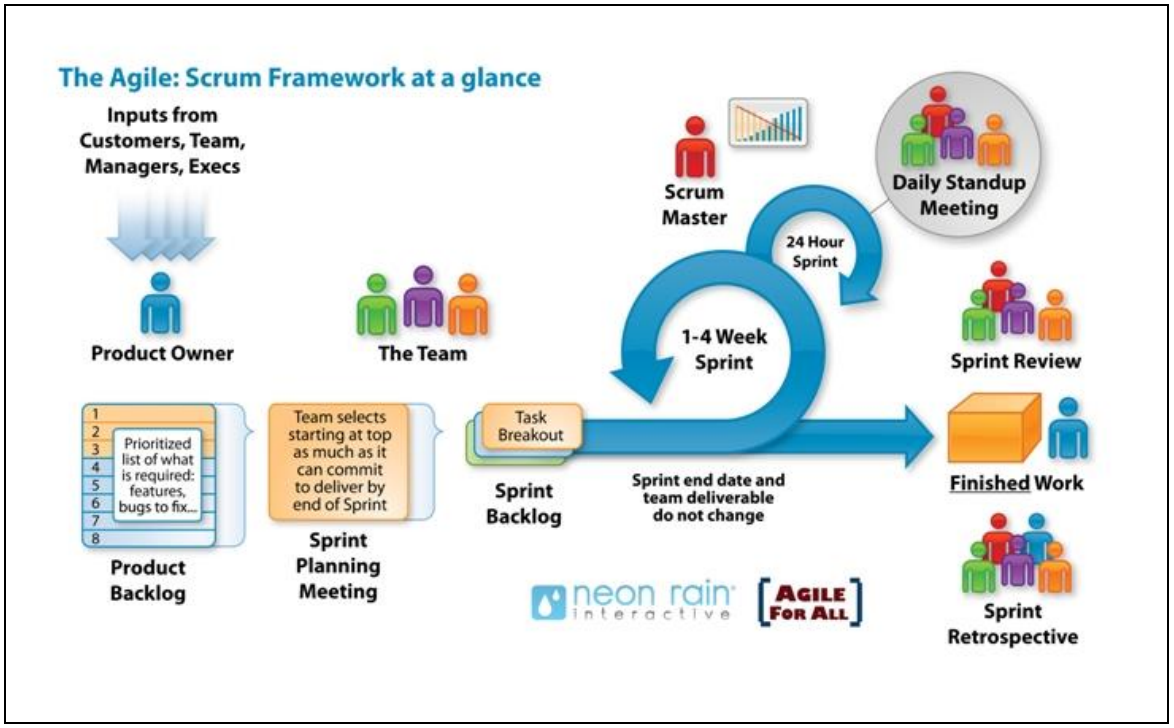


Figure 10 – Schéma général de la méthode SCRUM [agileforall, http]

1.7.3. Les formations à la gestion de projets

La pédagogie par projet s'appuie sur la gestion de projets de l'industrie ; notamment lorsque cette pédagogie est mise en œuvre dans l'enseignement supérieur. Pour se former à la gestion de projets, en plus des enseignements traditionnels, il existe d'importantes associations professionnelles reconnues dans le monde qui proposent des certifications. Citons les trois plus importantes : l'International Cost Engineering Council [ICEC, http], l'International Project Management Association [IPMA, http] et le Project Management Institute [PMI, http].

Il existe également de nombreux logiciels de simulation de gestion de projets classés selon plusieurs critères : la population visée (monde académique, monde professionnel), la modalité pédagogique (simulation individuelle, simulation collective), la modalité d'interaction (en ligne, hors ligne, à distance, en présentiel), etc. Ces logiciels permettent d'apprendre la gestion de projets d'une manière concrète et ludique. Par exemple SimulTrain est utilisé par les étudiants de Paris 6 dans le cadre de leur formation en Master Management de l'Innovation. Il a contribué à former de nombreux chefs de projets depuis 1996 de par le monde [Houllier, Mottiez, Coban, 2013].

1.8 L'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur

L'apprentisage collaboratif décrit une variété de pratiques éducatives dans lesquelles l'interaction entre pairs constitue le facteur le plus important de l'apprentissage [Dillenbourg, Jarvela, Fischer, 2009]. Cette interaction doit être plus que de la communication entre individus qui viseraient un but, mais doit être une situation dans laquelle les apprenants créent de nouvelles connaissances ou de nouvelles compréhensions qu'aucun des apprenants n'avait auparavant [Cress et al., 2015].

Le domaine de l'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur (CSCL[4]) date du début des années 90 et a atteint sa maturité depuis 2005. Le CSCL cherche à fournir une assistance aux apprenants, éloignés ou en présentiel, à l'aide d'outils informatiques [Longchamp, 2003]. Il cherche à comprendre comment les apprenants apprennent collaborativement à l'aide d'outils informatiques [Szewkis et al., 2011] [Jeong, Hmelo-Silver, Yu, 2014].

C'est un domaine de recherche pour lequel [George, 2001] a distingué quatre types de préoccupations : l'apprentissage humain, l'apprentissage collaboratif, le soutien à cet apprentissage collaboratif et l'utilisation de l'informatique pour effectuer ce soutien. Selon [Hoogstoel 1995], l'assistance informatique aux apprenants doit favoriser le partage d'un espace d'information, la coordination des activités, le développement de l'organisation, la communication de groupe, la collaboration, l'implication des participants, la cohésion du groupe et également la rétroaction sur les activités de résolution collectives de problèmes. [Decamps, 2014], quant à elle, synthétise le soutien que l'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur doit fournir aux apprenants, selon cinq approches : (1) soutien à la participation des apprenants à l'œuvre commune, (2) à

[4] Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL)

la compréhension partagée des connaissances et des procédures mises en œuvre, (3) soutien à la conversation active qui permet de régler les conflits d'opinion, favorise la justification et la précision des pensées de chacun, (4) à l'analyse de la performance du groupe et (5) à la promotion de l'interdépendance.

Pour mettre en œuvre l'apprentissage collaboratif, il est conseillé de définir des scripts collaboratifs qui structurent les interactions des participants. Un script a pour objet de structurer les processus de collaboration en définissant des séquences d'activités, en créant des rôles à l'intérieur de groupes et en contraignant les modes d'interactions entre les rôles [Dillenbourg, Tchounikine, 2007]. Selon [Dillenbourg, Jermann, 2006] cités par [Decamps, 2014], les scripts favorisent l'apparition de situations comme la résolution de conflits, la régulation mutuelle ou la construction d'explications qui n'apparaissent pas dans la collaboration spontanée. Par exemple le script "ArgueGraph" est un script en cinq phases qui consiste à demander à deux apprenants, ayant des opinions différentes sur un sujet, de construire un document de synthèse [Jermann & Dillenbourg, 2003]. [Dillenbourg, Tchounikine, 2007] distinguent des macro-scripts qui sont des scripts gros-grains pour créer des situations d'apprentissage et des micro-scripts qui s'attachent plus aux aspects psychologiques et aux activités individuelles des apprenants. La méthode MRP que nous présenterons plus avant dans ce mémoire est à considérer comme un macro-script.

1.9 L'ingénierie dirigée par les modèles

Il existe de nombreuses définitions d'un **modèle**. À notre sens la plus remarquable est celle de [Minsky, 1968] : "Pour un observateur B, un objet A* est un modèle d'un objet A dans la mesure où B peut utiliser A* pour répondre à des questions qui l'intéressent à propos de A. Un modèle est intrinsèquement basé sur une relation ternaire. Tout tentative de supprimer le rôle des intentions de B amène à des définitions circulaires ou à de l'ambiguïté sur les caractéristiques essentielles."[5] Les cartes routières, papier ou numérique, sont des modèles quotidiennement utilisés. Selon l'intention ou la situation de l'utilisateur, elles seront différentes. La situation d'un cycliste sportif n'est pas celle d'un automobiliste en vacances et encore moins celle d'un chauffeur routier. Un modèle peut être formel, semi-formel ou naturel.

[5] Traduction de "To an observer B, an object A* is a model of an object A to the extent that B can use A* to answer questions that interest him about A. The model relation is inherently ternary. Any attempt to suppress the role of the intentions of the investigator B leads to circular definitions or to ambiguities about 'essential features' ".

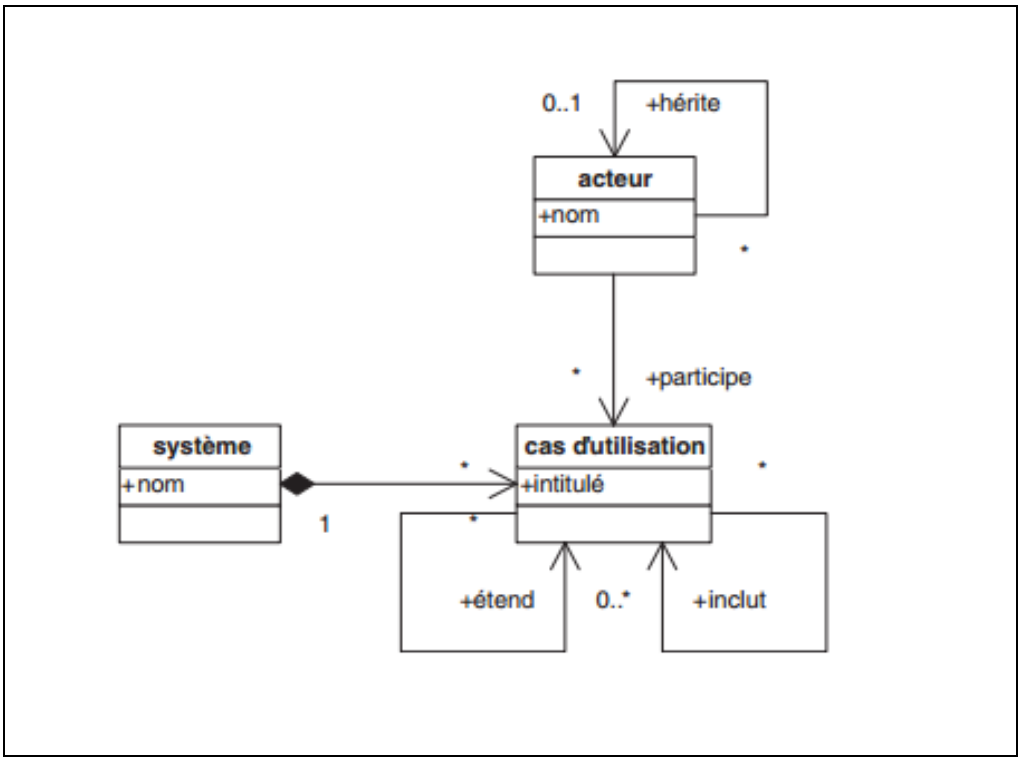


Figure 11 – Méta-modèle des diagrammes de cas d'utilisation [Blanc, 2005]

Un **méta-modèle** est un modèle à propos de la manière de construire des modèles. On dit alors qu'un modèle est 'une instance de' ou 'conforme à' un méta-modèle. Cette expression 'conforme à' peut vouloir spécifier un lien formel, semi-formel ou naturel entre le modèle et le méta-modèle. La figure 11 présente un métamodèle pour les diagrammes de cas d'utilisation du langage UML.

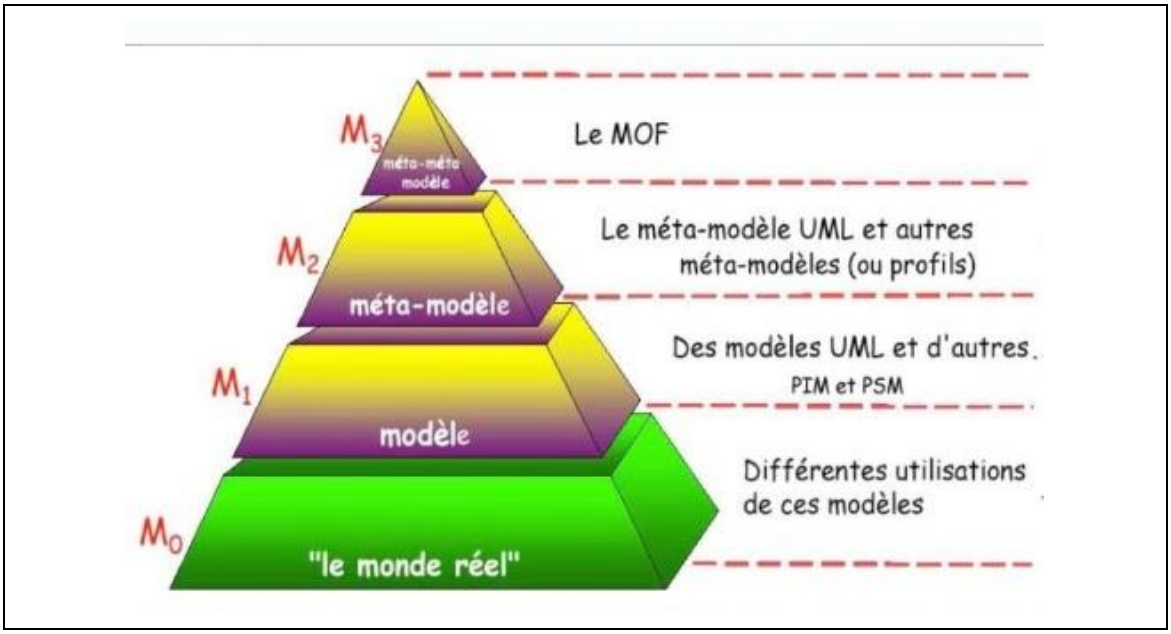


Figure 12 – Architecture de métamodélisation à 4 niveaux de l'OMG (Majid, Aallouche, http]

Du point de vue hiérarchie des modèles et méta-modèles, l'OMG propose une architecture à quatre niveaux (figure 12) :

- Le niveau M0 qui correspond au monde réel. C'est une instance du niveau M1.
- Le niveau M1 qui regroupe les modèles. par exemple un diagramme d'activités ou diagramme de cas d'utilisation d'UML appartient à ce niveau. Les modèles de M1 sont des instances du méta-modèle M2.
- Le niveau M2 regroupe les méta-modèles qui définissent la manière de construire les objets de niveau M1.
- Le niveau M3 regroupe les méta-méta-modèles. Le nombre de lettres 'M' donne instantanément la place du niveau de 0 à 3. Le tableau 1 montre l'application de cette hiérarchie à plusieurs domaines.

Tableau 1 – Exemple d'utilisation de l'architecture à 4 niveaux

Domaine / Niveau	**Programmation**	**Description de données**	**Génie Logiciel**	**Activités pédagogiques**
M3	Définition du principe des grammaires formelles	Les principes du langage XML	Le Meta-Object Facility (MOF)	Les principes du langage XML
M2	La grammaire du langage de programmation	Les schémas XML ou les DTD	Les méta-modèles des diagrammes (cf. par exemple la fig. 1.9)	Le méta-modèle IMS-LD (voir en fig. 1.11)
M1	Le programme	Les données modélisées en XML	Les différents diagrammes (use case, classes, activités, etc.)	Description d'une activité pédagogique en IMS-LD
M0	L'exécution du programme	Les données réelles	Le monde réel (processus et objets)	La réalisation de l'activité pédagogique en salle de classe

UML est un langage semi-formel qui propose 14 diagrammes pour décrire des modèles qui visent à aider aux développements des logiciels. Chacun des diagrammes est supporté par un méta-modèle qui définit les diagrammes correctement écrits. A l'origine conçu pour les développements informatiques, il est maintenant utilisé par de nombreux domaines.

IMS-LD est un méta-modèle qui vise à décrire des modèles de séances d'apprentissage. Le langage utilisé pour exprimer un modèle IMS-LD est XML.

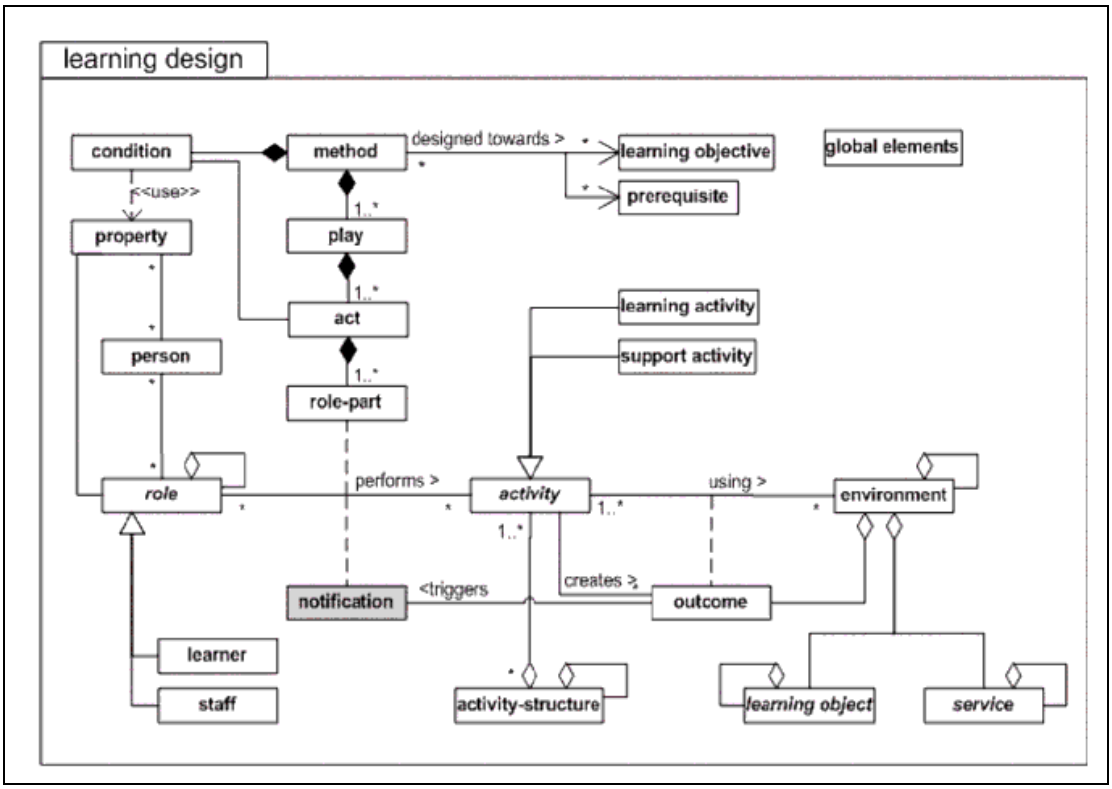


Figure 13 – Le méta-modèle IMS-LD [IMS-LD, 2010]

L'**ingénierie dirigé par les modèles** (IDM) est une approche qui sépare les préoccupations métier des préoccupations techniques notamment pour faire face aux évolutions permanentes des plateformes d'exécution qui ne cessent d'évoluer, de se diversifier et, on le constate aussi, de se complexifier [Drira, 2010]. L'IDM se centre sur la définition de modèles et de transformations successives de modèles pour produire *in fine* du code exécutable. L'IDM la plus connue est la *Model Driven Architecture* (MDA) initiée en 2003 par l'*Object Management Group* (OMG). L'approche MDA propose trois points de vue :

- Le *Computation Independent Model* (CIM) définit les besoins des utilisateurs indépendamment de toute implémentation informatique. La définition est faite du point de vue utilisateur avec son vocabulaire ou du moins un vocabulaire qui lui est accessible.
- Le *Platform Independent Model* (PIM) définit les spécifications utilisateurs dans un langage technique indépendamment de la mise en œuvre technologique.
- Le *Platform Spécific Model* (PSM) correspond à la spécification du code à produire pour une plateforme d'exécution.

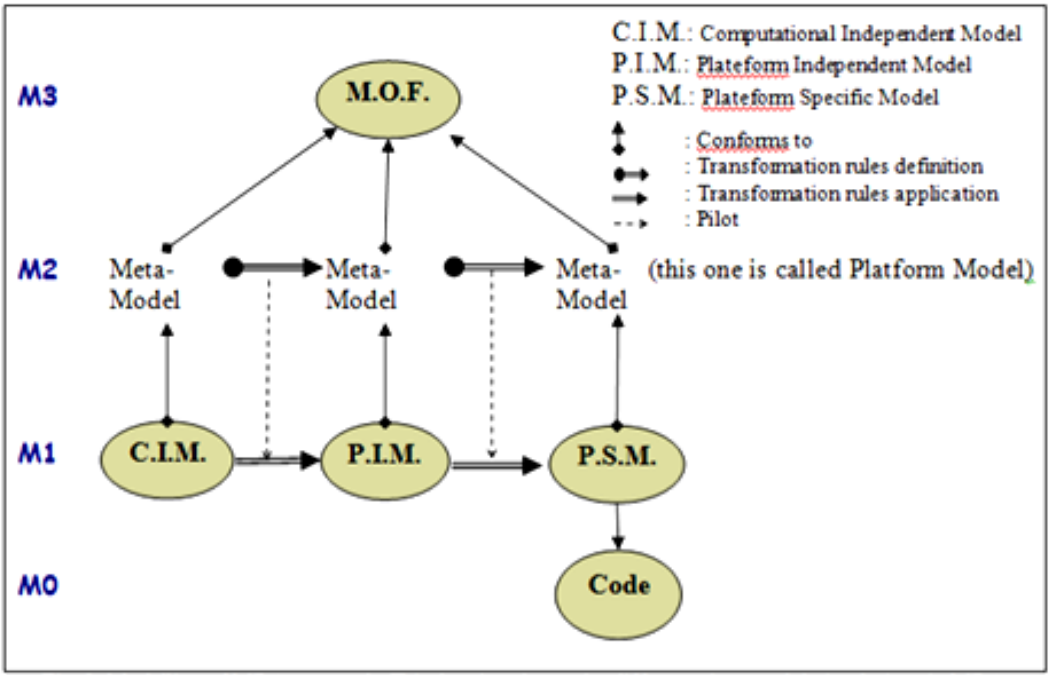


Figure 14 – Approche MDA [Drira, Laroussi, Le Pallec, Warin, 2012]

Le schéma de la figure 14 montre les relations entre les niveaux et les points de vue CIM, PIM et PSM.

Notre deuxième contribution, qui sera présentée au chapitre 2, s'est intéressée à l'implémentation de pédagogie dans les *Learning Management System* (LMS) en vue de programmer/paramétrer un LMS selon un scénario pédagogique donné.

1.10 Conclusion sur l'état de l'art

Ce chapitre a parcouru un éventail large de domaines de connaissances qui va de l'*Instructional Design* à l'ingénierie dirigée par les modèles en passant par les courants psychopédagogiques. Cet éventail large de domaine de connaissances montre la difficulté de progresser dans le thème de recherche que je me suis choisi : l'analyse, la conception, la mise en œuvre et l'évaluation de situations d'apprentissages assistées par les TIC.

Le lecteur pourrait s'étonner que certains points historiques notamment dans les **méthodes pédagogiques** n'apparaissent pas dans cet état de l'art. Par exemple la méthode du "Galilée de la pédagogie", Comenius [Michelet, 1869], ou celle du "père de la pédagogie scientifique", Herbart [Morandi, 2005] et d'autres encore. Les efforts de Comenius et de Herbart portaient sur des enseignements destinés à des enfants ou des adolescents donc avant l'université. Leurs problématiques n'étaient donc pas celles de

l'enseignement universitaire. Notre sujet d'étude est exclusivement l'**enseignement supérieur** et par extension la formation continue. Voilà pourquoi, nous ne les avons pas introduits dans notre état de l'art.

De même vis-à-vis de la pédagogie par projet, les repères historiques présentées convergent rapidement vers l'état de l'art du **management de projet** donc se situe encore une fois dans une volonté de recherche dans un contexte adulte et professionnel donc un contexte d'enseignement supérieur et de formation continue.

Une autre caractéristique de cet état de l'art, et donc de nos travaux, est l'importance donnée à l'***Instructional design***, car l'*Instructional Design* fait partie du Génie Logiciel et un système d'apprentissage nécessite un système d'information et donc des méthodes d'analyse et de conception évoluées et pertinentes.

Enfin la section sur l'**ingénierie dirigée par les modèles** montre notre souci de produire des connaissances qui puissent être validées par la pratique de terrain. Elle traduit aussi notre volonté d'étudier les conditions de mise en œuvre réelles des connaissances que nous avons produites sur la pédagogie.

À cet état de l'art 'transversal' correspondent des travaux transversaux qui s'appuient sur ou intègrent l'informatique pour proposer de nouvelles connaissances dans les domaines de :

- La pédagogie
- L'usage des TIC
- La construction de plateforme informatique pour supporter des pédagogies spécifiques à l'enseignement supérieur.
- La compréhension du fonctionnement des systèmes d'enseignements supérieurs.

Dans le chapitre suivant nous verrons que ces domaines s'intégrent dans une dimension complexe dans le sens où ces connaissances sont rattachées à différents niveaux d'organisation de l'enseignement supérieur :

- Macro : ministère et université
- Méso : département d'enseignement et formation
- Micro : enseignant et étudiant.

Chacune des quatre contributions présentées au chapitre suivant concerne un des ces niveaux. Les deux premières concernent le niveau micro, la troisième, comprenant deux publications, concerne le niveau méso et la quatrième le niveau méso.

2. CONTRIBUTIONS À L'INGÉNIERIE PÉDAGOGIQUE DES SYSTÈMES D'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

Introduction

Nos travaux s'inscrivent dans le domaine de l'ingénierie pédagogique des systèmes d'enseignement supérieur qui s'appuient sur les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC). Ils concernent l'analyse, la conception, la mise en œuvre, l'exécution et l'évaluation de dispositifs pédagogiques incluant les TIC.

C'est un domaine complexe qui concerne aussi bien le travail en salle de cours que les politiques éducatives de l'enseignement supérieur. Dans cette partie je présenterai quatre contributions portant successivement sur le niveau micro, puis méso et enfin macro du système complexe que représente le système de l'enseignement supérieur.

- La première concerne la modélisation des interactions d'enseignement en salle de cours (niveau micro).
- La seconde contribution concerne la définition de la méthode Multi-Rôles Project (MRP) : une nouvelle méthode de pédagogie par projet assistée par les TIC (niveau micro).
- La troisième, comprenant deux publications, concerne la définition de scénarios pédagogiques sous forme de méthodes pédagogiques et leurs implémentations dans des plateformes LMS à travers une approche MDA (niveau méso).
- La quatrième contribution s'attache à poser les bases d'une proposition d'un système interactif d'assistance à destination des enseignants pour les aider à spécifier et à gérer professionnellement la construction de leurs enseignements (niveau méso).

2.1 MODÉLISATION DES INTERACTIONS D'ENSEIGNEMENT

Jusqu'à récemment et encore maintenant, l'enseignant universitaire est souvent le seul responsable pédagogique de l'enseignement qu'il doit dispenser. Les connaissances sont compartimentées et l'enseignement disciplinaire. La pédagogie qu'il pratique est une pédagogique dite 'transmissive' ou 'expositive', dans laquelle il expose ses connaissances disciplinaires que les étudiants doivent apprendre. De plus l'enseignant a peu de compte à rendre sur son enseignement ce qui renforce ce centrage sur sa pratique disciplinaire et transmissive.

Afin de répondre à la nouvelle donne pédagogique décrite dans la partie précédente, nous proposons dans ce travail un cadre d'évolution qui permet de faire évoluer nos modules d'acquisitions disciplinaires en y ajoutant l'acquisition de compétences pour dispenser des modules plus adaptés aux étudiants, entreprises et politique éducative. Cette intégration de compétences inclue l'intégration de compétences professionnelles, méthodologiques et métacognitives et peut être l'occasion pour les enseignants d'amener les étudiants à réfléchir à leurs relations avec l'enseignement. Elle permettra de faire évoluer nos enseignements pour répondre aux nouveaux profils des apprenants qui sont de moins en moins traditionnels [Miller, Miller, 1999], [Cole, 2009].

2.1.1 Proposition d'un cadre d'évolution des enseignements

Problématique et principes

La problématique de cette évolution pédagogique est double. Il faut améliorer la qualité des apprentissages des étudiants. Il faut aussi tenir compte des réalités et proposer aux enseignants une approche qui leur permet, en tenant compte des situations d'apprentissage qu'ils rencontrent, d'appliquer effectivement cette volonté d'évolution pédagogique. Afin d'aider le monde enseignant dans son évolution nous avons proposé un cadre d'évolution basé autour de sept principes (figure 15) qui forment l'ossature de notre cadre d'évolution. Ce cadre a été élaboré empiriquement au cours d'une dizaine d'années d'enseignement pour répondre aux situations pédagogiques rencontrées et capitaliser sur les solutions apportées. De plus il a été élaboré sur des enseignements relativement courts (entre 18 et 25 heures) ; chacun des principes, sauf le principe 7 appliqué une fois l'enseignement terminé, a été appliqué tout au long de l'enseignement.

1. Redéfinir les rôles des acteurs : enseignants et apprenants.
2. Introduire des mini-projets pédagogiques guidés par un apprentissage coopératif.
3. Alterner le travail individuel et le travail collectif.
4. Favoriser la compréhension partagée des activités proposées aux apprenants.
5. Soutenir la pédagogie par l'utilisation des TIC.
6. Evaluer régulièrement les connaissances acquises par les apprenants.
7. Analyser le processus d'enseignement.

Figure 15 – Sept principes fondateurs

Il s'agit de partir d'un module d'enseignement « classique », et de le faire évoluer en s'appuyant sur ces sept principes fondateurs, pour en définitive proposer un module, qui outre l'acquisition des connaissances disciplinaires visées au départ, permettra aussi l'acquisition de compétences cognitives de haut niveau et professionnelles (figure 16).

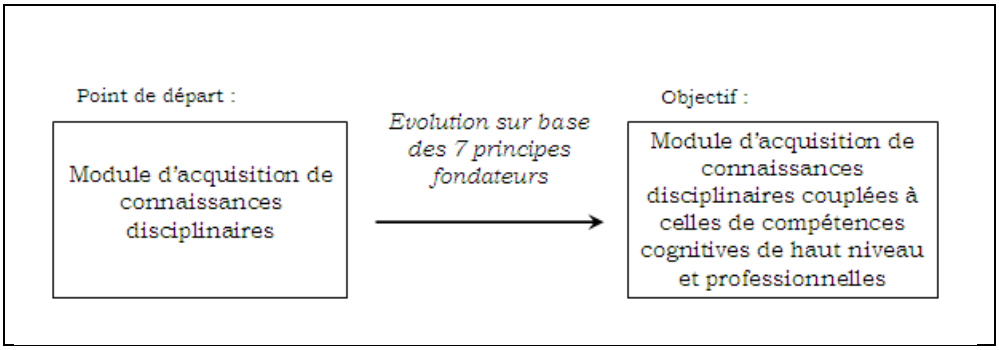


Figure 16 – Diagramme de contexte de l'évolution pédagogique

Sept principes fondateurs

Dans ce paragraphe, nous donnons une vision concise de ces 7 principes fondateurs. Ceux-ci sont plus complétement détaillés dans [Warin, Kolski, Sagar, 2011]. Le lecteur pourra s'y reporter.

Principe 1 : redéfinir les rôles des acteurs : enseignants et apprenants. Si deux rôles principaux, l'apprenant et l'enseignant, sont toujours reconnus, ceux-ci ont évolué. L'enseignant a toujours les responsabilités traditionnelles d'évaluateur et de dispensateur

de savoir mais celles-ci doivent être complétées. Il doit jouer aussi le rôle de chef d'orchestre de projet [Dillenbourg and Tchounikine, 2007]. Il doit mettre en place des scénarios structurés qui faciliteront l'organisation du groupe et lui permettront d'atteindre les objectifs du/des mini-projet(s) intégré(s) au module concerné. À ce titre, il doit jouer à la fois le rôle : (1) de facilitateur : aider à faire des choix ; (2) de gestionnaire : inciter le groupe à être productif ; (3) d'organisateur : assister à la décomposition des tâches.

L'apprenant, quant à lui, doit avoir conscience de sa place et de son rôle actif et collectif dans cette nouvelle pédagogie. Si le fait d'apprendre à plusieurs autorise une élaboration des idées difficilement accessible à une pensée individuelle l'apprentissage collectif ne va pas de soi. Il peut être nécessaire de présenter un certain nombre de principes éprouvés comme la nécessité de l'interdépendance positive ou la conscience que la réussite collective est dépendante des réussites individuelles [Johnson & Johnson, 1980], [Gillies, 2004].

Principe 2 : introduire des mini-projets pédagogiques guidés par un apprentissage coopératif. Notre proposition s'articule dans une optique de pédagogie active soutenue par la réalisation de mini-projets. C'est bien entendu une forme particulière de projet où l'objet principal est l'acquisition de connaissances, le contenu de la production du projet étant d'ailleurs souvent directement lié à cet objectif. Les aspects projets particulièrement retenus sont :

1) la production commune d'un objet ;
2) le partage des tâches et des responsabilités ;
3) la tenue des délais, les séances d'enseignement étant fortement limitées dans le temps ;
4) une analyse collective mais aussi individuelle des activités réalisées et des connaissances acquises.

L'objectif du projet est l'acquisition de connaissances ; nous préconisons l'apprentissage coopératif dans lequel les apprenants sont responsables de leur apprentissage, ainsi que de celui des autres [Gokhale, 1995].

Principe 3 : alterner le travail individuel et le travail collectif. Héritée de la civilisation grecque, la pédagogie de nos établissements universitaires est historiquement basée sur une approche behavioriste qui par nature induit un travail individuel [Dumont, 1992]. Nous préconisons l'introduction du travail collectif dans le

cadre d'une alternance : travail individuel – travail collectif. Cette alternance se retrouve dans de nombreuses méthodes d'apprentissage coopérative, citons JigSaw [Aronson *et al.*, 1978], JigSaw II [Slavin, 1980] ou encore Team Accelerated Instruction [Slavin *et al.*, 1986].

Principe 4 : favoriser la compréhension partagée des activités proposées aux apprenants. Le travail collectif est une activité humaine qui fait naître des contradictions et des tensions entre les différents intervenants. Ces tensions et contradictions nuisent au travail car elles peuvent induire une dégradation de la dynamique de l'activité : coordination, coopération et co-construction [Bardam, 1998].

Nous préconisons qu'une partie de l'apprentissage soit consacrée à s'assurer que les apprenants comprennent individuellement et collectivement les activités pédagogiques demandées. Présenter et faire comprendre les règles du jeu concourt à initier un besoin et motive les apprenants à accomplir les activités proposées [Kruse, 2009] dans le sens des pratiques pédagogiques de [Gagne, 1965].

Principe 5 : soutenir la pédagogie par l'utilisation des TIC. À travers ses capacités de mémorisation, diffusion et traitement de l'information en évolution constante et exponentielle, les TIC permettent la mise en place d'activités pédagogiques attractives. Ces activités peuvent se faire en salle de classe et être prolongées, notamment grâce à l'Internet, à l'extérieur : à la maison, en entreprise et en tout lieu. Elles permettent aussi de constituer de nouveaux partenaires et rôles : le groupe, l'intervenant extérieur, la communauté, etc. Elles donnent les moyens à ces nouveaux rôles de communiquer. On a ainsi une communication entre enseignant et apprenant, apprenant et apprenant, apprenant et communauté, apprenant et contenu, etc.

A défaut de développer une plateforme spécifique, pour mettre en place le cadre d'évolution proposé, les enseignants peuvent utiliser un LMS existant et ses nombreux outils (wikis, forums, devoirs, quiz, etc.) comme support TIC à la mise en place des sept principes. Quelle que soit la solution choisie, développement spécifique ou utilisation d'un LMS, plusieurs espaces (ensembles d'outils supports à une fonction ou un processus) pourraient être créés.

Le premier serait réservé à la compréhension des sept principes. Les étudiants apprendraient l'existence de la pédagogie employée (les 7 principes) et notamment la compréhension des principes 1 et 4. Cet espace pourrait se faire, par exemple, à l'aide de vidéos et de jeux. Chaque mini-projet serait suivi par les enseignants à l'aide d'un

deuxième espace, spécifique, d'aide à la gestion de projets. Cet espace concernerait aussi la plupart des principes du cadre d'évolution. Un troisième espace serait aussi réservé pour le principe 6 (évaluer régulièrement les connaissances acquises), un autre espace pour le principe 7 (analyser le processus d'enseignement). Pour ces deux derniers espaces, ceux-ci pourront s'appuyer sur les informations récupérées automatiquement des interactions des étudiants avec la plateforme (temps de connexion, participation aux forums, réponses aux quiz, etc.).

Principe 6 : évaluer régulièrement les connaissances acquises par les apprenants. Dans le cadre de module d'acquisitions de compétences professionnelles, nous préconisons que les évaluations soient régulières et protéiformes. Elles peuvent être individuelles ou collectives, être écrites ou orales, portées sur le comportement ou la qualité des produits. Dans les activités collectives, l'évaluation doit non seulement être collective mais aussi individualisée : par l'attitude au cours des mini-projets, par des traces écrites individuelles demandées tout au long des travaux, par la prestation de chacun lors de présentation publique du travail, etc.

Principe 7 : analyser le processus d'enseignement. D'abord avec les apprenants. Par exemple à l'aide de questionnaires, d'entretiens semi-directifs, etc. Ces techniques permettent d'introduire la notion de conception participative de l'enseignement et de son processus. Cependant elles doivent suivre des règles éprouvées. Il existe des protocoles pour que ces techniques soient efficaces [Sander-Regier *et al*., chapitre 9, 2007]. Il ne s'agit pas de permettre aux apprenants de critiquer librement les enseignants ou les enseignements. De plus, ces procédures de feed-back, si elles sont annoncées assez tôt aux apprenants dans le déroulement de l'enseignement, renforcent chez les apprenants le sentiment que l'on s'intéresse particulièrement à eux. On sait que de telles pratiques améliorent les performances des apprenants [Mayo, 1945], [Olson, Verley & Santos, 2004].

Ensuite l'analyse du processus d'enseignement doit être réalisée avec le monde extérieur, c'est-à-dire avec la direction de l'université et le monde économique, futur employeur.

Dans la partie suivante, nous donnons les résultats d'une évaluation de l'application de ce cadre d'évolution.

2.1.2 Évaluation

La définition de notre cadre d'évolution s'est faite progressivement sur dix ans de pratiques d'enseignements. Pour cette évaluation, nous nous basons sur les résultats les plus aboutis, ceux de l'année universitaire 2009-2010. Le premier cas d'étude concernait 17 étudiants pour un module de 25 heures d'enseignements dans le cadre d'un diplôme de 3ème année de licence destiné à des apprenants étudiant les réseaux informatiques, le second concernait 21 étudiants pour un module de 18 heures d'enseignements dans le cadre d'un diplôme de master à des apprenants étudiant l'automatisation des systèmes industriels et le dernier concernait 13 étudiants pour un module de 18 heures d'enseignements dans le cadre d'un diplôme de master à des apprenants étudiant l'ingénierie des systèmes images et sons. Ces cas d'étude sont détaillés dans [Warin, Kolski, Sagard, 2011]. Le lecteur pourra s'y reporter pour plus de détails. Les résultats présentés ont été établis sur la base d'observations lors des séances, d'entretiens informels avec les étudiants, des livrables produits au cours des séances, de questionnaires auprès des étudiants et des enseignants et des résultats aux examens. Pour des raisons d'éthique nous n'avons pu employer de groupe témoin. Près de dix ans d'étude avaient montré intuitivement la pertinence du cadre proposé. Les étudiants qui auraient été formés sans application du cadre d'évolution auraient été désavantagés. Lorsque nous faisons des comparaisons avec des enseignements, il s'agit donc d'estimations basées sur d'autres enseignements des mêmes enseignants.

2.1.3 Professionnalisation des étudiants

L'application du cadre d'évolution favorise-t-elle la professionnalisation des étudiants, en particulier vis-à-vis des enseignements donnés sans évolution pédagogique ?

Nous avons sélectionné cinq pratiques professionnelles. Nous avons noté leurs apparitions au cours des séances d'enseignements. Il est raisonnable de penser qu'elles auront tendance à être reproduites de la même manière au-delà de ces séances, lors des interventions en entreprise.

Les étudiants produisent-ils plus de productions de qualité professionnelle ? A chaque production demandée, un certain nombre de critères étaient associés. Ces critères pouvaient dépendre de la nature de la production. S'il s'agissait d'un rapport d'étude, les critères pouvaient inclure le respect d'une norme documentaire professionnelle. S'il s'agissait d'un exercice de reformulation de concepts par la production d'une affiche, les critères pouvaient inclure la lisibilité, l'esthétique (couleur,

forme : texte-schéma-dessin-photo, cohérence), l'efficacité visuelle, efficacité pédagogique de l'affiche. Les notes sont reportées sur 100.

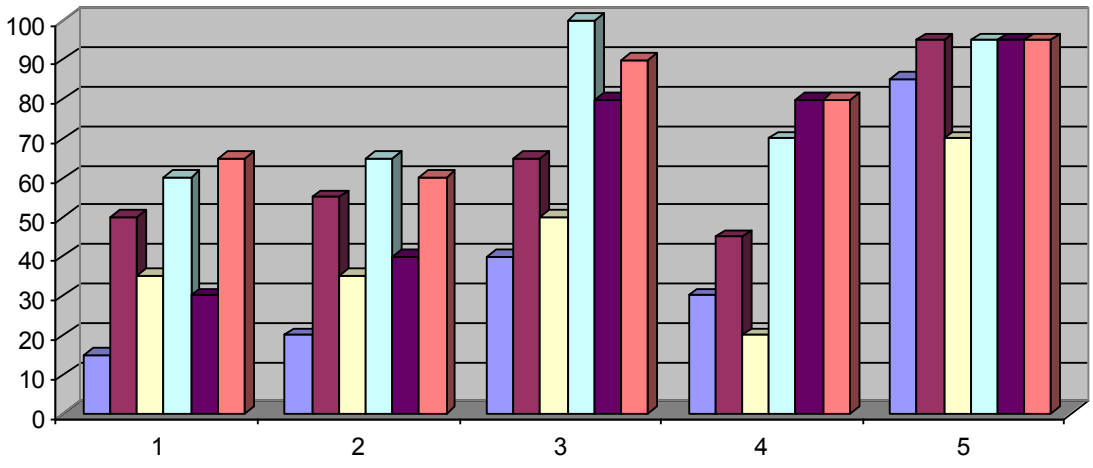
Les étudiants sont-ils plus impliqués dans un travail d'équipe ? Il s'agit du pourcentage du temps passé à pratiquer effectivement, lors des séances, un travail collectif.

Les étudiants respectent-t-ils les délais dans leurs rendus de travaux ? Les chiffres s'expriment en pourcentage de travaux rendus dans les délais fixés.

Les étudiants respectent-t-ils plus les règles et procédures fixées (hors respect des délais) ? Par exemple, préparent-t-ils les séances de TD quand cela leur est demandé ? Les notes sont reportées sur 100.

Les étudiants sont-t-ils plus présents (hors absences justifiées comme la maladie par exemple) ? Il s'agit du taux de présence exprimée en pourcentage.

La figure 17 montre, pour chacun des 5 critères sélectionnés, les évolutions constatées. Les séries impaires représentent les enseignements traditionnels sans application du cadre proposé. Les séries paires représentent les enseignements avec application du cadre proposé.



1. Production of quality professional – 2. Team engagement - 3. Timeliness – 4. Compliance – 5. Presence

Comparaison pour chacune des 5 qualités retenues des points acquis avant (séries impaires) et après (séries paires) l'application du cadre d'évolution.

Figure 17 – Évolution des acquis en pratique professionnelle

Les 3 cas d'étude montrent l'impact positif de l'application du framework pour chacun des 5 critères observés. Les résultats obtenus peuvent varier légèrement d'un cas d'étude à l'autre mais restent globalement assez identiques. Ainsi une progression nette a

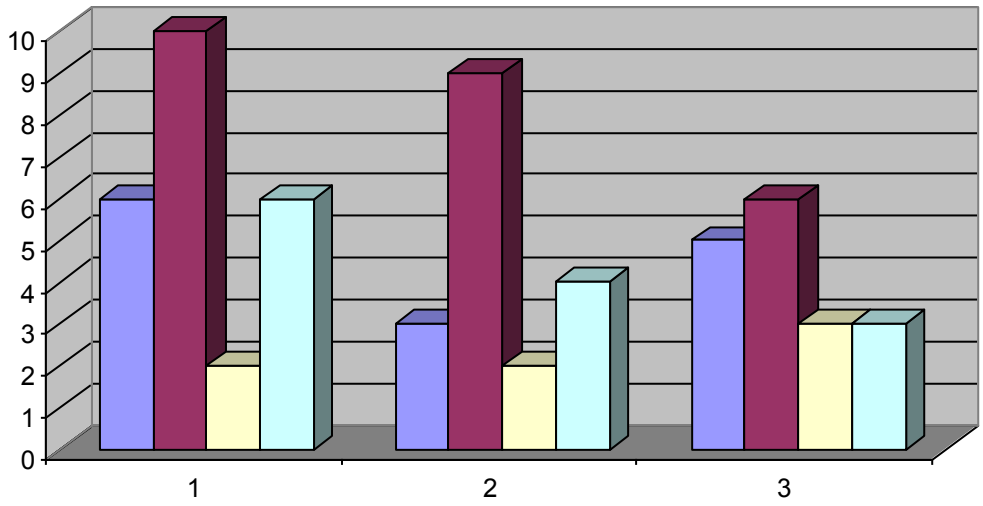
été observée sur les 3 premiers critères choisis. Par exemple le rendu de production professionnelle est passé de 15, 35 et 30 points sur 100 à respectivement 50, 60 et 65. L'engagement dans le travail d'équipe est passé de 20, 35 et 40 à respectivement 55, 65 et 60. Les deux derniers critères ont connu une amélioration moins nette notamment pour les cas 1 et 3 qui ont augmenté seulement de 15 et 0 pour le critère 4 et de 10 et 0 pour le critère 5. Mais ils étaient déjà élevés sans l'application du framework.

2.1.4 Utilisation des TIC

L'application du cadre d'évolution favorise-t-elle l'utilisation des TIC chez les étudiants ?

La maîtrise des TIC devient un pré requis pour l'insertion professionnelle. Nous essayons d'évaluer l'utilisation des TIC et la dépendance de l'application du cadre vis-à-vis des TIC. Nous avons classé les TIC utilisés en deux catégories :

- *Les outils qui sont apparus comme facultatifs*. Par exemple la diffusion des instructions de l'enseignant peut être aussi bien faite par un dépôt électronique de documents que par distribution de polycopiés de cours papier, certes plus coûteuse et moins pratique, mais remplissant la fonction attendue.
- *Les outils indispensables vis-à-vis des activités pédagogiques, qu'ils soient individuels ou collectifs*. Par exemple, il est difficile de remplacer un outil professionnel de conception d'IHM ou encore une base de données de partage de documents pour un travail collectif. Pour évaluer cette dépendance, nous avons comptabilisé d'une part le total des outils différents TIC utilisés et d'autre part le total des outils indispensables. Les chiffres ont été calculés d'après les scénarios mis en place. Les résultats sont regroupés dans le graphique de la figure 18.



Pour chacun des 3 cas d'études : nombre d'outils TIC a) utilisés sans puis avec l'application du cadre b) indispensables sans puis avec l'application du cadre.

Figure 18 – Évolution de l'importance des TIC

De nombreux outils étaient utilisés : messagerie, traitement de texte, tableur, messagerie, etc. Dans ces filières technologiques l'utilisation des TIC ne posait pas de problèmes, tous les étudiants étaient habitués à leurs usages. Le critère d'utilisabilité n'a pas été étudié car il ne posait pas de problème. Cependant l'utilisation du framework a induit une augmentation du nombre d'outils TIC utilisés. Le nombre d'outils utilisés est passé respectivement pour les 3 cas d'étude de 6 à 10, de 3 à 9 et de 5 à 6 outils. Cependant l'utilisation du framework a rendu la pédagogie plus dépendante des technologies, au moins pour les deux premiers scénarios. Certes sans l'application du framework, les 3 modules nécessitaient des outils TIC mais en petit nombre et seulement pour les séances de travaux pratiques. L'utilisation du framework a étendu leur nécessité à la plupart des temps de séances en face à face et, a, pour les deux premiers cas, fait augmenter le nombre d'outils indispensables, respectivement de 2 à 6 et de 2 à 4 (pour le troisième, il est resté stable).

2.1.5 Métiers d'enseignants et connaissances dispensées

L'application du cadre d'évolution a-t-elle un impact significatif sur le métier de l'enseignant et sur les connaissances dispensées ?

Dans cette section nous étudions l'impact de l'application du cadre sur l'enseignement. D'abord du point de vue du travail de l'enseignant. Les questions posées

aux enseignants utilisent, pour chacune des six questions, une échelle de Likert sous la forme : 1. Plus sans la méthode ; 2. Plutôt plus sans la méthode ; 3. Équivalent ; 4. Plutôt plus avec la méthode et 5. Plus avec la méthode. Vis-à-vis du travail de l'enseignant le questionnaire comportait les six questions suivantes :

1. *Satisfaction sous l'angle professionnel.*
2. *Quantité de travail à fournir pour le suivi des étudiants.*
3. *Nécessité d'une plus grande régularité dans le travail.*
4. *Nécessité d'un travail de préparation plus important la première fois.*
5. *Nécessité d'un travail de préparation plus important les années suivantes.*
6. *Possibilité pour l'enseignant de tenir à jour ses connaissances.*

Les résultats sont regroupés dans le graphique de la figure 19.

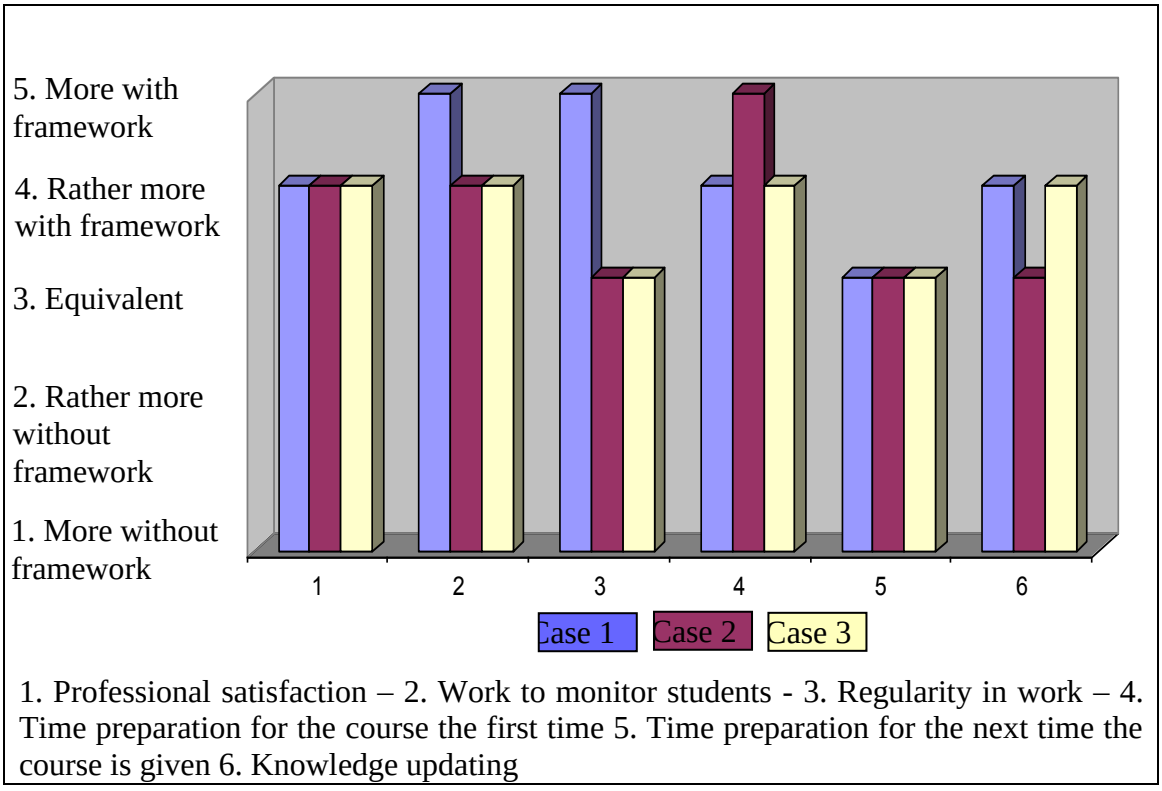


Figure 19 – Évolution du métier de l'enseignant

Les trois cas d'étude montrent que l'application du framework induit une évolution sensible du métier de l'enseignement. Les trois enseignants concernés par les trois cas d'études s'accordent à montrer une augmentation de leur satisfaction sous l'angle professionnel. Cette évolution positive a cependant une contrepartie dans le temps passé à suivre les étudiants, la régularité et le temps de préparation au moins lorsque le cours est donné la première fois. Il est à noter que l'utilisation du framework donne aussi plus d'occasion à l'enseignant de mettre à jour ses connaissances. Notre analyse est que

l'évolution du nombre d'interactions étudiant/enseignant, figure 20, est enrichissante non seulement pour les étudiants mais aussi pour les enseignants.

2.1.6 Interactions étudiants et acquis pédagogiques

L'application du cadre d'évolution a-t-elle un impact sur les interactions étudiants et les acquis pédagogiques ?

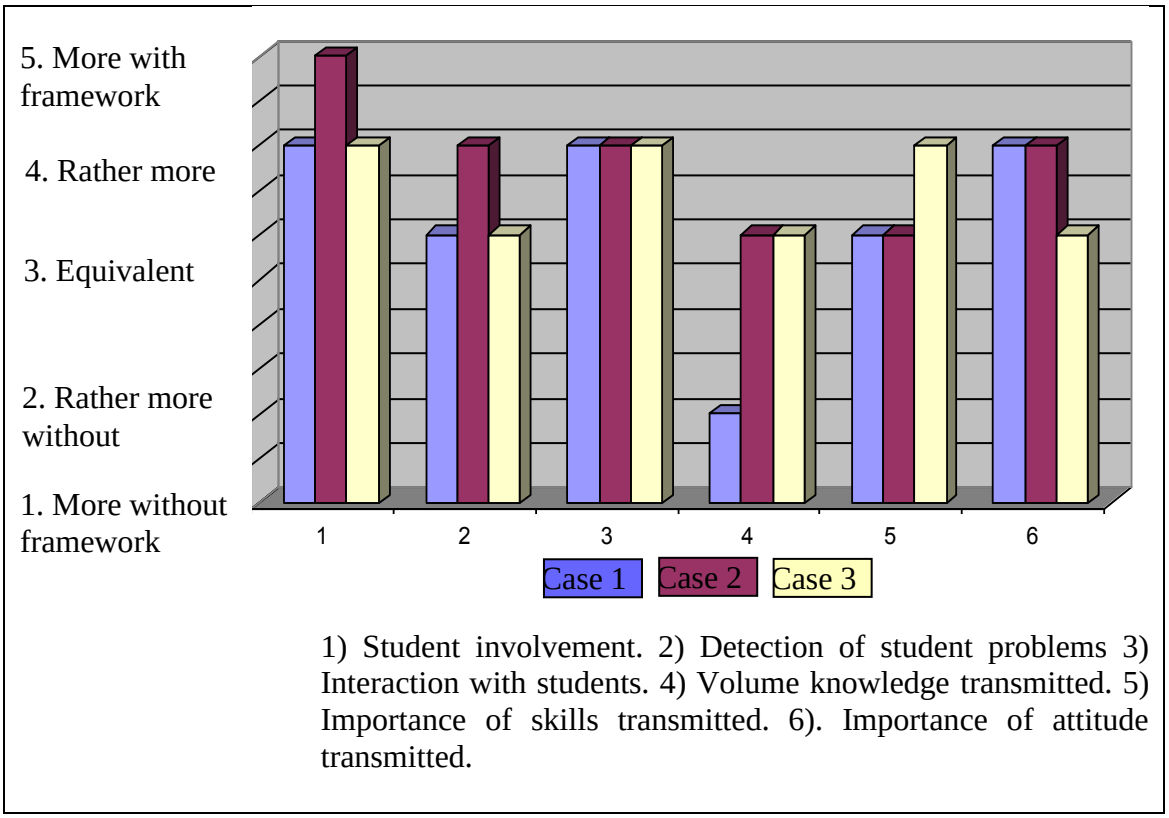


Figure 20 – Évolution des interactions et des acquis des étudiants

Les questions posées aux trois enseignants des trois cas d'études utilisent la même échelle de Likert que précédemment. Les questions posées étaient les suivantes :

1. *Implication des étudiants.*
2. *Détection des problèmes étudiants.*
3. *Interaction avec les étudiants.*
4. *Volume des savoirs transmis.*
5. *Importance des savoir-faire transmis.*
6. *Importance des savoir-être transmis.*

Les résultats sont regroupés dans le graphique de la figure 20.

L'utilisation du framework a montré une amélioration des interactions et de la participation des étudiants avec une relation enseignant/étudiant qui favorise la

détection des problèmes pédagogiques. Globalement il y a une stabilité des acquis de savoir et de savoir-faire (skills) et une augmentation des acquis en savoir-être (attitude). La baisse des acquis des connaissances pour le cas 1 est circonstancielle. Elle a été analysée comme une difficulté à maîtriser les nouveautés spécifiques introduites dans le contenu à traiter.

2.1.7 Conclusion sur la modélisation des interactions d'enseignement

En s'appuyant sur 30 ans d'enseignements universitaires à différents niveaux d'études et sur une bibliographie pour la plupart issue de travaux universitaires nous avons proposé un cadre d'évolution des modules d'acquisition de connaissances disciplinaires. Ce cadre a été conçu pour servir de modèle à l'évolution des modules disciplinaires en vue de les enrichir par l'apprentissage de compétences professionnelles et cognitives de haut niveau. Ce cadre est basé sur 7 principes (fig. 1.13).

A travers son application à différents cas d'étude, dont les 3 déjà cités et décrits en détail dans l'article [Warin, Kolski, Sagar, 2011], nous avons montré que les scénarios ont été systématiquement appréciés par les apprenants. L'absentéisme a été quasi-nul et l'implication a été forte tout au long de ces années de pratique (figure 17). L'acquisition de compétences de haut niveau (analyse, synthèse et argumentation) a été améliorée (figure 17). Les apprenants ont dû apprendre à travailler en équipe et donc communiquer, négocier, confronter leurs points de vue, etc. L'apprenant s'est senti plus responsable de son travail notamment par rapport à l'équipe et réciproquement il a obtenu de l'équipe une reconnaissance, ce qui a favorisé son implication et sa motivation. Les travaux fournis ont été souvent de qualité professionnelle (figure 17). Le bénéfice des activités professionnelles pratiquées, comme la rédaction de comptes rendus ou de rapports techniques, s'est retrouvé lors des stages de fin d'étude. De nombreux anciens apprenants en situation professionnelle ont souligné l'importance de faire supporter les apprentissages disciplinaires par des apprentissages de compétences. La place des connaissances disciplinaires étant souvent moins importante en situation professionnelle qu'à l'université.

Le mode d'évaluation a été quasi-unanimement apprécié tant pour sa forme, que pour sa pertinence à favoriser les apprentissages et sa capacité à refléter le niveau d'acquisition des étudiants. De plus nous avons observé que le dialogue constant, l'introduction pour une partie dans la notation du travail en séances, permet de mieux faire accepter les notes des examens par les étudiants.

Cependant, même s'il a été apprécié, une partie des apprenants et des enseignants ont admis qu'il peut devenir lourd. Même s'il a demandé une part importante de travail et de disponibilité, le rôle de l'enseignant a été plus varié et plus motivant. Les enseignants ont pu pratiquer une pédagogie personnalisée, souple et adaptée aux différents profils des étudiants en personnalisant leurs conseils dans les différents projets.

Nous avons montré que malgré la diversité des pédagogies mises en place[6], le cadre d'évolution proposé permettait d'expliquer les scénarios mis en place et pouvait ainsi servir de cadre d'évolution aux modules disciplinaires pour les faire évoluer positivement.

[6] Dans nos expérimentations, il s'agissait de modules aux volumes horaires relativement restreints (18 à 25 heures) au cours desquels les 7 principes, sauf celui de l'évaluation du processus d'enseignement, ont été constamment appliqués. Une piste de recherche serait d'étudier l'application de cadre sur des enseignements aux volumes horaires plus conséquents (50 à 100 heures).

2.2 MULTI-RÔLES PROJECT (MRP) : UNE NOUVELLE METHODE DE PEDAGOGIE PAR PROJET

Les outils informatiques pour supporter la pédagogie universitaire sont souvent conçus comme des boîtes à outils à disposition de l'enseignant. Les plateformes de e-learning actuelles comme Moodle en sont un bon exemple. C'est la partie amont du cycle de vie du logiciel qui est alors traité. Dans cette partie de nos travaux nous nous intéressons à la partie aval. Plus précisemment, nous nous sommes intéressés à la définition d'une méthode de pédagogie par projet.

Depuis le début des années 80, une nouvelle forme d'enseignement s'est développée : le projet étudiant[7]. Cette forme d'enseignement rompt avec l'enseignement traditionnel de type transmissif puisque les étudiants travaillent en équipe. Cependant cette innovation s'est faite depuis le terrain, sans méthode préalablement définie. Ainsi au début des années 2000, il n'existait aucune méthode pédagogique complète et systèmatique pour encadrer cette nouvelle forme d'enseignement.

A partir de 1999, une partie de nos travaux de recherche a consisté à définir une méthode pédagogique pour encadrer cette nouvelle forme d'enseignement. Nous avons abouti à une première expression de cette méthode, la méthode Mepulco-Université [Talon, Toffolon, Warin, 2005], [Leclet, Quénu-Joiron, Talon, Warin, 2006]. A partir de 2007, nous lui avons donné une nouvelle orientation [D'Halluin, Hoogstoel, Warin, 2008]. Nous avons donc développé une nouvelle méthode de pédagogie par projet : la méthode Multi-Rôles Project[8] (MRP). Cette méthode MRP est destinée à encadrer l'enseignement 'Projet étudiant' tant du côté des enseignants que du côté des étudiants.

Comme nous l'avons rappelé ci-dessus, cette méthode a été développé d'une manière iterative et incrémentale sur une centaine de projets étudiants encadrés sur quinze ans [Talon, Toffolon, Warin, 2005], [Leclet, Quénu-Joiron, Talon, Warin, 2006], [D'Halluin, Hoogstoel, Warin, B., 2008]. Nous en présentons la dernière version. Le lecteur pourra trouver d'autres détails dans [Warin, Talbi, Kolski, Hoogstoel, 2016], [Warin, 2015] et des exemples de réalisation sur le site du groupe Mepulco [http://mepulco.net].

[7] Il s'agit de ce qui est appelé projet tutoré, projet de synthèse ou *Capstone*.
[8] Originellement appelée Mepulco-Université

2.2.1 Motivations

Les objectifs pédagogiques des projets étudiants sont de développer des :

1. Expériences de travail proche des **réalités professionnelles basées sur des compétences de management de projet** : qualité, division des responsabilités, division du travail, planification, connaissance des coûts de production, …
2. Compétences **métier spécifique** à leur formation (rédaction de cahier des charges, conception et développement de logiciels, réalisation d'appareillage divers, etc.).
3. **Aptitudes au travail collectif** ; notamment la pratique et l'acquisition de compétences de haut niveau telles la confrontation de points de vue, la résolution de conflit, la négociation, le travail collaboratif, mais aussi l'auto-organisation, la communication inter-personnelle, la communication de groupe, etc.
4. Règles de savoir-être qui procurent **l'autonomie dans son travail** et sa vie personnelle.

2.2.2 Difficultés pédagogiques

La création de cette méthode est partie du constat que [Talon, Toffolon, Warin, 2005] :

1. Les étudiants avaient du mal à :
    1. Analyser les opportunités et les risques des situations proposées.
    2. Cerner la quantité de travail à faire.
    3. Analyser et structurer le travail à effectuer.
    4. Planifier par avance et répartir le travail à faire pour produire ensuite la réalisation demandée.
    5. Travailler ensemble.
    6. Produire des réalisations de qualité professionnelle et des documentations solides. Ainsi le résultat des projets était souvent peu utilisé, les mêmes sujets reviennaient d'une année sur l'autre et l'intégration, dans un projet plus vaste, des réalisations faites s'avèrait difficile.
2. Les tuteurs et enseignants :

7. N'étaient pas ou peu formés à encadrer de tels projets. Ils ne savaient pas dans quelle mesure ils devaient intervenir et quelle quantité de travail ils devaient fournir.
8. Avaient du mal à fournir une évaluation fiable des étudiants. Il était difficile de cerner la part de chacun. Il arrivait souvent que la majeure partie du travail soit faite par seulement une partie de l'équipe sans que l'on puisse nuancer les notes individuellement.

3. Les porteurs de projet ou clients (ceux qui expriment les besoins du projet à réaliser) :
    9. Avaient du mal à exprimer leurs besoins.
    10. Avaient d'autres préoccupations qui se synchronisaient parfois mal avec la disponibilité partielle des étudiants et la date de soutenance du projet fixée par avance.
4. Le manque de méthode d'encadrement des projets conduisait à ce que :
    11. Le contenu pédagogique des projets était mal aligné avec le contenu des formations. Il était assez difficile de faire apprendre une partie précise d'un curriculum à l'aide d'un projet étudiant. Les projets étudiants devenaient ainsi souvent une sorte d'excroissance de la formation.
    12. Les étudiants n'apprenaient pas forcément ce qu'il est souhaitable qu'ils apprennent, voire parfois n'apprenaient rien du tout.
    13. Les notations n'étaient pas assez justifiées et fiables.
    14. L'encadrement des projets était mal valorisé dans le service d'enseignement et dans la carrière des enseignants. Ce qui pérennisait et renforcait toutes les autres insuffisances constatées dans l'exercice "Projet".

2.2.3 Méta-principe et Principes

La méthode se base sur le méta-principe que "la réalisation d'un projet étudiant est un jeu de rôles basé sur la réalisation par l'équipe étudiante de deux projets : un projet pédagogique et un projet productif". Ce méta-principe prescrit l'organisation à mettre en place avant de commencer l'enseignement, à savoir : un projet pédagogique et un projet productif doivent avoir été proposés, et des encadrants doivent avoir été nommés pour jouer un ou plusieurs rôles. Il sert aussi de lettre de mission pour les encadrants et les étudiants pour le déroulement des projets.

La méthode définit aussi un cadre conceptuel d'obligation de fonctionnement pour les équipes d'étudiants. Ce cadre est composé de cinq principes que les équipes doivent mettre en œuvre lors du déroulement de leurs projets.En effet, un des points crucial pour réussir un projet est de savoir travailler en équipe. La méthode MRP pose le respect de cinq principes pour travailler en équipe :

1. Distribution des responsabilités
2. Interactions et sollicitations régulières de l'équipe
3. Avancement agile basé sur la roue[9] de la qualité
4. Gestion ouverte des communications et des contenus
5. Alternance travail individuel / travail collectif avec une Interdépendance positive

Principe 1. Distribution des responsabilités

Le premier principe de la méthode repose sur le postulat qu'il n'y a pas de travail collectif efficace sans une répartition des responsabilités. Pour les projets étudiants selon la méthode *Multi-Rôles Project* on distingue au moins quatre types de rôles : l'étudiant, le tuteur pédagogique, le client et l'expert. Ces rôles sont présentés plus en détail au *chapitre 2 – Les projets étudiants* de [Warin, 2012-2015]. De plus, pour chaque tâche à effectuer au sein de l'équipe, les responsabilités doivent être clairement établies en utilisant la technique de la matrice RACI. Cette technique est rappelée dans [Warin, 2012-2015, p. 24]

Principe 2. Interactions et sollicitations régulières de l'équipe

Le deuxième principe repose sur le postulat que les projets avancent mieux s'il y a des interactions et des sollicitations régulières de l'équipe. Au sein de la méthode MRP, ces interactions et sollicitations régulières sont de principalement trois types :

a. Les réunions
b. La tenue d'un site Web de suivi de projet
c. Les demandes de livrables intermédiaires

Principe 3. Avancement agile basé sur la roue de la qualité

a. La roue de la qualité

Le troisième principe part du postulat que la roue de la qualité favorise l'atteinte d'objectifs ambitieux mais réalistes chez les étudiants. Dès le début, chaque membre

[9] La roue de la qualité, encore appelée roue de Deming, est une représentation symbolique, en forme de roue, qui modélise l'enchaînement des 4 attitudes à avoir dans l'exécution d'une tâche : Plan (Planifier), Do (Faire), Check (Vérifier) et Act (Améliorer).

doit produire une liste de tâches à faire (TODO List) des travaux qu'il pense devoir exécuter pour les projets : pédagogique et productif. Ensuite, au cours des toutes premières réunions, l'équipe doit transformer collectivement ces différentes TODO List en un premier planning prévisionnel d'équipe. Puis chaque membre et l'équipe exécutent les tâches prévues dans leurs plannings, vérifient leurs bons achèvements et améliorent le fonctionnement et le planning de l'équipe. En d'autres termes, le travail de l'équipe doit appliquer la roue de la qualité de Deming [Shewhart, 1939] : *Plan* (Planifier), *Do* (Faire), *Check* (Vérifier) *et Act* (Améliorer).

b. Planification agile

Les étudiants ont du mal à planifier les activités à faire sur une longue période. Un complément à la Roue de la qualité est d'emprunter à la méthode agile SCRUM (cf. §1.7.2) son système de planification itérative. Au début on a plutôt une TODO List puis à chaque *Sprint* (période limitée de travail), on ne planifie que le *Sprint* à venir et on détaille ou met à jour la TODO List.

Principe 4. Gestion ouverte des communications et des contenus

Le quatrième principe de la méthode repose sur le postulat qu'un travail collectif doit s'appuyer sur une gestion ouverte des communications et des contenus. Dans l'état actuel de la technologie, le mieux est la tenue régulière par l'équipe d'un site web de suivi de projets. Il existe de nombreuses possibilités à commencer par "Google site" mais des moyens plus sophistiqués, comme Wordpress, peuvent être utilisés. MRP préconise que ce site Web comporte sept sections (Figure 21) :

- « **Accueil** » qui souhaite la bienvenue et indique au minimum le nom, le logo de l'équipe projet, la nature du projet, la nature du site (site Web de suivi de projet) et les dates de début et de fin du projet.
- « **Présentation** » qui précise le but et le cadre du projet.
- « **Réunions** » qui fournit un récapitulatif des différentes réunions et offre des hyperliens vers les ordres du jour et les comptes rendus.
- « **Membres** » qui présente l'équipe et les différents acteurs du projet.
- « **Livrables collectifs** » qui offre une fonction de bibliothèque du projet pour ce qui concerne les productions collectives.
- « **Livrables individuels** » qui offre une fonction de bibliothèque du projet pour ce qui concerne les productions individuelles (hors comptes rendus de réunions).

- « **Liens** » qui propose des liens d'intérêts pour le projet vers d'autres sites : groupe *Mepulco*, site de l'Université, etc.

Figure 21 – Page d'accueil d'un site Web de suivi de projet [Bardet *et al.*, 2015]

Les sites d'un certain nombre de projets encadrés avec la méthode *Multi-Roles Project* peuvent être consultés à l'adresse http://mepulco.net. Cependant depuis quelques années, de plus en plus de sites de suivi de projet encadrés avec la méthode *Multi-Roles Project* (anciennement appelé *Mepulco-Université*) sont hébergés sur des plateformes qui nécessitent une authentification (login + mot de passe). Ils sont de ce fait inaccessibles au grand public.

Principe 5. Alternance travail individuel et travail collectif avec une Interdépendance positive

Le cinquième principe de la méthode repose sur le postulat que pour être effectif et efficace le travail collectif doit être organisé avec alternance de travail individuel et de travail collectif dans un contexte d'interdépendance positive entre les membres.

L'interdépendance positive consiste à avoir besoin d'un ou plusieurs autres membres de l'équipe pour avancer. Par exemple, il est peut être préférable de donner une consigne ou une copie d'un document à un membre de l'équipe. Le dépositaire de l'information a la nécessité de retransmettre la consigne ou le document aux autres

membres. Ou encore, on peut convenir que seul le 'Chef de projet' peut poser directement des questions au client (bien entendu à période régulière les affectations de rôles peuvent tourner au sein de l'équipe). Charge à lui d'organiser des réunions pour discuter auparavant avec les autres membres de l'équipe des questions à poser. Ces pratiques sont laissées à la discrétion des équipes, elles renforcent l'esprit d'équipe et la confiance en soi.

L'alternance travail collectif / travail individuel va dans le même sens et permet aussi de contrebalancer la lenteur relative du travail collectif.

Vue générale

La figure 22 montre une vue générale des connections et relations du méta-principe, des cinq principes, des participants et des travaux que l'équipe des étudiants doit effectuer. Plus de détails pourront être trouvées sur le site du groupe Mepulco (http://mepulco.net).

A ce jour, après quinze ans d'élaboration et d'application itérative et incrémentale sur plus de 100 projets étudiants, la méthode est opérationnelle.

Elle a montré sa pertinence pédagogique, c'est-à-dire sa capacité à faire travailler individuellement et collectivement les étudiants tout en leurs faisant acquérir des connaissances et compétences métier.

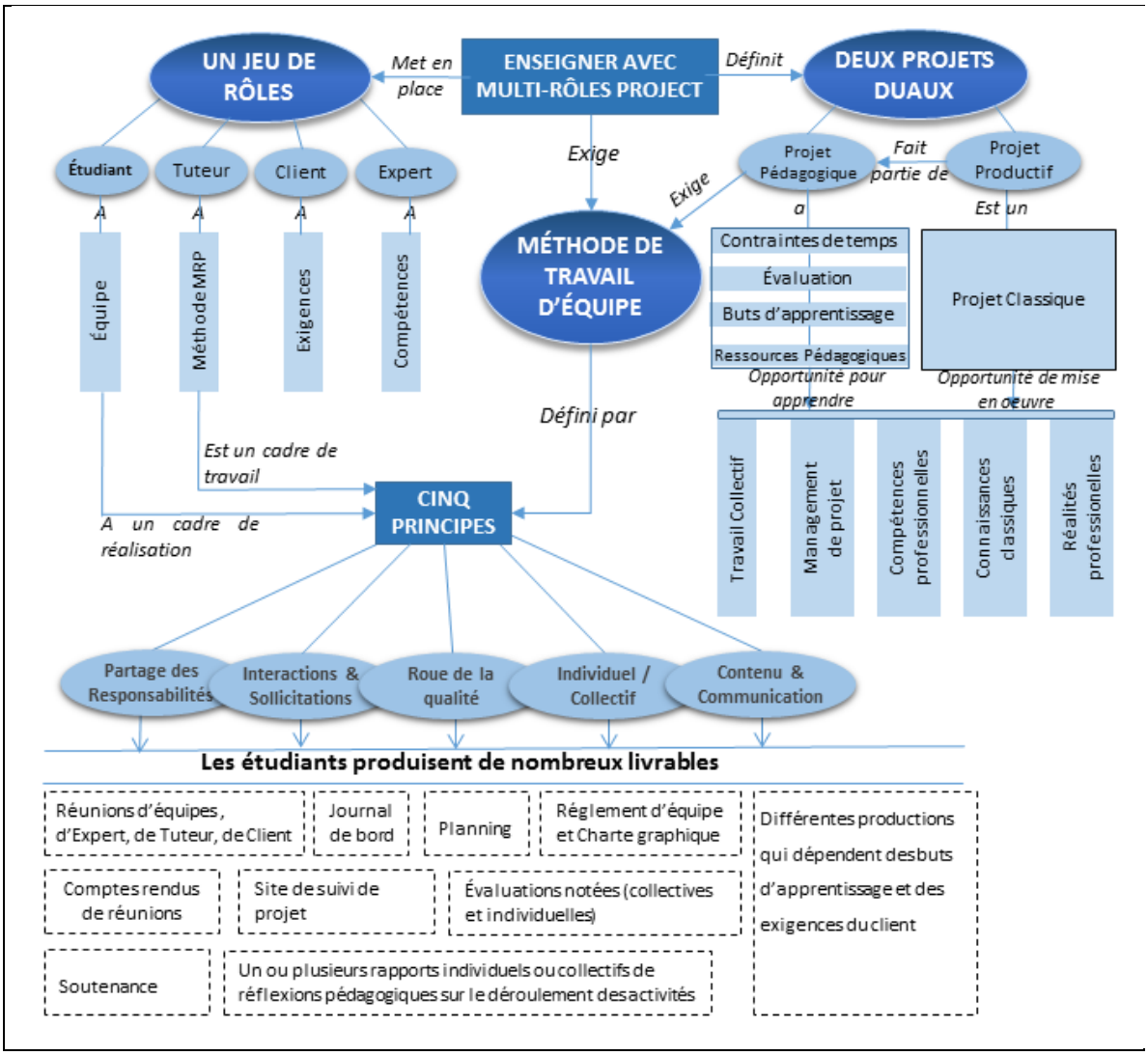


Figure 22 – Vue générale de la méthode Multi-Rôles Project

2.2.4 Application

Cette section rapporte une application complète relativement à un enseignement de Projet Système d'Information (PSI) dispensé à une promotion d'étudiants de niveau bachelor. Il est à noter que l'application du cinquième principe "Communications ouvertes et gestion des contenus" de la méthode MRP a été entièrement implémentée à l'aide de la plateforme Moodle qui est la plateforme la plus utilisée par les cours universitaires [Escobar-Rodriguez, Monge-Lozano, 2012].

L'enseignement PSI

L'application présentée concerne l'enseignement PSI donné à 41 étudiants de quatrième année de la spécialité "Génie informatique et statistiques" dispensé à la grande école française d'ingénieurs Polytech Lille [Polytech, http]. Les 41 étudiants étaient répartis en huit équipes de cinq ou six étudiants et l'enseignement s'est déroulé sur 15 semaines en 2013 durant lesquelles 12 séances d'enseignement de 4h00 étaient mises à l'emploi du temps. Les étudiants avaient obligation d'émarger une feuille de présence en début et en fin de séance. De plus, chaque étudiant devait fournir un travail hors séances de 48 heures supplémentaires pour correspondre aux quatre European Credits Transfer System (ECTS) [ECTS, 2009] attribués à l'enseignement PSI.

Les heures étaient validées grâce aux journaux de bord individuels que la méthode MRP demande de tenir à jour tout au long du projet. Cet enseignement PSI a commencé par une séance inaugurale durant laquelle la méthode MRP et le projet productif étaient présentés. Il se terminait par une soutenance collective pour chacune des équipes. Au cours de cette soutenance, les équipes devaient défendre les choix et les réalisations faits dans leur projet productif devant l'ensemble des encadrants. Ils devaient aussi rendre un rapport pédagogique composé d'une partie collective et d'une partie individuelle. Dans la partie collective, les étudiants devaient présenter la mise en place de leurs équipes tout au long du projet, analyser l'articulation entre le travail collectif et les travaux individuels de chacun, les principales difficultés rencontrées par l'équipe et les moyens mis en œuvre pour les surmonter. Dans la partie individuelle de ce rapport pédagogique, chaque étudiant présentait son activité puis analysait les apprentissages qu'il avait réalisés pour chacun des domaines de connaissances visés par le projet. Une critique constructive sur le déroulement de l'enseignement PSI était aussi demandée.

Le projet pédagogique

Le premier but du projet pédagogique était de comprendre la méthode MRP et de l'appliquer à l'enseignement PSI. Les équipes avaient à leur disposition les deux kits définissant la méthode MRP [Warin, 2012a] et leur projet pédagogique [Warin 2012b]. Ils avaient aussi accès à une douzaine de projets des années précédentes [mepulco, http]. Le début de PSI était majoritairement réservé à la réalisation du projet pédagogique. Ainsi les étudiants, en équipe ou individuellement, devaient régulièrement rendre des livrables pédagogiques sur la méthode MRP. Par exemple en 2013, les étudiants devaient élaborer une carte conceptuelle qui répondait à la question "Quels sont les

concepts principaux de la méthode MRP". Ils devaient établir le règlement de leur équipe, une charte graphique pour les futures productions de l'équipe, leurs plannings prévisionnels de travail, etc. Les livraisons régulières de tels livrables pédagogiques permettaient de motiver les étudiants ; ils permettaient aussi aux experts de vérifier l'avancement des étudiants dans leurs apprentissages notamment de la méthode MRP.

Les autres objectifs pédagogiques définis dans le kit d'avancement pédagogique concernaient le domaine du génie logiciel. Plus précisément, il concernait l'analyse des besoins, la méthode de développement "Two Tracks Unified Process" (2TUP) [Roques et Vallée, 2007], le langage UML, la spécification des besoins et la conception logicielle. La méthode 2TUP est une méthode professionnelle de développement informatique qui commence par la création de deux processus en parallèle : un processus pour déterminer les besoins fonctionnels et un processus pour déterminer les besoins techniques. Ensuite les deux processus fusionnent pour réaliser la conception et la programmation finales du système. Dans le cas de PSI, les étudiants devaient apprendre et pratiquer uniquement les premières étapes du modèle : *capture functional requirements*, *analysis*, *capture technical requirements*, *technical generic design* and *preliminary design*. Ils devaient s'arrêter à la conception détaillée. La programmation effective n'était pas à faire.

Le projet productif

Le projet productif concernait le développement d'un système informatique pour équiper des bornes d'assistance implantées sur des pistes de ski. Le projet productif demandait aux étudiants dans un premier temps de faire la planification d'ensemble du projet de développement de ce système puis dans un second temps de faire le début de son développement. Le début du développement que les équipes d'étudiants devaient produire était la rédaction des spécifications fonctionnelles, du cahier des charges et des conceptions générales et détaillées. Pour développer le projet productif, l'énoncé spécifiait que les étudiants devaient utiliser la méthode de développement informatique "Two Tracks Unified Process" et le langage de modélisation UML qu'ils ne connaissaient pas.

Pendant les séances, quatre encadrants étaient simultanément à disposition des équipes étudiantes : deux ingénieurs de l'industrie et deux enseignants (maîtres de conférences). Chacun d'eux jouait un rôle ou plusieurs rôles :

1. Un encadrant jouait le rôle d'expert méthode MRP. Il devait s'assurer que les étudiants comprenaient et appliquaient la méthode MRP ;
2. Un encadrant jouait le rôle du client, propriétaire du domaine skiable, pour lequel le projet productif était conçu. Il définissait les besoins du projet en termes de fonctions à réaliser, de budget alloué et de délais à respecter ;
3. Un encadrant jouait le rôle d'expert gestion de projet. Il devait aider les étudiants dans leurs relations avec le client ;
4. Enfin un encadrant jouait plusieurs rôles : (1) Le rôle d'expert en analyse et conception, ayant à aider les étudiants dans l'apprentissage de la méthode 2TUP et du langage UML ; (2) le rôle d'expert Moodle, ayant à conseiller et répondre aux questions des étudiants sur l'usage de la plateforme Moodle (version 1.9.3).

Les principales interactions entres les experts et les étudiants étaient faites lors des réunions en séances. Les étudiants devaient demander un rendez-vous avec les experts et fournir un ordre du jour prévisionnel. Les experts validaient les ordres du jour et à chaque réunion un compte-rendu était rédigé et mis en ligne sur le site web de suivi de projet de l'équipe.

2.2.5 Synthèse des résultats sur le cas d'application

Applicabilité de la méthode MRP

La question de recherche posée est "Dans quelle mesure la méthode a été appliquée ?" Question centrale si on veut en montrer par la suite la pertinence des résultats. Le tableau 2 résume les résultats obtenus et montre sans ambiguïté que la méthode a été appliquée. Dans le tableau 2, le principe "Avancement agile basé sur la roue de la qualité" n'a pas été jugé suffisamment appliqué. Nous avons deux explications possibles. D'abord à cause du manque d'expérience de la pratique de la planification de la part des étudiants. Ensuite à cause du format trop rigide imposé : nous n'avions pas, à l'époque, présenté l'agilité que procure l'utilisation des Todo listes comme outils intermédiaires aux plannings.

Tableau 2 - Application de la méthode

Critères d'application	Validation
1. Implémentation de la dualité projet pédagogique / projet productif	*Oui*
2. Tenue des rôles	*Oui*
3. Distribution des responsabilités	*Oui*
4. Interactions et sollicitations régulières de l'équipe	*Oui*
5. Avancement agile basé sur la roue de la qualité	*Non*
6. Alternance travail individuel et travail collectif avec une interdépendance positive	*Oui*
7. Gestion ouverte des communications et des contenus	*Oui*

Développement d'expériences proches des réalités professionnelles, d'aptitude au travail collectif et d'autonomie

La question de recherche posée est "Dans quelle mesure les objectifs pédagogiques concernant le développement d'expériences proches des réalités professionnelles et de pratiques de travail collectif ont été atteints ?". Le tableau 3 résume les résultats obtenus et montre que la pratique et l'acquisition des pratiques professionnelles a été atteint dans tous les critères étudiés sauf celui concernant le partage des tâches.

Tableau 3 - Développement des soft skills

Pratiques professionnelles	Atteint
Comptabilisation et suivi du travail	*Oui*
Conduite de réunions	*Oui*
Distribution des tâches	*Non*
Pratique de la planification	*Oui*
Articulation travail individuel / Travail collectif	*Oui*

Travail et acquisitions des compétences métiers et de gestion de projet

La question de recherche posée est "Dans quelle mesure les habiletés métiers ont été développées par les étudiants ?" Les résultats des figures 23 et 24 montrent que la méthode donne une opportunité aux étudiants de travailler et que ce travail est

accompagné d'une élévation satisfaisante de leurs compétences (24) eu égards aux efforts fournis (23). C'est un résultat important car c'était une difficulté rencontrée lors des précédentes versions de la méthode au cours desquelles les étudiants se plaignaient de devoir travailler trop par rapport aux gains en compétences acquises.

La méthode d'analyse s'est basée sur les réponses des étudiants au questionnaire final qui a reçu 39 réponses. Cela est vrai pour 3 des 4 critères des figures 23 et 24. En effet, pour le critère "2 - compétences en gestion de projet" celui-ci n'avait pas été traité par le questionnaire. Les résultats, concernant la gestion de projet, sont donc une estimation. Cette estimation a été réalisée à partir d'une analyse approfondie des rapports pédagogiques rédigés par chaque étudiant en fin de projet. Il est à noter que dans ces figures 23 et 24, les apprentissages d'analyse des besoins, de spécifications des besoins et de conception informatique ont été regroupés sous le thème génie logiciel.

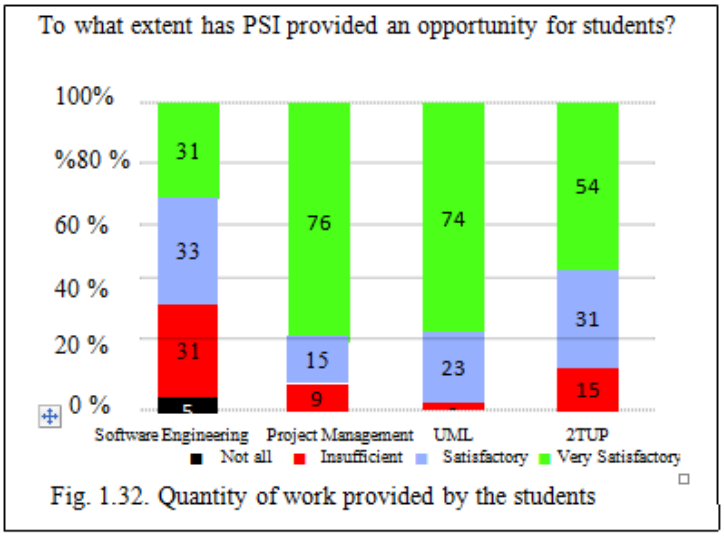


Figure 23 – Quantity of work provided by students

La figure 23 montre que 90% des étudiants ont évalué à "Très satisfaisant" ou "Satisfaisant" leurs progrès d'acquisition en génie logiciel, 88% des étudiants pour celles en langage UML et 77% pour les progrès d'acquisition concernant la méthode 2TUP. Ces résultats sont corroborés par l'évaluation des tuteurs qui ont noté que le niveau de qualité atteint par plus de 90% des étudiants a été satisfaisant ou très satisfaisant.

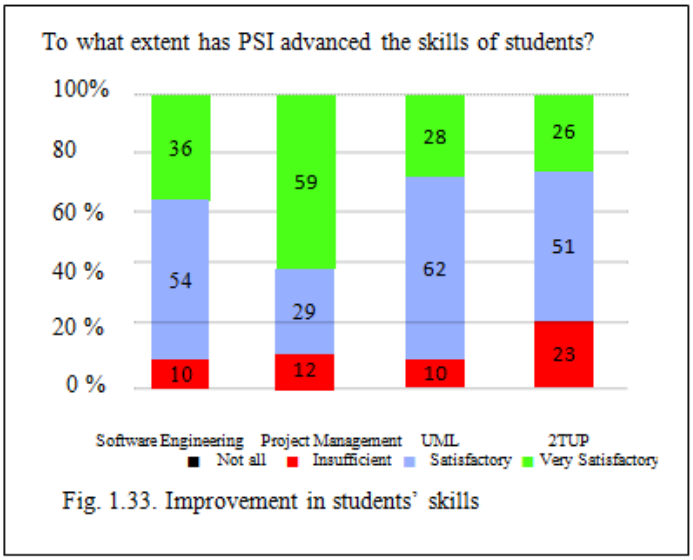


Figure 24 – Improvement in students'skills

La méthode MRP comme cadre de travail

La question de recherche posée est : "Dans quelle mesure l'application de la méthode MRP favorise-t-elle l'activité des étudiants ?". Cette question est importante car même si le travail n'est pas gage de progrès, il est rare que les étudiants qui ne travaillent pas progressent. Les résultats du tableau 5 montrent les retours des étudiants sur l'impact de la méthode MRP concernant la quantité du travail qu'ils ont fournie selon 4 thèmes et sur leur intention de réutiliser les principes de la méthode à l'occasion d'un autre projet.

La méthode d'analyse a été de reprendre les réponses aux 5 questions du questionnaire final qui concernait ce thème. Ils montrent que l'application de la méthode MRP favorise l'activité pédagogique des étudiants. L'engagement est fort. La ligne 1 du tableau 4 montre que la méthode MRP favorise la quantité de travail pour 69% des étudiants. La ligne 2 montre qu'elle favorise la pratique du travail méthodique pour 87% des étudiants, la pratique du travail collectif pour 77% et la qualité du travail rendu pour 77%. Enfin 79% des étudiants envisagent de réutiliser MRP au cours de leur vie professionnelle.

Tableau 4 - la méthode MRP comme cadre de travail

Cinq critères de pertinence	YES	NO
Quantity of work	69	31
Methododical work	87	13
Collective work	77	23
Quality of submitted work	77	23
Reuse of MRP	79	21

2.2.6 Conclusion

Nos travaux ont montré que MRP est une méthode de PjBL réutilisable. Notre analyse sur son application sur des projets étudiants dans une grande école française montre que les étudiants ont fortement appliqué la méthode, développé une intense communication pour se coordonner et acquis des connaissances techniques et non techniques à un haut niveau de satisfaction. La suite de cette recherche sera de mettre en place (1) un système d'évaluation par les pairs pour favoriser une meilleur distribution des tâches au sein des équipes et (2) des activités pédagogiques préliminaires pour faire acquérir aux étudiants les connaissances pour lesquelles une pédagogie par projet n'est pas optimale.

Pour que la méthode MRP soit diffusée à grande échelle, il faut que les enseignants puissent se l'approprier avec un effort raisonnable. Une première mesure a été la création de vidéos de formation à la méthode [http://mepulco.net]. Une seconde mesure sera la définition et la mise à disposition de projets pédagogiques/projets productifs prêts à être utilisés. Cela allégerait la tâche des enseignants utilisateurs de la méthode en les soulageant de cette lourde tâche de rédaction de projets pédagogiques et productifs.

2.3 OUTILS DE META-MODELISATION POUR LES *LEARNING MANAGEMENT SYSTEM*

Cette partie de nos travaux s'intéresse à la métamodélisation et à la transformation de modèles comme moyens de contrôler les implémentations de scénarios pédagogiques dans des LMS. Elle a suscité trois publications principales [Abdallah, Toffolon, Warin, 2008], [Drira, Warin, Laroussi, 2012] et [Drira, Laroussi, Le Pallec, Warin, 2012]. La première dans le cadre de la thèse de Firas Abdallah [Abdallah, 2009] et les deux autres dans le cadre des projets MIAOU, EUCUE, SAME2 et de la thèse de Rim Drira [Drira, 2010].

2.3.1 Dans le cadre de la thèse Firas Abdallah

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés au *Project-Based Collaborative*

Learning (PBCL). Cette pédagogie est souvent recommandée dans le monde académique. Elle est opposée à la pédagogie behavioriste. Pour de telles pédagogies, les standards tels IMS Learning Design ne sont pas satisfaisants pour exprimer un scénario PBCL. Dans cette recherche nous avons défini un méta-modèle spécifique à la PCBL (fig. 25) ce qui nous a permis de définir des scénarios PCBL et par transformation de modèles de les implémenter dans un Learning Management System (ici Moodle).

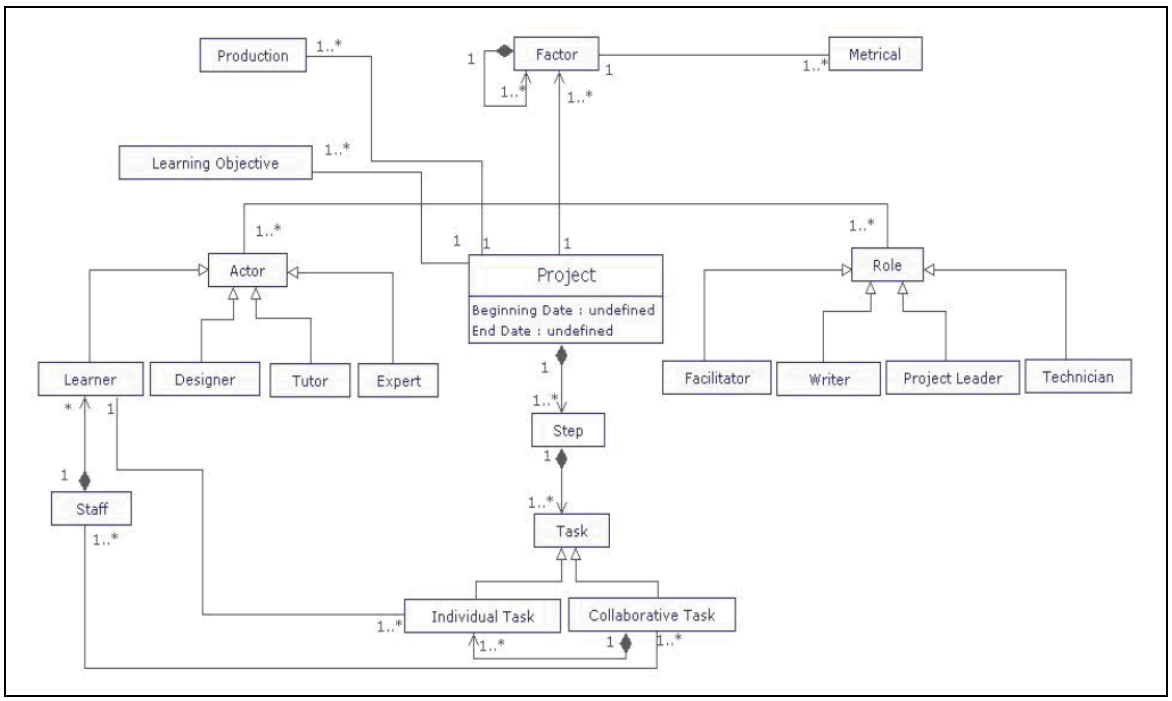


Figure 25 – Méta-modèle général de la PBCL [Firas, 2009]

Le tableau 5 présente les règles de transformation entre le méta-modèle PCBL et le méta-modèle de Moodle.

Transformation Rules	PBCL		Moodle		Semantic loss
	Class	Attribute	Class	Attribute	
Project2Course	Project	Project_title	Course	Full_name	Moodle does not comprise three concepts equivalent to: Project, Step, and Task. Impossibility of navigation between these three levels of conceptualization.
		Project_identifier		Course_ID_number	
		Project_start_date		Start_date	
		Project_end_date		End_date	
Step2Course	Step	Project_title+Step_title (concatenation)	Course	Full_name	
		Step_number		Course_ID_number	
		Step_start_date		Start_date	
		Step_end_date		End_date	
Task2Course	Task	Project_title+Stept_title+Task_title (concatenation)	Course	Full_name	
		Task_number		Course_ID_number	
		Task_start_date		Start_date	
		Task_end_date		End_date	
Task2Course	Task	Task_nature	Category in relation with Course	name	
Actor2User	Actor	First_name	User	First_name	
		Name		Surname	
		Type		Username	
Role2Role	Role	Role_identifier	Role	Description	
		Role_name		Name	
Project2Course	LearningObjective in relation with Project	Description	Course	Summary	

Tableau 5 – Transformation rules

Du point de vue réalisation de test de la faisabilité, nous avons suivi la démarche :

- a) Saisie du méta-modèle PBCL sous le logiciel ModX[10] [ModX, 2008] et sortie du scénario PBCL au format XMI via la function export de ModX.
- b) Modification à la main du scénario PBCL sorti par ModX pour le rendre compatible avec nos 12 transformations ATL. Il s'agit de modifications mineures comme par exemple la transformation de "(" en "[".
- c) Écriture des 12 transformations du méta-modèle PBCL vers le méta-modèle Moodle. Ces transformations (re)codent en quelque sorte les 2 méta-modèles (PBCL et Moodle). Ces transformations s'appuient sur le langage d'écriture de méta-modèles, KM3 définit par l'INRIA.
- d) Exécution sous Eclipse des 12 transformations pour obtenir un scénario opérationalisable sous Moodle exprimé en KM3.

La figure 26 présente un exemple de scénario PCBL (à gauche) et sa transformation

[10] ModX est un modeleur graphique qui permet de concevoir graphiquement des méta-modèles et par la suite de concevoir graphiquement des modèles conformes au méta-modèle conçu.

en scénario Moodle en utilisant les règles de transformation définies.

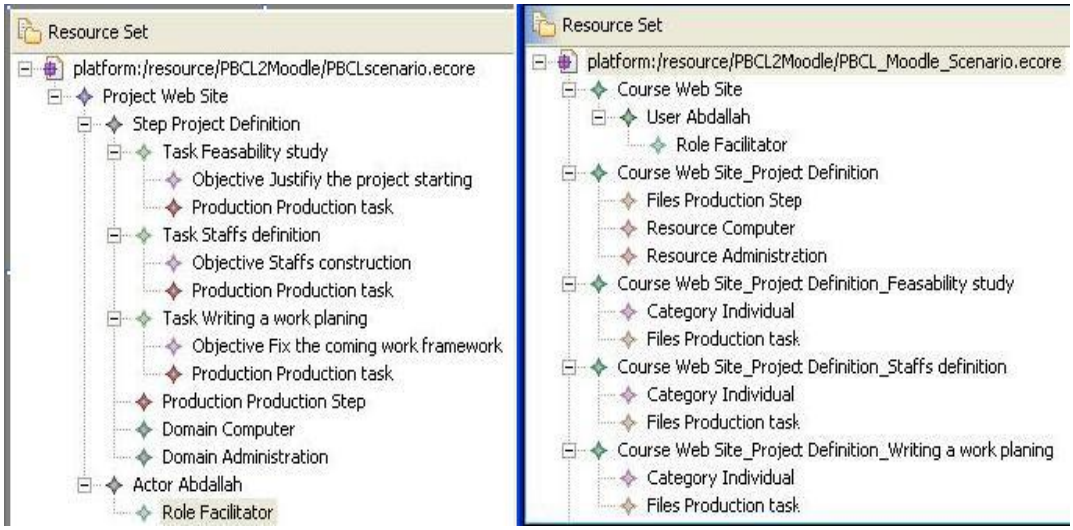


Figure 26 - PBCL scenario and transformed PBCL scenario

La transformation d'un scénario PBCL dans un scénario PBCL implémentable sous Moodle rend possible la mise en place d'une communication entre l'enseignant et l'ingénieur pédagogique en charge de la plateforme. L'enseignant, expert dans PCBL, peut maintenant élaborer son scénario en utilisant le méta-modèle de PCBL proposé. Ensuite, il peut le transformer en un scénario qui peut être implémenté dans le LMS Moodle en utilisant les règles de transformations. Le scénario transformé peut être transmis à l'ingénieur pédagogique qui à son tour le déploiera sous Moodle.

2.3.2 Dans le cadre de la thèse de Rim Drira

Préliminaires

Je n'ai pas co-encadré cette thèse mais de fait j'ai participé à ses avancées dans le sens où j'ai apporté la matière à l'évaluation des propositions de recherche, amélioré la formalisation des travaux, participé et co-dirigé la rédaction de deux publications.

Dans la partie "État de l'art" (cf. §1.3), nous avons vu que les Learning Management System (LMS) offrent de très riches possibilités pour faire apprendre les étudiants mais aucune ou très peu pour aider les enseignants à spécifier puis concevoir leurs enseignements. Ainsi la plupart des enseignants gèrent la préparation et la conception de leurs cours d'une manière plutôt artisanale et sont informatiquement peu outillés pour spécifier et concevoir leurs enseignements [Ottenbreit-Leftwich *et al.*, 2012].

Le thème de ce travail est la définition de scénarios pédagogiques couplée avec leur l'implémentation dans un LMS en utilisant une approche MDA mais cette fois-ci il s'agit

d'y intégrer des contraintes de contextualisation. Ces contraintes de contextualisation nécessitent d'adopter une vue systémique de l'élaboration des scénarios pédagogiques. En effet, un établissement d'enseignement peut contraindre l'utilisation d'une plateforme Par exemple, le Conseil d'Administration d'une école peut interdire l'utilisation de l'outil Chat. Par exemple pour limiter la tricherie ou les détournements d'usage des "Chat" à des fins ludiques. Un enseignant selon ses croyances pédagogiques peut vouloir forcer l'usage de certains outils ou l'utilisation simultanée de plusieurs outils différents. Ainsi un même scénario pédagogique peut être implémenté de manières différentes dans un même LMS pour respecter ces contraintes et ces croyances.

Les figures 27et 28 illustrent l'effet des contraintes de contextualisation. En effet ces deux figures représentent l'implémentation sous Moodle d'un même scenario pédagogique, ici le scénario Mepulco-Université[11] [http://mepulco.net]. La figure 27 montre son implémentation à l'Institut Universitaire de Technologie de l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO) et la figure 28 montre son implémentation sur la même plateforme Moodle en quatrième année de l'école d'ingénieur Polytech Lille.

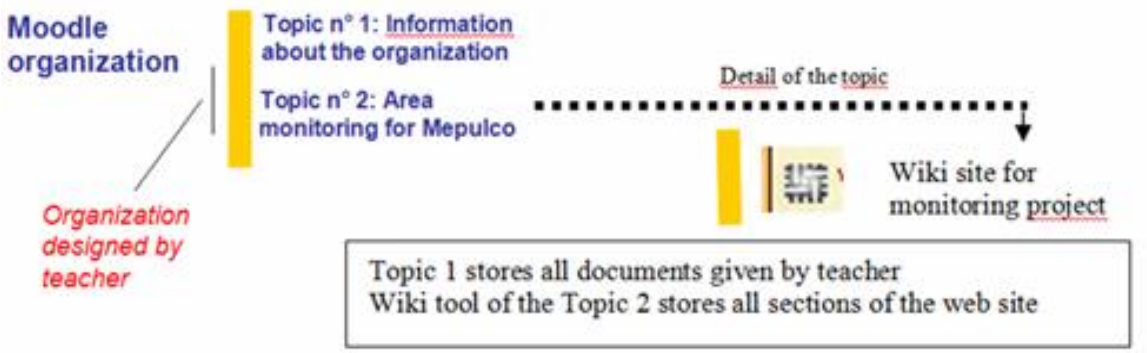


Figure 27 – Implémentation du scénarioMepulco-Université à l'IUT de l'ULCO sous Moodle [Drira, Warin, Laroussi, 2011]

[11] Ce scénario s'appelle maintenant **Méthode Multi-Rôles Project (MRP)**. Il a été présenté au § 2.2.

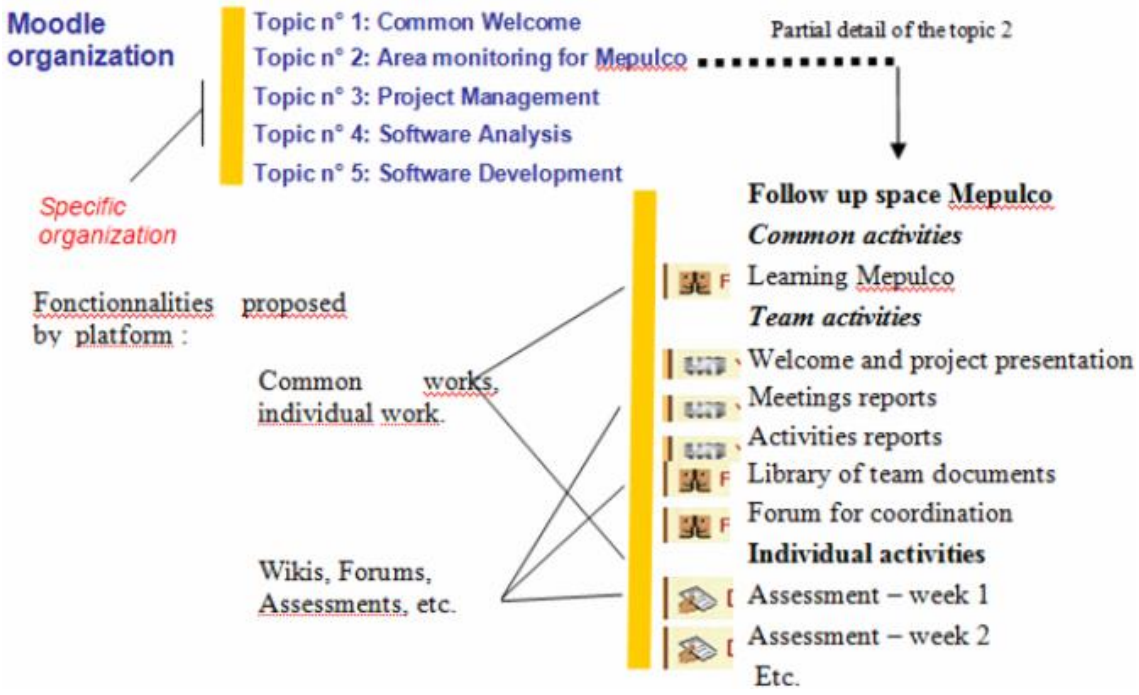


Figure 28 – Implémentation du scénario Mepulco-Université à l'école d'ingénieurs Polytech Lille [Drira, Warin, Laroussi, 2011]

Il est clair que ces deux implémentations sont fortement différentes. Dans la figure 27, la généricité a été mise en avant, la majeure partie de l'implémentation repose sur un seul outil, le wiki. Dans la figure 28, les outils sont nombreux et variés, forum, wikis, devoirs, etc. Les différences proviennent des différences de contraintes et des croyances entre les deux établissements et leurs enseignants puisque le scénario pédagogique est le même, Mepulco-Université, et la plateforme est la même, Moodle version 1.8 dans l'exemple choisi.

L'intégration des contraintes de contextualisation a été rendue possible par l'utilisation de l'approche *Assistance for Contextualized MoDeling of learning systems* (ACoMoD) [Drira, 2010]. ACoMod s'appuie sur l'outil GEN-IC pour définir les contraintes de contextualisation et sur l'outil GEN-COM pour réaliser la transformation semi-automatique du scénario pédagogique (Fig. 27) en une implémentation sur la plateforme cible en respectant les contraintes saisies.

L'outil GEN-COM (Fig 29) s'appuye sur le méta-modèle du scénario pédagogique d'un côté et sur le méta-modèle de la plateforme LMS de l'autre pour proposer à l'ingénieur pédagogique des choix d'implémentation que celui-ci valide ou non. Avant la validation l'outil intègre les contraintes de contextualisation saisis auparavant avec l'outil Gen-IC.

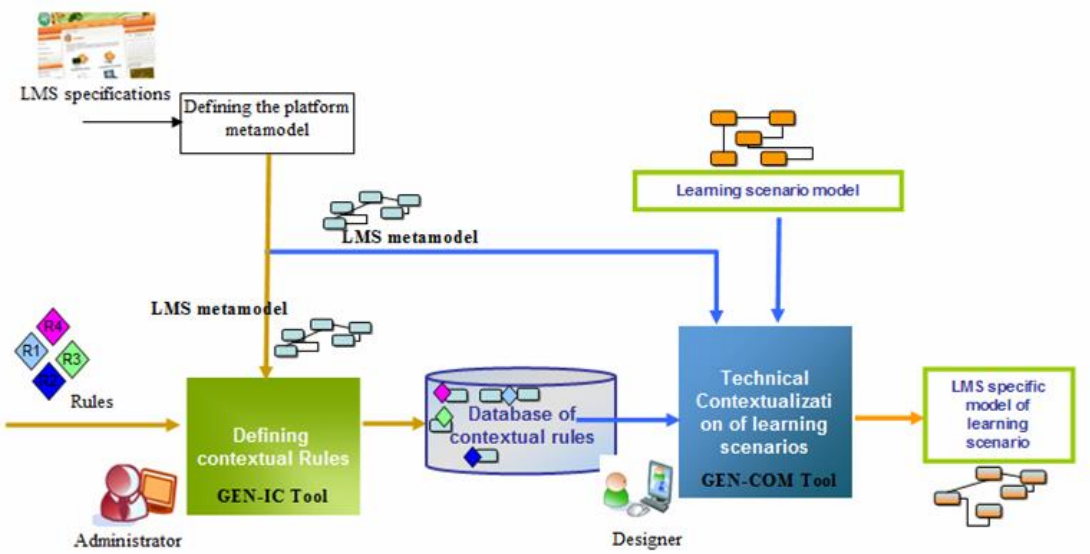


Figure 29 – Vue générale de l'approche ACoMoD avec ses deux outils

Figure 30 – Utilisation de l'outil GEN-COM

Le fonctionnement de GEN-COM est basé sur l'analyse des deux méta-modèles. Les figures 31 et 32 montrent respectivement le méta-modèle de la méthode Mepulco-Université et celui de la plateforme Moodle. Pour la figure 32, il s'agit en fait d'une

partie du méta-modèle Moodle, le méta-modèle complet étant trop énorme, plusieurs pages seraient nécessaires pour le donner. On trouvera plus de détails dans [El Mawas, 2013].

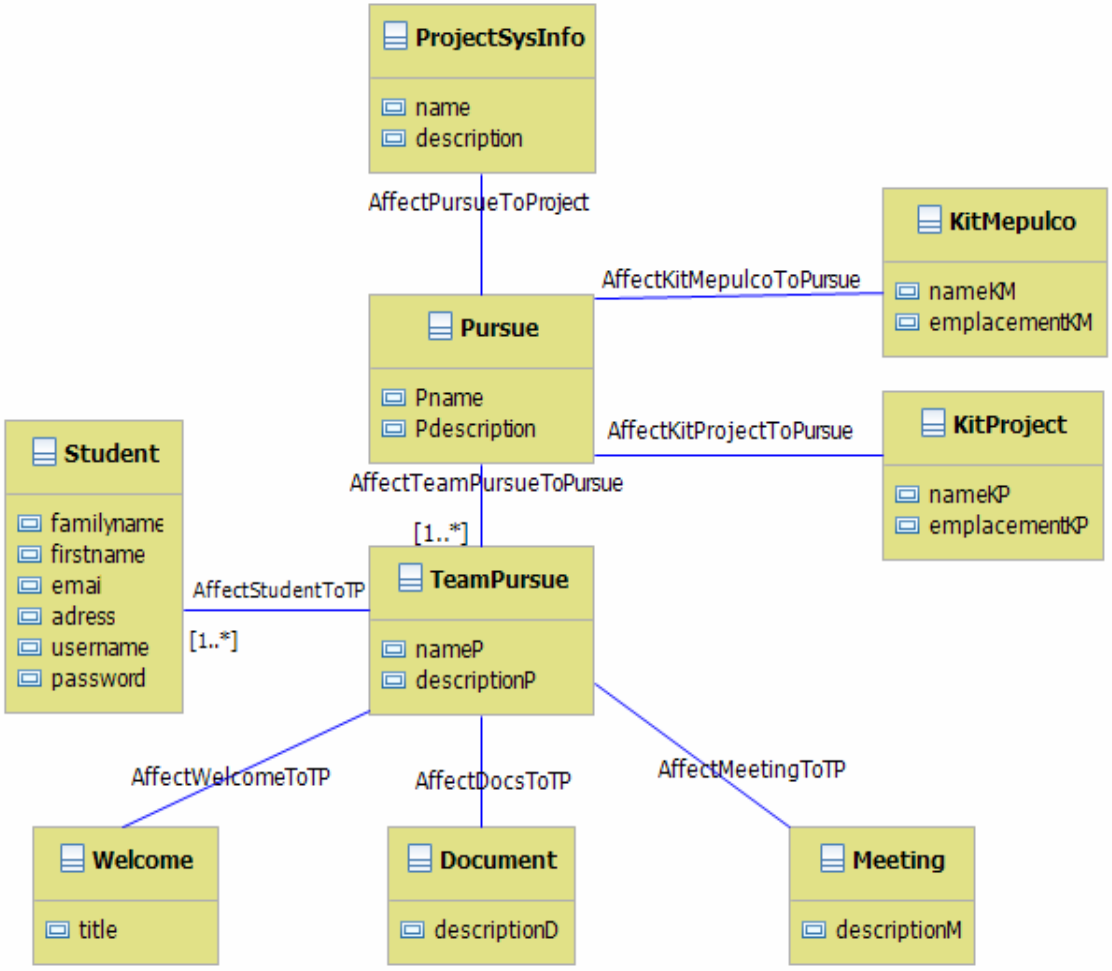


Figure 31 – Le méta-modèle Mepulco-Université

Lors de l'analyse du méta-modèle Moodle, GEN-COM rassemblait les contraintes de contextualisation, données par l'ingénieur pédagogique et saisies avec l'outil GEN_IC, pour en tenir compte lorsque a) des choix devaient être demandés à l'utilisateur ou b) lors de la transformation qui conduit à produire le modèle Mepulco-Université contextualisé (Fig. 31). Rappelons que les contraintes de contextualisation permettent, par exemple, d'interdire l'utilisation d'un outil ou en limiter l'usage.

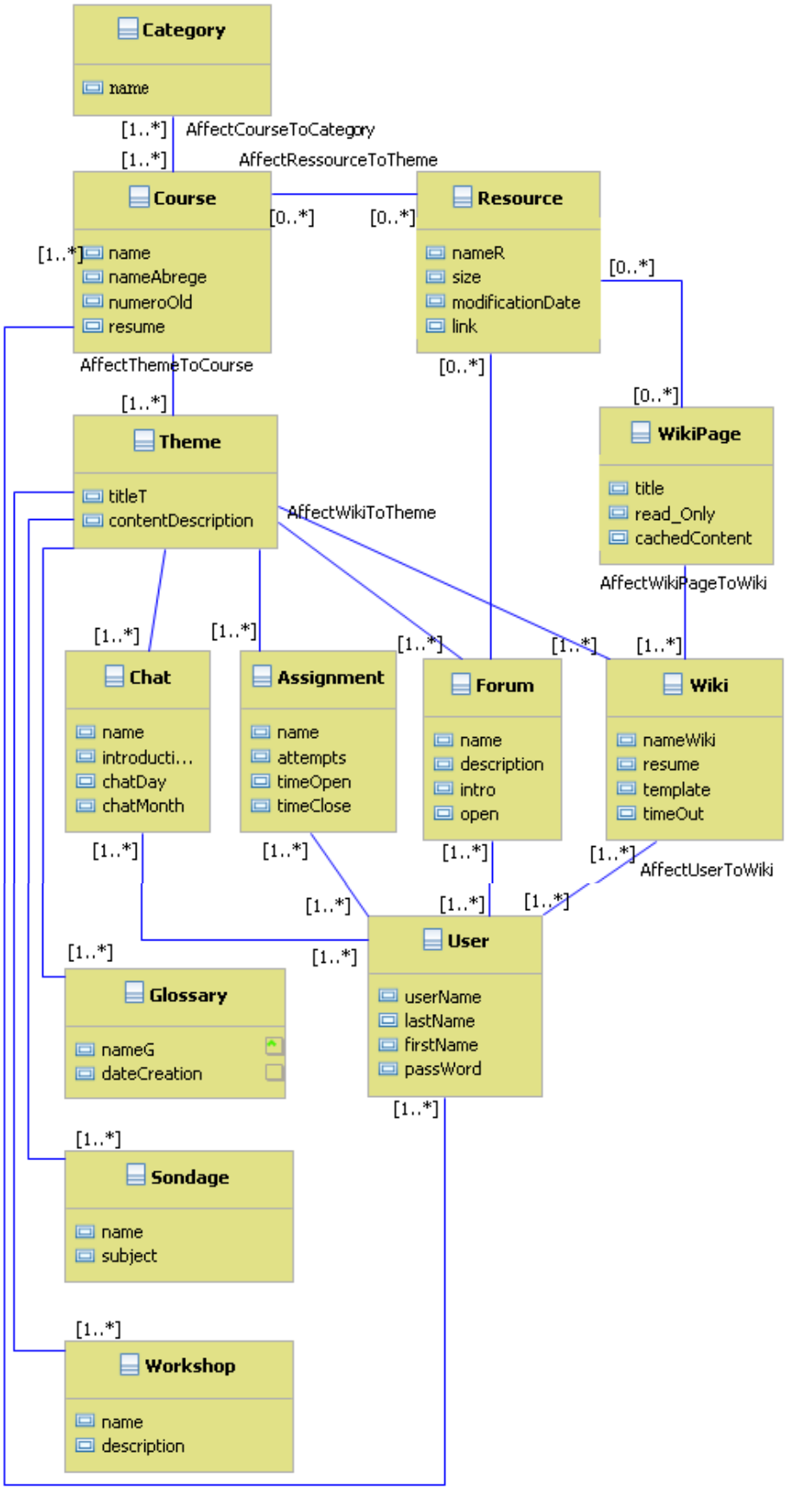


Figure 32 – Le méta-modèle (partiel) Moodle

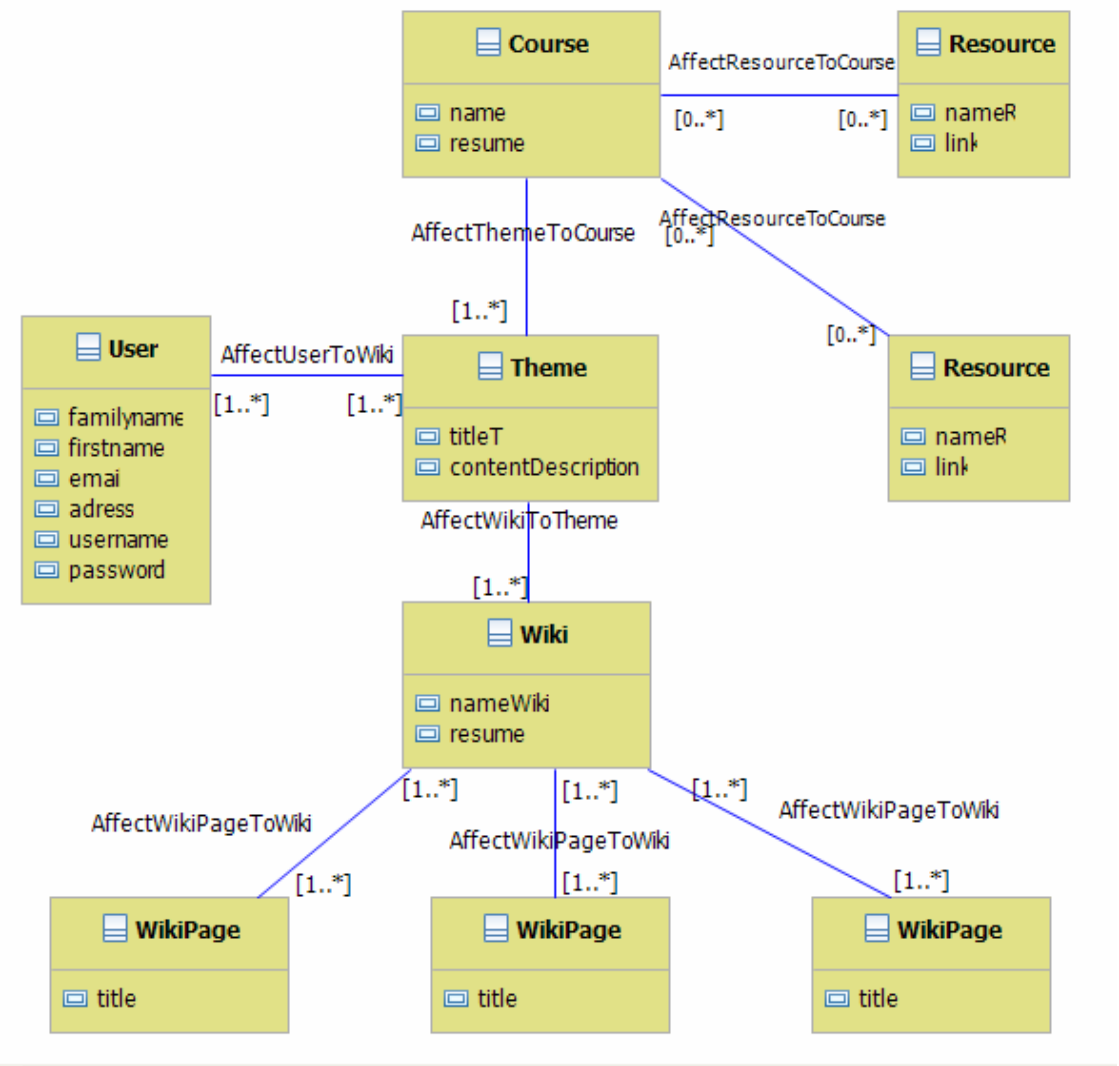


Figure 33 – Un exemple de modèle Mepulco-Université contextualisé

Le premier papier, [Drira *et al.*, 2011], se focalisait sur la faisabilité du projet et l'expérimentation a été faite en laboratoire sur deux formations. Le terme en laboratoire veut dire qu'une fois le résultat produit, i.e. la paramétisation et contextualisation du scénario Mepulco-Université dans Moodle, celui-ci n'avait pas été évalué en termes d'utilisabilité par les utilisateurs. Le second papier, [Drira *et al.*, 2012], se focalisait sur l'utilisabilité en situation réelle auprès d'élèves ingénieurs pédagogiques. Les avantages mis en évidence par la conformité à la méthode ACoMod ont été les suivants :

- L'enseignant-concepteur a une assistance technique dans la contextualisation de son scénario pédagogique sans avoir l'obligation de recourir à un informaticien.
- L'enseignant-concepteur peut s'approprier graduellement la plateforme en fonction de l'éténdue du méta-modèle (de la plateforme) utilisé.

- Le processus intègre la contextualisation dans les tâches à exécuter. Ainsi l'administrateur trouve normal de communiquer au moyen de règles.

L'approche ACoMoD peut être utilisée pour s'adapter à des besoins spécifiques dans un milieu réel.

2.3.3 Conclusions sur les outils de méta-modélisation pour les LMS

Dans cette contribution nous avons présenté deux travaux qui s'appuient sur la métamodélisation pour implémenter des scénarios pédagogiques. Il s'agit, à partir d'un scénario pédagogique, modélisé à l'aide d'un méta-modèle, de produire une implémentation de celui-ci dans une plateforme LMS, en l'occurrence Moodle.

Dans le premier travail, le résultat produit était une spécification d'implémentation exprimé en KM3. Dans le second cas, l'utilisation des métamodèles, d'un côté du scénario, et de l'autre de la plateforme, a permis, à travers l'utilisation des Web services de la plateforme, d'implémenter concrètement le scénario. De plus, ce second travail d'implémentation a pu se faire en prenant en compte des contraintes de contextualisation imposées par l'environnement.

En prenant du recul, on peut affirmer que le fond de la problèmatique est une problématique de programmation. Il concerne le passage d'une conception informatique à son implémentation. C'est un travail de programmation mais il est particulier dans le sens où la programmation est faite par transformation de modèles, du modèle du scénario vers le modèle de la plateforme ; cette transformation étant contrôlée par les méta-modèles des deux parties, méta-modèle du scénario et méta-modèle de la plateforme. Il nécessite des connaissances pointues en pédagogie, plus particulièrement en scénarisation pédagogique, et en programmation des plateformes.

Dans le cadre d'un travail d'équipe, nous avons montré la faisabilité de ce concept allant, pour le deuxième travail, jusqu'à une réalisation finalisée, c'est-à-dire exploitée par des élèves ingénieurs en deuxième année de Master Pro E-services [E-services, http]. Cette réalisation permettait de prendre en compte des contraintes de contextualisation imposées par l'environnement. La possibilité d'intégrer des contraintes de contextualisation est un point fondamental qui permet d'aller plus loin que la transformation de modèles contrôlée par les méta-modèles. La principale piste de progrès serait d'améliorer la puissance de description de ces contraintes de

contextualisation qui reste axées à ce jour sur les outils à utiliser, ne pas utiliser ou à utiliser d'une manière particulière.

2.4 VERS UNE ASSISTANCE A LA CONCEPTION D'ENSEIGNEMENT

Dans ce travail nous sommes partis du constat que les Learning Mangement System (LMS) offrent de très riches possibilités pour faire apprendre les étudiants mais aucune ou très peu pour aider les enseignants à spécifier puis concevoir leurs enseignements. Ainsi la plupart des enseignants-chercheurs gèrent la préparation et la conception de leurs cours d'une manière plutôt artisanale et sont informatiquement peu outillés pour spécifier et concevoir leurs enseignements [Ottenbreit-Leftwich et *al.*, 2012].

Dans un premier temps, nous sommes partis de notre propre expérience et nous l'avons complétée et formalisée par une étude bibliographique. Nous avons pu dégager et analyser quels sont les facteurs qui pèsent sur l'enseignement supérieur. Ces facteurs expliquent l'évolution nécessaire du métier d'enseignant-chercheur et donc sa manière de préparer ses enseignements. Dans un second temps, nous avons proposé les grandes lignes des spécifications d'un système interactif d'assistance à la conception d'enseignement.

2.4.1 Etat des lieux de facteurs d'évolution pesant sur l'enseignement supérieur

Un premier facteur concerne les progrès continuels des TIC qui transcendent la communication, la coordination, la gestion des connaissances, la production d'outils ou d'objets d'apprentissage et la scénarisation des enseignements. Ils permettent de 1) promouvoir de nouveaux modes d'enseignements comme l'enseignement à distance, 2) développer de nouvelles pédagogies, comme la pédagogie par projet ou l'apprentissage collaboratif, et 3) rendre accessibles à tout moment et en tout lieux les connaissances les plus pointues et les plus diverses à un nombre toujours plus grand de personnes. Ce premier facteur a fait dire au président de l'Université de Stanford *"Just as technology disrupted and transformed the newspaper and music industries, it is now poised to wreak havoc upon another established industry: higher education"* [Hennessy, http].

Un deuxième facteur concerne l'évolution des missions confiées à l'enseignement supérieur. Ainsi un vaste mouvement de professionnalisation conduit à devoir dispenser des formations plus proches des préoccupations des entreprises avec un souci de dispenser une formation tout au long de la vie [Pisa, 2005] particulièrement en Europe et dans les pays qui lui sont historiquement et culturellement liés. Cela conduit à faire

évoluer la perception de la connaissance et à concevoir des définitions de curricula basées sur une logique de compétences et de métiers avec des savoirs plus utiles et immédiatement applicables [D'Andrea, Gosling, 2005].

Un troisième facteur concerne la professionnalisation des enseignants et des systèmes éducatifs. Il se traduit par les nombreuses réformes de systèmes universitaires et un vaste mouvement de développement de l'assurance qualité [US Departement of Education, 2010], [Manjula and Vaideeswaran, 2011]. Il participe à considérer un enseignement comme un projet dont le produit serait l'apprentissage des étudiants [Van Rooij, 2010]. Une gestion de projet efficace est alors une compétence critique pour les ingénieurs pédagogiques [Brill, Bishop, Walker, 2006].

Un quatrième facteur concerne l'évolution du profil des étudiants notamment en nombre et en manière d'être. En effet l'université accueille aujourd'hui un nombre plus important d'étudiants qui entament des études avec la principale perspective d'obtenir un emploi intéressant et bien payé. De plus cette génération « Y » est plus critique que les précédentes sur la pertinence des savoirs que l'université veut lui enseigner [Roberson, 2011]. Ces nouveaux étudiants demandent des activités pédagogiques plus pratiques et plus motivantes. Ainsi il faut un cadre de conception d'enseignement qui produise des activités pédagogiques plus élaborées capables de s'adapter à ce nouveau public.

Un cinquième facteur concerne l'accroissement et la diversification considérables des connaissances à enseigner. Cela rend les connaissances plus difficiles à acquérir et moins pérennes. Particulièrement dans les sciences et techniques informatiques pour lesquelles les théories, modèles, méthodes, techniques et outils de gestion de la connaissance, y compris la construction, la capitalisation et la recherche de connaissances, deviennent alors primordiaux [Paquette, 2002]. Ainsi les avancées en génie cognitif, et leurs supports informatiques qui permettent d'améliorer la définition prescriptive des connaissances et des compétences à enseigner [Paquette, 2010], sont un facteur d'évolution à prendre en compte.

Un sixième facteur concerne les progrès dans les sciences comportementales et cognitives. Les progrès constants, initiés au début du XXème siècle, permettent de mettre au point de nombreuses et nouvelles méthodes pédagogiques plus efficaces et plus proches des demandes des étudiants [Warin, Kolski, Sagar, 2011]. Ces progrès ont permis de développer des techniques évoluées d'apprentissage comme l'apprentissage

coopératif ou encore l'apprentissage par projet. Ces techniques correspondent mieux aux nouveaux profils des étudiants et permettent de développer des apprentissages plus proches des actuels besoins de formation.

2.4.2 Teaching Content Management System (TCMS)

En complément des LCMS la question s'est posée de développer un système interactif d'assistance à destination des *instructors* pour les aider à spécifier et à gérer professionnellement la construction de leurs enseignements. Nous proposons le concept de *Teaching Content Management System* (TCMS) dont le but est d'aider les enseignants-chercheurs à gérer professionnellement la construction de leurs enseignements. La figure 34 schématise le besoin d'un TCMS. Le schéma du haut de la figure 34 montre qu'un TCMS rendra service aux enseignants en agissant sur leurs connaissances pédagogiques, disciplinaires, etc., ainsi que sur leurs méthodes et organisations de travail. Son but sera de favoriser la création ou l'évolution des enseignements, d'améliorer les compétences des enseignants et d'intégrer les évolutions qui pèsent sur l'enseignement supérieur. L'ensemble de la figure 34 montre les différences de besoins, contraintes et objectifs entre un TCMS et un LCMS. Les TCMS sont destinés à la spécification et à la conception des enseignements, les LCMS à la mise en place et au suivi des enseignements auprès des étudiants.

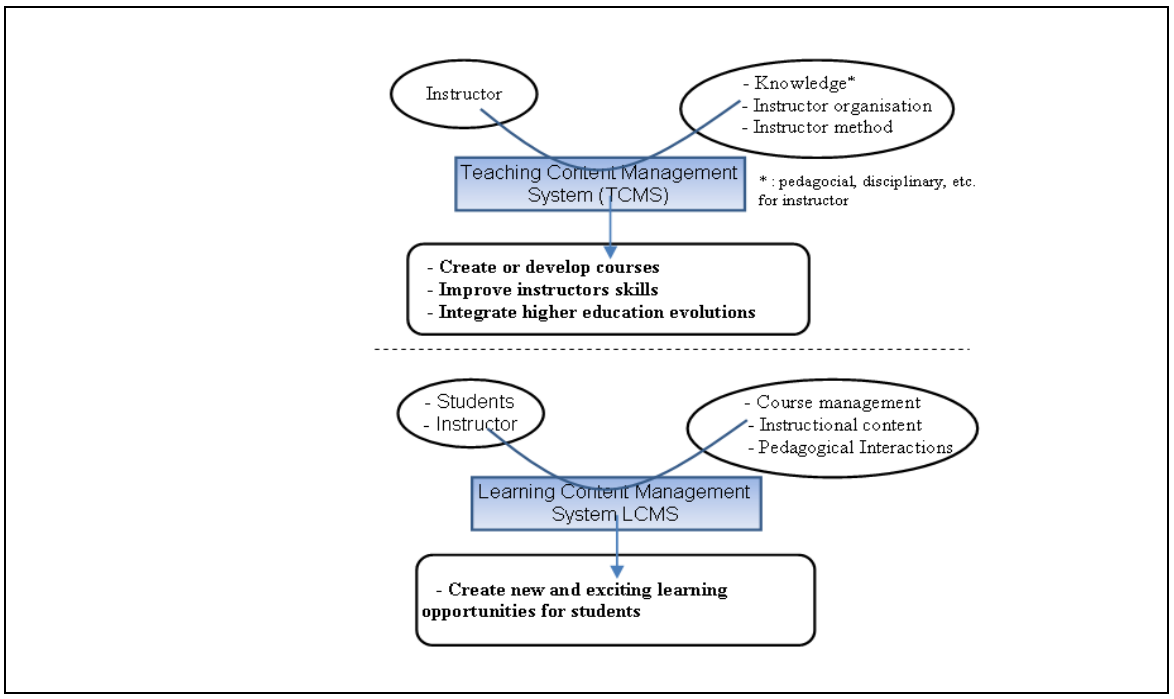


Figure 34 – TCMS versus LCMS [Talbi, Warin, Kolski, 2013]

D'un point de vue stratégie opérationnelle, les technologies actuelles permettent d'envisager un outil client/serveur basé Internet, accessible de partout, tout le temps, sur différents médias, du poste PC aux Smartphones. La technologie des plugins gérerait son extensibilité. En fait, un TCMS pourrait reprendre les technologies de plateformes actuelles comme Moodle et même y être directement intégrées.

D'un point de vue stratégie des besoins fonctionnels, l'assistance à fournir doit tenir compte du fonctionnement particulier des enseignants de l'enseignement supérieur, la plupart :

- N'ont jamais appris à enseigner [Bergin *et al.*, http].
- Sont aussi enseignants-chercheurs et doivent consacrer une part importante de leurs activités à la recherche sur laquelle est basée leur reconnaissance et leur promotion [Harzing, 2010].
- Sont très attachés à leur liberté académique et veulent rester maîtres de la manière dont ils conçoivent leurs enseignements.
- N'adhérent pas aux principes ou méthodes systématiques de création de système d'apprentissage actuels, telles ADDIE [Molenda, 2003] ou MISA [Paquette, 2010], qu'ils trouvent trop structurées.
- Ont des réticences à apprendre un outil informatique pour la pédagogie [Rößling *et al.*, 2008]. Ainsi le TCMS devra intégrer en son sein des fonctionnalités et des manières de faire qui en permettent l'apprentissage aisé. Le TCMS devra aussi pouvoir être utilisé à différents niveaux d'expertise selon les compétences de l'enseignant qui l'utilise.

Subséquemment à l'analyse exposée ici, aux sections précédentes et à notre longue pratique dans l'enseignement supérieur, nous avons défini un TCMS comme une plateforme permettant de répondre aux six besoins d'assistance exprimés à la figure 35.

1. Acquérir et pratiquer les meilleurs principes et techniques pédagogiques.
2. Réutiliser et savoir s'approprier de nouvelles connaissances et compétences disciplinaires.
3. Pouvoir justifier de la qualité de son travail vis-à-vis des autres acteurs du système éducatif : institution, habilitation des diplômes, étudiants, etc.
4. Auto-évaluer ses activités.
5. Concourir à sa formation continue dans les nouvelles technologies éducatives.
6. Produire scientifiquement et innover y compris en rapport avec ses enseignements.

Figure 35 - L'assistance aux nouveaux instructors [Talbi, Warin, Kolski, 2013]

Pour répondre à ces besoins stratégiques d'assistance, nous proposons qu'un TCMS soit construit autour de trois axes d'assistance : 1) Amélioration des connaissances et compétences métier de l'enseignant 2) Gestion d'une base de connaissances professionnelles et 3) Réalisation de projets. Le deuxième axe considère une base de connaissances personnelle à l'enseignant. Cette base pourrait parallèllement alimenter une base partagée par une communauté de pratiques d'enseignants [Lavoué, 2008]. Le dernier axe considère la préparation d'un enseignement comme un projet dont le produit à fournir serait la spécification et la conception de l'enseignement à dispenser. Chaque axe correspond à un ensemble d'enjeux et pourrait se traduire techniquement par un ensemble de fonctionnalités groupées sous forme de menus et sous-menus. Une première maquette de l'interface de l'outil TCMS a été proposée [Talbi, Warin, Kolski, 2013]. Celle-ci se présente comme un ensemble de fonctionnalités ajoutées au sein d'une plateforme Moodle.

2.4.3 Conclusions sur l'assistance à la conception d'enseignement

Le métier d'enseignant-chercheur est en train d'évoluer d'une manière irréversible. Nous avons vu que cette évolution est due à de nombreux facteurs qui se renforcent les uns avec les autres. L'enseignant-chercheur a besoin d'outils pour accompagner cette évolution. La proposition que nous avons faite est à l'état d'avant-projet. C'est une première réflexion qui propose une vue générale des nouveaux besoins des enseignants-

chercheurs. Elle pourrait servir de base à la réalisation d'un outil interactif d'assistance à la conception d'enseignement pour les enseignants-chercheurs. Les premières avancées sont prévues dans le cadre de la thèse d'Omar Talbi.

2.5 Conclusions sur mes contributions

L'objet de mes recherches concerne l'ingénierie pédagogique des systèmes d'enseignement supérieur. Le premier postulat de base de mes recherches est qu'une évolution ne peut être effective que si les situations d'apprentissage sont traitées d'une manière systémique ; c'est-à-dire aux différents niveaux avec niveau macro : ministère et université, niveau méso : département d'enseignement et formation, et micro : enseignants et étudiants. Le deuxième postulat est que la présence massive des TIC dans notre société relativise le savoir des enseignants, la façon d'enseigner et celle d'apprendre. Savoir devient savoir apprendre avec les TIC [Morandi, 2005].

Ainsi la plupart de mes travaux ont été des travaux transversaux s'appuyant ou intégrant l'informatique pour proposer de nouvelles connaissances dans le domaine de

- La pédagogie
- L'usage des TIC
- La construction de plateforme informatique pour supporter la pédagogie spécifique à l'enseignement supérieur.

Il s'avère que cela a été un exercice très riche et très nécessaire pour la communauté universitaire mais aussi difficile et ingrat.

Difficile car pour être visible (au sens de faire évoluer les choses en pratique) nous sommes tributaires de trois composantes :

- Une composante sociétale, en effet les enjeux de l'enseignement supérieur ne sont pas seulement épistémologiques et scientifiques mais aussi économiques et politiques [Talbi, Warin, Kolski, 2013].
- Une composante technologique avec des outils informatiques aux capacités de mémoire, de traitement, d'interactions physiques, d'ubiquité et d'intelligence en constante et exponentielle évolution [Abdallah, Toffolon, Warin, 2008], [Drira, Warin, Laroussi, 2011] [Drira, Laroussi, Le Pallec, Warin, 2012].

- Une composante sciences humaines et sociales (SHS) orientée utilisation des TIC [Warin, Kolski, Sagar, 2011] car l'objet final d'étude est l'activité humaine la plus évoluée : l'apprentissage.

Ingrat car, malgré les appels réguliers du monde de la recherche à travailler à produire des résultats transversaux, les soutiens restent cloisonnés à l'organisation disciplinaire donc partiels. Ceci étant, cela ne nous découragera pas à travailler dans cette approche de transversalité. La question qui se pose alors est d'adopter une stratégie de recherche pertinente vues ces conditions et nos compétences particulières. Sur quelles composantes travailler ? Comment répercuter les avancées faites sur l'une des composantes pour faire évoluer la problématique des deux autres ?

Nous sommes conscients que la composante sociétale contient une part trop importante d'aspects politiques pour que nous prenions cette voie comme épine dorsale de nos futurs travaux. Cependant cet aspect sociétal a été initié dans [Talbi, Warin, Kolski, 2013] et donne une vue d'ensemble suffisante de cette problématique sur laquelle nous pourrons nous appuyer pour contextualiser nos travaux dans les deux autres domaines. Toutefois ce travail n'intègre pas l'étude de l'impact du développement des *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) [Juang, Liu, Chan, 2008] qui est l'application des connaissances pédagogiques au contenu spécifique de la matière à enseigner [Cochran, 1997].

L'obtention de mon Habilitation à Diriger les Recherches pourrait me permettre de monter une équipe de recherche. D'un point de vue scientifique l'idéal serait que ce soit une équipe multi-disciplinaire (génie logiciel, interaction homme-machine, didactique, pédagogie, ingénierie des connaissances, psychologie, sciences de l'éducation, sociologie) car les enjeux sont trop complexes pour être abordés par une seule discipline. Deux axes pourraient être développés : (1) le premier regroupant et étendant mes travaux sur la définition de processus de scénarisations pédagogiques et leurs implémentations informatiques, (2) le second sur les MOOC. D'un point de vue pratique, je pourrais développer une telle équipe en partie distribuée dans l'espace puisque les TIC le permettent et que l'étendue des compétences à rassembler l'exige. Ce projet de recherche fait l’objet de la partie suivante.

3. PROJET DE RECHERCHE

Cette partie présente les deux axes de recherche que je compte approfondir dans les années à venir.

3.1 Introduction

Le premier axe de recherche concernera la **scénarisation de méthodes pédagogiques**. D'abord le problème est sous-estimé, enseigner semble aller de soi, bien entendu il n'en est rien. Les chercheurs privilégiant la construction d'EIAH se plaignent que l'activité de modélisation de pédagogie ne soit pas répandue et que les enseignants ne trouvent pas suffisants les bénéfices de réutilisation ou de déploiement automatique pour passer du temps à modéliser [Le Pallec, 2014] ; ce qui conduit à un déficit de possibilité de mise en place d'expérimentation. Développer des méthodes pédagogiques permettra de trouver des synergies avec les équipes de recherche travaillant sur la construction semi-automatique de plateformes. Ensuite il est pertinent de considérer que la production de méthodes pédagogiques fait partie des activités amont du cycle de vie du logiciel, nommément les activités de spécification et de conception métier. Et que cela doit être fait par les experts métiers et exprimé, *in fine*, dans un langage ou une forme compatible avec une opérationnalisation informatique. Il y a un déficit d'expertise à double compétences dans ce domaine.

Le second axe de recherche concernera le domaine des **Massive Online Open Course (MOOC)** ou Cours en Ligne Massif et Ouvert. C'est un phénomène où les TIC ont un potentiel énorme pour faire évoluer l'enseignement supérieur. De mes expériences de conception et d'encadrement durant les cinq premières sessions du MOOC "ABC de la gestion de projet", j'en ai retiré que les MOOC étaient d'une part un formidable terrain d'innovations technologiques et pédagogiques et d'autre part, grâce à l'effet communauté et les *Learnings Analytics*[12], étaient un domaine qui se prêtait bien à la recherche. Ce qui nous intéresse en recherche ici ce n'est pas de faire évoluer l'enseignement supérieur mais c'est de se servir de ce phénomène des MOOC pour créer de nouvelles connaissances sur l'apprentissage et les outils TIC pour les supporter.

C'est un domaine à la fois nouveau pour nous, puisque nous n'avons pas encore publié dessus d'une manière académique. Et la fois ancien car nous avons participé, en

[12] Les *Learnings Analytics* désignent les traces numériques, mémorisées par les plateformes numériques, et d'une manière générale par les outils informatiques, relativement aux activités des apprenants dans leur processus d'apprentissage.

tant membre concepteur et encadrant, dans l'équipe de Rémi Bachelet, aux cinq premières éditions du premier MOOC certificatif de France, le MOOC "ABC de la gestion de projet". Nous avons également suivi à titre d'étudiant et réussi la certification d'un certain nombre de MOOCs. On se reportera à la partie "1 – Activités et cursus" de ce présent document pour plus de détails.

3.2 Programme de recherche sur la scénarisation de méthodes pédagogiques

Ce premier axe de recherche concerne plus particulièrement la scénarisation de la pédagogie par projet. Quatre sous-axes se dégagent.

Le premier sous-axe concerne le développement de la méthode Multi-Rôles Projet (MRP). Après quinze ans d'élaboration et d'application itérative et incrémentale, commencés avec la méthode Mepulco-Université, sur plus de 100 projets étudiants, la méthode est opérationnelle. Elle a montré sa pertinence pédagogique, c'est-à-dire sa capacité à faire travailler individuellement et collectivement les étudiants tout en leur faisant acquérir des connaissances et compétences métier. Cependant, elle reste limitée à quelques enseignants pionniers ; il reste des évolutions à mettre au point si on veut une dissémination à l'échelle mondiale universitaire de cette méthode et de la pédagogie par projet.

Le deuxième sous-axe concerne la conception collaborative d'enseignements [Monod-Ansaldi *et al.*, 2015]. Les connaissances deviennent de plus en plus techniques et difficiles à assimiler. Les outils logiciels nécessaires à la mise en œuvre des compétences professionnelles sont très complexes. Dans ce contexte la mise au point d'enseignements adaptés aux étudiants et aux demandes du marché est difficile. Cela nous oblige à repenser complétement nos manières de concevoir les enseignements. La particularité de la méthode MRP est d'intégrer très étroitement plusieurs enseignants, dont des experts professionnels, au sein d'un même enseignement. Cette pratique crée des échanges de connaissances et de compétences très fortes entres ces acteurs-enseignants. Elle permet à ces enseignants de progresser dans leurs compétences d'enseignements en repensant collaborativement la didactique, la pédagogie et l'expertise dispensées aux étudiants.

Le troisième sous-axe concerne la régulation du travail collectif au sein des équipes étudiantes. La part de travail de chacun n'est pas toujours équitable [Talon *et al.*, 2005],

il est difficile de le mettre en évidence et cela limite la collaboration au sein des équipes. Il faut introduire de meilleures mesures de régulation.

Le quatrième sous-axe concerne la gamification de la méthode. En effet les Learning Game sont des outils pédagogiques très prometteurs mais leur conception reste expérimentale [Marfisi-Schottman, 2012 ; Marfisi-Schottman, Toffolon, 2015]. La gamification est un moyen d'augmenter la motivation et l'engagement des apprenants. C'est un point clé de la pédagogie par projet. Introduire la gamification dans des scénarios pédagogiques sans le dénaturer est un défi pédagogique et technique difficile.

3.2.1 Développement de la méthode MRP

Ce premier projet de recherche concerne le développement de la méthode MRP. Il est composé de deux sous-projets indépendants

Définition des rôles

La définition des rôles est un élément majeur de la méthode MRP. A ce jour, seul le rôle étudiant est complétement formellement défini. Les autres rôles, client, tuteur pédagogique et experts, sont tenus plus ou moins intuitivement par les acteurs qui les incarnent. J'ai comme projet de définir formellement ces rôles. La mesure d'évaluation de la qualité de ces rôles sera leurs contributions à l'apprentissage des étudiants qui reste le critère majeur de la méthode MRP. Les principaux objectifs visés seront de :

- Mettre en évidence le degré d'acceptation par les acteurs d'une définition dirigée de leurs rôles.
- Etablir le lien entre définition des rôles des acteurs et efficacité pédagogique.
- Déterminer le besoin d'assistance informatique selon le contenu de la définition des rôles.

Une des difficultés viendra du fait que ces rôles, bien qu'essentiels pour le déroulement de l'enseignement, sont secondaires par rapport à l'objectif final, l'apprentissage des étudiants. Ainsi cela peut nous amener à proposer, pour un même rôle, différentes définitions et comportements. La technique de Persona[13] employée en marketing [Cooper, 1999], en développement logiciel [Pruitt, Grudin, 2003], en

[13] Le concept de Persona provient du psychiatre Carl Jung qui au début du 20ème siècle désignait par là le système d'adaptation ou la manière à travers lesquels on communique avec le monde. Dans le théatre antique, Persona était le nom donné aux masque de théatres.

conception d'IHM [Seffah *et al.*, 2009 ; Idoughi *et al.*, 2012] peut être une piste intéressante pour adapter des définitions de rôles qui tiennent compte du contexte de l'enseignement comme le type de compétences à enseigner et le profil des étudiants ou des enseignants.

Assistance informatique

L'assistance informatique, pour la réussite de l'application de la méthode MRP est vitale. A ce jour des solutions génériques, le plus souvent à base de Blogs ou de Wikis sont mises en place. J'ai comme projet de définir un environnement informatique pour supporter les activités des différents acteurs. Il s'agira d'abord de fournir des outils classiques, par exemple remplacer les blogs et wikis qui servent à gérer les sites de suivi de projet par un outil spécifique. Un premier prototype sous forme de plugin Moodle, entrant dans le cadre de la thèse d'Omar Talbi, est déjà opérationnel. Les figures 36 et 37 montrent les interfaces, réalisées par [Talbi, 2015], respectivement de la création d'une activité MRP et de la création d'une équipe projet. Cet outil est en cours d'évaluation.

Mais également un projet plus ambitieux qui sera de définir des outils contextualisés à la spécificité des projets productifs et/ou pédagogiques. Les principaux objectifs visés seront de :

- Mettre en évidence l'impact positif et négatif de l'utilisation des outils informatiques sur le fonctionnement des acteurs et sur la qualité des apprentissages.
- Définir le bon niveau d'assistance des outils informatiques vis-à-vis de la pédagogie par projet.

Outre les difficultés techniques de mise en œuvre, la difficulté vient que la liaison à gérer est ternaire : apprentissage – outils – profil de l'apprenant.

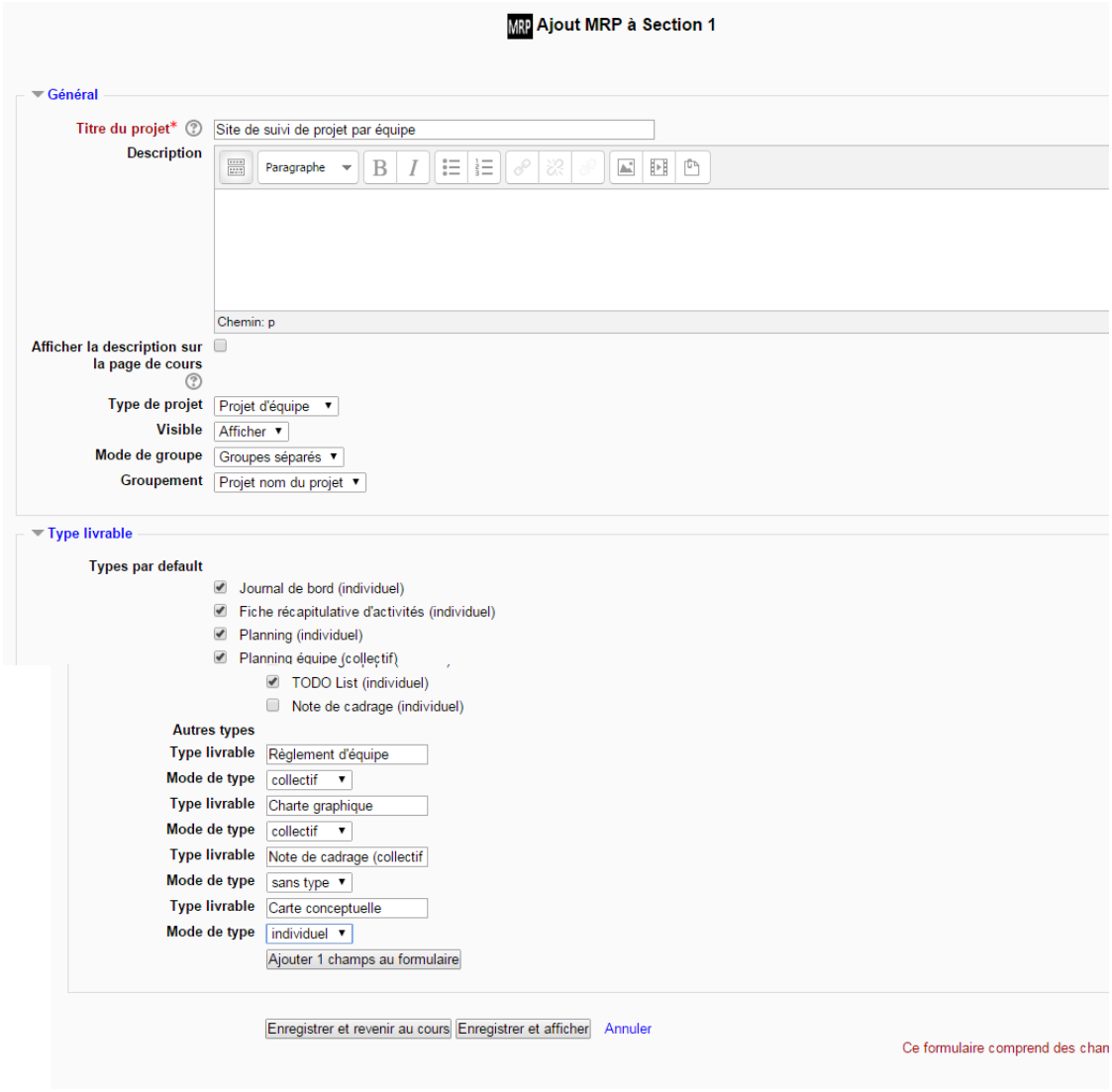


Figure 36 – Plugin Moodle-MRP : écran de création d'une activité MRP [Talbi, 2015]

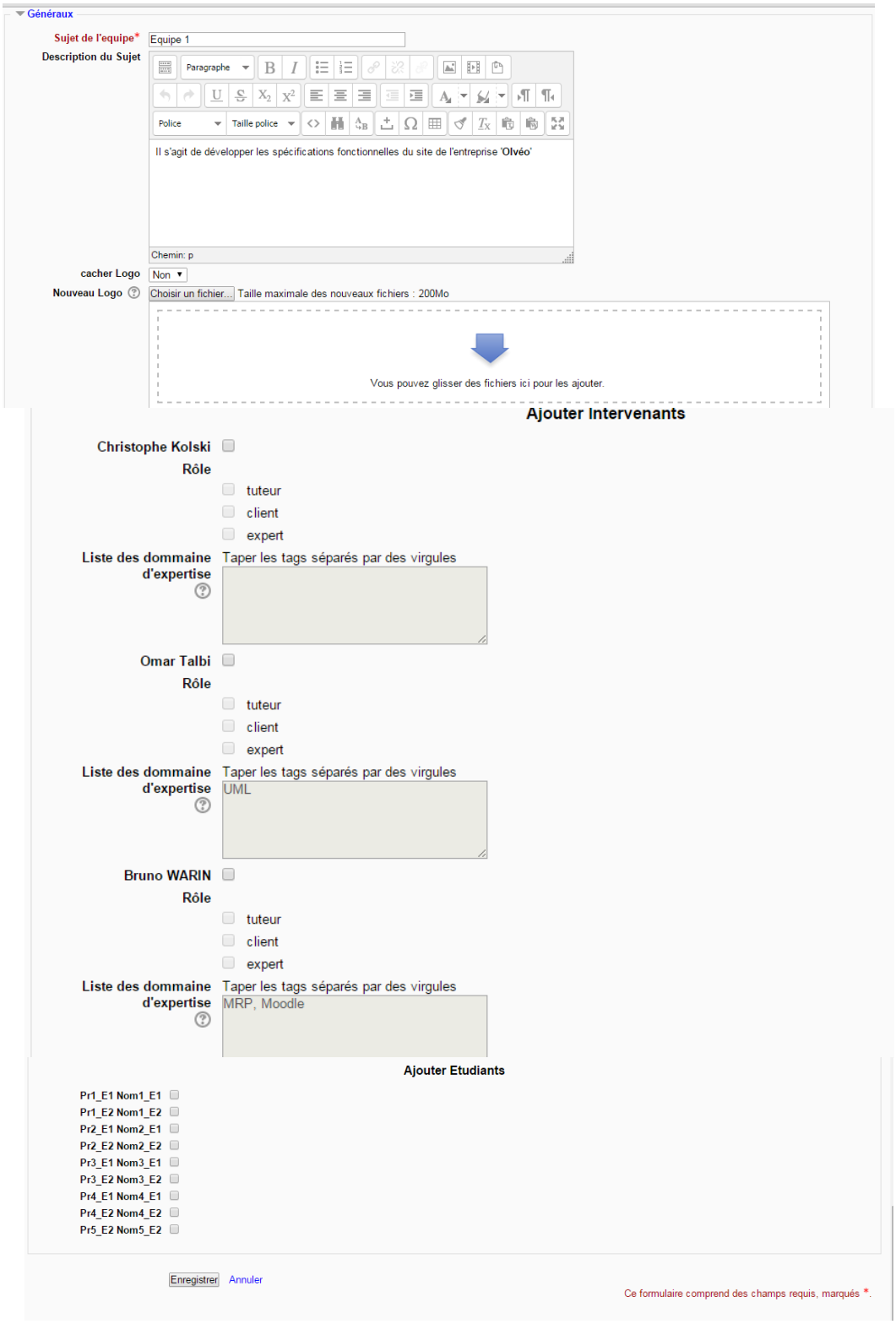


Figure 37 - Plugin Moodle-MRP : écran de création d'une équipe d'étudiants [Talbi, 2015]

3.2.2 Conception collaborative d'étude de cas

La pédagogie par projet s'appuie sur la définition d'un projet que les étudiants doivent réaliser. Ce projet peut être soit un **projet réel**, soit un projet réaliste. Dans le premier cas, il s'agit de la réalité, avec un vrai client, ce qui est très excitant. Mais le cadrage pédagogique des compétences métiers à faire apprendre devient difficile à définir (les besoins du client ne coïncident peut-être pas exactement avec les besoins d'apprentissage des étudiants). Pour la même raison le planning devient incertain à établir. Ainsi la réussite pédagogique du projet étudiant dépend fortement des circonstances. Par exemple, si le client ne joue pas bien son rôle de client ou s'il est défaillant, le projet étudiant risque d'être un échec.

Dans le second cas, un **projet réaliste**, les objectifs pédagogiques métiers peuvent être plus précis puisque le projet est défini par écrit ou à l'aide d'enregistrements audiovisuels (séquences sonores et vidéos) ou tout autre moyen maîtrisé. Il faut cependant disposer d'une étude de cas détaillée. De plus, dans ce cas, le client peut être un enseignant, ce qui est plus pratique. Les séances de projets étudiants peuvent être mises dans le planning des services enseignants et à l'emploi du temps étudiant.

J'ai comme projet de mettre au point, outiller et évaluer une méthode de conception collaborative d'étude de cas dans le cadre de la pédagogie par projet. Les objectifs seront de déterminer quelles conditions sont nécessaires à la mise en œuvre d'une conception collaborative au niveau :

- Du type de connaissances ou compétences à faire apprendre.
- Des acteurs tant au niveau de leurs compétences que de leur implication.
- Des processus de collaboration, notamment étudier l'apport des méthodes agiles.
- Des outils supports à la collaboration.

Il est à noter que ce travail pourra donner lieu à un intéressant travail de recherche en parallèle. En effet, souvent les cahiers des charges demandent, dans leur partie 'besoins non fonctionnels' l'utilisation de telle ou telle méthode de développement : méthode SADT [Ross, 1977] ou une méthode agile [Takeuchi and Nonaka 1986 ; Sutherland et Schwaber 1995]. Il sera alors intéressant d'adapter des méthodes existantes ou d'en développer de nouvelles, par exemple des méthodes d'ingénierie des

connaissances, de tests, etc., dont l'un des attributs de qualité serait la facilité d'apprentissage. Une méthode de développement, fusse-t-elle efficace, mais dont peu de personnes la comprennent est-elle pertinente ? Nous pourrions produire des connaissances sur la facilité d'apprentissage des méthodes dont le champ d'application concerne les STEM.

De même, la construction des études de cas et la rédaction des projets pédagogiques pourront être l'occasion de recherches sur la structuration de la connaissance des matières qu'ils visent à faire apprendre. Par exemple, un cas d'étude sur la programmation objet devra faire attention à présenter la programmation objet en l'exprimant d'un point vue qui suit les dépendances de structuration formelle scientifique. Par exemple l'étude du polymorphisme nécessite l'étude de l'héritage, par contre elle ne nécessite pas celle de l'itération. De plus les études de cas produites devront aussi tenir compte des capacités cognitives des apprenants et des outils informatiques disponibles pour soutenir cet apprentissage.

3.2.3 Régulation du travail collectif

Dans les projets étudiants, il arrive souvent que la majeure partie du travail soit faite par seulement une partie de l'équipe sans que l'on puisse réellement nuancer individuellement les notes. C'est un défi majeur de l'exercice "Projet étudiant". Une première piste d'étude consiste à renforcer la régulation interne de l'équipe. Par exemple, demander aux équipes de produire un règlement de l'équipe à la manière d'un *plan de gestion des risques*, au sens du management de projet. Il s'agirait d'inclure non seulement les risques de fonctionnements classiques des groupes mais aussi ceux quant à la qualité des apprentissages espérés.

Une deuxième piste d'étude sera d'appliquer des mécanismes de régulation. Par exemple, dans quelle mesure la matrice Plus-Moins-Egal (PME) qui demande à chaque membre d'une équipe d'estimer son apport par rapport à chacun des autres membres sur une série de critères : persévérance, fiabilité, etc. (tableau 6) peut-elle amener à améliorer les apprentissages des étudiants [Doucet, 2004, 2007 ; Bachelet, 2011].

L'objectif sera de déterminer :

- Quelles formes de processus peuvent permettre la régulation au sein d'une équipe d'apprentissage ?
- Quelles en sont les conditions de mise en œuvre ?

- Quels peut être les apports et les limites de la technologie dans les processus de régulation ?

Tableau 6 - Matrice PME employée à Polytech Lille en 2015

Nom1- Prénom 1	**Nom2- Prénom 2**	**Nom3 Prénom 3**	**Nom4- Prénom 4**	**Nom5 Prénom 5**	**Nom6 Prénom**
Investissement dans le projet *: propose ou met en œuvre des actions pour l'organisation, l'avancement ou la réalisation du projet.*					
Créativité *: propose ou suggère des idées ou des actions innovantes qui produisent un résultat utile*					
Travail *: fournit une grande quantité de travail*					
Persévérance *: le cas échéant, renouvelle ses efforts pour atteindre les objectifs*					
Efficacité *: produit de bons résultats avec des efforts raisonnables*					
Fiabilité : *rend ses travaux en temps et en heure avec une qualité suffisante*					
Ponctualité : *arrive à temps aux réunions et aux rendez-vous planifiés*					
Attitude constructive : *donne son point de vue régulièrement mais à bon escient, s'intéresse aux motivations des autres, aide en cas de besoin, détend l'atmosphère, exprime son désaccord sans agressivité, écoute les autres, reconnaît ses erreurs, respecte les règles de l'équipe et du projet*.					
Apporter une expertise : *recherche et apporte des connaissances utiles à la résolution des problèmes du projet, explique les problèmes complexes en termes simples*.					

3.2.4 Gamification

La motivation et l'engagement sont deux ressorts principaux de la pédagogie par projet. Gamifier l'application de la méthode MRP et gamifier les études de cas de pédagogie par projet sont des pistes intéressantes pour développer ces ressorts. La gamification permet de motiver les acteurs mais aussi d'évaluer les compétences acquises d'une manière moins académique et peut-être plus réaliste.

La gamification de l'application de la méthode MRP s'appliquera sur les différentes parties définies de la méthode. Par exemple, on peut définir des niveaux de débutant à expert selon la qualité de la tenue du site Web de suivi de projet par l'équipe. Un autre système de récompenses pourrait être défini pour inciter à la régularité dans le travail et à la capacité à faire travailler chaque membre de l'équipe et non pas toujours les mêmes, etc. Bien entendu la question de l'outil informatique sera importante pour gérer, voire décider de l'obtention des différents niveaux de chaque membre et de chaque équipe. Il ne s'agira pas de sursolliciter les experts.

Pour les études de cas, puisqu'elles peuvent prendre différentes formes, la situation est plus délicate : leur gamification devra être plus générique. Elle devra s'attacher à procéder plutôt en utilisant la technique des design patterns. C'est-à-dire spécifier des situations génériques que l'on peut rencontrer et des propositions de jeux ou types de jeux pour les ludifier. Par exemple, mettre à disposition de chaque équipe un capital (de points) qu'elle pourra faire évoluer en fonction de ses résultats sur le projet productif ou encore selon le recours aux experts qu'elle a eu pour résoudre leurs difficultés ; certaines prestations d'experts deviennent ainsi payantes.

3.3 Programme de recherche sur les MOOC

Selon [Davidenkoff, 2014] et notre expérience personnelle, le développement des MOOC rencontre quatre défis : 1) défi du modèle économique, 2) défi de l'évaluation des étudiants et 3) défi de la certification et bien entendu 4) défi de son ingénierie. Dans ce deuxième programme de recherche, nous avons l'intention d'en développer deux particulièrement : le défi de l'ingénierie pédagogique et celui de l'évaluation des étudiants.

3.3.1 Ingénierie pédagogique

Le premier sous-axe concerne l'ingénierie pédagogique à mettre en place. De nombreuses problématiques sont en jeu :

Au niveau des équipes de développement du MOOC. Quels sont les différents types d'acteurs nécessaires au développement d'un MOOC ? Comment est structurée cette équipe ? Comment se constitue-t-elle ? Quel processus de fonctionnement s'approprie-t-elle ? Dans quelle mesure les méthodes agiles peuvent servir de base et être utilisées comme processus de fonctionnement ? En effet, ici il n'y a pas de clients, les engagements sont bénévoles et peu contractuelles. Les artefacts sont produits certes

en partie en fonction des échéances mais aussi en grande partie selon la disponibilité des acteurs, etc. Ce travail devrait permettre de définir des spécifications puis des outils, type plateformes Internet, pour supporter le travail des équipes qui développent des MOOC. Lorsque les équipes de MOOC sont distribuées dans l'espace, elles peuvent s'appuyer sur les outils génériques disponibles gratuitement sur le marché (la suite Google par exemple : Google doc, Google hang out, etc.). Dans mon expérience personnelle, la suite Google a été tout à fait satisfaisante à ceci près qu'elle implique une grande discipline de la part des concepteurs car certains outils, les espaces d'édition partagée par exemple, n'admettent pas de formattage obligatoire des informations. La structuration des informations tient de la volonté et de la discipline des concepteurs qui utilisent cet outil. Les outils existants sont donc satisfaisants mais une aide souhaitée concerne leur intégration, la gestion des utilisateurs, leurs droits et la structuration des informations.

Au niveau des tests. Quelles techniques et stratégies de tests adopter ? En effet dans un contexte de 'temps-réel', où plusieurs milliers voire dizaines de milliers d'apprenants sont en ligne, l'impact d'anomalies peut être critique. De plus les artefacts mis en jeu sont de natures fort différentes. Ils peuvent être formels comme des logiciels, généralement sous forme de plugin de la plateforme d'accueil, ou encore, des quiz de contrôles de connaissances. D'autres sont semi-formels comme certains exercices structurés. Et enfin d'autres sont informels comme par exemple les vidéos pédagogiques.

La question des tests se pose à deux niveaux : *quels tests* en fonction de la nature de l'artefact et *quelle traçabilité* des tests entre artefacts de même nature ou de natures différentes : faire passer un examen dont les questions n'ont pas été abordées en cours est à considérer en quelque sorte comme un 'bug'[14] avec des impacts importants. Là encore des solutions informatiques, notamment de gestion de configuration, permettant de gérer ces deux niveaux de tests seront à spécifier et à développer. Notamment un outil de traçabilité entre artefacts de natures différentes, un cours et son examen par exemple, serait une aide pédagogique précieuse.

[14] Des catégories d'erreur à ce sujet pourraient aussi être mises en évidence, ce qui constituerait un travail à part entière.

3.3.2 Évaluation des étudiants

Le second sous-axe concerne l'évaluation des étudiants. Dans tout système d'enseignement la question de l'évaluation des apprenants est une question importante. Dans les MOOC, de par le nombre d'apprenants concernés et la diversité de leurs profils, elle devient cruciale.

Evaluation par les pairs. La forme la plus commune d'évaluation pratiquée dans les MOOC est l'évaluation faite à l'aide de quiz[15]. Cette forme d'évaluation a ses limites quant à sa capacité à évaluer certains niveaux de d'objectifs pédagogiques au sens de [Bloom *et al*., 1956] et se réduit souvent à s'assurer que les apprenants connaissent les sujets traités sans savoir déterminer s'ils savent les appliquer. Des évaluations plus élaborées que les quiz sont possibles mais nécessitent une main d'œuvre importante pour la correction et sont souvent sans apports pédagogiques importants pour les apprenants qui les passent.

Face à cette problématique, les concepteurs de MOOC ont développé l'évaluation par les pairs. Cette évaluation se passe en 6 temps comme suit :

1. Distribution d'un sujet aux apprenants. Les travaux sont rendus sous forme numérique. Les sujets peuvent être complexes comme des programmes informatiques, des cartes conceptuelles, des comptes rendus d'expériences, etc., à rendre.
2. Chacun des devoirs rendus est affecté à plusieurs autres apprenants. Ainsi, typiquement chaque apprenant reçoit les devoirs de quatre à cinq autres apprenants.
3. La correction et son barème sont distribués aux apprenants. Une formation à la correction est aussi dispensée aux apprenants. Les apprenants peuvent même être amenés à devoir corriger des devoirs types donnés par l'encadrement pour affiner leurs capacités de correcteur.
4. Les apprenants notent les quatre ou cinq devoirs qui leur ont été affectés. Ils doivent justifier, au moyen d'annotations par exemple, leur notation. Les apprenants peuvent communiquer entre eux.

[15] Un quiz est un questionnaire ludique qui permet l'évaluation de connaissances. Les formes les plus courantes sont le *Questionnaire à Choix Multiples (QCM)*, *Le mot manquant* et *L'appariement*. Les connaissances testables à l'aide d'un quiz sont généralement limitées aux connaissances simples. C'est typiquement le niveau *Connaître* de la taxonomie de Bloom [Bloom *et al.*, 1956 ; Anderson et Krathwohl, 2001].

5. Un programme informatique par comparaison et analyse des notations évalue la qualité de chaque correcteur. Une évaluation d'un devoir à 17/20 par un pair alors que ce devoir est évalué par ailleurs par quatre notes ne dépassant par 10 n'est pas prise en compte. De plus, l'évaluateur défaillant peut être sanctionné par des points malus. Au contraire, les 'bons' évaluateurs peuvent se voir attribuer des bonus sur leurs notes.
6. En cas de doute ou de problèmes, l'équipe d'enseignant-encadrant corrige 'à la main' les devoirs concernés.

Quatre critères sont fondamentaux pour avoir une évaluation par les pairs de qualité : 1) la maîtrise de la charge de travail supplémentaire demandée, 2) la qualité de la correction, du barème et des grilles de notation fourni aux pairs, 3) l'existence d'un guide d'assistance à l'évaluation voire d'une mini-formation à l'évaluation, 4) les mécanismes d'incitation pour pousser les apprenants à s'investir dans l'évaluation.

Ce sous-axe d'évaluation par les pairs pourra donner lieu à un projet de recherche dont les objectifs seront de :

- Déterminer quels sont les couples (connaissances, objectifs pédagogiques) qui peuvent se prêter à une évaluation par les pairs.
- Créer de nouvelles techniques ou processus d'évaluation par les pairs. Par exemple proposer des techniques de corrections en équipe, une équipe de plusieurs apprenants corrigeant collaborativement une ou plusieurs copies.
- Quantifier les apports et les limites de l'évaluation par les pairs.
- Définir, concevoir et développer des outils informatiques pour assister les processus d'évaluation par les pairs et notamment l'évaluation de la qualité des corrections des pairs.
- Analyser l'apport pédagogique pour les pairs dans leur activité de correction.

Les problèmes sont nombreux et difficiles mais au-delà de l'impact scientifique, il vient à l'esprit l'impact économique. Dans l'ambition de fournir un apprentissage de qualité équivalent à l'apprentissage présentiel, la seule activité qui demande de la main d'œuvre proportionnellement au nombre d'inscrits est celle de l'évaluation. Peut-on, à travers l'évaluation par les pairs, établir une stratégie 'gagnant-gagnant' ?

Evaluation par les résultats et réalisations faites par les étudiants (et non pas par les notes). La quasi-totalité des formations ou diplômes sont structurés en termes de

modules. Les notes obtenues aux différents modules déterminent l'obtention ou non du diplôme ou de la formation. La qualité de l'évaluation d'un module est donc extrêmement importante.

Les résultats attendus en fin d'une formation s'expriment généralement en termes de la classification suivante :

- Savoir
- Savoir-faire
- Savoir-être
- Compétences professionnelles
- Compétences du 21ème siècle

Les compétences professionnelles sont les compétences relatives à un métier. Les compétences du 21ème siècle sont la collaboration, la communication, les compétences liées aux technologies de l'information et des communications (TIC), les habiletés sociales mais aussi la créativité, la pensée critique, etc. J'ai comme objectif de recherche de :

- Mettre en évidence le degré d'utilisation et de précision de ces cinq critères dans la définition des syllabus des modules existants.
- Mettre en évidence le degré d'utilisation et de précision de ces cinq critères dans les évaluations actuelle des modules.
- Proposer une classification de résultats applicables aux modules d'enseignements qu'ils soient présentiels, *blended*[16] ou de MOOC.
- Définir, concevoir et développer des outils pour assister et conseiller d'un côté l'apprenant à réussir le module et de l'autre côté l'enseignant à faire réussir le module. L'assistance et le conseil seront fondés sur les résultats et réalisations faites par les étudiants et non pas seulement sur les notes. Par exemple proposer un parcours de projets à faire et noter seulement si le projet a atteint un niveau satisfaisant ou non mais sans détailler la note lors d'une réussite.
- Définir, concevoir et développer un outil qui permet d'évaluer un étudiant en termes de résultats montrés et non en termes de notes obtenues

Le projet est ambitieux mais la demande est forte et les terrains d'expérimentations sont nombreux. L'idée est de définir, concevoir et développer un outil qui puisse gérer la

[16] Le mode d'apprentissage *blended* ou mixte désigne un apprentissage réalisé en partie en e-learning avec une certaine autonomie et en partie en "présentiel, c'est-à-dire en présence d'un enseignant.

définition des résultats attendus d'un module d'enseignement et permettre d'évaluer l'étudiant en termes de résultats montrés et non en termes de notes obtenus.

3.4 Conclusions sur le projet de recherche et l'HDR

Notre projet de recherche est basé sur deux axes : la scénarisation des méthodes pédagogiques d'une part et le développement des MOOC d'autre part.

Le programme de recherche sur la scénarisation des méthodes pédagogiques touchera principalement la composante SHS pour les travaux sur les phases de définition et de conception de scénarisation. Ces travaux permettront de fournir des modèles informatiques pour soutenir la conception avant d'aborder la composante technologique pour la phase de réalisation d'outils informatiques.

Celui défini pour les MOOC touchera directement la composante SHS pour la partie ingénierie des MOOC permettant, là aussi, d'élaborer des modèles informatiques pour soutenir la conception avant d'aborder la composante technologique pour la réalisation des outils. Comme nous l'avons dit précédemment (section 2.4), nous sommes conscients que la composante sociétale contient une part trop importante d'aspects politiques pour que nous prenions cette voie comme épine dorsale de nos futurs travaux. Mais elle sera quand même indirectement présente par les effets économiques et politiques que nos travaux sur le développement des MOOC produiront inévitablement.

Ces deux axes sont donc assez riches pour nous permettre de conserver notre postulat de base qui pose qu'une recherche en ingénierie pédagogique des systèmes d'enseignement supérieur ne peut faire l'économie d'être une approche systémique basée sur les trois composantes : sociétale, technologique et SHS.

Cependant un point fondemental pour la réussite de ces projets de recherche est que nous progressions encore en termes de compétences d'encadrement et de production de recherche. En effet, les activités de recherche, qui m'ont amenées à la présentation de cette Habilitation à Diriger les recherches, ont beaucoup transformé ma vision de la recherche et mes méthodes de travail.

Cette transformation est le fruit naturel des travaux qu'il a fallu mener : études bibliographiques, collaborations internes ou externes, travaux de réflexions personnelles ou menées en projets, réalisations informatiques ou pédagogiques et publications scientifiques.

Mais cette transformation de méthode de recherche est aussi dûe aux évolutions technologiques. Toutes les activités de recherche citées sont actuellement le plus souvent tributaires, voire dépendantes, de l'Internet et d'une manière générale des TIC :

- La bibliographie est une pierre angulaire de la recherche : aujourd'hui le différentiel d'accès aux publications et aux ouvrages scientifiques entre la plus grande université et la plus modeste n'a jamais été aussi faible.
- La capacité à travailler en réseau avec des partenaires du monde entier n'a jamais été aussi facile, efficace et peu coûteuse.
- Les possibilités d'organiser sa pensée, à travers des systèmes logiciels de gestion de la connaissance n'ont jamais été aussi puissantes.
- Les possibilités d'accès à l'édition dans les meilleures revues n'ont jamais été aussi grandes.
- L'accès aux outils informatiques n'a jamais été aussi généralisé et souvent gratuit.
- La diffusion d'évaluations indépendantes, certes criticables et améliorables, n'a cependant jamais été aussi transparente et présente.

Ainsi si j'obtiens mon HDR, je veillerais à prendre garde à améliorer mes méthodes de recherche. En effet, à l'avenir, il faudra plus que de l'imagination, du travail et de la rigueur pour réussir en recherche : il faudra accompagner la révolution numérique et adapter sa manière de faire de la recherche. Cette recherche sera encore plus collaborative ou ne sera pas. Développer des compétences dans ce sens est, à la suite de mon HDR, un méta-projet vital.

4. BIBLIOGRAPHIE

Ab Maleh, N., Lee, C., Ho, C., Chong, H., (2004). A Conceptual Framework for Enhancing the Instructional Design Process. *Malaysian Online Journal of Instructional Technology*, Vol. 1, No. 2, pp. 35-48.

Abdallah, F., (2009), *Méta-modélisation pour décrire et instrumenter une situation d'apprentissage de pédagogie par Projet Collectif*. Thèse de l'université du Maine.

Abdallah, F., Toffolon, C., Warin, B., (2008), Models transformation to implement a Project-Based Collaborative Learning (PBCL) scenario: Moodle case study . *8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies - ICALT-2008*, July 1st to 5th 2008, Santander, Spain.

Abet, (2000), *Engineering Criteria 2000 Third Edition: Criteria for Accrediting Programs in Engineering in the United States*. Published by the Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), Baltimore, Maryland.

Advanced Distributed Learning, (2011), Sharable Content Object Reference Model (SCORM®). Accédé le 21 mai 2015 à http://www.adlnet.gov/scorm/scorm-version-1-2.html.

AFNOR, (1991), *AFNOR X50-105*. AFNOR.

Agileforall (http). Méthode Scrum. Accédé le 20 mai 2015 à http://www.coffee-meeting.com/scrum-process-en-5-minutes.

Aïm, R., (2009), *Conduire un projet*. AFNOR.

Allert, H., (2004), Coherent Social Systems for Learning: An Approach for Contextualized and Community-Centred Metadata. *Journal of Interactive Media in Education*, vol. 2, pp. 83-86, 2004.

Anderson, D.R., Krathwohl, L.W. (eds.), (2001), Airasian P, Cruikshank KA, Mayer RE, Pintrich P, Raths J, Wittrock MC, *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.

Arnold, A., Dauchet, M., (1978), Théorie des magmoïdes. *RAIRO - Theoretical Informatics and Applications*, 1978, 12, 3, pp. 235-257.

Arnold, A., Dauchet, M., (1978), Théorie des magmoïdes. *RAIRO - Theoretical Informatics and Applications*, 1979, 13(3), pp. 135-154.

Bachelet, R., (2011), Peer evaluation in projects, SFGP, novembre 2011, Lille France. Accédé (in French) le 24 mai 2015 à https://hal.archives-ouvertes.fr/halshs-00683143.

Bachelet, R., (2013), communication privée, Ecole Centrale Lille, http://rb.ec-lille.fr/.

Bar Yam, Y., (2002), *General Features of Complex Systems, Technical report*. New England Complex Systems Institute (USA).

Bardet, C., Coustes, A., Degunst, F., Lalande, C., 2015, Projet Opal'Dev, Accédé le 26 juin 2015 à https://gestionbecasuc.wordpress.com/.

Beck, K., Beedle, M., Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., Grenning, J., Highsmith, J., Hunt, A., Jeffries, R., Kern, J., Marick, B., Martin, R.C., Mellor, S., Schwaber, K., Sutherland, J., Thomas, D., (2001), *Manifesto for Agile Software Development*. Accédé le 21 mai 2015 at http://agilemanifesto.org/iso/en/.

Bennett, S., Bishop, A., Dalgarno, B., Waycott, J. Kennedy, G., (2012), Implementing Web 2.0 technologies in higher education: A collective case study. *Computers and Education* 59(2), pp. 524-534.

Besterfield-Sacre, M., Shuman, L. J.; Wolfe, H.; Atman, C. J.; McGourty, J.; Miller, R. L.; Olds, B. M., et Rogers, G. M., (2000), Defining the outcomes: a framework for EC 2000. *IEEE Transactions on Engineering Education*, Volume 43, Number 2, pp. 100-110.

Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., Rumble, M., (2012), *Defining Twenty-First Century Skills.* In Griffin, P., McGaw, B., Care, E. (Eds,) Assessment and Teaching of 21st Century SkillsDordrecht: Springer.

Blanc, X., (2005), MDA en action, *Ingénierie logicielle guidée par les modèles*. Eyrolles, 2005.

Bloom, B., Englehart, M., Furst, E., Hill, W., Krathwohl, D., (1956), *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals.* In Bloom (Ed.), Handbook I: Cognitive domain. New York: Longman, pp. 62-200.

Boss, S, (http), Project-Based learning: a short history. Accédé le 21 mai 2015 at http://www.edutopia.org/project-based-learning-history.

Bossut, F., Warin, B., (1991), On a code Problem concerning directed acyclic graphs, RAIRO *Theorical Informatics and Applications*, Vol. 25, No 3, 1991, pp. 205-218.

Bossut, F., Dauchet, M., Warin, B., (1995), A Kleene theorem for a class of planar acyclics graphs, *Information and Computation*, vol. 117, No 2, 1995, pp. 251-265.

Boyer, E. L., (1997), *Scholarship reconsidered – priorities of the professoriate, The Carnegie foundation for the advancement of teaching*.

Brill, J., M., Bishop, M., J., Walker, A., E., (2006), The competencies and characteristics required of an effective project manager: a web-based Delphi Study. *Educational Technology Research & development*, 54(2), 114-140.

Bruner, J. S., (1961), The art of discovery. *Harvard Educational Review*, 31:21-32.

Charle, C., Verger, J., (2007), *Histoire des universités*. Que sais-je ? p. 126.

Chun, A. H. W. (2004), The agile teaching/learning methodology and its e-learning platform. *In Advances in Web-Based Learning–ICWL*, pp. 11-18, Springer Berlin Heidelberg.

Cisel, M., Bruillard, E., (2012), *Chronique des MOOC*. Sticef, volume 19.

Cochran, K. F., (1997), Pedagogical content knowledge: teacher's Integration of subject matter, pedagogy, students ans learning environnements, Research Matters to the Science Teacher. Jan. 14, 1997. Accédé le 26 mai 2015 à https://www.narst.org/publications/research/pck.cfm.

Cole, M., (2009), Using Wiki technology to support student engagement: Lessons from the trenches. *Computers & education*, 52, 141-146.

Cooper, A., (1999), *The inmates are running the asylum*. Indianapolis, SAMS Publishing, 1999.

Cress, U., Stahl, G., Ludvigsen, S., Law, N., (2015), The core features of CSCL: Social situation, collaborative knowledge processes and their design, International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 10(2), pp. 109-116.

Cubric, M. (2008), Agile learning & teaching with wikis: building a pattern. In *Proceedings of the 4th International Symposium on Wikis* (p. 28). ACM.

Cubric, M, (2013), An agile method for teaching agile in business schools, *The International Journal of Management Education*, 11(2013), pp. 119-231.

Curricula-Vitae, (http), Accédé le 21 mai 2015 à http://fr.curricula-vitae.com/competences.html.

D'Andrea, V., Gosling, D., (2005), *Improving teaching and learning in higher education*. Open university press, p. 262.

Davidenkoff, E., (2014), *Le tsunami numérique*. Stock, Les empêcheurs de penser en rond, p. 202.

Decamps, S., (2014), *La scénarisation d'activités pédagogiques en ligne*, Mémoire de doctorat. Université de Mons, Belgique.

Deming, W. E., (1982), *Quality Productivity and Competitive Position*. Massachusetts Institute Technology Eds, June 1982.

Dewey, J., (1897), My pedagogic creed, *School Journal*. 54:77-80.

Dewey J, (1899), *The School and Society*. The University of Chicago Press, 1899.

D'Halluin, C., Hoogstoel, F., Warin, B., (2008), "Mise en œuvre d'une pédagogie par projet en école d'ingénieur", TICE 2008, 27 au 29 octobre 2008, Paris, France

Dillenbourg, P., Jarvela, S., Fischer, F., (2009), The evolution of research on computer-supported collaborative learning. In N. Balacheff (Ed.), *Technology-enhance learning*, NewYork:Springer.

Dillenbourg, P. & Jermann, P. (2006). Designing Integrative Scripts. In F. Fischer, I. Kollar, H. Mandl & J. Haake (Eds.), *Scripting Computer-Supported Collaborative Learning*. (pp. 277-302). New-York, NJ : Springer

Dillenbourg, P., Tchounikine, P., (2007), Flexibility in macro-scripts for computersupported collaborative learning, *Journal of Computer Assisted learning*, 23, pp. 1-13.

Donclark, D. R., (http-a), Robert Glaser – Instructional Systems – 1962. Retrieved the 1th September 2011 at http://nwlink.com/~donclark/hrd.html.

Donclark, D. R., (http-b), Addie Model. Accédé le 21 mai 2015 à http://nwlink.com/~donclark/hrd.html.

Dooley, C. R., (1946), *Training within industry in the united states, Report III: Vocational Training*. International Labor Organization (Montreal, 1946), The TWI institute. Accédé le 21 mai 2015 à http://twi-institute.com/twi-institute/how-we-can-help-you/recommended-reading/.

Doucet, P., (2004), L'accompagnement des équipes de travail dans la pédagogie projet. *Res Academica*, volume 22, n° 2, pp. 247-263.

Doucet, P., (2006), Outil informatique pour évaluer la contribution individuelle dans les équipes de travail – Phase 1, diaporama ppt. Accédé le 24 mai 2015 à http://mpu.evenement.usherbrooke.ca/2007/documents/patrik_doucet_20070403.ppt.

Drira, R., Laroussi M. et Derycke, A., (2007), "A first investigation for reducing eLearning environment complexity by Multiscale". *Proc. Computer, Information, and Systems sciences, and Engineering (CISSE)*, December 2007.

Drira, R., (2010), *Assistance à la modélisation et à la contextualisation de dispositifs pédagogiques complexes*. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Techniques de Lille (France) et Université de Manouba (Tunisie).

Drira, M., Warin, B., Laroussi, M., (2011), Contextualization of reusable learning systems: Theoretical and practical analysis, approach and case study. *International Journal of Learning Technologies*, vol. 6, N° 4, pp. 362-383, 2011.

Drira, R., Laroussi, M., Le Pallec, X., Warin, B., (2012), Contextualizing learning scenarios according to different learning management systems. *IEEE Transactions On Learning Technologies*, Vol. 5, N°. 3, pp. 213-225.

Dumont, B., (1992), The influence of organizational characteristics on education and learning. *Education and Computing*, 8(1-2), pp. 41-45.

Eastman, J. K., et Reisenwitz, T. H., (2006), Dealing with student group project traumas: teaching students recognition responsibility,and resolution of group project problems. *Marketing education review*, summer 2006 (16), pp. 9-21.

El Mawas, E., (2013), *Méthode d'identification et de formalisation des langages des plateformes*, Rapport du projet ANR Graphit. Accédé le 26 juin 2015 à http://www-lium.univ-lemans.fr/~laforcad/graphit/wp-content/uploads/2014/08/livrable-D4.1VF3.pdf

E-services, http, Master Pro E-services. Accédé le 2 juillet 2015 à http://www.foad-mooc.auf.org/-Master-pro-M2-E-services-.html.

Froyd, J. E., (2013), Editorial: a new direction for the IEEE Transaction Education: Part I. Developing shared understanding of the scholarship of application. *IEEE Transaction on Education*, 56(4), 373-376.

George, S., (2001), *Apprentissage collectif à distance. SPLACH : un environnement informatique support d'une pédagogie de projet*. Mémoire de doctorat, Université du Maine, Laboratoire d'informatique de l'Université du Maine, France.

Glaser, R., (1962), *Psychology and Instructional Technology*. Training Research and Education. Glaser, R. (ed.). Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.

Green, C. D., (2009), Classic in history of psychology. Accédé le 21 mai 2015 à http://psychclassics.yor ku.ca.

Grégoire, R., Laferrière, T., (1998), Project-Based Collaborative Learning with Networked Computer, Teachers' Guide. Accédé le 21 mai 2015 à http://www.tact.fse.ulaval.ca/ang/html/projectg.html.

Gunasekaran, A., McNeil, R. D. et Shaul, D., (2002), E-learning: research and applications. *Industrial and Commercial Training*, 34 (2), 44-53.

Gustafson, K. L., Branch, R. M., (2002), *What is instructional design?* In R.A. Reiser et J.V. Dempsey (Eds.). Trends and issues in instructional design and technology (pp. 16-25). Upper Saddle River, NJ: Merrill Prentice Hall.

Hanney, R., Savin-Baden, M., (2013), The problem of projects: understanding the theoretical underpinnings of project-led PBL. *London Review of Education*, 11(1), 7-19.

Harzing, A. W., (2010), *The publish or perish book, your guide for effective and responsible citation analysis*. Published by Tarma Software Research Pty Ltd, Melbourne, Australia, pp. 250.

Hennessy, J. L., (2012), The coming tsunami in educational technology. *CRA's 40th anniversary conference at Snowbird*, 22-24 July 2012, Snowbird.

Hoogstoel, F., (1995), *Une approche organisationnelle du travail coopératif assisté par ordinateur. Application au projet Co-Learn.* Mémoire de doctorat, Université des Sciences et Techniques, France.

Hopcroft, J., Tarjan, R. E., (1974), Efficient planarity testing. *Journal of the ACM*, vol. 21, no 4, pp. 549–568.

Houllier, J.R., Mottiez, M., Coban, T., (2013), *Pédagogie de la simulation en management de projet : un retour d'expérience avec le logiciel SimulTrain*, Projet Management Institute. Accédé le 29 février 2016 à http-b]http://www.pmi-france.org/news/220-pedagogie-simulation-en-management-de-proj-retour-experience-simultrain

Huntzinger, J., (2006), *Why Standard Work is not Standard: Training Within Industry Provides an Answer*. Target Magazine, Volume 22, Number 4, Fourth Quarter 2006. Accédé le 21 mai 2015 à http://twi-institute.com/twi-institute/how-we-can-help-you/recommended-reading/.

Hyman, P., (2002), In the Year of Disruptive Education. *Communications of the ACM*, Vol. 55 No. 12, Pages 20-22.

ICEC, (http), International Cost Engineering Council. Accédé le 29 fevrier 2016 à http://www.icoste.org/.

IMS, (http-2011), "IMS Learning Design Information Model - version 1.0". IMS Global LearningConsortium, 2011. Accédé le 21 mai 2015 à http://www.imsglobal.org/learningdesign/index.html.

IPMA, (http), International Project Management. Accédé le 29 février 2016 à http://www.ipma.ch.

Idoughi, D., Seffah, A., Kolski, C. (2012), Adding user experience into the interactive service design loop: a persona-based approach. *Behaviour & Information Technology*, 31 (3), pp. 287-303.

ISO, (2003), ISO 10006: 2003.

Jeong, H., Hmelo-Silver, C.E., Yu, Y. (2014), An examination of CSCL methodological practices and the influence of theoretical frameworks 2005–2009, *International Journal of Computer-Supported Collaboration Learning*, 9(3), pp. 305-334.

Jermann, P., Dillenbourg, P., (2003), Elaborating new arguments through a cscl scenario. In Arguing to Learn: Confronting Cognitions in Computer – Supported

Collaborative Learning Environments (eds G. Andriessen, M. Baker & D. Suthers), pp. 205–226. CSCL Series, Kluwer, Amsterdam, The Netherlands.

Juang, Y. R., Liu, T. C., Chan, T. W., (2008), *Computer-Supported Teacher Development of Pedagogical Content Knowledge through Developing School-Based Curriculum*. Educational Technology & Society, 11 (2), 149-170.

Katz, R. L., (1974), *Skills of an effective administrator*. Harvard Business Review, Vol. 51, p. 120.

Kleene, S. C., (1956), *Representation of events in nerve sets and finite automata*. In Shannon, C. E., McCarthy, J., editors, Automata Studies, pp. 3-41, Princeton University Press, Annals of Mathematics Studies 34.

Kuratowski, K., (1930), Sur le problème des courbes gauches en topologie. *Fund Math*. 15, 271–283.

Knoll, M., (1997), The project method: Its vocational education origin and international development. *Journal of Industrial Teacher Education*, 34(3):59-80.

Knoll, M., (http), *Gale encyclopedia education*. Accédé le 21 mai 2015 à http://www.encyclopedia.com/doc/1G2-3403200502.html.

IEEE, (2004), *Guide to software body of knowledge*. IEEE Computer Society.

IMS-LD, (2010), IMS-LD, IMS project website. Accédé le 20 mai 2015 à http://www.imsproject.org/learningdesign/.

Kilpatrick, W. L., (1918), The project method: the use of the purpose full act in the educative process. *Teachers College Record*, 19(2):319-335.

Kilpatrick W. H., (1925), *Foundations of method: Informal talks on teaching*. New York: Macmillan.

Lavoué, E., (2008), Plate-forme support à l'Interconnexion de Communautés de Pratique. Mémoire de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France

Le Boterf, G., (2006), *Ingénierie et évaluation des compétences*. Paris, Éditions d'organisation.

Leclet, D., Quénu-Joiron, C., Talon, B., C., Warin, B., (2006), "Instrumentation et expérimentation d'une méthode d'apprentissage en ligne de la conduite de projet", *1ère Journée Communication et Apprentissage Instrumentées en Réseau*, 6 et 7 juillet 2006, Amiens, France.

Le Pallec, X., (2014), *Centrer l'Ingénierie Dirigée par les Modèles sur l'humain*. Mémoire d'Habilitation à Diriger les Recherches, Université de Lille, 5 décembre 2014.

Locke, J., (1689), A Letter Concerning Toleration. Accédé le 21 mai 2015 à http://www.johnlocke.net.

Locke, J., (1690a), Two Treatises of Government. Accédé le 21 mai 2015 à http://www.johnlocke.net.

Locke, J., (1690b), An Essay Concerning Human Understanding. Accédé le 21 mai 2015 à http://www.johnlocke.net.

Locke, J., (1693), Some Thoughts Education. Accédé le 21 mai 2015 à http://www.johnlocke.net.

Longchamp, J., (2003), *Le travail coopératif et ses technologies*, Hermés Science Lavoisier, 2003.

Loyens, S.M.M., Rikers R.M.J.P., (2011), *Instruction Based on Inquiry*. In RE Mayer et PA Alexander (Eds.), Handbook of Research on Learning and Instruction (pp. 361-381). New York: Routledge Press.

Majid, E. H., Aallouche, F., (http), Accédé le 20 mai 2015 à http://fr.slideshare.net/aallouchefouad/approche-mda.

Manjula, Vaideeswaran, (2011), A New Framework for Measuring the Quality of Engineering Education System using SEI-CMM approach – (E2-CMM). *International Journal of Software Engineering & Applications* 2(1), 28-42.

Marfisi-Schottman, I., (2012), *Méthodologie, modèles et outils pour la conception de Learning Games*. Thèse de doctorat en informatique, INSA de Lyon.

Marfisi-Schottman, I., Toffolon, C., (2015), Extraire et réutiliser des patrons de conception à partir de Learning Games existants. Atelier conception collaborative des EIAH, *Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain*, Agadir, juin 2015.

McClelland, D. C., (1973), Testing for competence rather than intelligence. *American Psychologist*. 28, 1-14.

Miller, S. M., Miller, K. L., (1999), Using Instructional Theory to Facilitate Communication in Web-based Courses. *Journal of Educational Technology and Society* 2(3), 106-114.

Minsky, M. L., (1968), Matter, Mind and Models, Semantic Information Processing. MIT Press. Accédé le 21 mai 2015 à http://web.media.mit.edu/~minsky/papers/MatterMindModels.txt.

Monod-Ansaldi, R., Sanchez E., Devallois, D., Daubias, P., Brondex, A., Doche, A.S., Miranda, S. Perez, T., (2015), Un exemple de recherche collaborative orientée par la conception analysée au regard de la théorie anthropologique du didactique. Atelier conception collaborative des EIAH, *Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain*, Agadir, juin 2015.

Morandi, (2005), *Modèles et méthodes en pédagogie*. Nathan, Paris, 2005.

Michelet, J., (1869), *Nos fils*. Lacroix, Verbroecken et Cie éditeurs, 1870, p 436.

Molenda, M., (2003), In the search of the elusive ADDIE model, Performance Improvement. Accédé le 21 mai 2015 à http://www.comp.dit.ie/dgordon/courses/ilt/ilt0004/insearchofelusiveaddie.pdf.

Morin, E., Lemoigne, J., (1999), *L'intelligence de la complexité*. Paris: L'Harmattan.

Morrisson, C., (2012), *Le Monde byzantin tome I (L'Empire romain d'Orient 330-641)*. Ouvrage collectif sous la direction de Cécile Morrisson, PUF, 2e édition, 2012.

Nodenot, T., (2006), *Contribution à l'ingénierie dirigée par les modèles en EIAH: le cas des situations problèmes coopératives*. Mémoire de Doctorat, Université de Pau et des Pays de l'Adour (France), 2006.

Nosich, G. M., (2010), *What Is Critical Thinking?* In To Think Things Through: A Guide to Critical Thinking Across the Curriculum, Fourth Edition, Pearson Prentice Hall.

OCDE, (2005), *The definition of the keys competencies, executive summary*. 2005. Accédé le 21 mai 2015 à http://www.oecd.org/pisa/35070367.pdf.

Ottenbreit-Leftwich, A.T., Brush, T.A., Strycker, J., Gronseth, S., Roman, T., Abaci, S., vanLeusen, P., Shin, S., Easterling, W., Plucker, J., (2012), Preparation versus practice: How do education programs and practicing teachers align in their use of technology to support teaching and learning? *Computers and Education* 59(2), 399-411.

Page, M., (1990), *Active Learning: Historical and Contemporary Perspectives*. Doctoral paper, University of Massachusetts, pp. 112. Accédé le 21 mai 2015 à http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED338389.pdf.

Paquette, G., (2002), *L'ingénierie pédagogique - Pour construire l'apprentissage en réseau*. Presse de l'Université du Québec, p. 455.

Paquette, G., (2003), *Introduction à la spécification IMS-LD. D'une perspective d'ingénierie pédagogique*. Accédé le 18 février 2015 à http://helios.licef.ca/residld/2/Introduction_à_IMSLD.doc.

Paquette, G., (2005), *L'ingénierie pédagogique, pour construire l'apprentissage en réseau*. Presse de l'Université du Québec, p. 460.

Paquette, G., (2010), *Visual Knowledge Modeling for Semantic Web Technologies: Models and Ontologies*. Information Science Reference, Hershey, NY.

Paulsen, M., (2003), Experiences with Learning Management Systems in 113 European Institutions. *Educational Technology & Society*, 6 (4), pp. 134-148.

Pavlov, I. P., (1927), Conditioned reflexes: an investigation of the physiological activity of the cerebral cortex. Accédé le 21 mai 2015 à http://psychclassics.yorku.ca/Pavlov/.

Pernin, J. P., Lejeune, A., (2004), Modèles pour la réutilisation de scénarios d'apprentissage. *Colloque TICE Méditerranée 2004*, Nice, nov. 2004.

Perrenoud, P., (1999), *Faire acquérir des compétences à l'école*. In Vie pédagogique, n° 112, septembre-octobre 1999, pp. 16-20. Accédé le 21 mai 2015 à http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1999/1999_14.html#Heading1.

Piaget, J., (1937), *La construction du réel chez l'enfant*. Neuchâtel; Paris: Delachaux et Niestlé. La plupart des ouvrages de Piaget peuvent être trouvés à http://www.fondationjeanpiaget.ch.

Pisa, (2005), *The definition and selection of key competencies (DeSeCo)*. Rapport de l'Organization for economic co-operation and development. Accédé le 21 mai 2015 à http://www.oecd.org/pisa/35070367.pdf.

PMI, (http), Project Management Institute. Accédé le 29 février 2016 à http://www.pmi.org.

Project Management Institute, (1996), A guide to the project Management Body of Knowledge.

Pruitt, J., Grudin, J. J., (2003), Personas: practice and theory. Proc. Designing for User Experiences, *DUX'03*, ACM Press.

Raynal, F., Rieuner, A., (2001), *Pédagogie : dictionnaire des concepts clés*. ESF edition.

Reiser, R. A., (2001a), A History of Instructional Design and Technology: part I. *Educational Transaction Research and Devlopment*, Vol. 49, No. 1, 2001, pp. 53–64.

Reiser, R.A., (2001b), A history of instructional design and technology: part II: a history of instructional design. *Educational Technology Research & Development*, Vol. 49, No. 2, 2001, pp. 57–67 - ISSN 1042–1629.

Riley, D., (2007), Educational Technology and Practice: Types and Timescales of Change. *Journal of Educational Technology & Society*, 10 (1), 85-93.

Roberson, C., (2011), Aligning generations to improve retention in introductory computing courses. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 26(6), 30-36.

Robinson, A., G., Schroeder, D., M., (1993), Training, Continuous Improvement, and Human Relations: The U.S TWI Programs and the Japanese Management Style. *California Management Review*, vol. 35, no. 2, pp. 35-57,1993. Accédé le 21 mai

2015 à http://twi-institute.com/twi-institute/how-we-can-help-you/recommended-reading/.

Rößling, G.,Malmi, L., Clancy, M., Joy, M., Kerren, A., Korhonen, A., Moreno, A., Naps, T., Oechsie, R., Radenski, A., Rockford, J.R. and Velázquez-Iturbide, J. A., (2008), Enhancing learning management systems to better support computer science education, inroads. *SIGSE bulletin*, vol. 40 (4), 142-166.

Rousseau, J. J., (1750), Discours sur les sciences et les arts.

Rousseau, J. J., (1755), Discours sur l'origine et les fondements de l'inégalité parmi les hommes.

Rousseau, J. J., (1762a), Le contrat social.

Rousseau, J. J., (1762b), L'Émile, ou De l'éducation.

Ross, D. T., (1977), *Structured Analysis and design Technique (SADT): A language for communicating ideas*. IEEE Transactions on Software Engineering, SE-3(1), 16-34.

Sancho-Thomas, P., Fuentes-Fernández, R., Fernández-Manjón, B., (2009), Learning teamwork skills in university programming courses. *Computers & Education* 53, 517–531.

Seffah, A., Kolski, Idoughi, D., (2009), Personna comme outil de design de services interactifs : principes et exemple en e-maintenance. Proceedings of IHM 2009, *21ème Conférence de l'Association Francophone sur l'Interaction Homme-Machine* (Grenoble, France, 13-16 octobre 2009), ACM, pp. 333-336.

SEP, (http), Phylosophy of Education, Stanford Encyclopedia of Philosophia, Last visited the 24th March 2013 at http://plato.stanford.edu/entries/education-philosophy/.

SEP, (2015), Behavorism, Stanford Encyclopedia of Philosophia. Accédé le 21 mai 2015 à http://plato.stanford.edu/entries/behaviorism/.

Shewhart, W. A., (1939), *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control*. The Graduate School, U.S. Department of Agriculture, Washington.

Skinner, B. F., (1935), Two types of conditioned reflex and a pseudo type. *Journal of General Psychology*, 12, 66-77. Accédé le 21 mai 2015 à http://psychclassics.yorku.ca/Skinner/Twotypes/twotypes.htm.

Skinner, B. F., (1968), The Technology of Teaching. Prentice Hall College Div, 208 pages.

Silvern, G. M., Silvern, L. C., (1966), Programmed instruction and computer-assisted instruction: an overview. 54(12), pp. 1648-1655, *IEEE proceedings*, December 1966.

Silvern, L. C., (1969), LOGOS, A system language for flowchart modeling, *Educational Technology*, June, 1969.

Silvern, L. C., (1972), *Systems engineering applied to training*. Educational and training consultants company, Los Angeles, USA, p. 170.

Smith, P. L., Raglan, T. L., (1999), *Instructional Design*. John Wiley & Sons.

Souza, M.J.D., Rodrigues, P., (2015), Extreme pedagogy: an agile teaching-learning methodology for engineering education, *Indian Journal of Science and Technology*, 8(9), pp. 828-833.

Sutherland, J., Schwaber, K., (1995), Business object design and implementation. *OOPSLA '95 Workshop Proceedings*, October 1995, Austin, Texas, USA.

Szewkis, E., Nussbaum, M., Rosen, T., Abalos, J., Denardin, F., Caballero, D., Tagle, A., Alcoholado, C., (2011), Collaboration within large groups in the classroom, International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 6(4), pp 561-575.

Takeuchi, H., Nonaka, I., (1986), The New New Product Development Game. *Harvard Business Review* 64:1: 285-305.

Talbi, O. (2015), Environnement de suivi de projets pour la méthode MRP (développement), *Rapport d'avancement de thèse*, Univ. Tlemcen, Univ. ULCO, mars 2015.

Talbi, O., Warin, B., Kolski, C., (2013), Towards A Support System For Course Design. *5th International Conference on Computer Supported Education* (CSEDU), 6-8 may 2013, AAchen, Germany, p 449-454.

Talbot, R. W., (1990), L'enseignement par projet. *Revue des sciences de l'éducation*, 16(1): 111-128.

Talon, B., Toffolon, C., Warin, B., (2004), From Classroom to E-learning Teaching: A European Partnership Experiment . *European Conference on E-Learning* (ECEL 04), 25-26 nov. 2004, Paris, France.

Talon, B., Toffolon, C., Warin, B., (2005), Projet en milieu universitaire : vers une gestion collaborative assistée par le Web. *Revue Internationale de Pédagogie Universitaire*, vol. 2, n° 2, pp. 28-33.

Tchounikine, P., (2009), Précis de recherche en ingénierie des EIAH. Accédé le 21 mai 2015 à http://lig-membres.imag.fr/tchounikine/Articles/PrecisV1.pdf.

Thorndike, E. L., (1911). Animal intelligence. Accédé le 21 mai 2015 à http://psychclassics.yorku.ca/Thorndike/Animal.

US Department of Education, Office of Educational Technology, National Educational Technology Plan, (2010), Transforming American Education: Learning Powered by

Technology. Retrieved from the U.S. Department of Education website. Accédé le 21 mai 2015 à http://www.ed.gov/sites/default/files/NETP-2010-final-report.pdf.

Van Rooij, S. W., (2010), Project management in instruction design? *British Journal Of education technology*, 41(5), 852-864.

Vygotsky, L. S., (1998), *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Cambridge, 1978.

Warin, B., Kolski, C., Sagar, M., (2011), Framework for the evolution of acquiring knowledge modules to integrate the acquisition of high-level cognitive skills and professional competencies: Principles and case studies. *Computers & Education*, 57(2), pp. 1595-1614.

Warin, B., 2012-2015, Description de la méthode Multi-Rôles Project (Kit à l'attention des étudiants), Version 0.1.4.a Accédé le 26 juin 2015 à http://mepulco.net.

Warin, Talbi, Kolski, Hoogstöel, (2016), Multi-Role Project (MRP): a new Project-based Learning, Method for STEM, IEEE Transaction on Education, 59(2), p137-146.

Watson, J., (1913), Psychology as a Behaviorist Views It. *Psychological Review*, 20, 158-77. Accédé le 21 mai 2015 à http://psychclassics.yorku.ca/Watson/views.htm.

Zou, J., Liu, Q., Yang, Z., (2012), Development of a Moodle course for schoolchildren's table tennis learning based on Competence Motivation Theory: Its effectiveness in comparison to traditional training method. *Computers and Education* 59(2), 2012, 294-303.

Partie 3

Sélection de cinq publications

Warin, B., Kolski, C., Sagar, M., (2011), Framework for the evolution of acquiring knowledge modules to integrate the acquisition of high-level cognitive skills and professional competencies: Principles and case studies. *Computers & Education*, 57(2), pp. 1595-1614 - **Impact Factor 2011 : 2,621**

Warin, Talbi, Kolski, Hoogstöel, (2016), Multi-Role Project (MRP): a new Project-based Learning, Method for STEM, IEEE Transaction on Education, 59(2), p. 137-146, **– Impact Factor 2016 : 0,842**

Drira, M., Warin, B., Laroussi, M., (2011), Contextualization of reusable learning systems: Theoretical and practical analysis, approach and case study. *International Journal of Learning Technoogies*, vol. 6, N° 4, pp. 362-383, 2011.

Drira, R., Laroussi, M., Le Pallec, X., Warin, B., (2012), Contextualizing learning scenarios according to different learning management systems. *IEEE Transactions On Learning Technologies*, Vol. 5, N°. 3, pp. 213-225 - **Impact Factor 2012 : 0,823**

Talbi, O., Warin, B., Kolski, C., (2013), Towards A Support System For Course Design. *5th International Conference on Computer Supported Education* (CSEDU), 6-8 may 2013, AAchen, Germany, p 449-454.

Framework for the evolution of acquiring knowledge modules to integrate the acquisition of high-level cognitive skills and professional competencies: principles and case studies

This document is the final version submitted for publication (and accepted without no further modification) by the Computers & Education international journal. It was formatted by the journal and can be also found on its web site.

[Warin, Kolski & Sagar, 2011], Warin, B., Kolski, C., Sagar, M., 2011, *Framework for the evolution of acquiring knowledge modules to integrate the acquisition of high-level cognitive skills and professional competencies: Principles and case studies,* Computers & Education 57 (2011), pp. 1595-1614.

ABSTRACT
The changing profile of students, the expectations of business and the capabilities offered by Information and Communication Technologies (ICT) makes it necessary to change teaching practices, particularly in higher education. This paper proposes a methodological framework destined to force disciplinary course modules to evolve in order to integrate high-level cognitive skills and professional competencies. In this paper, we examine this framework in terms of the primary currents in educational psychology: behaviourism, cognitivism, constructivism and social constructivism. We present and analyse three case studies showing the evolution of three disciplinary course modules. We show that the lessons taught in these three modules are more motivating and more efficient, producing results that are closer to what employers are asking of their employees.

Keywords
Improving classroom teaching, Teaching strategies, Learning strategies, Collaborative learning, Pedagogical issues

1. Introduction

1.1. Diverse teaching difficulties

During our many years of university teaching in the three-year undergraduate program and the two-year Master's program in science and technology, we have noted that certain educational goals have been hard to reach, especially since the students' involvement in the traditional types of courses (e.g., lectures and seminars) has declined over the last several years (Eastman & Reisenwitz, 2006; Cole, 2009). For example, educational goals are hard to attain when teaching students about conceptual knowledge, which includes a lot of theoretical definitions and models. Many students refuse to learn this theoretical knowledge. In fact, this kind of knowledge makes it difficult to set up technical learning activities, and it often does not have any immediate practical applications

Finally, based on our university teaching experience, another difficulty, especially in technology, is the underestimation of the importance of acquiring and practising interpersonal skills and teamwork, which are nonetheless required by companies (Gunasekaran, McNeil& Shaul, 2002). This is particularly detrimental in software development, in which teams are the foundation of the organization due to the increasing complexity of software development projects, which makes these projects unachievable for a single individual (Sancho-Thomas, Fuentes-Fernández & Fernández-Manjón, 2009). Companies prefer engineers with acceptable

technical skills, who know how to "connect" with the activities, processes and people in the company, rather than technical specialists with no people skills, who are often isolated and out of touch with the reality and the objectives of the company. Students rarely practice and acquire such high-level competencies, especially in the numerous computer training programs, in which both the teachers and students feel the priority should be technical skills. Abet (Abet, 2000) lists these competencies as the fourth out of eleven outcome criteria for engineering: "*An ability to function on multi-disciplinary teams*"; he divides these criteria into four behavioural dimensions: *collaboration*, *communication*, *conflict management* and *self-management* (Besterfield-Sacre, Shuman, Wolfe & Atman, 2000a; 2000b).

1.2. Discipline versus competencies

The above phenomena have intensified recently. In fact, until the 1980s, companies specified their recruiting needs in terms of functions to perform, which they then divided into tasks and skills (Raynal & Rieunier, 2001, p110). This corresponded to the definitions of university programs, structured according to discipline. However, this structured system found itself at odds with reality because the work in companies has become more open (Curricula-Vitae, http) and is now expressed in terms of complex requirements (Pisa, 2005). Thus, individuals have had to cope with the need to better manage their interdependences, to have a greater responsiveness to the company's needs, and to manage a variety of missions (Pisa, 2005).

Nowadays, many companies think in terms of competencies, which have generated a proliferation of heterogeneous definitions (Mc Clelland, 1973; Katz, 1974; Pisa, 2005; Le Boterf, 2006). We will retain the one formulated by Perrenoud (Perrenoud, 1999): "*the ability to act efficiently when confronted with a family of situations that are controllable because people have the knowledge, know-how and social skills and the ability to use them effectively, in time to identify and resolve genuine problems*", particularly in a job or profession. The lack of involvement of our students in our course modules can be explained by the gap between the education supplied, expressed in terms of *discipline*, and the expectations of students and professionals, expressed in terms of *competencies*.

To meet these new challenges, we propose in this paper a framework that will allow us to make our knowledge acquisition modules evolve, by adding disciplinary competencies in order to provide the most appropriate modules to students, companies and educational policy. These additions integrate professional, methodological and meta-cognitive competencies and can be an opportunity for teachers to lead students to think about their relationship with their courses. Although the curricula are accurate in terms of the knowledge that has to be acquired, they are less forthcoming about the competencies and attitudes to be acquired, about the nature and techniques of learning, and about the value and use of the acquired knowledge. Integrating these competencies will allow us to develop our courses to meet the challenge of changing profiles of students who are less and less traditional (Miller & Miller, 1999; Cole, 2009).

This paper is organized as follows. In Section 2, we position our approach in terms of the primary currents in educational psychology. In Section 3, we describe our practical framework, which should allow teachers to make their courses evolve according to 7 principles. In Section 4, we introduce three case studies for course modules in which our framework was implemented, and we show the main changes brought about on the modules compared to the way that they were originally taught. In Section 5, we examine how the 7 principles influenced the case studies presented, and we report the educational benefits. In Section 6, we offer our conclusions and perspectives for future research.

2. Our approach in relation to the primary currents in educational psychology

In this section, we briefly review the four main currents of educational theory and situate their principles in relation to our approach.

2.1. Behaviourism

In French universities, pedagogy is historically based on a behaviourist approach. (Thorndike, 1911) introduced this approach in the early twentieth century.

Watson (Watson, 1913) also encouraged the use of this approach; he was inspired by the 1904 Nobel Prize winner Ivan Pavlov's work on respondent conditioning (Pavlov, 1927). Between 1930 and 1950, Skinner continued on with this behaviourist approach, introducing operant conditioning (Skinner, 1935) and programmed instruction (Skinner, 1968). This approach is still dominant in the field of education, thus insuring knowledge of behaviorism and its founding documents are well known (Green, 2009; Raynal & Rieunier, 2001; SEP, 2006).

From the teacher's operational perspective, it is possible to reduce this approach to a few principles:

1) Knowledge is an objective reality and the teacher determines it completely.
2) This knowledge is divided into elementary knowledge units, which are expressed in content to be known and ability to solve problems directly related to that content.
3) Learning is done by learning the elementary knowledge, thus insuring the educational objectives are achieved.
4) Assessment is done according to the teacher's model, and therefore is objective. It is quantifiable, individual and most often written.
5) Learning is conducted by the presentation of the teacher's knowledge.
6) The learner learns by listening and reading, then trial and error followed by reinforcement.

This form of pedagogy is teacher-centered and necessitates individual work from the learner. It is appropriate for mass education, although it inherently does not provide any response to the question of high-level competencies. Although this pedagogy still remains valuable, even essential, for many situations, we want to propose a conceptual framework that allows it to evolve.

2.2. Cognitivism

While the subject of behaviourism is behaviour, that of cognitivism is to be able to model and explain the mental activities that generate a behaviour. Part of cognitive science, cognitivism postulates that the human mind is like a machine for processing information. One stream of knowledge, called *computo-symbolic*, is based on the sequential operation of computers and distinguishes short-term memory from transient memory and from long-term memory. Appearing at the same time as the first but acknowledged later, another stream, called *connectionism*, likens the brain to a neural network with the possibility of parallel computation.

From the pedagogical standpoint, cognitivism assumes that the learner interprets the environment according to its mental schemes to internalize new knowledge. Gagne's nine events of instructions can serve as a guideline to a constructivist pedagogy (Gagne, 1965): 1) gain the learner's attention, 2) inform learners of the objectives, 3) stimulate recall of previous learning, 4) present the content, 5) provide for learning guidance, 6) elicit performance, 7) provide feedback, 8) assess performance, and 9) enhance retention and transfer to the job. From a practical standpoint (Kruse, 2009), this approach suggests that the teacher begin lessons with a provocative question or an original fact, present first the objectives and the lesson content, connect the new knowledge to previous knowledge, encourage learners to organize the knowledge, and present the content in different forms and different paths, for

example. Even though our approach can follow in the same path as cognitivism, it also privileges action and constructivism.

2.3. Constructivism

In our approach, we enriched the cognitivist approach by using constructivism, established on a theoretical level since the 1930s, in particular by Bruner (Bruner, 1960), Piaget (Piaget, 1970) and Vytgotsky (Vytgotsky, 1978). The constructivist approach considers that learning results from the interaction between learners and their environment and thus is not only a result of the influence of the environment. It gives priority to the knowledge that depends on the person, to the knowledge that is codified and fixed by a social group.

In our framework, we consider students as active organisms that seek meaning and significance. This active knowledge processing system interprets information and the outside world based on its personal representation. The students learn best when they can contextualize what they learn for immediate application, which allows them to acquire personal meaning. Thus, we promote active non-directive learning, recommending giving priority to a real learning context and a *supportive* teaching style rather than an *interventionist* teaching style. We give priority to guided discovery, to collaborative learning and to a project approach. The teacher's task is to offer students a rich and stimulating learning environment. The teacher becomes a facilitator and a mediator more than a knowledge supplier, and the competencies are addressed holistically rather than by cutting them into smaller goals.

2.4. Socio-constructivism

Our framework also incorporates some of the principles of socio-constructivism (Vytgotsky, 1978). We recommend using social interaction to help construct knowledge and mediation tools, particularly Information Processing and Communication (ICT) tools (e.g., wikis, blogs, forums), to mediate the learning processes. Thus, in our classes, we encourage the collaborative learning skills that are the key to finding future jobs (Looi, Cheng & Ng, 2010). The success of such an ambition does not come all by itself (Cole, 2009).

Obviously, a pedagogy that is totally active and non-directive, or conversely totally passive and directive, is an illusion. First, there is evidence that progress only occurs by integrating different currents within a single pedagogical style: behaviourism, cognitivism, constructivism (Hoic-Bozic, Mornar & Boticki, 2009) and socio-constructivism. Second, it is necessary to deal with applying these diverse currents in an ecological situation, or, in other words, in a real situation. In the next section, we propose our framework for developing learning modules that can meet those two conditions.

3. Our framework for the evolution of course modules

The problem of educational change is twofold. It is necessary to improve the quality of student learning. It is also necessary to consider the realities and offer teachers an approach that allows them to take into account the learning situations they encounter. The purpose of the proposed approach is to offer, for an university context, a response to the crisis in education, providing a framework for the evolution of existing courses. This framework is based on seven basic principles, as shown in Figure 1. In this section, we explain in detail the seven founding principles this framework is based on.

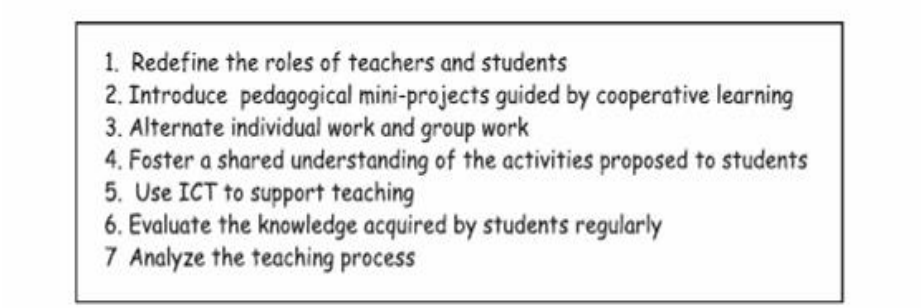


Fig. 1 – Seven basic principles

Starting from a "traditional" course module, the seven basic principles are used to make the traditional module evolve towards a final module. In addition to acquiring the disciplinary knowledge referred initially, this final module will also help the students to acquire high-level cognitive skills and professional competences (Figure 2).

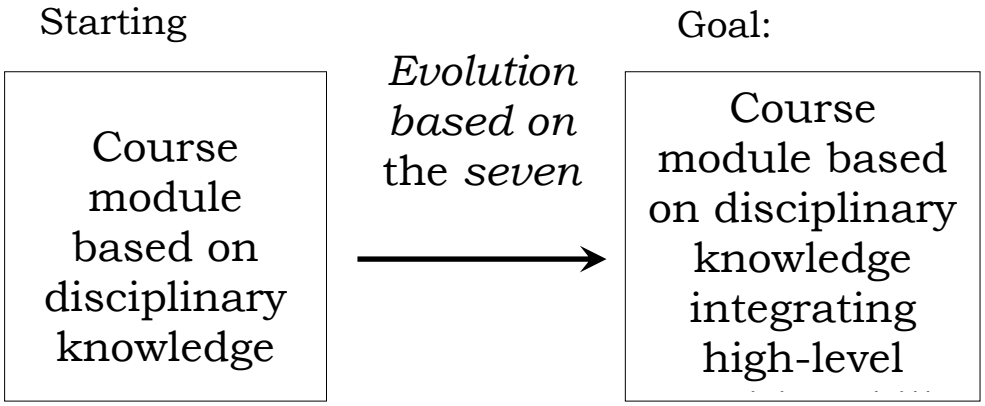


Fig. 2 – Context of instructional evolution

Another of our objectives is to improve student motivation, learning quality and the teacher's role diversity. Changes may take into account all these principles or only some of them. Similarly, depending on the context, the degree of influence of a principle can vary. Our approach allows an implementation that is simpler, more gradual and more adaptable to the context.

In the rest of this section, we summarize and explain the seven principles presented in Figure 1. Each of the seven principles is applied to a traditional module to make it evolve.

Principle 1: Redefine the roles of teachers and students

Although the two main roles — teacher and student — are still recognizable, they have evolved. Teachers still have the traditional roles of evaluator and knowledge provider, but now they must be completed by other roles. Now, teachers must also assume the role of project conductor (Dillenbourg & Tchounikine, 2007). Teachers should establish structured scenarios that will facilitate group organization and allow them to satisfy the objectives of one or more mini-projects (see principle 2) incorporated into a given module. For this reason, teachers must play many roles: (1) *facilitator*, who helps the students make choices; (2) *manager*, who encourages the group to be productive; and (3) *organizer*, who helps the students break down the tasks. In turn, the teacher's responsibility as a knowledge provider evolves. Although teachers remain the guarantor that the knowledge is relevant, students can intervene before or during project to bring new pieces of knowledge. Teachers may thus feel undermined by the student productions or, on the contrary, may feel their authority has been

consolidated via their explanations of any gaps in any knowledge that the students have brought. These changing roles make it necessary for teachers to have a more sophisticated pedagogical process, while at the same time maintaining their role as academic referee.

Meanwhile, students must be aware of their place and their active and cooperative role in this new teaching style. Although collective learning allows the development of ideas that are difficult to attain through individual thought, collective learning does not happen on its own. It may be necessary to present a certain number of proven principles to students, such as the necessity of positive interdependence and the recognition that collective success depends on individual achievements (Johnson & Johnson, 1980; Gillies, 2004). The students may learn their new role separately, as part of another lesson, or during the first sessions. This new student awareness helps the students to situate themselves in the new system, to align their future efforts, and to coordinate themselves with the rest of the group, team or class.

Principle 2: Introduce pedagogical mini-projects guided by cooperative learning

Our framework is structured in a context of active learning supported by a mini-project. It is, of course, a special kind of project in which the main objective is knowledge acquisition; content production is also often directly related to this objective. The nature of the production can be varied: produce a slide show that will then be presented to an audience, develop a thematic report, make a mock-up, and so on.

Specifically, the project aspects considered are:

1) joint production of an object,
2) sharing tasks and responsibilities,
3) respecting deadlines, the teaching sessions are quite limited in terms of time, and
4) analysing the activities carried out and the knowledge acquired, both as a group and as an individual.

The project objective is knowledge acquisition. We recommend a collaborative learning process, in which the students are responsible for their learning, as well as the learning of others (Gokhale, 1995). One of the techniques used is to ask students producing games for the other students, using such software as found on the *Hot Potatoes* site (Hot Potatoes, http) to create multiple-choice questions or fill-in-the-blank texts, to name but a few of the possibilities. The goal of the games is that the other class members learn course content. There is a double learning effect. First, the students learn a first time when designing the game; then, when playing games designed by their classmates, students learn a second time. If circumstances permit it, especially if there is enough classtime spread out over time (e.g., thirty hours spread over several months), it may be interesting for students to complete a project, including all the project life cycle phases (i.e., initiation, planning, control, construction and closing) (PMBOK, 2008), resulting in traditional deliverables: project demand, framework memorandum, reports and balance sheets. Inspired by *team-based learning*, this principle requires classtime spread out over several months (Michaelsen, Fink & Knight, 2002; Gomez, Wu & Passerini 2010).

Principle 3: Alternate individual work and group work

Inherited from the Greek civilization, the pedagogy used in our universities is historically based on a behaviorist approach, which inherently results in individual work (Dumont, 1992). We recommend introducing group work as part of an alternating pattern: individual work – group work. This alternating pattern is found in many cooperative learning methods, including JigSaw (Aronson, Blaney, Stephan, Sikes & Snapp, 1978), JigSaw II (Slavin, 1980) or Team Accelerated Instruction (Slavin, Leavey & Madden, 1986).

This alternation allows different roles to be assigned to group members and empower them with respect to themselves and with respect to the group (Martinez, Herrero & Santiago de Pablo, 2010). It also provides an opportunity for the teacher to establish interdependence between students (Aronson et al. 1978) as a support for cooperative learning (Johnson et

Johnson, 1980). The sessions devoted to individual work can provide opportunities to develop a differentiated pedagogy or to upgrade individual skills (Slavin et al. 1986). This alternation seems effective at increasing motivation (Gomez et al. 2010) and promote interaction between students, the teacher and the knowledge targeted (Martinez et al. 2010). In addition, if the alternation is connected to production of individual and collective texts, the contributions of each group member can then be discussed and thus be a factor in the individual evaluations, which are known to have an impact on the success of collective work (Davis, 1993). In general, the alternation can also offset the disadvantages of collective work, including its slowness (Cooper, Prescott, Cook, Smith, Mueck & Cuseo 1990; Eastman & Reisenwitz, 2006) or the fatigue it generates. Students may need the calm of the individual work to better focus. This alternation may lead to inter-group competition, with all its expected risks (Slavin, 1977).

Principle 4: Foster a shared understanding of the activities proposed to students

Collective work gives rise to contradictions and tensions between the different stakeholders. These tensions and contradictions can interfere with work because they can cause the worsening of the activity dynamics: coordination, cooperation and co-construction (Bardam, 1998). We recommend that part of the class be devoted to ensuring that students understand the requested individual and collective learning activities. Introducing and understanding the rules of the game helps to creates a need and motivates students to perform the activities proposed (Kruse, 2009) according to Gagne's pedagogical practices (Gagne, 1965). For example, if a teaching method is proposed to students, the teachers must insure that it is understood, at least its broad outlines, before being put into practice. Sometimes, it is necessary to provide a preliminary educational activity to explain a new teaching method.

This shared understanding should focus on both goals and the means used and can be developed in various ways. It can be developed through individual work on the procedures to carry out or through constructing a collective representation of the teaching method. A key element of success seems to be providing students with examples similar to deliverables required by the second principle (e.g., framework memorandum, meeting minutes, reference slide shows).

Principle 5: Use ICT to support teaching

Through its capacities for storing, disseminating and processing information, ICT allows educational attractive activities to be implemented. These activities can be done inside the classroom or, using the Internet, outside the classroom: at home, at a company… in fact, anywhere. They also help establish new partnerships and roles (e.g., the group, the outsider, the community) and provide these new roles with the means to communicate. Different types of communication become possible: teacher-student, student-student, student-community, student-content, and so on. Many benefits (Wagner, 1997) can be expected concerning participation, feedback, knowledge retention and development, student evaluation support, student self-regulation, motivation, negotiated understanding and team building. Through its application storage capacity, ICT allow the reuse of student products.

There are different levels of technology available. For example, basic **and** easy-to-implement tools, such as the existing commercial websites on which analysis can be conducted; tools for prototyping human-machine interfaces; and/or tools for editing text and layouts can sometimes be preferable to technologically advanced e-learning tools. These advanced tools are known to be cumbersome to implement and require good level of coordination of responsibilities (Wagner, Hassanein & Head, 2008) and are sometimes little used (Holbert & Karady, 2008).

Nevertheless, it remains true that the e-learning wave (CCCEP**,** 2001), as well as the various programs designed to provide all educational communities concerned by Learning Management Systems (LMS) and open source applications, leave no doubt about the

availability and importance of ICT and e-learning in courses and university life in general. Let us mention the three best-known systems: *Sakai* (Sakai, http) (created by four American universities: MIT, Indiana University, University of Michigan, Stanford University), *Moodle* (Moodle, http) and *Claroline* (Claroline, http) (used at the Open University of Louvain-la-Neuve in Belgium).

Principle 6: Evaluate the knowledge acquired by students regularly

In addition to its strategic nature (Gravestock & Mason, 2004), evaluating learning is an important, even essential, part of the educational process (Sander-Regier, Mehry & McColl, 2007). Evaluation should be a focal point in all teaching methods, but unfortunately, there is not enough knowledge about it (Shepard, 2000). Many questions arise: Is it a way to evaluate learning or a way to control the number of students? How to integrate acquisitions with natures as different as knowledge, skills and attitude? What should be evaluated? When should these things be evaluated? This sixth principle requires a more regular work by the teacher, who must promptly correct the evaluations. It also requires increased quantities of correction and good organization but provides a feeling of professionalism.

Our regular interaction with students and their replies to educational questionnaires at the end of end of modules show that students ask for regular evaluations on limited subjects. They support formative assessment prior to summative assessment. These evaluations provide regular feedback to students to allow them to better situate themselves in relation to what they are learning in the module. In addition, the results of these evaluations are also an opportunity for dialogue between students and the teacher, leading to mutual understanding of the difficulties. The fact that the subjects are limited permits students to gradually understand their learning strengths and weaknesses. Remedial measures can be undertaken easily and quickly and thus efficiently. Clearly, this is what is recommended by *Mastery Learning* (Carroll, 1963; Bloom, 1971; Carroll, Bloom & Hunter 1987). This remediation may even be undertaken as part of a specific external remedial program, thus allowing a real differentiated instruction.

The clear announcement — if possible, in writing — of the things that students are expected to learn and how they will be evaluated (including a range of marks) has many advantages. In addition, if the content is discussed with the students, this will lead to a better understanding and mutual trust. Such a system allows clear, enforceable and negotiable rules to be set with other stakeholders (e.g., university, employers, ministries). The system then provides a way to avoid the "*constante macabre*" (Antibi, 2003), which underlines that, in order to remain credible, any evaluation has its share of bad marks.

We recommend a student evaluation that addresses the three types of learning identified by Prime (Prime, 1998) and integrates them into a single evaluation. In this context, we recommend that one part of the evaluation take into account the student's use of the proposed teaching method. Evaluations should be multifaceted. They can be individual or collective, written or oral, and/or concern product behavior or product quality. For group activities, the evaluation should not only be collective but also individual, evaluating the attitude during the mini-projects, the quality of individual written texts required, and the behavior of everyone in public presentation of the work, for example.

Principle 7: Analyze the teaching process

The previous principles provide a framework for creating learning scenarios. However, the teacher still assesses whether or not the educational goals have been attained. Feed-back from the other stakeholders is necessary, especially with the students, for example, using questionnaires and semi-structured interviews. These techniques allow the teacher to introduce the concept of participatory educational design and its process.

There are protocols designed to insure that these techniques are effective (Sander-Regier et al. 2007). For example, these techniques have to follow well-tested rules. It is not a

question of allowing students to freely criticize the teachers or lessons. In addition, if they are announced early to the students in the course module, these feedback techniques strengthen the feeling among students that the teacher is particularly interested in what they say. Such practices are known to improve the student performance (Mayo, 1945; Olson, Verley & Santos, 2004). Then a feed-back is also necessary with the other stakeholders (i.e., the university management, the business world, future employers).

In the next section, we present the tests of our framework. We provide three case studies that are representative of university teaching modules and are significantly different in terms of their initial objectives. We show how they evolve after applying the seven basic principles.

4. Case Studies

In this section, we describe three case studies in which we implemented our framework, according to the mindset shown in Figure 3. For each case study, we begin by describing the context of the specific module and then specify how we used the seven principles explained above in the module. Finally, we provide details about how we constructed the final teaching scenario.

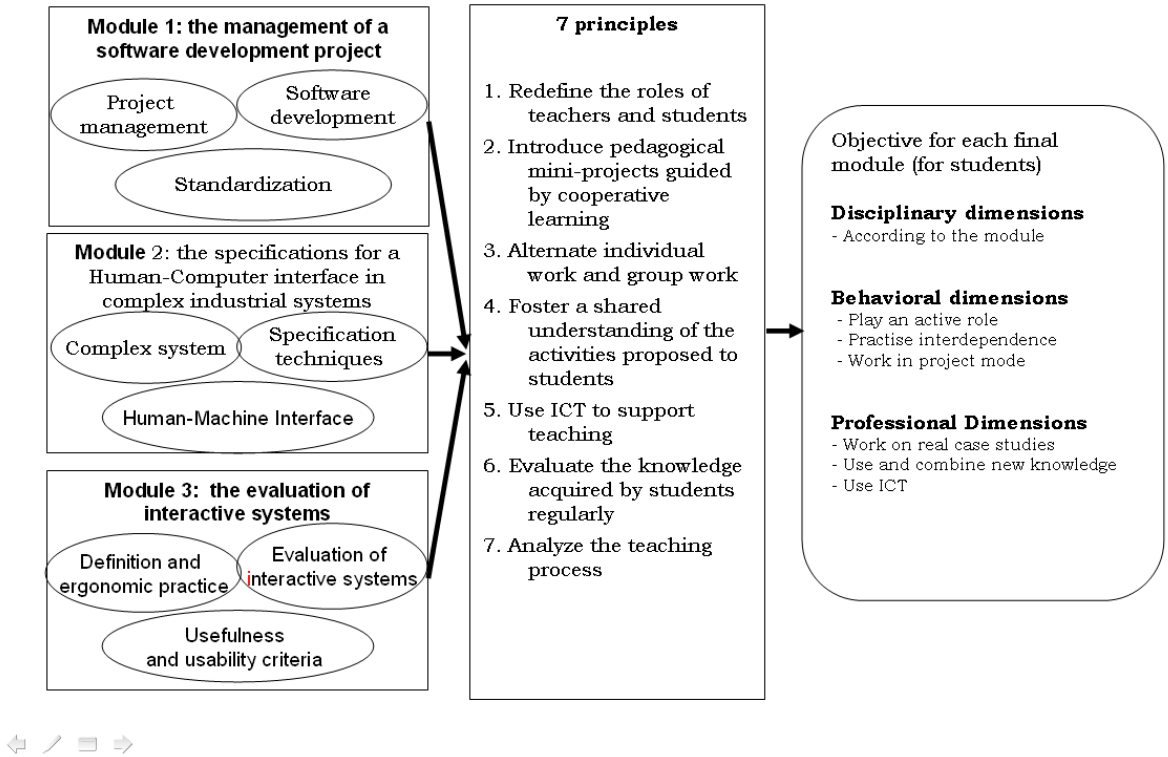


Fig. 3 – Case studies

4.1. Module 1: the management of a software development project

4.1.1. Context

The first case study concerns a project management module intended for students in the final year of the Bachelor's degree course. One objective of this module is to make them learn about a number of conceptual models, such as a software quality model (ISO/IEC 25000, 2005), a software engineering model (SWEBOK, 2004) or project management model (PMBOK, 2008). They have to assimilate the state of the art of some conceptual schemes established by the international engineering community.

This module was made necessary by the complexity of network development projects, the rapid evolution in this domain and the interconnection of the fundamental problems in computer science and project management. These "high-level" models allow students to better understand the issues of network projects. This knowledge makes students more independent and more able to fit into a team; these are essential qualities often required by companies (Gunasekaran, McNeil & Shaul, 2002). The sessions, which are held in a computer room, include twenty students. Each student has a recent computer with Internet access.

4.1.2. Module specifications based on the 7 basic principles

We immediately rejected an approach that would make the students study these standards directly. We made this choice not only for cost reasons — most standards have considerable financial costs — but also for obvious pedagogical reasons. We also rejected the behaviourist approach that we had chosen for another degree a few years previous. For this degree, we had used lectures. Although we and our colleagues had tried to make our slide shows attractive, this attempt was disappointing both in terms of examination results and student attention in the small group sessions. In addition, teachers felt devalued and discouraged by this situation. In order not to reproduce this situation, we decided to implement a new teaching style. The seven principles described in section 3 were set up and applied to the module. The module's specifications are shown in Table 1.

Table 1 – Specifications for the module, "Software development project management"

Principle	**Set up for module 1**
Principle 1: Redefine the roles of teachers and students	- The teacher proposes a pedagogy based on a group project. Each concept to be explored (e.g., software quality) is the subject of a mini-project. The teacher's role is to supervise, motivate and assist students in completing their mini-projects. These mini-projects take 75% of the face-to-face time. In the last quarter of the time, the teacher resumes the traditional role of knowledge provider and evaluator and gives a traditional lecture of thirty minutes. - Students must find, criticize and present the knowledge required by the teacher. They have to organize themselves in teams, respecting the teaching style dictated by the pedagogical strategy (see Figure 4). The students can participate in defining the evaluation criteria for some work, and, in an advisory capacity, evaluate some of the work of other teams.
Principle 2: Introduce pedagogical mini-projects guided by cooperative learning	- Completing the mini-projects is part of the knowledge acquisition process. To complete them, a basic project management method is proposed. These mini-projects are worked on during the group sessions (groups of two to five students) and, if needed, completed at home. At the end of the project, one or two teams show their project results to the rest of the group. - The pedagogical rules set by the teacher explicitly mention cooperative learning. Although this learning style did not count towards the final mark, the students are regularly encouraged to put it into practice.
Principle 3: Alternate individual work and group work	- Every phase of collective work is preceded by a phase of individual work (see Figure 4). Students must submit their individual work on an e-learning platform (i.e., Moodle). - For these group projects, the individual marks are composed of a mark assigned to the group and a mark based on the attitude of the individual student and his/her personal work. These marks are subsequently incorporated into each student's individual mark.
Principle 4: Foster a shared understanding of the activities proposed to students	- In a document of several pages, the teacher proposes the rules of the new pedagogy. The beginning of the course module is devoted to studying this new pedagogy. Each student has to reformulate the explanation of the pedagogy given in the form of a graphic model of his/her choice using his/her choice of tool (e.g., Freemind). - The models thus made are put on the e-learning platform. Students are then asked to assess strengths and weaknesses of models of their colleagues. - The students are regularly asked about how the meetings were conducted and the appropriateness of the controls and evaluations.
Principle 5: Use ICT to support teaching	- The Internet is used to conduct the research for the mini-projects. The students regularly propose new knowledge, which is validated by the teacher or not.

	- Some of the mini-projects result in deliverables (e.g., slideshows, posters, electronic quizzes, reports), produced using ICT, (e.g., such tools as PowerPoint, Word, Hot Potatoes and/or FreeMind). - The group sessions, the mini-project products, and the use of the teaching resources are monitored using the Internet. At any time, anyone can file or access a report, for example, on the e-learning platform Moodle (Moodle, http), which is especially rich in tools (e.g., filing documents, handing in assignments, wikis, blogs, databases, glossaries).
Principle 6: Evaluate the knowledge acquired by students regularly	- At the end of the mini-project, students are required to present their work publicly. These presentations are evaluated both individually and collectively. - Each mini-project ends with a written exam. On average, four hours of face-to-face time resulted in a 30-mn exam. - The students' attitude during the sessions is evaluated. It should be noted that, in practice, this evaluation is not included in the final mark. - In each session, students are asked to submit their work and their reflections on their behaviour. This work can serve as the basis for an evaluation discussion between the student and the teacher.
Principle 7: Analyze the teaching process	- Students are regularly asked how the meetings were conducted and the appropriateness of the controls and evaluations. - At the end of the module, the students complete a questionnaire on how the meetings were conducted and pedagogical style. - The students' feelings about their learning and the pedagogical style are gathered through informal discussions.

4.1.3. Final teaching scenario for module 1

By applying the basic principles, we were able to propose a scenario based on mini-projects completed by teams of two to five students. There were 6 main learning phases: a) distribution of the subject and a 3-page document explaining the pedagogy to be followed; b) group analysis of the pedagogy; c) completion of a mini-project by team of two to five students, using information on the Internet and/or any books available; d) public group presentation of a slideshow summarizing the group's research; e) a traditional 30-minute lecture by the teacher that serves as a reference for the exam; and f) written exam as a test of the individual's knowledge. In addition, each team member had to produce a number of texts on the work he had done individually, which was included in the final mark.

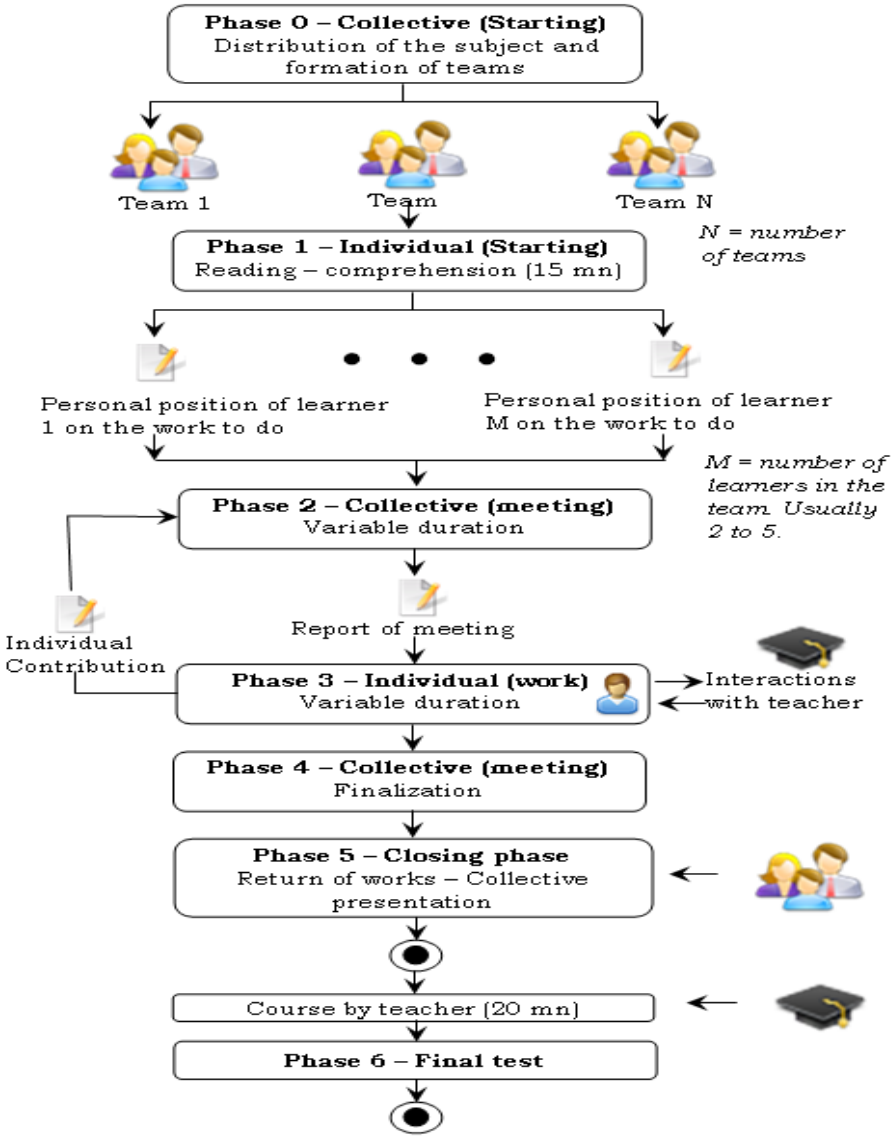


Fig. 4 – Scenario for module 1 based on the basic principles

Figure 4 shows the broad outlines of this scenario. Students were graded on the individual written tests (50%) and on their interactions and their individual and collective production during the sessions (50%).

4.2. Module 2: Human-Computer Interfaces for Supervision

4.2.1 Context

This second case study concerns a module about the specification of Human-Computer Interfaces for industrial system supervision. This module is intended for post-graduate students in the field of Automation. The Human-Computer Interfaces must be used in specialized control rooms by human operators, who have to monitor, diagnose and intervene in industrial systems. The interface design must integrate the state of the art in information presentation modes and the ergonomic knowledge from the field of Human-Computer Interface (HCI) design for industrial systems (Rasmussen 1986; Kolski, 1997).

This module is necessary for students because the needs in this area are very important since most industrial systems are equipped with control rooms. The projects dedicated to designing human-computer interfaces for supervision are most often done by a team, who

should consider various ergonomic, safety and productivity criteria. In this module, the sessions take place in groups of about twenty students, who meet face to face.

4.2.2. Module specifications based on the 7 basic principles

We rejected the traditional approach that focuses primarily on acquiring knowledge about this vast and complex domain. It would have been possible to start with a theoretical description of current knowledge and offer students a set of exercises to permit them to explore this knowledge in more depth. This approach was judged insufficiently effective on our first attempts. We therefore decided to establish a pedagogy that was more attractive for both teachers and students. The seven principles described in section 3 were thus established and applied to the module. The module's specifications are shown in Table 2.

Table 2 – Specifications for the module, "Human-Computer Interfaces for Supervision"

Principle	**Set up for module 2**
Principle 1: Redefine the roles of teachers and students	- The teacher proposes an educational project integrating a simulation with role-playing. During the first sessions, the teacher has the traditional role of knowledge provider, explaining the knowledge essential to the field of HCI design. Then, the students are asked to meet in groups of 3 to 5 students to work on a real complex case study. Following a simulated call for tenders, these groups compete with one another to win the tender. During these sessions, the teacher plays the role of a human operator available to answer the groups' questions as to the needs the human operator with regard to the human-computer interfaces in the control room of a plant. The teacher also plays the role of the evaluator during the final session. - Students must exploit the knowledge available to produce the HCI design specifications. They also have to organize themselves in order to analyze the complex case, produce the HCI design specifications, and present them orally to the teacher and the other groups. Consequently, each group member also plays the role of evaluator during the final session.
Principle 2: Introduce pedagogical mini-projects guided by cooperative learning	- The focal point of the module is a mini-project that is part of the knowledge acquisition process. This mini-project has to be conducted over three sessions and completed outside the session by the groups of 3 to 5 students. At the end of the mini-project, each group presents the HCI design specifications in front of the teacher and the other groups. - The teacher establishes the pedagogical rules, explicitly mentioning cooperative learning.
Principle 3: Alternate individual work and group work	- Each student must first focus individually on the domain knowledge. - During the mini-project, even though the teacher primarily plays the role of the human operator available to the groups, he nonetheless also insures that each student participates actively in the group's work. - During the group's oral presentation of the specifications, each group member must play an active role in the presentation. During the evaluation phase, each student is asked to speak individually. - Each group is marked as a group, with a ranking among the groups, in order to focus on the group's shared responsibility.
Principle 4: Foster a shared understanding of the activities proposed to students	- The rules are explained orally at the beginning of the module to all students. - Early in the mini-project, each student is given a detailed description of the industrial process for which each group is asked to provide a HCI design. - Then, at each mini-project session, the teacher insures that the work is going in the right direction through a rapid but regular examination of the progress made on the HCI design specifications. The teacher also insures that the students understand all the objectives and the oral and written output expected.
Principle 5: Use ICT to support teaching	- Students are asked to use their choice of an HCI generator, whether or not it is specific to the field of industrial supervision. In fact, the goal is to produce a professional quality report, written with a professional text editor, containing representative snapshoot screens of the HCI graphics. - All the oral presentations are supposed to be made using a professional presentation editor (e.g., PowerPoint, OpenOffice editor).

Principle 6: Evaluate the knowledge acquired by students regularly	- During the mini-project, the group's progress is regularly evaluated by the teacher, which leads essentially to oral recommendations. - At the end of the mini-project, students are required to present their HCI design specifications in public. - The students are marked on both the HCI design specifications and the oral presentation. - At the end of the module, there is also an exam. The mini-project counts for 20% of the final mark.
Principle 7: Analyze the teaching process	- Interviews are used to gather the students' feelings. Observations: - The students were unanimous in their assertion of the effectiveness and interest of such a learning process. - The absentee rate was almost equal to zero during the nine years during which the module was taught, which was not the case for the other modules taught in this degree program. - An in-depth analysis of 64 reports produced over these nine years was conducted, which overall demonstrated the very satisfactory quality of the reports from the students (Kolski, Sagar & Loslever, 2004a; 2004b; Kolski, Loslever & Sagar, to appear).

4.2.3. Final teaching scenario for module 2

By applying the basic principles, we were able to propose a scenario based on mini-projects completed by groups of 3 to 5 students. Each group was competing to respond to a simulated call for tenders issued by a fictitious company. There were 5 main learning phases: a) description of the module and the pedagogy used and lecture presenting the domain knowledge, b) mini-project, including role-playing, with the objective of generating HCI specifications; c) group presentation of the specifications themselves, with a collective evaluation; d) results presentation, with an examination of the strengths and weaknesses of each group, and ranking of the groups, and e) final examination on the information presented in the module. Figure 5 represents a flow chart of this scenario. The mini-project counted for 20% of the final mark.

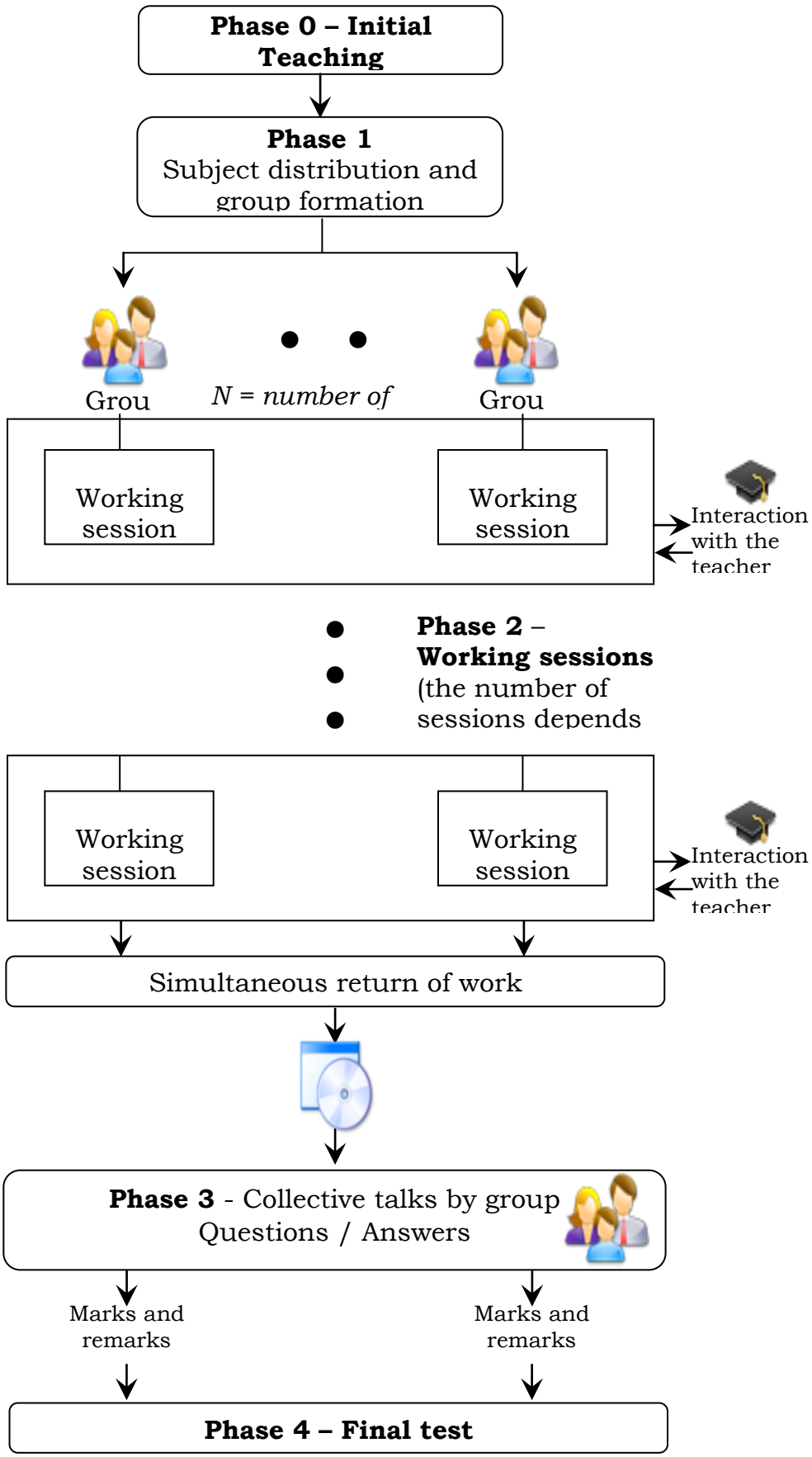


Fig. 5 – Scenario for module 2 based on the basic principles

4.3. Module 3: the evaluation of interactive systems

4.3.1. Context

This third case study concerns a module for evaluating interactive systems intended for students of Master level in Communication Sciences & Multimedia domain. The educational objective is to teach future engineers to evaluate websites and multimedia products and to suggest possible ergonomic adjustments to improve them. Ergonomics for human-computer interfaces (HCI) uses different evaluation methods to highlight the specificities of HCI as well as the prospects for ergonomically transforming HCI.

Among these methods, Cognitive Walkthrough (CW) evaluates the ease with which a user who has a minimum knowledge of the system performs a task (Polson & Lewis, 1992). This evaluation method uses the learning-by-exploring model (Polson & Lewis, 1990), which was inspired by Norman's theory of action (Norman, 1986). CW is a widely recognized method in both the industrial and academic worlds (Huart, Kolski & Sagar, 2004; Mahatody, Sagar & Kolski, 2007; 2010). It explores the HCI to see how easy it is to learn to use it. Students are asked to criticize the CW method in order to propose improvements to make it more effective at ergonomic evaluation. In this module, sessions take place both in the classroom and in the practical work room.

4.3.2. Module specifications based on the 7 basic principles

Knowing that design is an interaction between understanding and creation, and that it is a very complex activity, for this "Design and evaluation of interactive systems" module, we ruled out the traditional approach that focuses primarily on teaching the standards. In fact, we have observed that students have difficulties when facing problems that are both “simple and complex" or both "specific and general". Ergonomic standards and guides often focus on user characteristics and limitations. Certainly, these standards and guides only deal with targeted areas: workspace, dimensions, controls, and the physical environment. So, they are just interested in limits, and are not interested in everything that is complex or specific (e.g., cognitive activity and reasoning of users).

The knowledge in this field is vast and complex, and acquiring this knowledge cannot be limited to theory. Tutorials focusing on questionnaires and checklists have many limitations and thus prevent students from examining this knowledge in depth. Therefore, we decided to implement a more active pedagogy, showing first the limitations of the questionnaires and checklists, and then placing students directly into a role-playing game that focuses on their future job as an evaluator and a supervisor. Thus, the seven principles described in section 3 were applied to the module. The module's specifications are shown in Table 3.

Table 3 – Specifications for the module, "Specifications of man-machine interface in complex systems"

Principle	**Set up for module 3**
Principle 1: Redefine the roles of teachers and students	- The teacher proposes a pedagogy based initially on the use of ergonomic questionnaires and checklists to show their limitations and their subjectivity in terms of ergonomic recommendations. Then, the teacher proposes a role-playing game using the more objective Cognitive Walkthrough method for a more reliable ergonomic evaluation. - The teacher has a traditional role of knowledge provider. He explains the essential knowledge for the first phase, as well as for the second. In the first phase, he intervenes rarely, to surmount a critical situation, for example. Similarly, during the second phase, he lets the students play their roles as supervisor and evaluator fully, and only intervenes when problems arose. - Student 1, who plays the designer "supervisor" role, first breaks down the task in order to accomplish the goal he/she has set. This goal is supposed to be representative of website use. Student 1 then fills out the first card, "Preparing the

	Evaluation" (Figure 7), including the sequence of actions, which he/she submits, action by action, to the evaluator. Student 1 oversees the work of the evaluator. If necessary, the teacher answers questions and potentially intervenes in cases of deadlock. - Student 2 plays the role of the user and thus assumes the evaluation task. He/she applies the sequence of actions sent by the supervisor, filling out the second card, "Evaluation" for each action (Figure 7). Once the first action has been evaluated, the evaluator moves on to the second and so on. For each action requested by the supervisor, student 2 must note the requested task (e.g., "book a train ticket"). He/she must also note the action (e.g., action 1: "key in voyage-sncf.com") and then evaluate it, using the following three obligatory steps: (1) before the action, the student must imagine his/her goal and note it on the second card; (2) during the action, the student consults the website page and replies to questions on the card; (3) after the action, the student answers the last questions on the evaluation card. Thus, student 2 fills out as many cards as actions proposed by the supervisor. For every action, he/she answers questions proposed by the CW method on the evaluation card. When he/she encounters a problem, the student must fill out a third card, "Problem description", which is supposed to provide the solution in terms of ergonomic design. - The pair of students writes the report, offering their perspective on the use of the CW method. The teacher reads the report and critiques the use of the method.
Principle 2: Introduce pedagogical mini-projects guided by cooperative learning	- The focal point of the module is a mini-project that is part of the knowledge acquisition process and is supposed to simulate the stakeholder roles within the design process. This mini-project should be run by a pair of students in two 4-hour sessions. Next, each pair spends the following week working to prepare the ergonomic evaluation report and critique the methodology used. - The teacher establishes the pedagogical rules at the beginning of the module, explicitly mentioning cooperative learning.
Principle 3: Alternate individual work and group work	- Each student must first focus individually on the domain knowledge. - Then, in a four-hour session, each student has to evaluate an interface using standard ergonomic checklists and questionnaires and provide an evaluation report to the teacher. The objective of this session is to identify the limitations of these checklists and questionnaires, which are primarily interested in implementing the norms and standards. - Finally, each student in turn has to play the role of supervisor and evaluator, using the CW method and performing the same task on two different websites. The students must work cooperatively. - Each pair is marked as a group in order to focus on the group's shared responsibility in using these methods.
Principle 4: Foster a shared understanding of the activities proposed to students	- The handouts giving a detailed description of the methods used and the procedure to follow are provided to each member of the group early in the mini-project. Similarly, all the evaluation forms and problems are made available to all group members. - The rules are explained to all students orally at the beginning of the module. - The teacher insures that the work is going in the right direction and that the students understand all the objectives and the production expected.
Principle 5: Use ICT to support teaching	- The Internet serves as a support to complete the work. Other tools are used for written reports, proposal presentations and ergonomic adjustments (e.g., drawings, screen shots, pictures). - To monitor student progress, the University's Digital Work Space (DWS) is used for communication between the students and the teacher and to hand in reports.
Principle 6: Evaluate the knowledge acquired by students regularly	- During the mini-project, student progress is regularly evaluated by the teacher, which leads essentially to oral recommendations. - One week after each session, students are asked to hand in a report. This report is evaluated by the teacher. - At the end of the module, there is also an exam. The mini-project counts for 30% of the final mark.
Principle 7: Analyze the teaching process	- In the report, the students are asked to criticize the teaching approach used (i.e., the pros and cons) in order to improve this approach

	- At the end of module, the students are asked to provide feedback about their experience.

4.3.3. Final teaching scenario for module 3

By applying the basic principles, we were able to propose a scenario based on mini-projects for the module, "Design and evaluation of interactive systems". Figure 6 gives the broad outlines of this scenario. This module was completed by student pairs using two complementary methods: 1) questionnaires and checklists and 2) Cognitive Walkthrough (CW) method. For the latter, the students employed a role-playing game to simulate the roles used in the CW method (i.e., supervisor & evaluator). There were 4 main learning phases: a) description of the module and the pedagogy used; b) theoretical lesson presenting the domain knowledge; c) mini-project that used both methods to conduct an ergonomic evaluation, with the objective of producing a HCI specification report and critique of each method; and d) final exam on the module.

The CW method was designed to simulate the user's cognitive path during interaction with a web interface. This method involves two phases. During the preparation phase, for each task, the evaluator describes the initial state of the interface, the sequence of actions used to perform the task, and the original goals of the user. During the evaluation phase, the evaluator performs an in-depth analysis of the user-interface interaction. The questions on the form completed by the evaluator should allow any potential errors in the exploration operating model to be identified.

Even though this simulation approach has some problems (e.g., task breakdown, putting oneself in a representative user's shoes, evaluation time variability, bias due to the evaluator being monitored by the supervisor), it allows students to realize (1) the importance of evaluating and improving interactive systems available to users in work situations, (2) the difficulty of implementing evaluation methods to obtain results that are both meaningful and useful, and (3) the value of exercising and thereby developing knowledge and skills inherent to an evaluation activity and thus step away from the methods that only apply the standards.

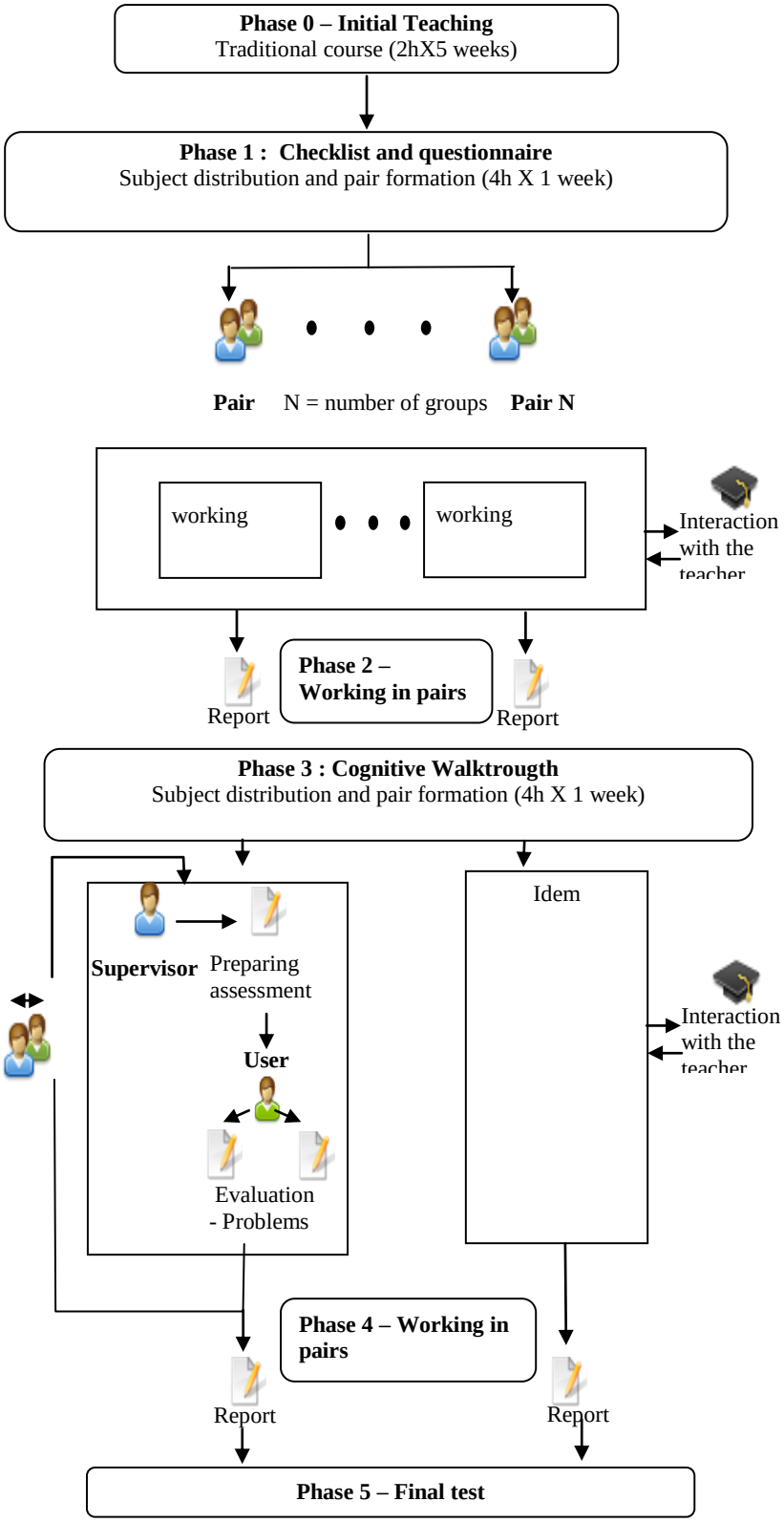


Fig. 6 - Scenario for module 3 based on the basic principles

Figure 7 shows the three forms used for evaluation. Please note that the mini-project counts for 30% of the final mark.

Card 1: Preparing the evaluation	Card 2: Evaluation	Card 3: Problem description
Product: **Task:** **Evaluator:** **Data:** **Product description:** **Sequence of actions:** **1. Click on …** **2. Give the value of …** **etc.**	**Task:** **Action:** **1. Before the action (goal to reach)** 1.1 What action has to be done? (What is the appropriate goal?). **2. During the action** 2.1 Is the action to be done obvious? 2.2 Are there visible propositions that, in your opinion, allow and/or suggest this action? 2.3. Are the labels or descriptions associated to the action explicit? **3. After the action** 3.1. Considering that the correct action has been done, what is the system's response? 3.2. Do you notice a progression towards the asked-for action? What indicates this progression? 3.3. If the action does not appear to be accomplished, what are the signals that indicate this state of affairs? 3.4. Does the system response contain a word or an indication that suggests that new actions are beginning? If so, describe these actions.	**Problem:** **Kind of problem:** 1. Brief description of the problem 2. How did you find this problem? 3. Have users encountered this problem? Rarely, Often, Very often, Always. 4. How do you evaluate gravity of the problem? Bearable, Moderate, Serious, Critical. 5. How have you evaluated the seriousness of the problem? 6. Make propositions for solving problem. (You can also write comments or suggestions).

Figure 7 – Evaluation cards

5. Assessment of the framework

In this section, we first present the research objectives. Next we look at how the seven principles have intersected the three case studies. Finally we show our findings in terms of improvements on student professional practices, needs for ICT and impact on student and teacher relations. We conclude by offering avenues for improvement. The definition of our framework has been gradual over ten years of practical lessons. For this assessment, we rely on the most successful results, those of the academic year 2009-2010. The first case study involved 17 students for a module of 25 hours of lessons, the second 21 students for a module of 18 hours of lessons and the last 13 students for a module of 18 hours of lessons. These observations were established empirically during meetings, informal student interviews and questionnaires, as well as examination results and realization work done by students. For ethical reasons we could not use a control group. Nearly ten years of study had shown the relevance of the proposed framework intuitively. Students who were taught without the application of the framework would have been at a disadvantage. When we draw comparisons with the teaching, it is therefore done with estimates based on other courses taught by the same teachers.

5.1. Research objectives

In the previous section we presented the application of our framework in three case studies. In this section we focus on evaluation. The first question concerns its consistency. Is it a set of independent recommendations or can it be applied as a whole, albeit at different levels, but in totality? The second issue concerns the achievement of the original objectives. Is it that the implementation of the framework promotes the professionalism of students? This applies especially in comparison of the courses without evolution of teaching. The third

question concerns the impact of ICT. Is it that the implementation of the framework promotes the use of ICT? The use of ICT among students? The fourth question concerns the impact in comparison in teaching. The fifth question allows us to know whether the application of the framework has improved student interaction and learning outcomes.

5.2. Introduction of principles in the three case studies

The first principle (Redefine the roles) was strictly applied in the three case studies. In the three modules, 6 roles were implemented: the team, the student, the teacher-facilitator, the teacher-lecturer, the teacher-evaluator and the Internet community (primarily in case 1). The teacher-lecturer role evolved over the three modules. In the first module, the teacher took on this role at the end of module, representing 10% of the time. In the second and third modules, the teacher took on this role early in the module to initiate the process, representing 50% and 45% of the time respectively. One difficulty in the teacher's overall role is thus to be able to recognize what role they are playing in order to remain the knowledge provider and knowledge evaluator, while helping students to satisfy their roles, thus being the knowledge facilitator. Students played two roles: one individual, as a student; the other collective, as a member of a team. In modules 2 and 3, the individual role was not as explicit as it was in module 1. Thus, it was up to the teacher-facilitator to insure this role's existence.

The second principle (Introduce mini-projects with cooperative learning) was the basis of all 3 modules. It took many different forms depending on the module. Module 1 established a real project management for the mini-project. Module 2 was based on teamwork with a real individual component, whose intensity was fostered the teacher-facilitator in this person's interactions with students. Module 3 had the students working in pairs. This second principle was not easy to manage. Most teams recognized that the allocated time was insufficient. In fact, though teamwork makes learning accessible to a single individual, especially in terms of high-level skills, learning takes more time. Even in module 1, the strict "project" techniques were, in the end, little applied by some teams. These teams produced a collective work, but did not make it a priority to apply project techniques, such as verification, validation and planning. We think that this situation was brought about by the pedagogical choices made in implementing the principles. In other courses, we have implemented real project management with its traditional deliverables.

The third principle (Alternate individual work and group work) was properly applied. In the three modules, this alternation was done very differently. In module 1, it was explicitly programmed (see Figure 4). In module 2, the teacher guaranteed the alternation through his frequent interactions in the work sessions (Figure 5) and obviously in the final evaluation. In module 3, the alternation was directly related to technology implemented in Phase 2 (working in pairs) (Figure 6). In addition, between sessions, teachers encouraged working as a team (modules 1 and 2) or working individually (module 3). Students found this alternating pattern relevant. It gave them time to better understand both what was expected of them and the knowledge they were expected to acquire. In addition, it was, for them, a new learning mode.

The fourth principle (Foster shared understanding of activities) was applied in three complementary ways in the three modules. First, the exchanges between students in group work sessions promoted shared understanding of the domain knowledge (modules 1 and 2). Second, the distribution and study of handouts explaining the ins and outs of the teaching strategy fostered a better understanding of what they were trying to accomplish (modules 1 and 3). Third, the sustained interactions with the teacher supported a common understanding of what the teacher expected (modules 2 and 3). This principle is essential to avoid misunderstandings and pedagogical failure.

The fifth principle (Use ICT to support teaching) was naturally and thoroughly applied in the 3 modules (e.g., PowerPoint presentation editor, websites, educational games and professional tools for editing HCI). Since the three modules were in the domain of technological education, the application of this principle was facilitated, but it is not essential

to be in this domain. The technological tools provided a common production framework and promoted team building (modules 1 and 2) and participation. They provided more opportunities for further exchanges between students and between students and teachers. Most often graphic, these tools helped by making certain aspects of knowledge to be acquired more concrete, thus making them more accessible. They also made possible the professional quality of the student productions. It should be noted that module 1 exploited a widely used e-learning platform (*Moodle*), whereas simple-to-implement tools (modules 2 and 3) would have been sufficient to support effective teaching.

The sixth principle (Evaluate knowledge regularly) was applied in all three modules through regular evaluation of student production, oral work presentations and the final exam as well as in a more informal manner through interactions between students and the teacher-facilitator (module 2). The limited disciplinary content in modules 1 and 3 allowed several mini-projects to be connected, each with a final evaluation. Thus, all modules were regularly evaluated.

The seventh principle (Analyse the teaching process) was encouraged by frequent interaction between the teacher and the students. In addition, informal interviews and/or questionnaires (modules 1 and 3) were used. This regular analysis of the teaching process seemed important to the teachers. Certainly, it introduces a bias in the evaluation of the proposed framework because of the well-known fact that students become more efficient if more attention is paid to them. But this analysis is difficult to avoid if our pedagogy is to be validated and our improvements, directed.

The above analysis shows that in the three case studies, the 7 principles were implemented. The proposed framework is complete. It allows us to take all facets of the 3 case studies into account and help to guide the development of scenarios.

5.3. Improvement of professional practices among students

We selected five professional practices. We noted their appearances during lessons. It is reasonable to think that they will tend to be replicated in the same way when working in a company:

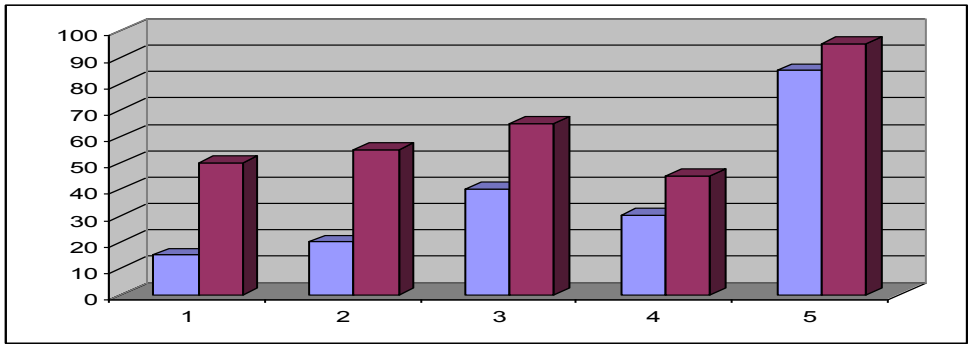
1. *Will the students produce more professional productions?* For each production requirement, a number of criteria were involved. These criteria could depend on the nature of production. If this were a study report, the criteria could include adherence to a professional documentary standard. If it was an exercise in reformulating concepts by producing a poster, criteria could include the legibility, aesthetics (color, shape: text-pattern-design-picture coherence), the visual efficiency, educational effectiveness of the poster. The scores are given out of 100.
2. *Will the students be more involved in teamwork*? This is the percentage of time spent in actual practice, sessions, group work.
3. *Will the students respect deadlines in their production of work?* Figures are expressed as a percentage of work submitted on time.
4. *Will the students respect the fixed rules and procedures (except non-timeliness)?* For example, do they prepare the seminar sessions when requested to do so? The scores are given out of 100.
5. *Will the students be more present (excluding excused absences such as illness)?* This is the attendance rate as a percentage.

The results are shown in Table 4.

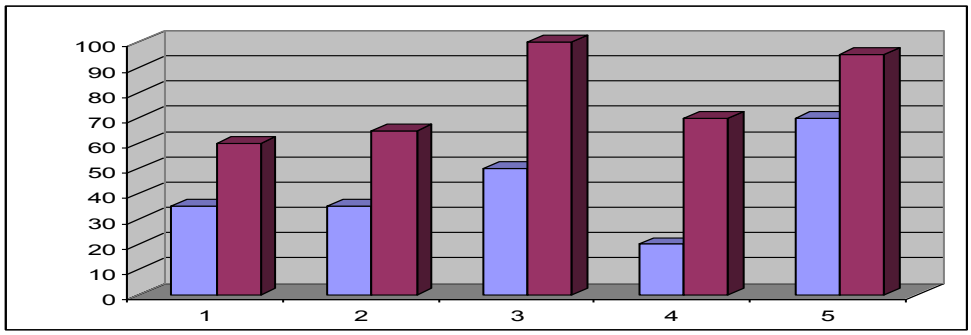
Table 4

Improvement of professional practices among students

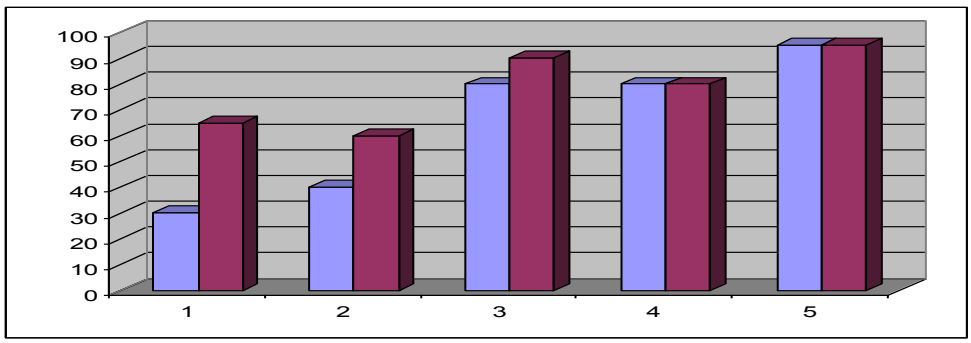
Case 1



Case 2



Case 3



1. Production of professional quality – 2. Team engagement - 3. Timeliness – 4. Compliance – 5. Presence.

This chart shows for each of the 5 professional practices listed above and then for each of the three case studies, changes in outcomes before and after application of the framework.

The three case studies show the positive impact of the implementation of the framework for each of the 5 practices observed. In particular, a net growth was observed in 3 case studies for the first 2 practices. The rendering professional production was increased from 15 to 50 points for case 1, 35 to 50 points for case 2 and 30 to 65 points for case 3. Involvement in teamwork was increased from 20 to 55 points for case 1, 35 to 65 points for case 2 and 40 to 60 points for case 3. Regarding the third criterion, there was a significant increase for the first two case studies which went from 40 to 65 and 50 to 100 and a moderate increase in case 3, which increased from only 80 to 90. Except the criterion 4 in case 2 which increased from 20 to 70, the last two criteria underwent less notable improvements. Case 3 even shows stability. This reflects the fact that the scores on these criteria were already high before the application of the framework. Finally, this study shows that the framework enabled

a significant improvement of professional practices among students especially for the production of quality products and professional involvement in collective work.

5.4. Needs for ICT

In this section we focus on the impact of ICT in the framework application. ICT literacy is a prerequisite for employability. We try to evaluate the use of ICT and the dependence of the framework application in relation to ICT. Table 5 shows tools used and their evolution through the application of the framework. Moreover, these tools have been classified into two categories:

- *The optional tools*. For example, the dissemination of the teacher's instructions done by an electronic filing of documents can be also done by the distribution of course handouts on paper, certainly more expensive and less convenient, but fulfilling the intended function.
- *The mandatory tools in relation to educational* activities, whether individual or collective. For example, it is difficult to replace a professional design tool GUI or a database for sharing documents for collaborative work by a manual tool. The figures were calculated according to the scenarios developed.

The results are summarized in table 5.

Table 5
Evolution of the ICT use (in underlined the mandatory tools)

	Case study 1	Case study 2	Case study 3
ICT used before framework application	1. Word processor 2. A Web navigator 3. Moodle platform Three Moodle resources (Moodle, http): 4. Web link, 5. Web page and 6. Resource file. 7. A management project tool	1. Word processor 2. Presentation program 3. Email	1. Word processor 2. Spreadsheet application 3. Graphics painting program 4. Professional software of ergonomics
The application of the framework required some *additional* ICT tools	The three Moodle activities (Moodle, http): 8. Assignments, 9. Databases and 10. Wiki 11. Presentation program 12. The construction game program (Hot Potatoes, http)	4. Spreadsheet application 5. Graphics painting program 6. Image management program 7. A web navigator 8. The specific platform of the university 9. A professional supervision tool	5. A web navigator. 6. The specific platform of the university 7. Image management program 8. Email

Table 5 shows that using the framework led to an increase in the number of ICT tools used. The number of used tools is increased respectively for the three case studies from 7 to 12, from 3 to 9 and from 4 to 8 tools. However, the use of the framework has made teaching more dependent on technology. This finding can be made for the 3 cases. Certainly without the application of the framework, the three modules required ICT tools but in smaller numbers and only for the practical sessions, which represent about 30% of the course time. The use of the framework increased the needs of ICT for most face-to-face sessions and the mandatory tools increased respectively by 5, 6 and 4 tools for the 3 cases. Teachers noted that this

increase was induced by the richness of scenarios and activities offered and not the result of a willingness to use ICT at all costs. This means that the tools are at the service of our pedagogy and not the opposite. In the 3 cases, all the students used every ICT tool available: about 75% of students did so as from the very first session, the others began no later than the third session. So the framework induced the use and mastery of ICT tools. The students and teachers explain this by the introduction of the pedagogical project guided by cooperative learning (principle 2) and by the regular assessment of knowledge (Principle 6).

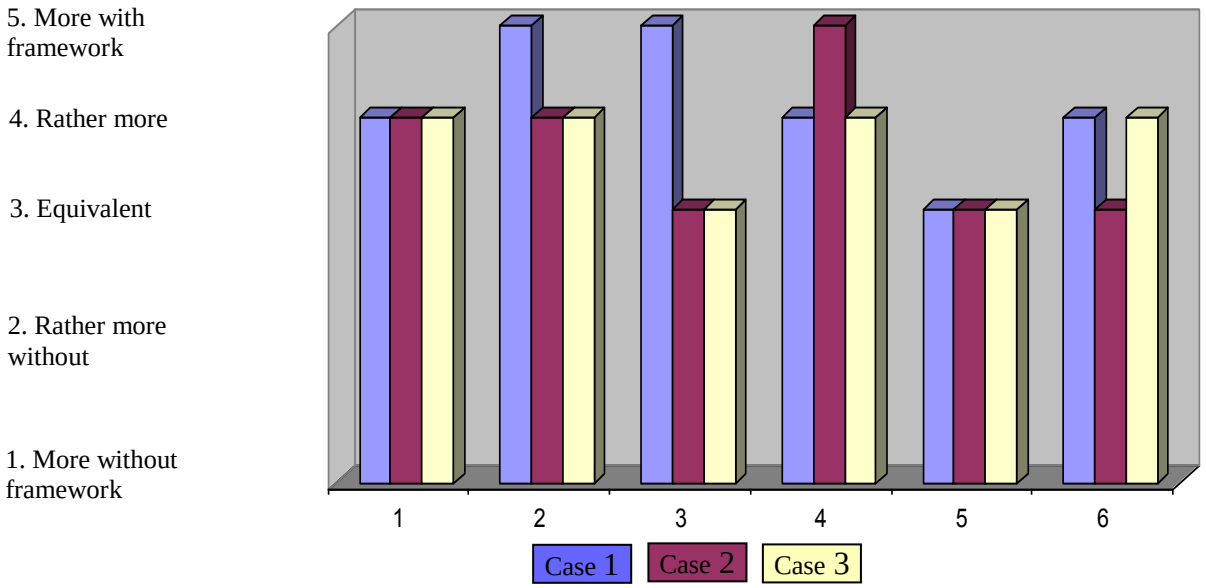
5.5. Impact on the teaching profession

In this section we study the impact of the implementation of the framework on the work of the teacher. Each of the six questions asked of teachers was answered using a Likert scale: 1. More with method 2. Rather more with method 3. Equivalent 4. Rather more without method 5. More without method. The questionnaire included the following six questions:

1. *Satisfaction from professional point of view.*
2. *Amount of work required to track students.*
3. *Need for greater regularity in the work.*
4. *Need for greater preparation work the first time.*
5. *Need for greater preparation work in subsequent years.*
6. *Opportunity for teachers to increase their knowledge.*

The results are summarized in the graph in table 6.

Table 6
Impact on the teaching profession



1. Professional satisfaction – 2. Work to monitor students - 3. Regularity in work – 4. Time preparation for the course the first time 5. Time preparation for the next time the course is given 6. Knowledge updating

This chart shows for each of the six questions posed to teachers and then for each of the 3 case studies: the evolution of teacher's work in terms of the Likert scale indicated on the left of the graph.

The three case studies show that implementation of the framework led to a significant change in the art of teaching. The teachers concerned agree in showing an increase in their

satisfaction in professional terms. This positive development has a counterpart in the time spent tutoring students, regularity and preparation time at least when the course is taught for the first time. It should be noted that the use of the framework has also involved providing more opportunities for teachers to update their knowledge. Our analysis is that changes in the number of interactions between student and teacher and the results of student research are rewarding not only for students but also teachers.

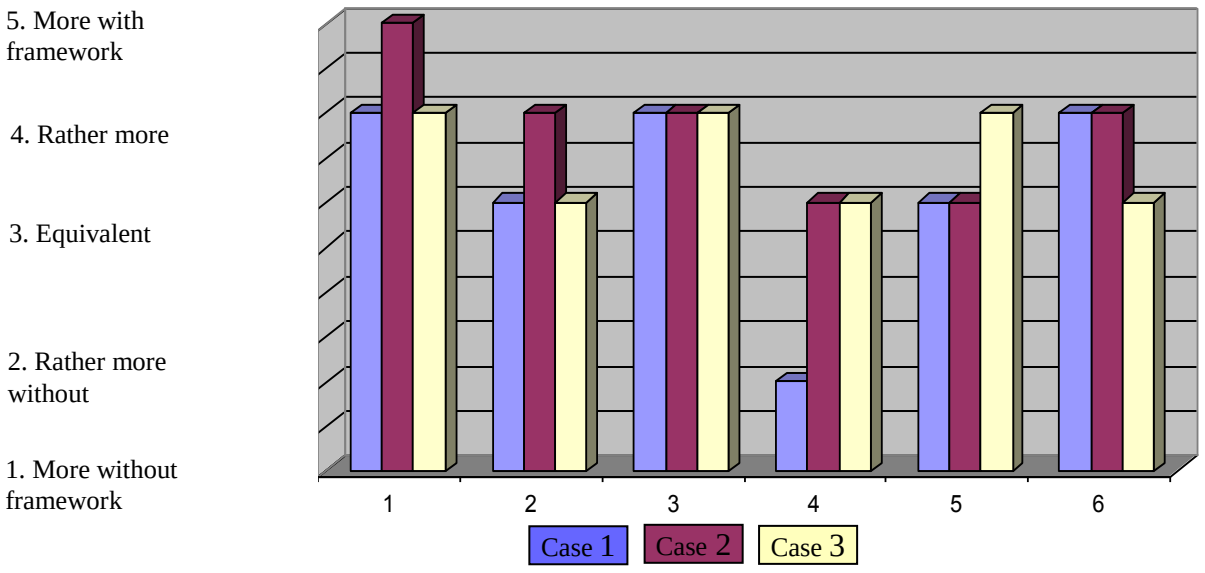
5.6. Study of student interactions and learning outcomes

In this section we study the impact of the framework on interactions in class and on outcomes of students. The teachers were asked six questions using the same Likert scale as previously: 1. More with method 2. Rather more with method 3. Equivalent 4. Rather more without method 5. More without method. The questionnaire included the following six questions:

1. *Student involvement*
2. *Detection of student problems*
3. *Interaction with students*
4. *Volume of knowledge transmitted*
5. *Importance of skills transmitted*
6. *Importance of attitude transmitted*

The results are summarized in the graph in table 7.

Table 7
Evolution of interactions and outcomes of students



1) Student involvement. 2) Detection of student problems 3) Interaction with students. 4) Volume knowledge transmitted. 5) Importance of skills transmitted. 6). Importance of attitude transmitted.

This chart shows for each of 6 questions and then for each of the 3 case studies: evolution of teacher's work in terms of the Likert scale indicated on the left of the graph

The use of the framework has shown improvements in student interactions, involvement and teacher / student relationship. We think that these improvements explain the better detection of pedagogical problems. Overall there is a stability in acquired knowledge and skills. There is an increase of acquired attitude. The lower level of acquired knowledge for case 1 is

circumstantial; it was analyzed as a difficulty for the teacher to master some new specific content introduced into the course.

6. Discussion

Based on our study and our practices, there are several interesting points which can on the one hand encourage the application of our framework and on the other hand improve its educational efficiency. In this section, we consider how to help other teachers in higher education to improve their courses and also promote the effectiveness of their teaching. Then, we summarize the main educational benefits observed. This finding is based on the feelings of learners and teachers. It was established empirically, based on observations during meetings, informal interviews with students, examination results and various questionnaires completed by learners and teachers. We conclude with possible ideas of improvements.

6.1. Application of the evolutionary framework

The first reflection concerns the role played by ICT tools. Their introduction helps the realization of the first principle: "Redefine the roles of teachers and students". Through the opportunities they offer, the ICT can help to define new actors with their roles and tools for promoting the respect of defined rules for actors. They encourage the support of the project activities and may also improve the application of the other principles, through the possibility of communication that they offer.

The second reflection concerns the technical implementation of ICT tools. These tools do not need to be innovative: word processor, email, spreadsheet application , presentation program, blogs, etc. This makes the use of the framework available to many teacher profiles. More and more students have laptops and almost all universities offer wireless access to the Internet. It is increasingly possible and indeed required to develop new pedagogies. Our proposal, providing a flexible but comprehensive framework, will be a unifying aid in helping teachers to modify their teaching progressively. Of course the use of an e-learning platform such as Moodle, Blackboard, Claroline, etc., even if it requires a significant investment at the outset for the teachers, allows the use of richer scenarios and the teacher is discharged from the tedious tasks of student monitoring. Again all universities offer, or will offer, and provide training for their teachers for e-learning platforms.

The third reflection concerns the mini-projects. We found that when projects are too small, they can have a negative effect. On the one hand, students do not consider them as projects but more as exercises, and secondly they do not have time to deploy all scenarios and pedagogical outcomes are sometimes insufficient.

The fourth reflection concerns the mastery of knowledge by the teacher. It remains central. In case studies 2 and 3, where such knowledge was well mastered by teachers, there was equivalence (fig. 4) between teaching without or with use of the framework. In the case of Study 1, where an amount of new knowledge for teachers was introduced, there was less knowledge acquisition. Our analysis is that the teacher should have high level of knowledge control in order to guide students, this control cannot be left solely to activities or ICT resources made available.

6.2. Educational benefit

The analysis of these three case studies shows that applying seven principles provides a good model to explain the teaching scenarios produced. The application of these powerful scenarios was systematically evaluated by students. There was almost no absenteeism and involvement was strong over the years (table 4). The students acquired high-level skills (i.e.,

analysis, synthesis and argumentation) effectively (table 7). Students had to learn to work as a team and therefore communicate, negotiate and discuss their views. Students felt more responsible for their work, especially with respect to the team, and received reciprocal recognition from the team, which fostered their continued involvement and motivation.

Mutual aid between students was frequently observed, which allowed better learning. For example, some students had a comprehension block about an abstract problem. The team's help allowed these students to overcome the block, which in turn enabled them to participate more actively in the concrete aspects of the problem and has a positive effect on the learning of other students in this domain. The work produced was often quite professional (table 4).

The benefit of performing professional activities, such as writing reports, was found during the internships at the end of the degree program. Many former students, now in professional situations, have stressed the importance of supporting disciplinary knowledge by learning skills. In fact, disciplinary knowledge is often less important in a professional situation than at the university.

The evaluation method was almost universally appreciated for its form, its relevance to promoting learning, and its ability to reflect the students' knowledge acquisition level. Furthermore, the ongoing dialogue and the introduction of a part the work session allowed the students to better accept the marks on their exams. However, although it was widely appreciated, some of the students and teachers recognized that this evaluation method can become cumbersome. Even though it demanded a significant amount of work and availability, the teacher's role was more varied and more challenging. Teachers were able to use a personalized pedagogy that was flexible and tailored to the different student profiles.

We used Bloom's taxonomy (Bloom, Englehart, Furst, Hill & Krathwohl, 1956; Anderson & Krathwohl 2001) to analyze the contribution of our evolutionary framework. Indeed, table 7 shows that the use of the framework clearly preserves the first two levels of this taxonomy: *learning* and *understanding* (criterion 4). It strengthens the third level – *implementation (criterion 5)* – and improves knowledge acquisition on the fourth and fifth: *analysis*, *synthesis*. The feelings of teachers and especially their findings on the achievements produced by the students (table 7), show that increasing the acquisitions of the last level, creation, is sensitive. It thus leads us to think that our evolutionary framework supports skill acquisition, as defined in detail in introduction, and responds to the fundamental problems of companies and learning professional skills. This is confirmed by feedback from our students, either during their internships or during future professional interaction.

6.3. Suggestions for improvement

Two suggestions for improvement were picked from among all those are planned. The proposed framework has been applied individually to several modules with different students. This teaching style was new to students. Thus, the learning of skills necessitated the simultaneous learning of the new pedagogy. This led to a lack of pedagogical perspective as well as reducing even more the time really devoted to learning skills. We propose to generalize our framework. In other words, we propose to apply our evolutionary teaching framework in several distinct course modules at the same time. To do this, it will be necessary to provide teaching support for teachers and strengthen the robustness of our model based on seven principles.

The second improvement concerns ICT assistance. Technology is essential because of its capacities for dissemination, communication, and sharing. In the end, it is everywhere. It extends learning beyond the walls of the university and encourages the learning of high-level skills. We want to take a closer look at possible extensions of the use of ICT in learning scenarios and also highlight its limitations and risks.

7. Conclusion

This article has proposed a framework that allows disciplinary modules to evolve in order to enrich the learning of high-level cognitive skills. This framework is based on seven principles. We have shown its connections with the primary currents of educational psychology: behaviorism, cognitivism, constructivism and social constructivism. We applied our framework to examine various cases, including the three modules described in this article. These modules were run for nearly 10 years in two French universities. The first module is in an undergraduate degree program for students studying computer networks. The second and third modules are in graduate degree programs for students studying, respectively, automated industrial systems and image and sound engineering.

We showed that, despite the diversity of teaching methods in place, our framework allows the teaching scenarios to be implemented and could serve as an evolutionary framework for improving disciplinary modules. We showed that the course modules developed with our framework helped to reduce absenteeism and increased student participation as well as the assistance from other students. We found that the acquisition of disciplinary knowledge and professional skills were effective. On the whole, the new teaching style, including the evaluation, was appreciated by all stakeholders.

In their future, we intend to apply our framework to less technical disciplines, study the impact of its propagation to all course modules in a degree program, and further analyze the impact of introducing ICT.

References

Abet, (2000). *Engineering Criteria 2000 Third Edition: Criteria for Accrediting Programs in Engineering in the United States.* Published by the Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), Baltimore, Maryland.

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (eds.) (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.

Antibi, A. (2003). *La constante macabre ou comment a-t-on découragé des générations d'élèves.* Math'Adore, France, 25 septembre 2003, 160 pages.

Aronson, E., Blaney, N., Stephan, C., Sikes, J., & Snapp, M. (1978). *The jigsaw classroom.* Beverly hills, Calif. Sage publications.

Bardam, J. E. (1998). Designing for the dynamics of cooperative work activities. In Proceedings of The 1998 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, Seattle, Washington, USA. ACM Press.

Besterfield-Sacre, M.; Shuman, L. J.; Wolfe, H.; Atman, C. J.; McGourty, J.; Miller, R. L.; Olds, B. M., & Rogers, G. M. (2000a). Defining the outcomes: a framework for EC 2000. *IEEE Transactions on Engineering Education, Volume 43, Number 2*, 100-110.

Besterfield-Sacre, M.; Shuman, L. J.; Wolfe, H.; Atman, C. J.; McGourty, J.; Miller, R. L.; Olds, B, M., & Rogers, G. M. (2000b). Assessment methodologies and curricula innovations, Retrieved the 10th August 2010 at http://www.engrng.pitt.edu/~ec2000/ec2000_downloads.html.

Bloom, B., Englehart, M., Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. New York, Toronto: Longmans, Green.

Bloom, B. S. (1971). *Mastery Learning.* Editor J.H. Blode, Hoet, Rinehart and Winston, New York.

Bruner, J. S. (1960). *The Process of Education.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Carrol, J. B. (1963). *A model of school learnin*g. Teachers college record, 64, 723-733.

Carroll, J. B., Bloom, B., & Hunter, M. (1987). Notes from Benjamin Bloom lecture, ACSA. Retrieved the 10th August 2010 at http://faculty.mdc.edu/jmcnair/EDG3410%20Topic%20Outline/Mastery%20Learning1.htm.

CCCEP (2001). Communication from the Commission to the Council and the European Parliament: The e-Learning Action Plan, European Commission, (Mar. 2001), Nov. 2007. Retrieved th 10th August 2010 at http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/com/2001/com2001_0172en01.pdf.

Claroline (http). Retrieved the 10th August 2010 at http://www.claroline.net/index.php?lang=en.

Cole, M. (2009). Using Wiki technology to support student engagement: Lessons from the trenches. *Computers & education 52*, 141-146.

Cooper, J. L., Prescott, S., Cook, L., Smith, L., Mueck, R., & Cuseo, J. (1990). *Cooperative learning and college instruction: Effective use of student learning teams. Long Beach: Institute for Teaching and Learning*. California State University.

Curricula-Vitae (http). Curriculae-vitae. Retrieved the 10th August 2010 at fr.curricula-vitae.com/competences.html.

Davis, B. G. (1993). *Tools for teaching.* Jossey-Bass Publishers: San Francisco, 1993.

Dillenbourg, P., & Tchounikine, P. (2007). Flexibility in macro-scripts for computersupported collaborative learning. *Journal of Computer Assisted Learning 23,* 1–13.

Dumont, B. (1992). The influence of organizational characteristics on education and learning. *Education and Computing,* Volume 8, Issues 1-2, 41-45.

Eastman, J. K., & Reisenwitz, T. H. (2006). Dealing with student group project traumas: teaching students recognition responsibility,and resolution of group project problems. *Marketing education review, summer 2006 (16)*, 9-21.

Gagne, R. M. (1965). *The Conditions of Learning.* New York: Holt, Rinehart & Winston.

Gillies, R. M. 2004. The effects of cooperative learning on junior high school students during small group learning. *Learning and Instruction 14,* 197–213.

Gokhale, A. (1995). Collaborative learning enhances critical thinking. *Journal of Technology Education, 7*(1), 22-30.

Gomez, E. A.,Wu, D., & Passerini, K. (2010). Computer-supported team-based learning: The impact of motivation, enjoyment and team contributions on learning outcomes. *Computers & Education, 55,* 378–390.

Gravestock, P., & Mason O'Connor, K. (2004). *Learning and teaching in higher education. issue 1, 2004-2005*, University of Gloucestershire, retrieved the 16th April 2010 at http://www2.glos.ac.uk/offload/tli/lets/lathe/issue1/issue1.pdf#page=124.

Green, C. D. (2009). Classic in history of psychology. Retrieved the 10th August 2010 at http://psychclassics.yor ku.ca.

Gunasekaran, A., McNeil, R. D. & Shaul, D. (2002). E-learning: research and applications. *Industrial and Commercial Training, 34 (2),* 44-53.

Hoic-Bozic, N., Mornar, V., & Boticki, I. (2009). A Blended Learning Approach to Course Design and Implementation. *IEEE Transaction on education, Vol. 52, No. 1*, 19-30.

Holbert, K. E., & Karady, G. G. (2009). Strategies, challenges and prospects for active learning in the computer-based classroom. *IEEE transactions on education, vol. 52(1),* 31-38.

Hot Potatoes (http). Free software, Retrieved the 10th August 2010 at http://hotpot.uvic.ca.

Huart J., Kolski C., Sagar M. (2004). Evaluation of multimedia applications using inspection methods: the Cognitive Walkthrough case. *Interacting with Computers*, 16(2), 183-215.

ISO/IEC 25000 (2005). *Software Engineering - Software Product Quality Requirement and Evaluation (SQUARE)*. International Standard Organization.

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1980). Integrating handicapped students into mainstream. *Exceptional children, 47,* 90-98.

Katz, R. L. (1974). Skills of an effective administrator. *Harvard Business Review, Vol. 51, 1974*.

Kolski, C. (1997). *Interfaces homme-machine, application aux systèmes industriels complexes (2nd edition)*. Editions Hermès, Paris, 1997.

Kolski, C., Sagar, M., & Loslever, P. (2004a). Spécification d'IHM dans les systèmes critiques : retour d'expérience sur une pratique en enseignement de l'IHM. Proceedings of IHM 2004, International Conference Proceedings Series, ACM Press, Namur, 157-164.

Kolski, C., Sagar, M., & Loslever, P. (2004b). Experiment based on participative ergonomics and performed as part of a supervision engineers' training course. E.F. Fallon, W. Karwowski (Ed.), Proceedings HAAMAHA'2004 "Human and Organisational Issues in the Digital Enterprise" (25-27 August), 1, National University of Ireland, Galway, 336-346, ISBN 0-9538974-2-7.

Kolski, C., Loslever, P., & Sagar, M. (to appear). The performance of future designers on the specification of supervisory HCI: case study of a simulated work situation. Cognition, Technology & Work, DOI: 10.1007/s10111-010-0169-9.

Kruse, K. (2009). Gagne's nine events of instruction: an introduction. Retrieved the 10th August 2010 at http://www.e-learningguru.com/articles/art3_3.htm.

Le Boterf, G. (2006). *Ingénierie et évaluation des compétences*. Paris, Éditions d'organisation.

Looi, C. K., Chen, W. & Ng, F. K. (2010), Collaborative activities enabled by GroupScribbles (GS): An exploratory study of learning effectiveness. *Computers & Education 54,* 14-26.

Mahatody, T., Sagar, M., & Kolski, C. (2007). Cognitive Walkthrough for HCI evaluation: basic concepts, evolutions and variants, research issues. Proceedings EAM'07 European Annual Conference on Human-Decision Making and Manual Control, Technical University Of Danemark, Lyngby.

Mahatody, T., Sagar, M., & Kolski, C. (2010). State of the Art on the Cognitive Walkthrough method, its variants and evolutions. *International Journal of Human-Computer Interaction,* 26 (8), 741-785.

Martínez, F., Herrero, L. C. & Santiago de Pablo (2010). Project-Based Learning and Rubrics in the Teaching of Power Supplies and Photovoltaic Electricity. *IEEE Transactions on education, in press.*

Mayo, E. (1945). *The social problems of industrial civilization.* Boston: Harvard University, Graduate School of Business Administration.

McClelland, D. C. (1973). Testing for competence rather than intelligence. *American Psychologist. 28,* 1-14.

Michaelsen, L., Fink, D., & Knight, A. (2002). Team-based learning: A transformative use of small groups in college teaching. Sterling, VA: Stylus Publishing. Quoted by (Gomez, Wu & Passerini, 2010).

Miller, S. M. & Miller, K. L. (1999). Using Instructional Theory to Facilitate Communication in Web-based Courses. *Journal of Educational Technology and Society 2(3),* 106-114.

Moodle (http). Retrieved the 12th october 2009 at http://moodle.org.

Norman, D. A. (1986). Cognitive engineering. In D.A. Norman & S.W. Draper (Eds.), User centered systems design: New perspectives in human-computer interaction, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, 31-61, 1986.

Olson, R., Verley, J., Santos, L., & Salas, C. (2004). What We Teach Students About the Hawthorne Studies: A Review of Content Within a Sample of Introductory I-O and OB Textbooks. *The industrial-organizational psychologist, 41(3),* 23-39.

Pavlov, I. P. (1927). *Conditioned reflexes: an investigation of the physiological activity of the cerebral cortex.* Retrieved the 26th October 2009 at http://psychclassics.yorku.ca/Pavlov/.

Perrenoud, P. (1999). Faire acquérir des compétences à l'école. In Vie pédagogique, n° 112, septembre-octobre 1999, pp. 16-20. Retrieved the 10th August 2010 at http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1999/1999_14.html#Heading1.

Piaget, J. (1970). *The science of education and the psychology of the child*. NY: Grossman.

Pisa (2005). The definition and selection of key competencies (DeSeCo). Organization for economic co-operation and development. Retrieved the 10th August 2010 at http://www.oecd.org/dataoecd/47/61/35070367.pdf.

PMBOK (2008). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. Project Management Institute, ISBN13:9781933890517. Retrieved the 10th August 2010 at http://www.pmi.org.

Polson, P. G., & Lewis, C. H. (1990). Theory-based design for easily learned interfaces. Human-Computer Interaction, 5 (5), 191-220.

Polson, P., Lewis, C., Rieman, J., & Wharton, C. (1992). Cognitive Walkthrough: a method for theory-based evaluation of user interface. International Journal of Man-Machine Studies, 36, 741-773.

Prime, G. (1998). Tailoring assessment of technological literacy learning. *Journal of technology studies, 24(2),* 18-23.

Rasmussen, J. (1986). *Information processing and human-machine interaction, an approach to cognitive engineering.* Elsevier Science Publishing.

Raynal, F., & Rieuner, A. (2001). *Pédagogie : dictionnaire des concepts clés.* ESF edition.

Sakaï (http). Collaboration for educators, by educators, free and open source. Retrieved the 10th August 2010 at http://sakaiproject.org/portal.

Sancho-Thomas, P., Fuentes-Fernández, R. & Fernández-Manjón, B. (2009). Learning teamwork skills in university programming courses. *Computers & Education 53,* 517–531.

Sander-Regier, R., Merhy, B., A., & McColl, T. (2007). Teaching at the University of Ottawa. A handbook for professors and Tas, 2007. Retrieved the 10th August 2010 at http://www.saea.uottawa.ca/index.php?Itemid=920&id=872&option=com_content&task=view.

SEP (2006). Stanford Encyclopedia of Philosophia, Retrieved the 10th August 2010 at http://plato.stanford.edu/entries/behaviorism/.

Shepard, L. A. (2000). The role of assessment in a learning culture. *Educational Researcher, vol. 29, n° 7,* 4-14

Skinner, B. F. (1935). Two types of conditioned reflex and a pseudo type. *Journal of General Psychology, 12,* 66-77.

Skinner, B. F. (1968). *The Technology of Teaching.* Prentice Hall College Div, 208 pages.

Slavin, R. E. (1977). Classroom reward structure: an analytic and practical review. *Review of educational research, 47,* 633-650.

Slavin, R. E. (1980). Cooperative learning. *Review of Educational research, 50, 315-342*.

Slavin, R. E., Leavey M. B., & Madden, N. A. (1986). *Team Accelerated Instruction*: Marhematics Watertown : MA, Charlesbridge.

SweBok (2004). *"Guide to Software Engineering Body of knowledge, 2004",* IEEE Computer Society.

Thorndike, E. L. (1911). Animal intelligence. Retrieved the 26th 2009 at http://psychclassics.yorku.ca/Thorndike/Animal/.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*: *the development of higher psychological processes*. Cambridge, 1978.

Wagner, E. D. (1997). *Interactivity: From agents to Outcomes*. In T. E. Cyrs (Ed.), *Teaching and Learning at a Distance: What it Takes to Effectively Design, Deliver and Evaluate Programs: No. 71. New Directions for Teaching and Learning,* San Francisco: Jossey-Bass, 19-26.

Wagner, N., Hassanein, K., & Head, M. (2008). Who is responsible for E-Learning Success in Higher Education? A Stakeholders'Analysis. *Educational Technology & Society, 11 (3),* 26-36.

Watson, J. (1913). Psychology as a Behaviorist Views It. *Psychological Review, 20,* 158-77. Retrieved the 10th August 2010 at http://psychclassics.yorku.ca/Watson/views.htm.

Multi-Role Project (MRP): a New Project-Based Learning Method for STEM

Bruno Warin, Omar Talbi, Christophe Kolski and Frédéric Hoogstoël

***Abstract*—This paper presents the 'Multi-Role Project' method (MRP), a broadly applicable project-based learning method, and describes its implementation and evaluation in the context of a STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) course. The MRP method is designed around a meta-principle that considers the project learning activity as a role-playing game based on two projects: a learning project and an engineering project. The meta-principle is complemented by five principles that provide a framework to guide the working practices of student teams: distribution of responsibilities; regular interactions and solicitations within the team; anticipation and continuous improvement; positive interdependence and alternating individual / collective work; and open communication and content management. This paper presents the implementation of MRP in a course teaching software engineering, UML language and project management. The results show that MRP helped the course's students to acquire important professional knowledge and skills, experience near-real world professional realities, and develop their abilities to work both in teams and autonomously.**

***Index Terms*—E-learning, higher education, Moodle, multi-role project, project-based learning, STEM**

I. Introduction

Possessing technical skills in STEM is no longer sufficient to obtain a well-paid job: businesses require experience in successfully applying know-how, skills, collective work and transverse competences [1]-[3]. From the student point of view, learning based on lectures and seminars no longer meets expectations [4]-[5]. In this context, project-based learning is considered to be a very important learning strategy [6]; its most common implementation takes the form of student projects. Indeed, it has been established that such projects engage students more strongly than does traditional homework [7]-[8], and allow both the integration of methods and techniques learned in different courses, and the development of teamwork [9] and skills for the 21st century [10].

However, there is a lack of pedagogical methods equipped with the necessary tools to allow teachers to teach the methods and apply them effectively in their courses [11]. To address this problem, a project-based learning (PjBL) method - the Multi-Role Project (MRP) learning method - was developed, based on an iterative approach involving more than one hundred student projects supervised over a fifteen-year period. This paper shows that this method is effective in helping students to succeed in both technical and non-technical learning, and promotes learning activities and learning outcomes.

This paper is organized as follows. Section II relates the PjBL learning framework to the literature. Section III presents the MRP learning method. Section IV describes the use of MRP with a group of 41 Bachelor's degree students. Section V analyzes the pedagogical results of this experience. Section VI discusses MRP's broader applicability and prospects for improvements.

II. Related Work

A. Problem-Based Learning versus Project-Based Learning

This paper adopts the convention of Loyens and Rikers [12] in using the acronym PBL for Problem-Based Learning and PjBL for Project-Based Learning. PBL was initially developed at the McMaster University Medical School in 1969 [13], to address students' lack of motivation and low pass rates [14]. This was supported by the work of Barrows & Tamblyn [15]. Today, PBL is used in all disciplines. An essential component of PBL is the presentation of a real-world problem before the content to be studied is introduced. To solve the problem students must identify what they do and do not know, find new resources, and generally work in a group [16]. PBL is aimed more at understanding and defining problems than resolving them. It adopts a Socratic and dialogic approach [17].

PjBL has a longer history. Formally introduced to schools by the philosopher and educator, John Dewey (1859-1952), it was the work of Kilpatrick [18], [19] that contributed to its diffusion. It is also more complex than PBL, as shown in Table I, drawn from [20]. Since it works on more extensive activities, PjBL needs to adopt a more rational, technical approach and often uses project management practices [17]. Its learning objectives are more ambitious than PBL and cover the six levels of Bloom's taxonomy [21], including the *Application* level that is rarely addressed by PBL.

TABLE I
Differences between PjBL and PBL according to [20]

Project-Based Learning	Problem-Based Learning
Often multi-disciplinary	More often single-subject
May be lengthy (weeks or months)	Tend to be shorter
Follows general, variously-named steps	Follows specific, traditionally prescribed steps
Includes the creation of a product or performance	The "product" may simply be a proposed solution, expressed in writing or in an oral presentation
Often involves real-world, fully authentic tasks and settings	More often uses case studies or fictitious scenarios as "ill-structured problems"

B. Lack of a Generic Method

Although it may seem relatively complex to understand and apply, PjBL is a pedagogy for the future. Nevertheless, to the authors' knowledge, no articles in the literature propose complete PjBL methods. For example, [17] states: *"For many educators project-based learning is utilized in such a way that it offers little more than administrative framework for delivering instrumental outcomes"*. The authors of [8] present a general guide that does not claim to be a complete method, but is rather "*an all-embracing concept*" [22].

The meetings-flow method [9] is, to the authors' knowledge, the most advanced and promising PjBL method, but additional work will be necessary to demonstrate its effectiveness outside its privileged application field, and to develop standard software. The lack of generic methods for PjBL makes it difficult to compare the different experiments.

The situation is different for PBL. Here, well-established generic methods exist that are broadly applicable. One example, the POGIL (Process Oriented Guided Inquiry Learning) method [23], even offers complete, ready-to-use case studies. The following section presents the MRP learning method, which distinguishes the concept of a learning project from that of an engineering project.

III. The Multi-Role Project (MRP) method

In 1999, a review of student projects at the University of Littoral Côte d'Opale, France, carried out by more than 50 students in the second year of an undergraduate degree in computer science, highlighted the pedagogical inadequacy of the project experience [11]. It became clear that a method was needed to help both the students and the teachers-supervisors, and for the next 15 years an iterative and incremental approach was followed to develop this. Once part of the method was defined and applied, each application was evaluated by behavioral observations, questionnaires, analyses of computer traces, and semi-structured interviews with students and supervisors. In light of this data, the method was iteratively evolved to address observed defects or the unmet needs.

The method was defined and then designed to be a complete and reusable method for the development of student projects. It is *complete* in that it defines the expected behavior for each actor, and the activities he or she should perform, and provides the conceptual and practical tools to optimize interactions with the other actors; it is *reusable* in the sense that other people can adopt and use it in their own situations. The next five sub-sections define the reusable MRP method.

A. Intended Outcomes

MRP, like POGIL [23], has pedagogical goals linked to both subject-matter content acquisition and the development of high-level skills. For the high-level skill pedagogical goals, the two methods use different approaches. Because of its orientation towards PBL, POGIL aims at more focused knowledge. [24, Table II]. Because of its orientation towards PjBL, MRP aims more to integrate various high-level skills [25, p.5]. Other expected outcomes include accustoming students to reflect on their own activity and facilitating the teacher's work in supervising students. In MRP, the targeted learning goals are recorded in a "pedagogical project" or "educational progress" document, see for example [26].

B. Description of MRP

MRP is based on the meta-principle that *"carrying out a student project is a role-playing game consisting of two projects performed by the student team: a learning project and an engineering project"*. This meta-principle requires that, before the start of the course, a learning project and an engineering project should be proposed, and supervisors appointed to play one or more roles. The meta-principle also serves as a mission statement to supervisors and students while carrying out the projects.

MRP also provides a conceptual framework, consisting of five principles (see Section III.F) to implement, that organizes student teams' operation during their projects. Fig. 1 shows the connections between the meta-principle, the five principles, the participants and the work to be done by the student teams, as will be elaborated upon below.

C. Learning Project versus Engineering Project

The *engineering project* involves creating a product or deliverable for a customer (the client). This can be varied in nature; it could be a feasibility study for an innovative consumer item, or programming a website, the construction of an autonomous robot, etc. From a practical point of view, it is often better to give a project that is "realistic" rather than actually "real", because with the former the teacher can better define the pedagogical goals (especially the content goal); with an actual project for a real client, there is always the risk of failure – the client may not be available, may abandon the project, and so on.

The *learning project* involves the student acquiring a pre-defined body of knowledge that falls into two groups. The first group concerns skills for the 21st century [10], notably those related to project management. The second group concerns professional skills related to the project deliverable. For both groups, the learning project should specify what know-how, skills or competences will be acquired, and to what level, based on an adaptation of the Bloom's classification [21]. This adaptation takes into account the socio-constructivist character of the implemented pedagogy. Each of the two knowledge groups is first ranked according to one of five acquisition levels: 1) know, 2) understand or apply, 3) master (understand and apply), 4) adapt and 5) innovate. Then, the levels selected are classified by the five levels of achievement defined by the Software Engineering Model and Theory group [27] from its "Way of working": 1) initiated, 2) partial, 3) quite good, 4) good, and 5) excellent. This classification remains partly empirical and depends on the expertise of the teachers.

D. Role-Playing is Central to MRP

Role-play is an important concept; poorly-defined roles can have very negative effects on teamwork [28]. The concept of role is very common in research, and can take many forms [29]. In MRP it corresponds to the concept of responsibility in the work, and the concepts of game and role can be defined as follows.

A *game* consists of a set of rules that allow people to interact with each other in order to accomplish a goal. In a game, the set of objectives, behaviors, rights and duties assigned to a person or a group of persons is called a *role*. A person may play several roles, or inversely, a role may involve several people. MRP has four main roles:

1) *The student and his or her team* apply the method, carry out the work for the client and should improve their project skills and their professional skills.
2) *The MRP expert* helps the teams understand and apply MRP and ensures the method is correctly used. The role of MRP expert integrates the traditional role of tutor, so he or she should assist the students in learning and in performing their two projects.
3) *The client* defines the goals of the engineering project and validates them. Where appropriate, he or she will receive or use the deliverable: he or she is the contracting authority in the sense of Biddle [30].

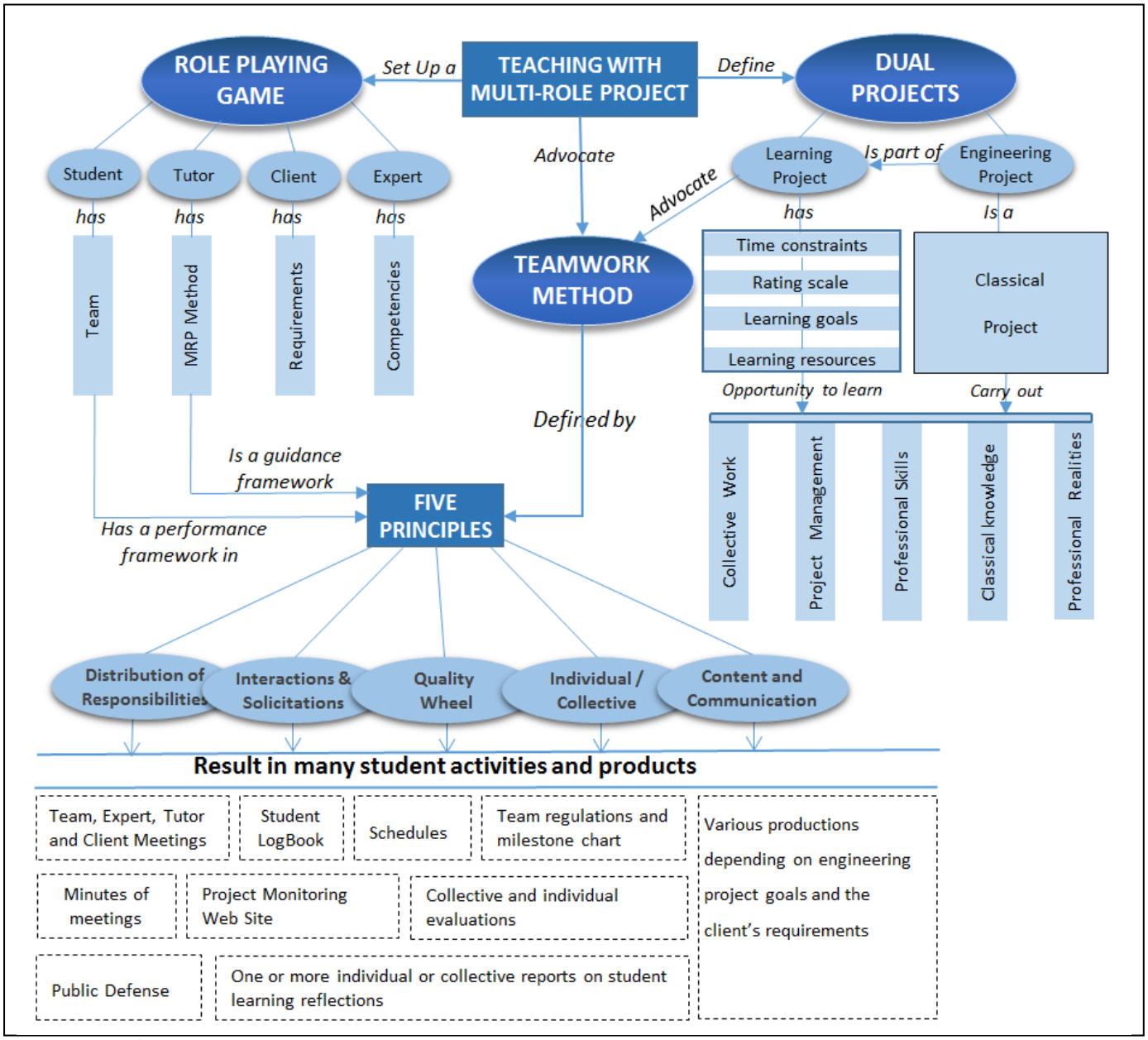


Fig. 1. Overview of the MRP

4) The *business expert* has skills in the specific learning required in the engineering project. His or her role is to answer the teams' questions, advise them and provide them, if necessary, with mini-courses, thus replacing the role of the teacher.

Each of the last three role-players is also an evaluator, participating in the assessment of teams and students. Students' priority is to learn their role while performing the project; for the other actors (the supervisors) their priority is to interpret the role entrusted to them for the benefit of the students.

E. Description of the Role-Playing Game: Project Kits

Three kits define the rules of the MRP role-playing game:

1) *Description of the MRP method (Student kit)* [25]. Understanding this kit and its application are part of the students' learning project. It explains the concepts of learning project, engineering project, role-playing, and so on; it also provides examples of the generic deliverables that the students are required to produce: meeting reports, activity sheets, project schedules, etc.
2) *Guidelines for the learning project* [26]. This kit, given to students at the start of the project, defines the learning project, and describes the targeted learning, the types of deliverables students will have to provide, the date of the final project defense, evaluation procedures, etc.
3) The *Client kit*, designed to help students achieve the learning objectives defined in the previous kit, describes the project to be carried out, and sets the limits of the customer's requirements. This kit is not mandatory, and may be replaced by a few-page technical specification. It helps the project achieve the learning objectives defined in the "Guidelines for the learning project".

F. Five Principles

In addition to the meta-principle described in Section III.B, the students should apply a further five principles to provide a conceptual framework for their projects:

1) *Distribution of responsibilities*: Based on the premise that there

is no effective collective work without a distribution of responsibilities, MRP requires teams to systematically define and share responsibilities.

2) *Regular interactions and solicitations within the team*: the second principle is based on the premise that projects advance better if there are regular interactions and supervisors solicitations within the team: that is, regular communication, and completion of project sub-tasks necessary to the final deliverable. Regular team meetings provide the framework for monitoring this, Fig. 2.

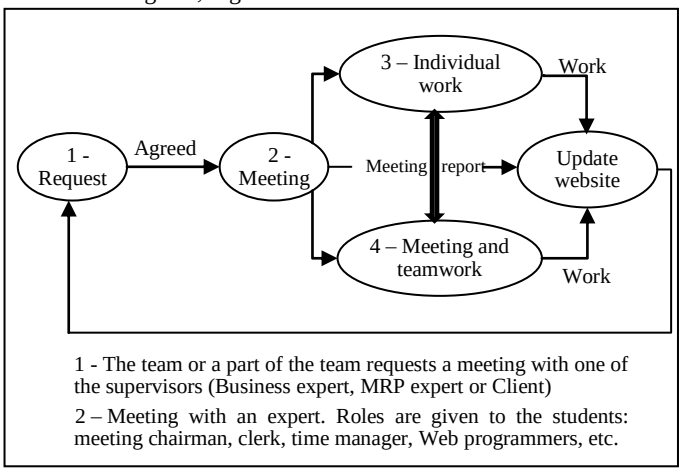


Fig. 2. Basic work cycle for students

3) *Anticipation and continuous improvement* (Quality Wheel): smooth teamwork depends on anticipation, while quality depends on continuous improvement. Anticipation and continuous improvement apply to both the learning project and the engineering project; for each, students should make schedules, regularly monitor their progress and, if necessary, modify the team.

4) *Positive interdependence and alternating individual / collective work*: to be effective and efficient, collective work should be organized with a positive interdependence between team members (meaning that each team member needs one or more other team members to make progress [31]), and should alternate individual work with collective work, to compensate for the relative slowness of collective work [32].

5) *Open communication and content management*: collective work should be based on open communications and content management. In addition to meetings, the team should maintain a project tracking website as the main vector of communication, content management and knowledge capitalization. This is used to monitor both the projects (learning and engineering). In the website, teams are recommended to include the pages: *Home, Presentation, Members, Meetings, Collective deliverables, Individual deliverables, Links*. *Home* describes the website and summarizes the project. *Presentation* gives a more detailed presentation of both projects. On the *Members* page, the members describe themselves, their strong points, points they wish to improve and their roles in the project; they can also provide a curriculum vitae. The *Meetings* page links to all of the reports. The *Collective deliverables* and *Individual deliverables* pages link to the various project deliverables created. Each deliverable has an annex with a version register that traces its evolution, specifying the date, the authors and the nature of the update. On the *Links* page the team can provide additional information and share interesting website links.

IV. Application of MRP

MSP was applied in 2013 in a Master's-level Information System Project (ISP) course. The fifth MRP principle, open communications and content management (Section III.F.5), was achieved by using the Moodle platform, the most widely used platform for university courses [33]. No control group was used; in previous years' sessions MRP has been shown to deliver significant benefits, so the authors felt a control group in this study would be disadvantaged.

A. The ISP Course

The 15-week ISP course, consisting of 12 four-hour teaching sessions, was taught to 41 fourth-year students in the Computer Engineering and Statistics Master's degree program at the graduate engineering school Polytech Lille, France [34]. The students were divided into eight teams of five or six students, and were required to sign a register at the beginning and end of each session. Each student had to perform an extra 48 hours of work outside of these sessions, to meet the requirements for the four European Credit Transfer System (ECTS) [35] credits attributed to the ISP course.

The hours were validated through the individual activity sheets that the MRP method requires students to keep updated throughout the project. The ISP course began with an introductory session that presented the MRP method and the engineering project. At the end of the course, each team gave a project defense presentation in front of their supervisors, during which they had to justify the choices and decisions made in their engineering project. They also had to deliver a two-part (team and individual) learning report. The first part had to describe the organization of the team throughout the project, and the main difficulties encountered and the means employed to overcome them. It also had to analyze the ratio of collective and the individual work for each team member. In their individual parts, students presented their activities and analyzed their learning for each of the knowledge domains targeted by the project. They were also asked to provide constructive criticism of the running of the ISP course.

B. Learning Project

The main goal of the learning project was to understand the MRP method and apply it to the ISP course. The teams had two kits that defined the MRP method [25] and the learning project [26], and they had access to a dozen projects from previous years [36]. The early part of the ISP course was mainly spent on the learning project. The students, in teams or individually, regularly provided learning deliverables on the MRP method. The 2013 students had to make a conceptual map that answered the question: "What are the main concepts of the MRP method?" They had to establish team regulations, a milestone chart for future team deliverables, provisional work schedules, etc. These regular learning deliverables both motivated the students and allowed the experts to check the students' progress in learning, particularly learning the MRP method.

The other learning objectives defined in the learning progress kit concerned the field of software engineering. Specifically, they covered needs analysis, the "Two Tracks Unified Process" (2TUP) development method [37], the UML language, requirements specification and software design. The 2TUP method is a professional software development method that begins with the creation of two parallel processes: one to determine functional needs and the other to determine technical needs. The two processes then merge in the final design and programming of the system. The ISP students only had to learn and use the first stages of the model: the definition of functional requirements, analysis and definition of technical requirements, generic technical design and the preliminary design, stopping at the detailed design stage. Actual programming was not included in the project.

C. Engineering Project

The engineering project was to build a software system to equip emergency posts on ski slopes. The first step was for students to produce an overall project schedule for the specification of this system. In the second step, they had to begin the implementation, including drafting functional and technical specifications and the general and detailed designs. The guidelines specified that the 2TUP method and the UML modeling language be used, neither of which the students knew.

During each session, four supervisors were available to the student teams: two engineers from industry and two teachers (lecturers). Each played one or several roles:

1) One supervisor played the role of the MRP expert, and ensured that the students understood and applied the MRP method.
2) One supervisor played the role of the client, i.e., the owner of the ski slopes for which the engineering project was being designed. He or she defined the needs of the project in terms of functions, budget and deadlines.
3) One supervisor played the role of project management expert. He or she helped the students in their relationships with the client.
4) Finally, one supervisor played two roles: (1) the analysis and design expert, assisting students in learning the 2TUP method and the UML language, (2) the Moodle expert, advising and answering questions from students on the use of the Moodle platform (version 1.9.3).

The main interactions between experts and students occurred during session meetings. The students had to request a meeting with the experts and provide a provisional agenda. The experts validated the agendas and at each meeting a report was written and published on the team's project tracking website.

V. Analysis of the Application of the MRP Method

A. Research Objectives

The MRP method presented here is the result of a 15-year iterative approach, covering more than one hundred student projects. After supervised projects carried out in 2012, the authors felt that MRP had met its pedagogical objectives sufficiently to warrant its publication here. A definition of MRP and an example of its application were given above. This section analyzes to what extent that application achieved its objectives. More specifically, four research questions are studied:

1) To what extent was the MRP method applied? This is a central issue if the results are to be relevant.
2) To what extent were the learning objectives of delivering experiences similar to professional realities, and having collective working practices, achieved?
3) To what extent were students' business skills developed?
4) To what extent does the application of the MRP method encourage the students to work harder?

B. Design of the Application Analysis

In the action research-based analysis, the MRP expert is one of the authors. This is treated further in the discussion. Results are based mainly on "tangible" feedback from students, namely the written work submitted, including the data in the teams' project tracking websites and the questionnaires completed by the students at the beginning and end of the course, which had nine and 56 questions respectively. Other data sources considered included the teacher-student interactions during sessions and six semi-structured interviews at the end of the course. Four interviews with four randomly-selected students, and two interviews with two of the external professional supervisors, were used either to contextualize the previous data or to complement them when they were insufficient. The remainder of this section details, for each research objective, the question, the analysis of the data obtained, and the results of that analysis.

C. Applicability of MRP

The research question posed was "to what extent was the method applied?" - crucial in order to demonstrate the relevance of the results. Table II summarizes the results obtained, showing that the method was applied to at least a satisfactory level.

TABLE II
APPLICATION OF THE METHOD

Application criteria	Validated?
1. Implementation of learning project / engineering project duality	Yes
2. Establishment of roles	Yes
3. Distribution of responsabilities	Yes
4. Regular team interactions and solicitations	Yes
5. Anticipation and continuous improvement (Quality Wheel)	No
6. Positive interdependence and alternating individual/collective work	Yes
7. Open content and communications management	Yes

To answer this question, it is first necessary to ask: "What is meant by 'the method was applied'?" Since the method is defined by a meta-principle and five principles, it can be considered to have been applied if these principles were applied. Since the meta-principle has two aspects, namely role-play and learning project / engineering project duality, seven criteria are obtained, Table II. The analysis methods used for each of these seven criteria are:

1) *Implementation of learning project / engineering project duality*: this criterion was evaluated by analyzing the organization of the project tracking web sites and the contents of the two learning reports submitted by the students. These analyses, confirmed by the supervisor-student interactions, show that students struggled to integrate this concept of duality at the start of the project. It was only after submitting the third learning deliverable on the understanding of the MRP method that the learning project / engineering project duality was acquired for the rest of the PSI. Activities and deliverables were clearly separated between the two projects.
2) *Establishment of roles*: this criterion was evaluated based on a detailed analysis of material available through the wiki for "setting up and monitoring of meetings with the supervisors" that gave access to the full list of all requests for meetings, all agendas and all reports of meetings between supervisors and students.
3) *Distribution of responsibilities*: this criterion was evaluated first by analyzing the part of the learning reports in which students had to record how easy or difficult it was to share responsibilities within teams, and second, through the responses to five questions in the final questionnaire that related to this criterion.
4) *Regular team interactions and solicitations*: this criterion was evaluated based on the content of the project tracking websites and the large amount of data available on the Moodle platform used for interactions and for submission of work.
5) *Anticipation and continuous improvement (Quality Wheel)*: this criterion was evaluated by analyzing the content of the work submitted by the students, complemented by the semi-structured

interviews and supervisor-student interactions. For the submitted work, at the start of the project teams were required to make a first provisional schedule of tasks to be realized. Half way through the project, they had to analyze this provisional schedule using their activity sheets and reschedule the remainder of their project. At the end of the project, the students had to submit an analysis of the discrepancies.

6) *Positive interdependence and alternating individual and collective work*: this criterion was evaluated based on the contents of the meeting reports and the learning reports submitted by students. Notably, in the latter, the teams had to provide an analysis of the relationship between the collective work of the team and the individual work of each member.
7) *Open content and communications management*: this criterion was evaluated by analyzing the maintenance quality of the project tracking websites.

D. Delivery of Experiences Close to Professional Reality, Aptitude for Collective work and Autonomy

The research question posed was "To what extent were the learning objectives concerning the delivery of experiences close to professional realities and collective work practices achieved?"

TABLE III
DEVELOPMENT OF SOFT SKILLS

Professional practices	Achieved?
Accounting and monitoring of work	*Yes*
Holding of meetings	*Yes*
Distribution of tasks	*No*
Scheduling	*Yes*
Allocation of individual work / collective work	*Yes*

Table III summarizes the results and shows that the practice and acquisition of professional practices were evaluated as achieved for all the criteria studied, except for the distribution of tasks.

The analysis method studied five professional practices that represent some important qualities expected in the professional world. The appearances of these qualities during the ISP course were noted and evaluated. Table III summarizes the quality of the professional practice adopted by the students.

1) *Accounting and monitoring of work*: this was evaluated by retrieving the activity sheets from the students' project tracking websites, and analyzing them one by one on a predefined evaluation grid. Of the 41 activity sheets, 38 met or surpassed the required level. Only three individual activity sheets were just partially completed. This practice was thus evaluated as being achieved.
2) *Holding of meetings*: this practice was evaluated by retrieving the contents of the wiki pages for "setting up and monitoring of meetings with the supervisors" in the Moodle course. The analysis shows that 261 meetings were held between the four supervisors and the eight teams during the twelve teaching sessions, an average of almost 24 meetings per four-hour session. Each supervisor attended more than six meetings per session on average, taking into account two absences of supervisors. The instructions for managing meetings, including the meeting request, the production and validation of an agenda, and the writing of a report, were nearly always respected, with only three exceptions in 261 meetings. This point is therefore also evaluated at 100% satisfaction. However, the supervisors only respected the instructions 191 times out of 261, i.e., 70% of the time. In addition to the 261 student-supervisor meetings, the students held over 50 meetings without the supervisors, in which they continued, at a rate of 75%, to respect the rules of conduct for meetings learned with the method. Giving identical weights to each of the parameters, this practice was evaluated as achieved.
3) *Distribution of tasks*: this practice was evaluated based on a) learning analyses that the teams had to produce in their final learning report, b) student responses to the final questionnaire and finally, c) interactions between the MRP expert and the student teams either during the regular meetings that took place during the project or during the semi-structured interviews. It appears that the quality in the distribution of work was slightly lower than for the other learning objectives. The student responses to the final questionnaire established that although 100% of students agreed that a distribution of tasks was made, 69% of the students responded that it was always done and 31% that it was often done. Nevertheless, 49% of the students considered that making the distribution was not easy. The criterion of fair distribution achieved 70% satisfaction, while that of respect for the shared work achieved only 56% satisfaction. Interactions with the students showed that two factors influence this result: students' motivation and workload at the time of the distribution. The target levels of occurrence and quality for this criterion were evaluated as not achieved.
4) *Work scheduling*. Work schedules were explicitly requested from the students. Based on the marks obtained by the students for the elaboration of their provisional schedule, the quality level was evaluated by the supervisors at 577 points out of 820.
5) *Individual work in addition to collective work*. This evaluation was based on the final learning report submitted by each team at the end of the project, and supplemented by the interactions with the students. The report included a section on "allocation of individual / collective work". On this basis, the criterion was evaluated as achieved. This high estimate is not surprising since the subject is designed to be complex and to incur a significant workload. The collective work allows the team to cope with the complexity, while a sufficient distribution of work among the members allows them to handle the workload.

E. Work and Acquisition of Professional and Project Management Skills

The research question posed was "To what extent were the students' business skills developed?" Figs 3 and 4 show that the method provides students with an opportunity to work, and that this work is accompanied by a satisfactory increase in skills (Fig. 3) with respect to the effort provided (Fig. 4). This is an important result since it reflects a difficulty that was encountered in previous versions of the method where students complained about having too much work relative to the gains in acquired skills.

The analysis method is based on 39 student responses to the final questionnaire, for three of the four criteria in Figs. 3 and 4. Criterion 2 - project management skills – was not addressed by the questionnaire, so the results for project management are an estimate.

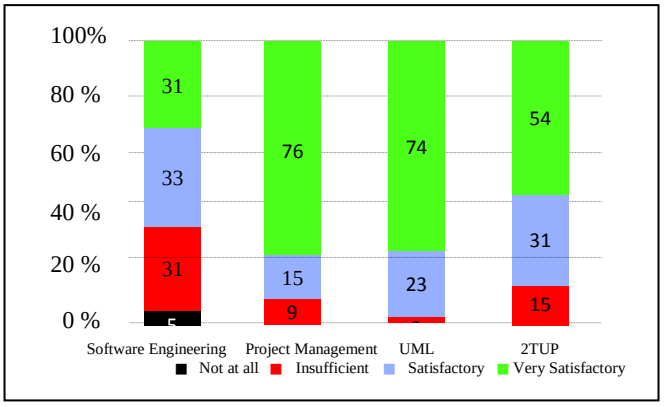


Fig. 3. To what extent has ISP provided an opportunity for students work?

This estimate was established from an in-depth analysis of the learning reports written by each student at the end of the project. It should be noted that, in Figs. 3 and 4, the learning of needs analysis, requirement specifications and software design have been grouped under the theme software engineering.

Fig. 4, produced from the students' responses to the questionnaire, shows that 90% of students evaluated their acquisition progress in software engineering as "Very satisfactory" or "Satisfactory", 91% of students for acquisition progress in management project, 88% for acquisition progress in UML and 77% for acquisition progress for the 2TUP method.

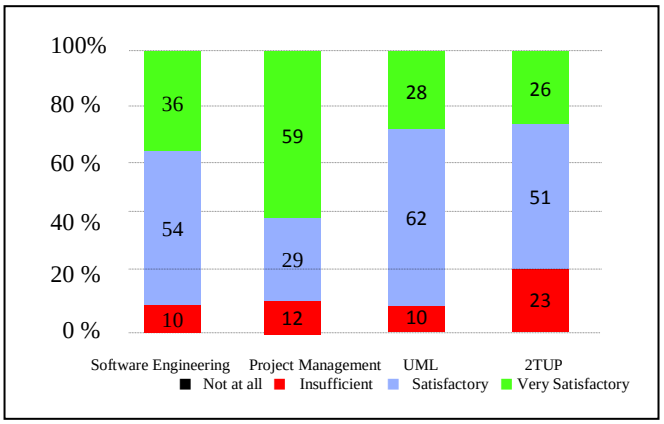


Fig. 4. To what extent has ISP advanced the skills of students?

F. The MRP method as a Working Framework

The research question posed was: "To what extent does the application of the MRP method promote the students' active participation?" This question is important because, although working does not guarantee progress, it is rare for students who do not work to progress. The results shown in Table IV summarize student feedback on the impact of the MRP method on the amount of work they did, under four headings, and on the likelihood of their using the principles of the method in another project.

The analysis method studied the answers to five questions in the final questionnaire on this aspect. This showed that the MRP method encourages students' to work harder and improves the quality of their learning. Their commitment is strong. Row 1 of Table IV shows that the MRP method increases the quantity of work for 69% of students. For learning quality, the effect of the method is even stronger. Row 2 shows that it promotes methodical work for 87% of students, collective work for 77% and the quality of the work submitted for 77%. Finally, 79% of students envisage reusing MRP during their professional lives.

TABLE IV
PEDAGOGICAL PERTINENCE OF THE MRP METHOD AS A FRAMEWORK

Five relevance criteria	YES	NO
Quantity of work	69	31
Methodological work	87	13
Collective work	77	23
Quality of submitted work	77	23
Reuse of MRP	79	21

VI. DISCUSSION AND DIRECTIONS FOR IMPROVEMENT OF MRP

The previous sections have shown the relevance of MRP for the achievement of the targeted learning objectives. This section contextualizes the results obtained.

A. Discussion

As a preamble to the various discussion points, it should be noted that the work reported here was a research study, which introduces a potential bias. Some of the evaluations were performed by the MRP expert, one of the authors. In addition, the evaluations of the teachers, like all teacher evaluations, contain a certain amount of subjectivity.

The first point to stress concerns the applicability of the method. The results show that the students applied most of the MRP method at a *Very satisfactory* level. No element of the method was considered below average. The most poorly rated criterion was the distribution of tasks (60% applied). The method is therefore applicable. Other examples of applications can be found on the project tracking websites accessible via the site [36]. However, it should be noted that two elements are essential: 1) the existence of technological support for the learning interactions; (2) the commitment of the supervisors.

Indeed, a method without a tool to support it cannot be effective and conversely, nor can a tool without a method to guide its use. The application of the MRP method described in this paper was performed on the Moodle platform, using a relatively rich set of tools, called "activities" in Moodle, that included wikis, forums, databases (under Moodle), homework submissions, MCQs, and document uploads. Nevertheless, these tools, although they may not be in common use in universities, are easy to implement and their usage should become more widespread. Furthermore, the technological support of the MRP method can be provided by Web-based Google tools, ensuring a certain universality. In addition to the Moodle platform for communication among members, the teams also used many Web tools such as Facebook or Twitter.

The application presented shows that MRP promotes team experiences close to professional realities. However, it should be noted that MRP reproduces only a part of professional realities. The experience takes place on a limited time scale - the duration of the course in the educational program concerned - while in industry the managed periods of work may be spread over several years.

Similarly, the study application did not address other common issues in real life, such as power conflicts, salaries, etc. However, it is the responsibility of the Client and Expert to make the experience as close to professional reality as possible. In this application, the Client and Expert were engineers from commercial corporations outside of the university. In discussions with former students, some of them said that they continue to use the MRP method directly or indirectly in their professional life. This is indirect evidence that students replicate the learning achieved in the application of the MRP method in their professional lives.

Concerning the high level of learning satisfaction, Fig. 3 shows that 91% of students responded that the project management activity

was *very satisfactory* or *satisfactory*, in terms of number of hours during their ISP project. It shows that 88% responded that they had progressed in a *very satisfactory* or *satisfactory* manner in this discipline. However, it should be noted that if these two statistics (91% and 88%) are analyzed in more detail, by distinguishing between the *very satisfactory* and *satisfactory* responses, we observe that 79% of students responded *very satisfactory* concerning the quantity of work done but that in terms of progress, they were only 59%. This suggests that, for the students, progress was satisfactory, but at the expense of a workload that was judged too heavy. The same phenomenon is observed for the learning of professional skills. An analysis of the reasons behind this and directions for improvement are proposed below.

B. Directions for Improvement

The observations and student interviews indicate a need to control the distribution and the performance of work by team members, for a systematic improvement for all of the projects. An experiment is planned to evaluate a peer review system called "plus-minus-equal matrix" [38] within the teams. In this system, each student evaluates the participation of the other members of his or her team based on a certain number of criteria. For each student, a table is generated with the criteria in the rows and the other members of the team in the columns, as shown in Table V. The intersection of a row and a column contains the estimation of the student as "more", "less" or "equal". The student has to estimate, for each criteria and each member of his or her team whether the teammate did "more", "less" or "equal" to him or her, in terms of work and involvement. This system is not designed to give a mark directly, but serves primarily for the internal project team discussion.

TABLE V
PART OF A PME MATRIX

Name1-FirstName1	**Name2-FirstName2**	**Name3-FirstName3**	**Name4-FirstName4**	**Name5-FirstName5**	**Name6-FirstName6**
Involvement in the project*: proposed or implemented actions to organize, advance or implement the project.*					
Creativity*: proposed or suggested innovative ideas or actions leading to a useful result*					
Work*: contributed a large amount of work*					

The analysis of the application highlighted the fact that the targeted learning objectives were achieved to a high level of satisfaction, but at the expense of considerable effort from the students. In other words, the "effort / learning progress" ratio may be greater than 1. The MRP method increases how much work students do, and the majority of the effort is transformed into learning, but it seems that a part of this effort is lost and does not generate learning progress. In fact, the observations in the field show that the pedagogy used is almost entirely based on project-based learning, with students receiving little traditional education in the targeted learning objectives. The authors infer that the proposed project-based leaning is not the most suitable one for the learning objectives of levels 1 and 2, the Knowledge and Understanding levels, of Bloom's taxonomy [21]. A potential direction for improvement would be to propose before, or at the very beginning of projects, different learning activities, in order to allow the students to advance on these two levels: Knowledge and Understanding. The MRP method could focus on the other learning objectives, aimed at know-how, skills and competences.

VII. CONCLUSION

This article has provided a reusable PjBL method and an analysis of its application for student projects in a French higher education establishment. The results show that the students applied the method well, developed close communications to coordinate the team and acquired technical and non-technical knowledge to a high level of satisfaction. In the future, the authors will establish (1) a peer review system to promote a better distribution of tasks within the teams and (2) preliminary learning activities to allow the students to acquire knowledge for which project-based learning is not optimal. Documents describing the MRP method are available from the web site, http://mepulco.net, in French and in English. Training videos for the method are also available.

ACKNOWLEDGMENT

This research was partially funded by the French Ministry of Education, Research and Technology, the Nord/Pas-de-Calais region and the European Regional Development Fund (ERDF) (projects EUCUE and MIAOU). The authors would like to thank Alain Legros, Manuel Ortiz, the Polytech Graduate Engineering School and its students for their involvement and Julie Ferlat for helping with the translation. They also thank the anonymous reviewers and the editors for their numerous pertinent comments.

REFERENCES

1. B. Warin, C. Kolski, and M. Sagar, "Framework for the evolution of acquiring knowledge modules to integrate the acquisition of high-level cognitive skills and professional competencies: principles and case studies," *Comput. & Educ.*, vol. 57, no. 2, pp. 1595–1614, Sep. 2011.
2. B. Talon, M., Sagar, M., and C. Kolski, "Developing Competence in Interactive Systems: The GRASP tool for the design or redesign of pedagogical ICT devices," *ACM Trans. Comput. Educ.*, vol. 12, no. 3, Article 9, pp. 1–43, July 2012.
3. T. J. Cutright, E. Evans, and J. S. Brantnet. "Building an Undergraduate STEM Team Using Team-Based Learning Leading to the Production of a Storyboard Appropriate for Elementary Students," *J Sci Educ Technol*, vol. 23, no. 3, pp. 344–354. June 2014.
4. M. Cole, "Using Wiki technology to support student engagement: Lessons from the trenches," *Comput. & Educ.*, vol.52, no 1, pp 141–146, 2009.
5. D. Berret, "Lectures still dominate science and math teaching," *in The chronicle of Higher Education,* Oct. 25th 2012. Available: http://chronicle.com/article/article-content/135402/.
6. O. Ardaiz-Villanueva, X. Nicuesa-Chacón, O. Brene-Artazcoz, M. L. Sanz de Acedo Lizarraga and M. T. Sanz de Acedo Baquedano "Evaluation of computer tools for idea generation and team formation in project-based learning," *Computers & Education*, vol. 56, no. 3, pp. 700–711, Apr. 2011.
7. J. McLurkin, J. Rykowski, M. John, Q. Kaseman, and A. J. Lynch, "Using multi-robot systems for engineering education: teaching and outreach with large numbers of an advanced low-cost robot," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 56, no. 1, pp. 24–33, Feb. 2013.
8. H. Aliakbarian, , P. J. Soh, S. Farsi, H. Xu, E. Van Lil, B. Nauwelaers, G. Vandenbosch and D. Schreurs, "Implementation of a Project-Based Telecommunications Engineering Design Course," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 57, no. 1, pp. 25-33, Feb. 2014.
9. C. H. Chen, Y. C. Hong, and. P.E. Chen, 2014. "Effects of the meetings-flow approach on quality teamwork in the training of software capstone projects," IEEE Trans. Educ. in press, DOI 10.1109/TE.2014.2305918
10. OECD, "The definition of the keys competencies, executive summary, 2005," Available: http://www.oecd.org/pisa/35070367.pdf
11. B. Talon, C. Toffolon, and B. Warin, "Projet en milieu universitaire : vers une gestion collaborative assistée par le Web," *International*

Journal of Technologies in Higher Education, vol. 2, no. 2, pp. 28–33, 2005.
12. S. M. Loyens and R. M. J. P. Rikers, "Instruction based on inquiry," in Handbook of research on learning and instruction, 2011, pp. 361–381.
13. R. M. K. W. Lee, C. Y. Kwan, "The use of problem-based learning in medical medical education," *J Med Education*, vol. 1, no. 2, pp. 149–157, 1997.
14. A. J. Neville, "Problem-based learning and medical education forty years on," *Med Princ Pract*, vol. 18, pp. 1–9, 2009.
15. H. Barrows and R. Tamblyn, *Problem-based Learning: An Approach to Medical Education*. New York: Springer, 1980.
16. H. B. White, "Dan Tries Problem-Based Learning: A Case Study. To Improve the Academy," Paper 370. Available: http://digitalcommons.unl.edu/podimproveacad/370.
17. R. Hanney and M. Savin–Baden, "The problem of projects: understanding the theoretical underpinnings of project–led PBL," *London Review of Education*, vol. 11, no. 1, pp. 7-19, Feb. 2013.
18. W. L. Kilpatrick, "The project method: the use of the purpose full act in the educative process," *Teachers College Record*, vol. 19, no. 2, pp. 319–335, 1918.
19. W. H. Kilpatrick, Foundations of method: Informal talks on teaching. New York: Macmillan, 1925.
20. J. Larmer, Dec. 2013, *Project Based Learning vs. Problem Based Learning versus X Based Learning*, Buck Institute for Education. Available: http://biepbl.blogspot.fr/2013/11/problem-based-vs-project-based-learning.html
21. B. Bloom, M. Englehart, E. Furst, W. Hill, and D. Krathwohl, *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. New York, Toronto: Longman, Green, 1956.
22. DUO/ICTO, "Guided independent learning—A brochure for instructors,"2005.
23. J. J. Farrell, R. S. Moog, N. Spencer, "A guided inquiry general chemistry course", *Journal of Chemical Education*, vol. 76, no 4, pp 570-574, April 1999.
24. D. Hanson, T. Wolfskill, "Process workshops-A new model for instruction", *Journal of Chemical Education*, vol. 77, no 1, pp 120-130, Jan. 2000
25. B. Warin, (2012), "Description of the Multi-Role Project method (International version)," Internal publication of the University of Littoral Côte d'Opale, France. Available: http://mepulco.net.
26. B. Warin, F. Hoogstoël, (2013). "Multi-Role Project methodology - Educational Progress," Internal publication of the University of Littoral Côte d'Opale, France. Available: http://mepulco.net.
27. I. Jacobson, P. W. NG, P. E. Mcmahon, I. Spence, and S. Lidman, "The Essence of software engineering: the SEMAT," *Commun. of the ACM*, vol. 55, no. 12, pp. 42–49, Dec. 2012.
28. S. Hassan, "The importance of role clarification in workgroups: effects on perceived role clarity, work satisfaction, and turnover rates", *Public Administration Review*, vol. 73, no 5, pp. 716-725, 2013.
29. B. J. Biddle, "Recent development in role theory", *Annual Review of Sociology*, vol. 12, pp. 67-92, 1986.
30. PMBOK, *A guide to the project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*, Project Management Institute, 1996.
31. F. Martínez, L. C. Herrero, and Santiago de Pablo, "Project-Based Learning and Rubrics in the Teaching of Power Supplies and Photovoltaic Electricity," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 54, no. 1, pp. 87-96, Feb. 2011.
32. D. W. Johnson, and R. T. Johnson, R. T. "Integrating handicapped students into mainstream," *Exceptional children*, vol. 47, no. 2, pp. 90–98, Oct. 1980.
33. T. Escobar-Rodriguez, P. Monge-Lozano, "The acceptance of Moodle technology by business administration students," *Comput. & Educ.*, vol. 58, no. 4, pp. 1085–1093, May 2012.
34. Polytech Lille (http). Available: http://www.polytech-lille.fr.
35. ECTS, *ECTS Users' Guide*, Eds Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, Jan. 2009, doi: 10.2766/88064.
36. Mepulco (http), Mepulco Web site. Available: http://mepulco.net.
37. P. Roques and F. Vallée, *UML 2 en action – De l'analyse des besoins à la conceptio*n, Ed. Paris, France, Eyrolles, pp 381, 2007.
38. R. Bachelet, "L'évaluation par les pairs en projet," presented at French Society for Process Engineering, Lille, France, nov. 2011. Available: http://hal.archives-ouvertes.fr.

Bruno Warin is an Associate Professor with the Laboratory of Informatics, Signal and Images in the Littoral Côte d'Opale University, France. His research interests are mainly focused on the construction of technology-enhanced learning. In parallel to his research, he works in higher education, especially on project-based learning and software engineering applied to learning management systems.

Omar Talbi is a junior lecturer in computer science at the University of Tiaret (Algeria) and a Ph.D. student jointly supervised by LISIC from the Littoral Côte d'Opale University (France) and the University of Tlemcen (Algeria). His research interests are in the instructional design field and in particular in the field of technology-enhanced learning, mainly applied to higher education.

Christophe Kolski is a Professor in computer science at the University of Valenciennes, France. He specializes in human-computer interaction, software engineering for interactive system design and evaluation, adaptive and tangible user interface. He teaches by using project-based learning at the Master's level.

Frédéric Hoogstoël is an Associate Professor in computer science at the University of Lille, France. He specializes in collaborative work.

Contextualization of reusable learning systems: Theoretical and practical analysis, approach and case study

Abstract: In this paper, we focus on assisting the contextualization of reused scenarios. The target public is instructional designers who aim to reuse existent learning scenarios, to contextualize them according to their learning context, and to execute them by means of a chosen Learning Management System (LMS). Most of the works in the literature focus more on the problem of reuse (for example, by proposing technology learning standards), and less on the problem of contextualization.
We propose, firstly, a process of contextualization, based on a multi-scale conceptual framework, complemented by case studies, allowing a deep investigation of the contextualization issue. Secondly, with respect to the proposed contextualization process, we propose a design process based on a Model Driven Architecture (MDA) approach for the contextualization of reusable learning scenarios. Thirdly, we propose an approach supported by a tool for the technical contextualization of learning scenarios, independent from any LMS, in order to define corresponding learning scenarios which are specific to the chosen LMS and that will ensure its execution. Finally, a case study is provided to prove the feasibility of our approach and the first results of the evaluation are given.

Keywords: contextualization, instructional design, learning management system, learning scenario, MDA, reuse

1 Introduction

The constant evolution of the Internet and its democratization have made many tools available that can implement an increasing number of educational activities and reinforce the importance of Technology Enhanced Learning (TEL) (Hoic-Bozic, 2009; Martin-Blas, 2009; Miller and Miller, 1999; Wagner, 2008).
A TEL system is defined as a complex system formed by a set of interdependent and heterogeneous components, organized in space and time in order to satisfy a learning goal. (Drira, Laroussi and Derycke, 2007). This definition is quite general and depends on the perspective considered. For a learning scenario centered on collaboration between students, a wiki that supports such a collaboration is the core of the TEL system. A Learning Management System (LMS) that supports the learning scenario of the teacher is the core of the TEL system for this situation.

In our research, we are interested in TEL systems implementing learning scenarios in Learning Management systems (LMS).
An LMS is a software system that supports distance teaching and learning. It allows many administrative functions that are relevant for TEL systems, such as the management and control of courses, students, teachers, and also some technical services, such as backups, statistics reports, language management, etc. Within courses, it offers many interesting functions, e.g. for collaborative learning, assessment, communication by means of extremely powerful tools such as forums, chats, wikis, blogs, quizzes, etc. (Paulsen, 2003). The power of current LMS allow the scenario and orchestration perspectives to be dealt with, as presented by Stellar network excellence[1]. Moreover, most LMS integrate a plugin system to extend their capacities.

Our work is intended for instructional designers who aim to reuse existent learning scenarios, to contextualize them according to their learning context and to execute them by means of a chosen Learning Management System (LMS).

We define context as the set of rules imposed on a TEL system by another part of the system. We define contextualization as the process of adapting the design artifacts of a TEL system with respect to its context.

We do not address the problem of reusing learning scenarios based on learning technology standards, such as IMS-LD[2], and the associated tools, such as Reload[3] or Coopercore[4], because the use of a standard limits designers to using a compliant LMS.

Indeed, in our case, the instructional designer has defined their learning scenario by reusing a Domain Specific Language (DSL) (Abdallah, Toffolon and Warin, 2008), or by reusing a pedagogical template as explained in Drira, Laroussi, Le Pallec and Derycke, 2011. A DSL is a metamodel that allows an accurate description of specific needs and partially overcomes the challenge that implies for tutors of designers in using previously cited standards tools (Drira, Laroussi and Ben Ghezala 2008). A pedagogical template is a model withparameters that can be personalized according to the reuse context.

In this paper, we are interested in the issue of the contextualization of reusable learning scenarios. Our investigation of contextualization is based on answering the following questions: What are contextualization needs? How to contextualize? When? How to assist instructional designers in performing contextualization?

We propose a conceptual framework based on the multiscale approach which is a solution for analyzing complex systems. This framework focuses on studying three scales (context, learning system and learning systems' components) and their relationships. To allow a deeper understanding of the contextualisation problem, we complement this conceptual framework with a detailed case study of a learning scenario, called Mepulco[2], implemented in two different universities, and we highlight the impact of context on learning scenarios.

Based on theoretical and practical results, we propose a process of contextualization responding to the aforementioned questions. This is a three-step process involving: organizational contextualization, technical contextualization and deployment contextualization.

Since organizational and deployment contextualizations were treated in other papers (Drira, Laroussi, Le Pallec and Derycke, 2011; Caron, Blay-Fornarino and Le Pallec X, 2007), we will focus on assisting designers in performing technical contextualization and we will present our approach called ACoMoD (Assistance for Contextualized Modeling of learning systems), based on a Model Driven Approach (MDA) and the tools developed. Assisting technical contextualization means that we assist instructional designers to bridge the gap between the reused scenario and the LMS specifications. In addition, we assist designers to take contextual rules concerning the use of the LMS tools into account, in order to avoid LMS configurations that contradict the contextual rules, e.g. the use of an inadvisable or prohibited tool. We show the feasibility of our proposal through a case study carried out in the context of a project called MetaWep ('METAmodelizing to build Web Environment to support learning by Project') (Warin *et al*., 2007).

This paper is organized as follows. In section 2, we thoroughly investigate the contextualization issue by proposing a conceptual framework, complemented by case studies. We conclude this section by proposing a contextualization process based on the results of the framework and experiments. In section 3, we study how we can create the proposed contextualization process within an MDA based instructional design process, which is explained in the same section. In section 4, we deal with our proposal for technical contextualization based on MDA and the tools developed. In section 5, to show the feasibility of our proposal, we detail a case study. In section 6, we analyze the results and discuss the advantages and disadvantages. We finish our paper with a conclusion, as well as future works.

2 The contextualization of reusable learning scenarios

2.1 Proposed contextualization framework

The aim of our framework (see figure 1) is to study the interplay between a learning

system and its context. The concepts of this framework are based on the multiscale approach which is a solution for analyzing complex systems. (Drira *et al*. 2007),

What is multiscale?

A multiscale approach proposes a set of methodological principles organizing the study of a complex system in different scales, and the study of links between them. Multiscale modeling as used in other disciplines - material simulation (Lu and Kaxiras, 2005), biology (Hunter *et al.*, 2006) - relies on modeling a system on several scales and creating link objects between the scales in a coherent manner. A link object is an intermediary entity that is responsible for managing the coherence between scales' models with respect to a multiscale problem. Our framework uses multiscale to study the multiscale problem of contextualization.

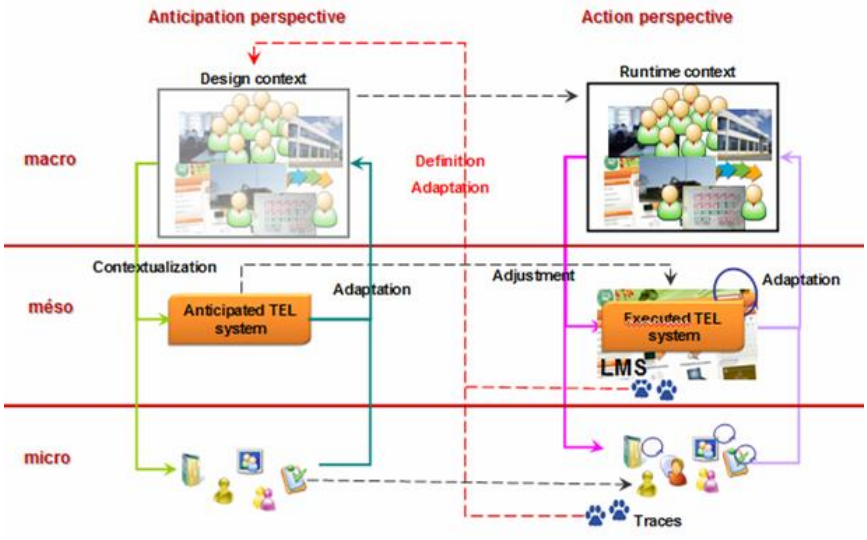
Scales and views definition

The scales to be considered in our framework (see figure 1) are the context (macro scale), the TEL system (meso scale) and TEL system components (micro scale). These scales are studied according to two views: anticipation view and action view. See White (2007) for a discussion about the definitions of scales and views.

We define a TEL system as a complex system formed by a set of interdependent and heterogeneous components, organized in space and time in order to satisfy a learning goal. Components can be actors, resources or tools.

The context has been the subject of research in different areas (for example Bradley and Dunlop, 2005; Brézillon, 1999; Jovanović *et al*., 2007). For our purposes, we consider that the learning system context is a set of contextual rules that influence the design and execution of TEL systems. A contextual rule can be a practice, a constraint or a prescribed guide. Structurally, context can be viewed on different levels, for example: Institutions (universities, etc.), sub-units of these institutions (faculties or departments), curriculums and courses. Each level imposes its specific contextual rules on the learning systems.

Figure 1 A multiscale view of a learning system and its context



Study of interdependence between scales

Context influences the learning system with some constraints but, reciprocally, the learning system also influences its context and can require adaptation.

In the anticipation view (see figure 1), the learning system should be contextualized in order to suit the design context; for example, the economic and human resources available influence design decisions. We define contextualization

as the process of adapting uncontextualized, or partially contextualized, design artifacts of a TEL system with respect to the design context.

The context is a dynamic and variable structure which continuously evolves. Thus, in order to be able to carry out the design, it is necessary to establish a set of contextual rules. The evolution of the context is taken into account in the action view (see figure 1). Indeed, during runtime, the design goes on with the adjustments of the learning system when the context changes or evolves (runtime context); for example, when a resource is no longer available, it must be replaced.

When designing a new instance of the TEL system, the context must be updated according to trace analysis results from the previous instance of the TEL system (see figure 1).

In this paper, we focus on assisting contextualization at the design stage. Adaptation to context at run time is addressed by other ongoing research.

In this section, we have presented the conceptual framework of contextualization. It is difficult, and perhaps impossible, to generalize a set of contextual rules that are valid and suitable for all TEL systems. In order to be able to implement solutions to assist designers in contextualizing their TEL systems to the design context, itis necessary to understand how the context influences designers' practices. For this reason, we have complemented our theoretical study with real experiments.

2.2 Investigating contextualization needs through case studies

To illustrate and allow a deeper understanding of the contextualization problems presented in a theoretical manner above, we describe two case studies of the implementation of the same learning scenario, based on the Mepulco[2] method (D'Halluin *et al.*, 2008), with respect to the same LMS (Moodle). These implementations were carried out in two different institutions in different universities: the Institute of Technology at the University of the Littoral of Opale Coast (ULCO[5]) in Calais (France), and the engineering school 'Polytech' (Polytech[6]) at the University of Sciences and Technologies of Lille I (France).

In this section, we briefly present the Mepulco method, the two deployments and, finally, we highlight the impact of contexts on the reuse of learning scenarios.

2.2.1 The Mepulco method

Mepulco (Talon, Toffolon and Warin, 2005; Mepulco[1]; Warin *et al*., 2007) is an active (Felder *et al*., 2000) learning method for supervising student projects.

Mepulco has two goals. The first one is to help groups of students to succeed in creating a joint product with respect to a deadline, and develop different skills, such as analysis, synthesis and argumentation. The second one is to help tutors to supervise different steps of a project and to provide a justified evaluation for the final product.

Mepulco is based on regular meetings in order to organize progression, to control the project and to ensure that deadlines are respected.

The principles of Mepulco for both tutors and students are published in two documents: the student Kit and the tutor Kit (Talon, Toffolon and Warin, 2005; Mepulco[1]).

These kits firstly describe the steps of project creation and supervision. Secondly, they describe the organization of regular meetings and the subjects that are dealt with. Thirdly, they describe the allocation of roles within a group. Fourthly, the kits give guidelines for writing the final report and preparing the final presentation. In addition, the kits provide a set of document templates e.g. request for a project, specification of requirements and progress report.

Each project carried out according to Mepulco is based on distance activities such as a Web site, a blog, an LMS (for example Moodle) or others. The design of such a TEL system respecting Mepulco is the task that we are interested in.

2.2.2 Mepulco implementation in the University of Calais

In the Institute of Technology at the University of the Littoral, undergraduate

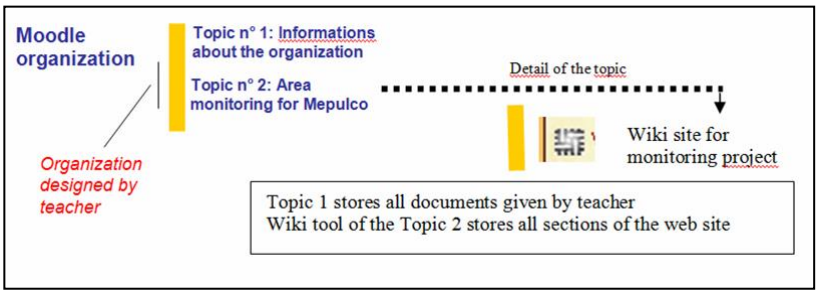
students carry out a project called project of synthesis in their courses.

Each project is assigned to a group of two to six students. The aim of the project is to create software. The subjects of projects are usually proposed by teachers, and sometimes by companies. Proposed subjects are presented to students at a specific meeting. Then, each group of students has to choose a subject and a supervisor (usually the person who proposes the subject). The work lasts six months and, at the end, each group has to provide a final report and to orally explain their work.

To improve the quality of supervision, Mepulco is used. Thus, it was necessary to design and implement the TEL system recommended by Mepulco. For this aim, the LMS Moodle (Moodle[4]) (see figure 2) was used. The TEL system implemented on Moodle is a course composed of six resources: three pdf documents, an Internet link, a discussion forum and a wiki.

The pdf documents and the internet link are intended to help understand and learn about Mepulco. The discussion forum aims to facilitate the collaboration of students. The wiki must be filled in by students in order to take charge of the project's supervision. It is divided into many sections including: project explanation, actor's presentation, document library and useful internet links. Each group has to complete its own wiki, according to the Mepulco guidelines.

Figure 2 TEL system on Moodle for one team in Calais.



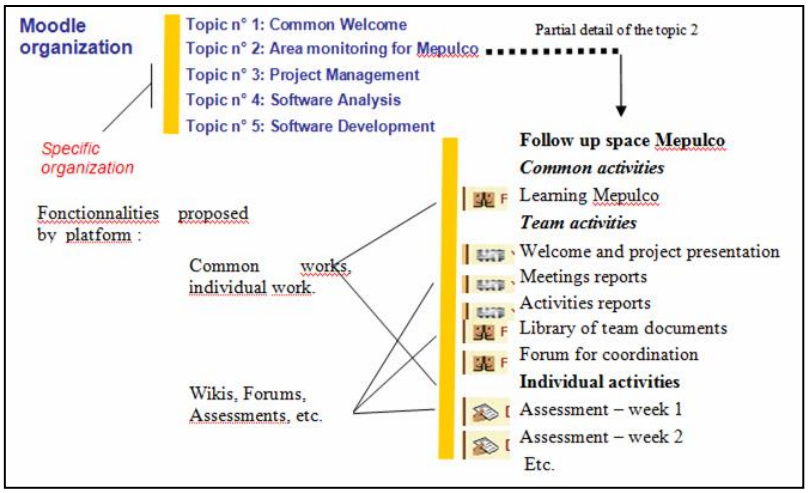
2.2.3 Mepulco implementation in the University of Lille

The fourth year students in the Data-processing and Statistics Genius department of Polytech' Lille must carry out a project called "Information system Project". In order to improve the quality of both the supervision and the final products, Mepulco is applied.

The projects in Polytech' Lille are little different from those in Calais. Indeed, the same subject is common for all students who are put into groups of five. Four tutors with different skills ensure the supervision of all groups. Regular meetings are planned in the students' timetable.

To design and implement the TEL system recommended by Mepulco, the LMS Moodle used in Polytech was used (see figure 3).

Figure 3 TEL system on Moodle for one team at Polytech.



The TEL system produced is composed of 21 resources: three forums, three pdf resources, four wikis, five duties, a poll, four Moodle databases and a link to an external resource. The designer at Lille prefers to use many tools. For example, they uses a forum as a library of group documents (documents as attached files to discussions in the forum). They choose to use a class assignment to encourage students to produce their weekly activity reports and to use four wikis. Eeach wiki aims to satisfy one of the principles of Mepulco: project explanation, actor's presentation, document library and useful internet links. These choices are quite different from those of Calais.

2.2.4 Analysis of the two implementations

Both TEL systems represent the implementation of the same learning method in two different instances of the same LMS. However, the two implementations are very different. In order to investigate these differences, there has been detailed study of the:

- Observation of the progression of the student projects on Moodle,
- Questionnaires
- Individual partly-directed talks with the students.
- Partly-directed talks with tutors.

These various experiments highlighted that, from one side, the organizational rules specific to each course influence the reuse of Mepulco, for example the number of supervisors, the number of students in each group, and whether the subject is common or specific to the groups. In Calais, each group, which must have between two and six students, has a different subject and only one tutor ensures the supervision; while in Polytech' Lille four tutors with various competences ensure the supervision of groups which must have five students, and which all have the same subject.

From another side, the choice of LMS tooling to implement Mepulco depends on the designer's preferences, for example the designer of the Mepulco system in Lille prefers to use forums to implement the library of group documents, while the designer of the Mepulco system in Calais prefers to use a page of a wiki. However, all choices made consider both the rules of each institution (e.g. chat is denied in Calais), and the lessons learned from previous experiences of use of Moodle (e.g. the number of forums used should be less than 5).

In Polytech, in order to improve the implementation of Mepulco for the next promotions, a set of good practices was identified and synthesized in a document

intended for designers. In section 5 we used three samples of good practices to test our proposal.

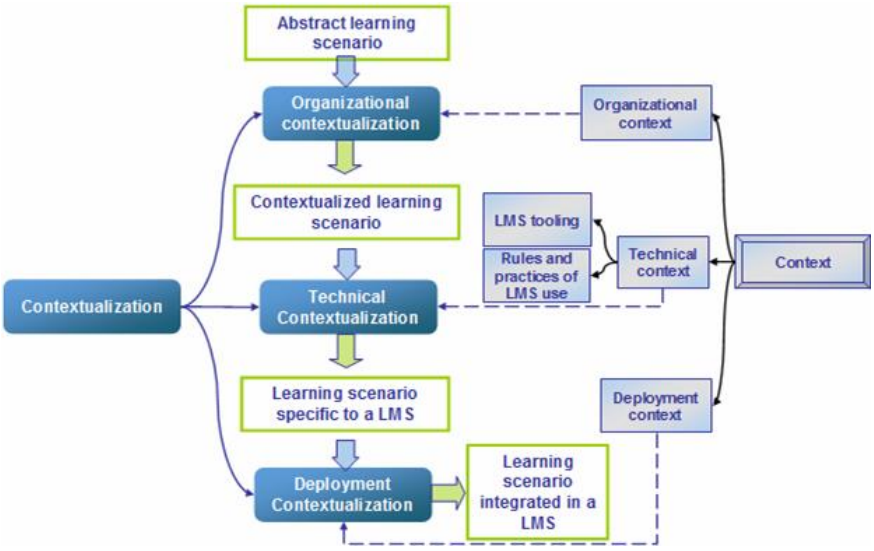
To sum up, these experiments have complemented our conceptual framework by clarifying how the design context influences designers' decisions and strategies. In the next section, we propose a contextualization process which answers the following questions: When to contextualize? What to contextualize? According to what?

2.3 Proposed contextualization process

We propose dividing the context of a learning system into three sub-contexts: organizational context, technical context and deployment context. Each sub-context is relevant for a contextualization step as shown in figure 4. The contextualization process involves: organizational contextualization, technical contextualization and deployment contextualization (see figure 4). We define each sub-context and contextualization type as follows:

- **The organizational context** represents a set of rules and constraints related to the organization of a course or a curriculum. In the case of Mepulco, addressed in the previous section, the number of supervisors, the number of students in the group, and whether the subject is common or specific to groups are examples of organizational context elements.
- **The organizational contextualization** is the activity of adapting a reusable abstract learning scenario to create a contextualized learning scenario, taking into account the specificities of the organizational context.
- The LMS is the first part of the **technical context**. We consider that the cross from a learning scenario, independent from any LMS, to a learning scenario specific to a selected LMS is a contextualization task. In fact, sometimes there are divergences between designers' pedagogic choices and the LMS allowed functionalities. This mismatch gives rise to a huge amount of work in order to contextualize these choices. As explained in the previous section, itis relevant to consider contextual rules when making LMS specific choices (a set of guidelines, generally identified from trace analysis from previous experiences). Thus, the second part of the technical context is related to the rules of use for LMS tooling.
- **The technical contextualization** consists of creating the LMS specific scenario starting from a learning scenario independent from a LMS with respect to contextual rules and practices.
- **The deployment context** concerns all of the elements already existent in the LMS which will ensure the delivery and execution of a learning scenario.
- **The deployment contextualization** is the activity of integrating the new elements of the scenario to be deployed in the LMS with the elements already deployed; for example, if some students or groups are already created, it isn't necessary to recreate them; if there's a common forum used by all students, it is pointless to define a new one with the same role.

Figure 4 Proposed contextualization process



In order to implement the proposed contextualization process, itis necessary to specify the process to adopt in designing learning systems. Since we are interested in a Model Driven Approach (MDA), in the next section we explain how to carry out the proposed process within an MDA. Before that, we will present an MDA and show how it can be used as an instructional design process

3 Reuse and contextualization within a Model Driven Approach of TEL systems design

3.1 Fundamental concepts of an MDA

The Model Driven Architecture (MDA) proposed by the OMG (OMG, 2011) is a specific approach of the software engineering field that defines a theoretic and practical framework to allow the generation of codes from models.

The main goal of an MDA is to separate the business side of a system from the technology side, so that the interoperability of the business side across different implementation choices is allowed. For this aim, MDA defines a Platform Independent Model (PIM) and transforms it into a Platform Specific Model (PSM), using the Platform Model (PM). The main techniques used are modelling and model transformation.

The MDA proposes three conceptual points of view associated, respectively, with their models (Miller and Mukerji, 2003):

A computation Independent Model (CIM) is a view of a system from a computation independent view-point. A CIM is sometimes called a domain model and it expresses the requirements of the users.

A PIM is a view of a system from a platform independent viewpoint. A PIM exhibits a specified degree of platform independence, so as to be suitable for use with a number of different platforms.

A PSM is a view of a system from a platform specific viewpoint. A PSM combines the specifications in the PIM with the details that specify how that system uses a particular type of platform.

3.2 MDA based instructional design, reuse and contextualization

For TEL systems design (see figure 5), a typical design process based on MDA can be described as follows:

First, the instructional designer informally defines the learning scenario that they aim to create and the resources needed (CIM).

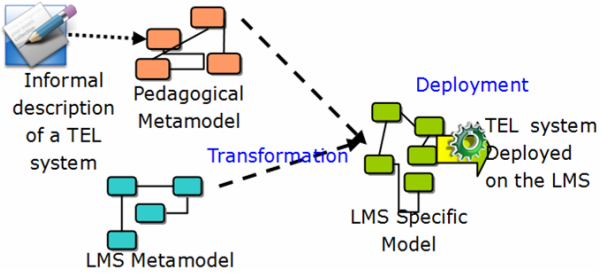
Second, to formalize the CIM, they define a model of the learning scenario (PIM)

with a specific pedagogic metamodel. This metamodel allows an accurate description of specific needs.

Third, in order to transform the learning scenario model into an LMS specific scenario model (PSM), which conforms to the LMS metamodel, transformation rules are defined and applied (Bézivin, 2006). Transformation rules express refinements from the pedagogic metamodel to the LMS metamodel.

Finally, a code generator/deployer interprets the LMS specific model and communicates with the LMS in order to deploy the final TEL system.

Figure 5 MDA approach for TEL systems design



In the literature, we can find some recent research interested in TEL systems design based on an MDA (De Moura, 2007; Martel, Vignollet and Ferraris, 2006; Abdallah, Toffolon and Warin, 2007; Caron, Le Pallec and Sockeel, 2006; Laforcade *et al.*, 2007). To our knowledge, there isn't any work that focuses on ensuring the reuse and contextualization of learning scenarios. Currently, the emergent solution is to define new models for each specific need (De Moura, 2007; Martel, Vignollet and Ferraris, 2006; Caron, Le Pallec and Sockeel, 2006). However, this solution requires modeling tasks that cannot be assumed by beginner designers without the assistance of a computer scientist. This is why we believe that itis necessary to facilitate reuse and to guarantee an agreement between reuse and contextualization.

Reusable learning scenarios can be formalized in models, learning scenario models. These models can be contextualized to suit the reuse context. Table 1 summarizes the application of previously defined contextualization needs in an MDA based instructional design process.

In our research, we are trying to find an assistance solution for designers for each kind of contextualization. Drira and others (Drira *et al.*, 2009; Drira, Laroussi, Le Pallec and Derycke, 2011) have proposed solutions for assisting the reuse of learning scenario models and their organizational contextualization. The approach of Drira (Drira *et al.*, 2009) is based on adapting models in order to take into account the specificities of organizational context. The approach of Drira, Laroussi, Le Pallec and Derycke (2011) is based on pedagogical templates. In the remainder of this paper, we present a solution to guide designers in performing the technical contextualization. We present our approach called ACoMoD (Assistance for Contextualized Modeling of learning systems) and the corresponding implementation.

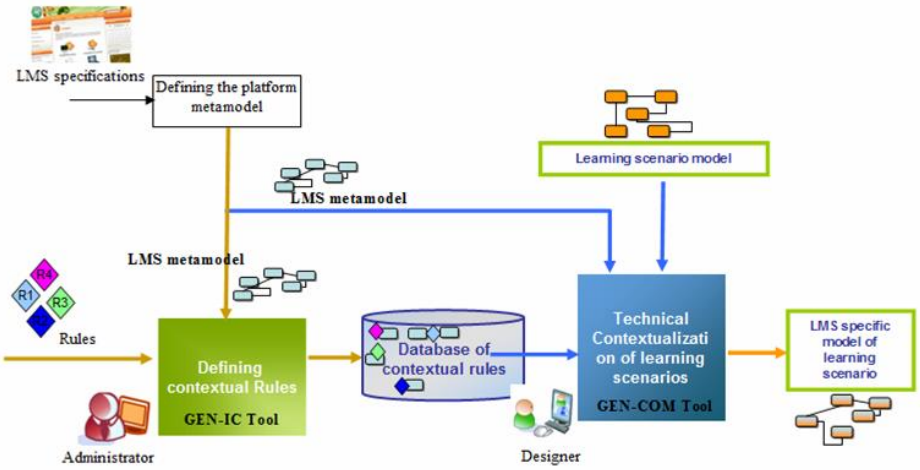
Table 1 Contextualization within the steps of MDA-based instructional design

Step	Sub-Context	Contextualization
CIM-PIM	Organizational context	Organizational contextualisation
PIM-PSM	Technical context	Technical contextualization
PSM-deployed System	Deployment context	Deployment contextualization

4 MDA based technical contextualization of learning scenarios

Our ACoMoD (**A**ssistance for **Co**ntextualized **Mod**eling of learning systems) approach (see figure 6) is presented in figure 4. It is based on two tools: Gen-IC to model contextual rules, and Gen-COM to assist technical contextualization.

Figure 6 Overview of ACoMoD approach with its two tools



4.1 Gen-IC: contextual rules modeler

In ACoMoD (see figure 6), the tool that ensures the modeling of contextual rules is Gen-IC, which is intended for administrators.

Figure 7 Use-case diagram for Gen-IC

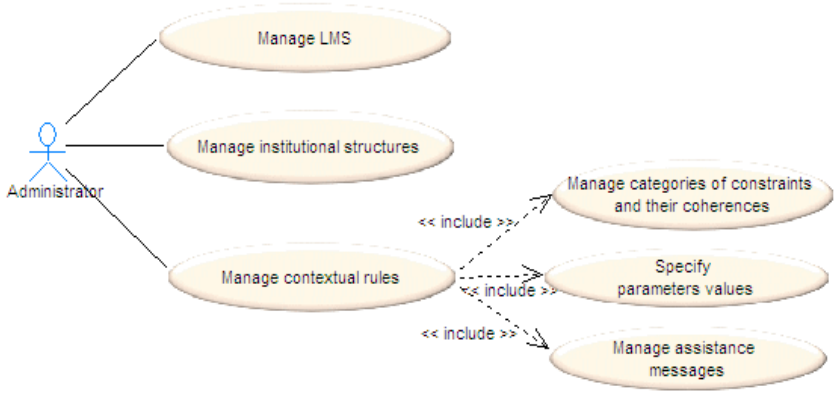
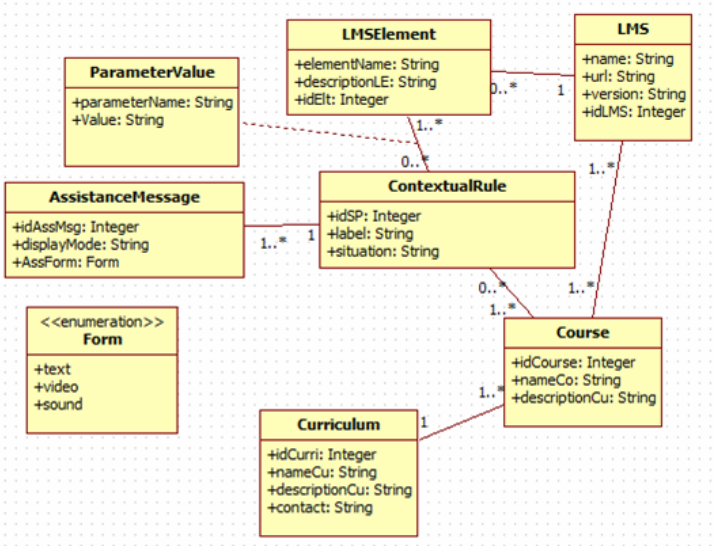


Figure 7 is a use-case diagram of Gen-IC use. Gen-IC allows the institutional structure to be modeled. For example, for a university: its domains, departments, curricula, courses, etc. Next, the Gen-IC assumes to dispose metamodel of the target platform (see figure 10). Indeed, the LMS metamodel is a model of the mechanisms and services offered by the platform (Selic, 2005; Atkinson, 2005). After choosing the target LMS and importing its metamodel in Gen-IC, it becomes possible to define the contextual rules which will be used by Gen-COM (see figure 6). The basic concepts of the contextual rules database schema are presented in figure 8.

Each contextual rule, "ContextualRule", concerns one or many LMS elements, "LMSElements". This association helps Gen-COM to identify pertinent assistance messages, "AssistanceMessage", to suggest to a designer when they choose to use an LMS element at the moment of contextualization. A class association is attached to the association between contextualRule and LMSElement, and represents some

values, such as the maximum number of a LMS element.
In this way, Gen-COM can easily identify rules to activate for each designer, according to the course that they select. It should be noted that the LMS metamodel is the main link between Gen-IC and Gen-COM, as both use it. The first defines the contextual rules, and the second allows the LMS specific model of the learning scenario to be produced, as shown in figure 6.

Figure 8 Class diagram of basic concepts



4.2 Gen-COM: Technical contextualization tool

The aim of Gen-COM is to assist designers to define a learning scenario specific to a selected LMS in a well-defined context, starting from a learning scenario which is independent from any LMS. Based on an MDA approach, we must remember that:

- The learning scenario is formalized in a model called a scenario model,
- The LMS is formalized in a metamodel, and
- The target is to create an LMS specific scenario model that conforms to the LMS metamodel so that it can be later deployed and executed in this LMS.

There are two fundamental elements behind the design of Gen-COM. The first is to hide all the technical difficulties related to the mapping of the scenario model for the LMS specific scenario model. The second consists of providing designers with guidance and help in making the right decisions with regard to contextual rules.

The scenario of Gen-COM use can be described as follows. First, when the instructional designer authenticates, Gen-COM identifies their technical context from the contextual rules database. This is composed of the LMS which will be used and the relevant contextual rules attached to the LMS metamodel. After that, the designer selects the scenario model to contextualize and Gen-COM generates the assisted contextualization interface (see figure 9). The principle consists of dissecting the scenario model to build the pedagogic toolkit and dissecting the LMS metamodel to build the technical toolkit. The semantic signification of each element in the scenario model and in the LMS metamodel is as follows:

- Each concept represents an activity, a resource or an actor.
- Each attribute of a concept represents a property of it
- Each association expresses a relation between two concepts: two activities (e.g complementary use), two actors (e.g. collaboration rules), two

resources (e.g simultaneous use), a resource and an activity (e.g associating a resource with an activity), a resource and an actor (e.g assigning an actor to a resource) and finally an activity and an actor (e.g assigning an actor to an activity)

Thus, the activity of the contextualization of the scenario model consists of choosing the LMS tool(s) to be used for the creation of each pedagogical element. Within Gen-COM, this task can be done by matching element(s) of the technical toolkit with each element of the pedagogical toolkit by the simple action of drag and drop from the toolkits to the central match area (see figure 9). When the matching of two elements is validated, the instructional designer should also match their attributes.

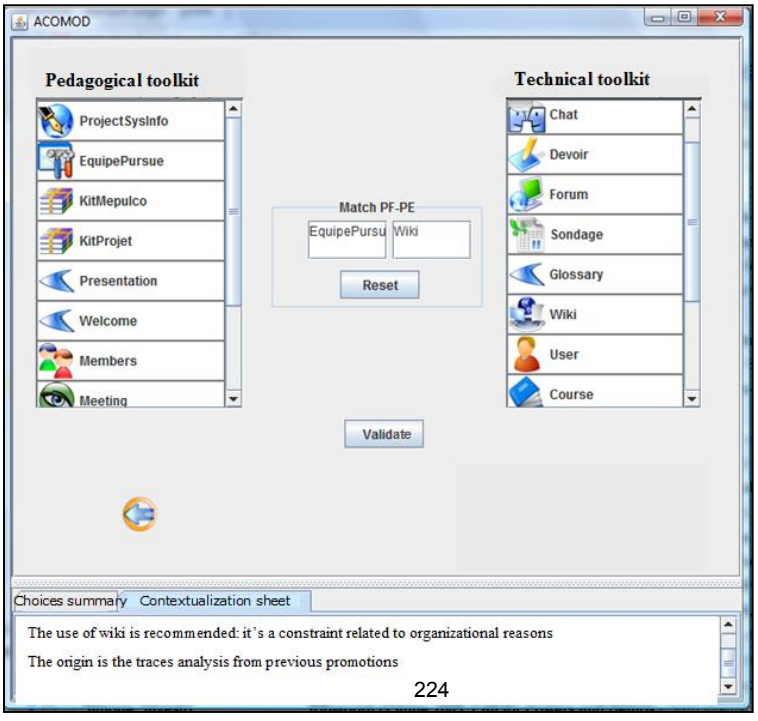
All of the instructional designer's choices are stored in an XML document by Gen-COM. This document is going to be used later at the stage of generating the LMS specific model.

The principal interface of Gen-COM also contains two important components, "choices summary" and "contextualization sheet" (see figure 9). The "choices summary" component provides the instructional designer with the possibility of constantly consulting their validated choices. The "contextualization sheet" provides the instructional designer with assistance, according to the contextual rules of use of the LMS tools. According to the display mode of a contextual rule, the update of the contextualization sheet is done. There are two display modes for contextual rules, which are "displayed constantly" and "displayed when activated". If the display mode of a contextual rule is "displayed constantly", then the corresponding assistance message is added to the contextualization sheet from the beginning to the end of the process. However, if the display mode is "displayed when activated", then the corresponding assistance message is added to the contextualization sheet when it concerns the LMS tool chosen by the instructional designer. A mouse is linked to the technical toolkit in order to detect the chosen tools and to check the contextual rules database to see if there is a relevant contextual rule to activate.

When the instructional designer finishes, Gen-COM automatically generates the LMS specific scenario model based on the scenario model and the stored validated choices.

The final Moodle specific model of Mepulco is an XML file produced by Gen-COM that describes the specification for deployment desired on Moodle platform. To deploy the scenario on the Moodle platform, a deployment tool proposed and tested by our research team is used. This tool is called Gendep (Caron, Le Pallec and Sockeel, 2006; Caron, 2007, Caron, Blay-Fornarino and Le Pallec X, 2007). GenDep is based on generating specific engines giving a model specific to a LMS and the LMS metamodel. GenDep interprets the specific model and communicates with the LMS through SOAP in order to automatically deploy the model elements.

Figure 9 A screenshot of Gen-COM.



5 Case study: the MetaWep project

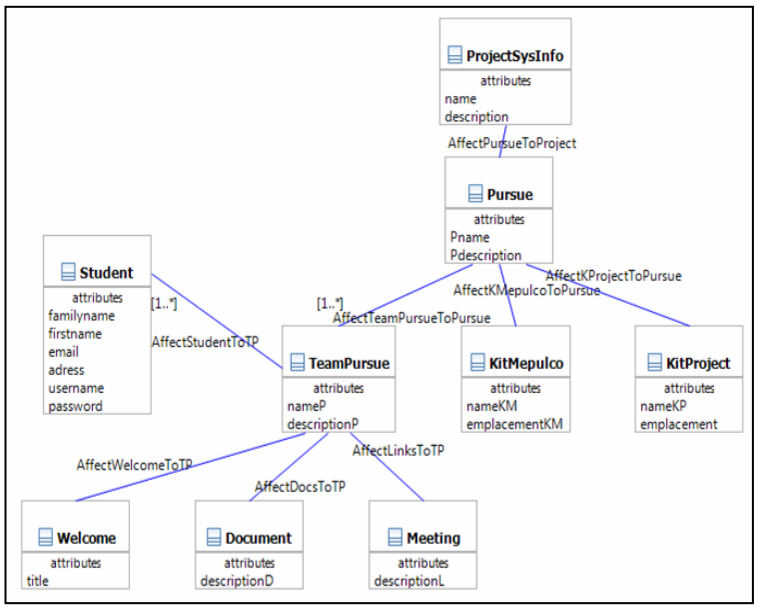
In order to show the feasibility of our proposal, we describe a case study with a designer in the context of the MetaWep project previously introduced. This designer aims to contextualize a Mepulco model with respect to a Moodle LMS in the context of Polytech (see section 2.2 for details of Mepulco and Polytech context).

Next, we present the Mepulco model, the Moodle metamodel, three contextual rules for use and the final Moodle specific model of Mepulco.

Reusing a pedagogical model of Mepulco

The scenario model of Mepulco (see figure 10) is a representation of the principles explained in section 2.2.1. It describes that in the context of an information system project (ProjectSysInfo), supervision by a team is ensured (TeamPursue). A resource corresponding to the Mepulco kit, and another one corresponding to the project subject (KitProject), are attached to the project and are common to all the students. The team supervision comprises the activities of Welcome, Document collecting and Meetings.

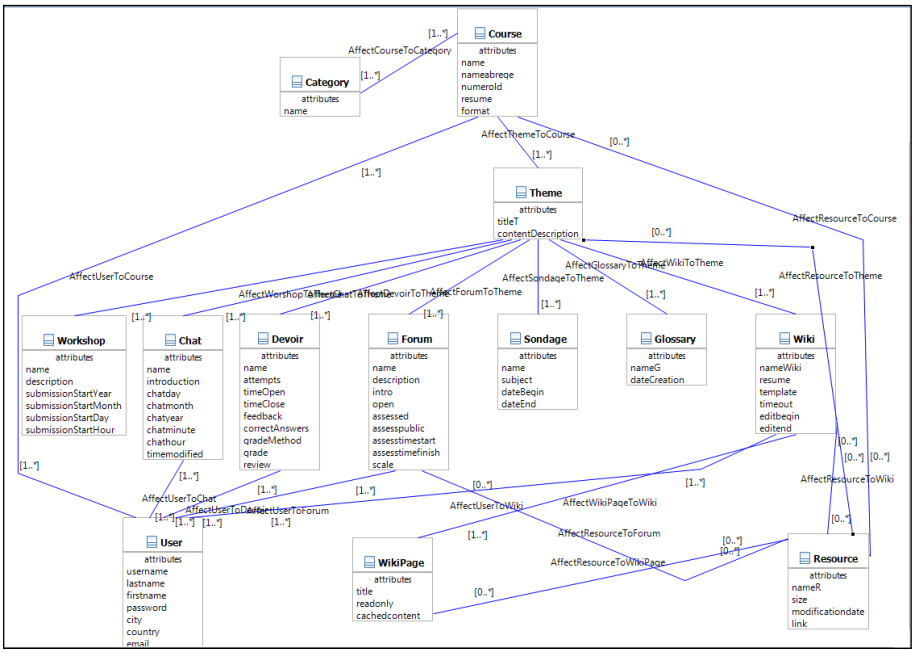
Figure 10 Mepulco model



Reusing a Moodle metamodel

We used the recommendations of Selic (2005) and Atkinson (2005) as a basis in order to elaborate the Moodle metamodel. This metamodel is enormous so, in figure 11, we only present the pertinent part for our case study.

Figure 11 Moodle metamodel



Contextual rules used

We based the experiment described here on three rules: (1) the maximum number of forums to use is two, (2) the chat tool is not recommended and (3) the wiki tool is recommended for project supervision. These rules were modeled with Gen-IC and stored in the contextual rules database.

Contextualization with GEN-COM

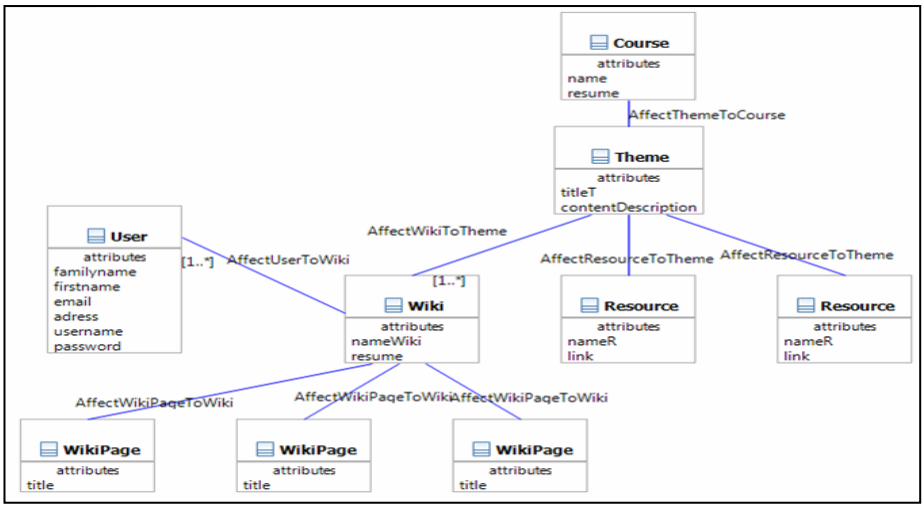
The designer used Gen-COM according to the scenario described in section 4.2. They were guided by the contextual rules enumerated above. Here we mention an example of how the designer interacted with Gen-COM. According to an assistance message proposed by Gen-COM, the designer changed an initial choice of using a forum tool to realize “Pursue” and decided to use wikis. They explain that they hesitated between wiki and forum. The assistance message recommending wikis for supervision convinced them to choose Wiki, particularly because of the possibility of collective redaction. The final contextualization decisions are summarized in table 2, and the LMS specific model is presented in figure 12.

Table 2 Final decisions

Pedagogical concept	**LMS concept**
ProjectSysInfo	Course
KitMepulco	Resource
KitProject	Resource
TeamPursue	Theme
Pursue	Wiki
Welcome	WikiPage
Document	WikiPage
Meeting	WikiPage
Student	User
Pedagogical association	**LMS association**
AffectPursueToProject	AffectThemeToCourse
AffectKMepulcoToPursue	AffectResourceToTheme
AffectKProjectToPursue	AffectResourceToTheme

AffectTeamPursueToPursue	AffectWikiToTheme
AffectStudentToTP	AffectUserToWiki
AffectWelcomeToTP	AffectWikiPageToWiki
AffectDocsToTP	AffectWikiPageToWiki
AffectLinksToTP	AffectWikiPageToWiki

Figure 12 Final contextualized Model



6 Results and discussion

This case study within the MetaWep project made checking the feasibility of ACoMoD and highlighting the advantages and disadvantages possible.
The advantages raised by this study are:

- The designer is provided with technical assistance in contextualizing a learning scenario to define a new LMS specific scenario. Henceforth, the designers can carry out this task without needing a computer scientist.
- The designers can incrementally construct their specific LMS models so that they can improve their proficiency of the LMS
- The contextual rules are integrated in the design process according to a contextualization process. Thus, the administrator finds a formal means to communicate contextual rules to the designer. Furthermore, the designer is assisted more because the rules are communicated to them at the right time.
- The idea of attaching rules to the LMS metamodel elements gives rise to another benefit, by bringing a solution for the institution to build a personalized use of platforms. For example, the choice of Moodle to deliver courses implies that it is possible to use any LMS tool. Expressing that tool is prohibited through a contextual rule which allows a contextual definition and use of the LMS.

In spite of these advantages, the case study raised some limitations:

- Currently, Gen-IC allows administrators to model contextual rules related to LMS elements. An extension of Gen-IC is suggested and concerns the possibility of modeling contextual rules that concern the use of LMS for specific learning scenarios. For example, for the third rule which recommends wiki for project supervision, it would be better to express a contextual rule that concerns “wiki” and “TeamPursue” for the pedagogical model.
- There is a suggestion to allow the reuse of LMS specific scenario models. Thus, designers working in the same context and implementing the same

pedagogy will be able to reuse already contextualized models.

- In order to give the designer freedom in their decisions, Gen-COM guides the designer to make better decisions by proposing assistance messages without imposing any choice. This principle was appreciated by the designer but they also suggest having more feedback regarding whether their final choices respect the contextual rules, or not. Thus, Gen-COM should be enhanced by a component (a journal of contextual adequacy) that displays the summary of all the contextual rules and the adequacy of the designer's decisions with regard to these rules.

7 Conclusion

This paper has thoroughly investigated the contextualization issue of reusable learning scenarios. For this aim, we have proposed a conceptual framework, mainly studying the interdependence between a learning system and its contexts. We have complemented our conceptual framework with real case studies leading to the proposal of a contextualization process.

In order to propose assistance solution to designers in performing different tasks in this contextualization process, we have instantiated it within a specific instructional design process based on an MDA. Since the tooling of all tasks in this process would need more than one paper, we have focused on technical contextualization which aims to assist designers in defining an LMS specific scenario model starting from a learning scenario model, with respect to contextual rules concerning the use of LMS tools.

To check the feasibility of the approach and to highlight the advantages and limitations, we have detailed a case study in the previous section.

Regarding related works, we can resume our contribution as follows. First, we propose a theoretical and practical study of contextualization which is rarely tackled in the literature, compared to the reuse issue, in spite of the complementary nature of both issues. We also propose a contextualization process and its creation within MDA as a design process.

Second, we propose a novel approach for helping designers to contextualize their learning scenarios with an LMS, based on incrementally constructing LMS specific models so that designers can improve their LMS proficiency. Our approach is based on hiding technical difficulties so that beginner designers can perform contextualization by themselves. Third, to our knowledge, the integration of contextual rules in the contextualization process in order to help instructional designers in taking more adequate decisions hasn't been addressed in related works.

Our ongoing research concerns the implementation of many components, mainly those related to the reuse of LMS specific models, to the contextual rules coupling pedagogy and platform, and to the journal of contextual adequacy.

In the next step, we will test the usefulness of our tools with a greater number of designers with different profiles, working in different contexts.

References

Abdallah, F., Toffolon, C. and Warin, C. (2007), 'Assistance to project-based learning support: from learning models to platforms', Proc. IADIS Multi Conference on Computer Science and Information Systems - e-Learning (MCCSIS-EL'07), pp. 244-251, July 2007.

Abdallah,, F., A., Toffolon, C., Warin, B. (2008), Models transformation to implement a Project-based Collaborative Learning (PBCL) scenario: MOODLE case study, ICALT 2008, 1-5 July, 2008, Santander, Spain.

Atkinson, C. and Kühne, T. (2005) 'A Generalized Notion of Platforms for Model-Driven Development', *Model-Driven Software Development*, vol. 2, pp. 119-136.

Bézivin, J. (2006), 'Model Driven Engineering: An Emerging Technical Space', Proc. Generative and Transformational Techniques in Software (GTTSE'06), pp 36-64, 2006.

Bradley, N.A. and Dunlop, M.D. (2005). 'Toward a multidisciplinary model of context to support context aware computing'. Human computer interaction, 20

:403-446.
Brézillon, P. (1999b), 'Context in Artificial Intelligence: II. Key elements of contexts'. Computer & Artificial Intelligence 18(5):425-446.
Caron, P.A. (2007) *Web Services Plug-in to Implement "Dispositives" on Web 2.0 Applications*, Lecture Notes in Computer Science, 2007, Volume 4753, Creating New Learning Experiences on a Global Scale, Pages 457-462.
Caron, P.A., LePallec, X. and Sockeel, S. (2006), 'Configuring a web-based tool through pedagogical scenarios', Proc. IADIS Virtual Multi Conference on Computer Science and Information Systems (MCCSIS 2006), 2006.
Caron P.A., Blay-Fornarino M., Le Pallec X. (2007), « La contextualisation de modèles, une étape indispensable à un développement dirigé par les modèles?", L'OBJET 13(4): 55-71.
De Moura, C. (2007), 'MDEduc: conceiving and implementing a language-oriented approach for the design of automated learning scenarios', PhD dissertation, University of Sciences and Technologies of Lille, France.
D'Halluin, C., Hoogstoel, F. and Warin, B. (2008) 'Mise en œuvre d'une pédagogie par projet en école d'ingénieur', *Proceedings TICE*, October 27-29, 2008, Paris, France.
Drira, R., Laroussi, M. and Derycke, A. (2007) 'A first investigation for reducing eLearning environment complexity by Multiscale', *Proc. Computer, Information, and Systems sciences, and Engineering (CISSE)*, University of Bridgeport, USA 3-12 December 2007.
Drira R., Laroussi M., Ben Ghezala H. (2008), "Standards et Interopérabilité en Ingénierie des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain", *In proceedings of WIA Workshop*, 24–26 November 2008.
Drira, R., Laroussi, M., LePallec, X., Derycke A. and Ben Ghezala, H. (2009) 'A model driven approach to adapt instructional strategies modeling language to different design contexts', *Proc. eL&mL*, February 1-7, 2009, Cancun, Mexico.
Drira R., Le Pallec X., Laroussi M. and Derycke A. (2011), "UML Templates for technology enhanced learning engineering", in proceeding of *Remote Engineering & Virtual Instrumentation (REV2011)*, June 28 - July 1 2011.
Felder, R., Woods, D., Stice, J. and Rugarcia, A. (2000) 'The Future of Engineering Education: II.Teaching Methods that Work', *Chemical Engineering Education*, Vol. 34, No. 1, pp. 26–39.
Hoic-Bozic, N., Mornar, V. and Boticki, I. (2009), 'A Blended Learning Approach to Course Design and Implementation', *IEEE Transaction on Education*, Vol. 52, No. 1, pp. 19–30.
Hunter, P.J., Li, W.W., McCulloch, A.D., Noble, D. (2006), 'Multiscale Modeling: Physiome Project Standards, Tools, and Databases', IEEE Computer, vol. 39, N°11, pp. 48-54.
Jovanović, J., Gašević, D., Knight, C. and Richards, G. (2007). 'Ontologies for Effective Use of Context in e-Learning Settings', *Educational Technology & Society*, 10 (3), 47-59.
Laforcade, P., Nodenot, T., Choquet, C., Caron, P.A. (2007), 'Model-Driven Engineering (MDE) and Model-Driven Architecture (MDA) applied to the Modelling and Deployment of Technology Enhanced Learning (TEL) Systems: promises, challenges and issues', Architecture Solutions for E-Learning Systems, Edited by Claus Pahl, ISBN 978-159904633-4, pp. 116-136, 2007.
Lu, G. and Kaxiras, E. (2005), 'Overview of multiscale simulations of materials', in Rieth, M. and Schommers, W., editors, American Scientific Publishers, Handbook of Theoretical and Computational Nanothechnology, volume X, pages 1–33..
Martel, C., Vignollet, L. and Ferraris, C., 'Modelling the case study with LDL and implementing it with LDI'. Proc. International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), July. 2006.
Martin-Blas, T. and Serrano-Fernandez, A. (2009), 'The role of new technologies in the learning process: Moodle as a teaching tool in Physics', *Computers & Education*, 52, pp. 35–44.
Miller, S.M. and Miller, K.L. (1999) 'Using Instructional Theory to Facilitate Communication in Web-based Courses', *Educational Technology and Society*, 2(3), pp. 106–114.

Miller, J. and Mukerji, J. (2003) 'MDA Guide Version 1.0.1', http://www.omg.org/cgi-bin/doc?omg/03-06-01.pdf (retrieved 1 September 2010).

OMG (2011) 'Meta Object Facility (MOF) 2.0 Query/View/Transformation Specification', *http://www.omg.org/cgi-bin/doc?formal/11-01-02.pdf* (version 1.1. retrieved 5 March 2011).

Paulsen, M. (2003) 'Experiences with Learning Management Systems in 113 European Institutions', *Educational Technology & Society*, 6 (4), pp. 134–148.

Selic, B. (2005) 'On Software Platforms, Their Modeling with UML 2, and Platform-Independent Design', *Proceedings of the Eighth IEEE International Symposium on Object-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC '05)*, pp. 15–21.

Talon, B., Toffolon C. and Warin, B. (2005) 'Projet en milieu universitaire : vers une gestion collaborative assistée par le Web', *International Journal of Technologies in Higher Education (IJTHE)*, vol. 2, n° 2, pp. 28–33.

Wagner, N., Hassanein, K. and Head, M. (2008) 'Who is responsible for E-Learning Success in Higher Education? A Stakeholders'Analysis', *Educational Technology & Society*, 11 (3), pp. 26–36.

Warin, B. Caron, P.A., LePallec, X. and Hoogstoel, F. (2007) 'Le projet Metawep, Ingénierie dirigée par les modèles de dispositifs web support à l'apprentissage par projet', *Proceedings Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH'07)*, pp. 24–27, June 2007, Lausanne, Suisse.

White, B.E. (2007), 'On interpreting scale (or view) and emergence in complex systems engineering', Ph. D., The MITRE Corporation.

---

[1] http://www.stellarnet.eu/d/1/1/Orchestrating_learning
[2] http://www.imsglobal.org/
[3] http://www.reload.ac.uk/
[4] http://coppercore.org/
[5] http://www.univ-littoral.fr
[6] http://www.polytech-lille.com/english

Contextualizing learning scenarios according to different Learning Management Systems

Rim Drira, Mona Laroussi, Xavier Le Pallec and Bruno Warin

Abstract— In this paper, we first demonstrate that an instructional design process of Technology Enhanced Learning (TEL) systems, based on a Model Driven Approach (MDA), addresses the limits of Learning Technology Standards (LTS), such as SCORM and IMS-LD. Although these standards ensure the interoperability of TEL systems across different Learning Management Systems (LMS), they are generic and lack expressiveness. In addition, the use of LTS limits designers to using a compliant LMS. An MDA addresses these limits by allowing pedagogic modeling based on specific modeling languages, and by ensuring interoperability across Learning Management Systems based on model transformations. In the context of an MDA-based design process, we propose a novel approach, named ACoMoD, to help designers to bridge the gap between pedagogic modeling and LMS specifications, based on graphic and interactive model transformations. Our approach, implemented with a tool called Gen-COM, enables designers to choose more effective LMS tools, based on a contextual recommendation of best practice for LMS tool use. Gen-COM and its evaluation with designers are described in this paper. The main results show, first, the usefulness of tailoring pedagogy with LMS tools based on the proposed solution. Second, the results show the different levels of usefulness of the proposed assistance according to different situations that will be detailed. Some improvements are suggested and are in progress concerning the extension of Gen-COM to offer assistance to designers based on their profiles.

Index Terms— Decision support, Design tools and techniques, Distance learning, Standards

1 INTRODUCTION

THE evolution of Information and Communication Technologies, coupled with their increased use in education, has led to a wide range of learning activities and the growing importance of Technology Enhanced Learning (TEL). Thus, many new issues have emerged and need to be explored.

In our research, we are particularly interested in the design of interoperable TEL systems across different Learning Management Systems (LMS).

We define a TEL system as a complex system formed by a set of interdependent and heterogeneous components (i.e. actors, tools and learning objects) organized in space and time in order to satisfy a learning goal. [36]

An LMS is a software system that supports distance teaching and learning. An LMS provides much relevant functionality for collaborative learning, assessment and communication using extremely powerful tools such as forums, chats, wikis, blogs, quizzes, etc. It also offers several administrative services such as the management and tracking of courses, students and teachers. In addition, an LMS offers technical services, such as backup, statistical reports and language management. [27]

It is necessary to guarantee the interoperability of TEL systems across different Learning Management Systems to save development effort, time and cost. The need for interoperability has led to many learning technology standards, such as SCORM [1] and IMS-LD [19].

However, these standards have limits as concerns personalization and contextual expressiveness [17][41]. Adopting a particular standard also restricts the designer to choosing a compliant LMS.

In parallel, Model Driven Architecture (MDA) has emerged as a software engineering framework for dealing with the problem of system interoperability across different execution platforms. MDA does this by separating business and technical concerns and proposing techniques to integrate them. In addition, MDA code generation mechanisms allow generating code from models.

In this paper, we are interested in MDA as an instructional design process that ensures LMS interoperability while allowing modeling of TEL systems with specific languages.

Following MDA practices, a TEL system is designed in a three-step process. First, a model of the intended system with a specific metamodel is defined. This metamodel allows an accurate description of specific needs. Second, a model transformation engine with specific rules is used to transform the preceding model into an LMS-specific model. Third, the specific model can be deployed on the

- *Rim Drira is with the RIADI laboratory, ENSI Manouba Campus 2010, Tunisia and with LIFL Laboratory, USTL,* F-59650 Villeneuve d'Ascq, France. *E-mail: rim.drira@riadi.rnu.tn.*
- *Mona Laroussi is with the RIADI laboratory, ENSI Manouba Campus 2010, Tunisia and with LIFL Laboratory, USTL,* F-59650 Villeneuve d'Ascq, France. *E-mail: mona.laroussi@univ-lille1.fr.*
- *Xavier Le Pallec is with the LIFL Laboratory, USTL, F-59650 Villeneuve d'Ascq, France. E-mail: Xavier.le-pallec@univ-lille1.fr.*
- *Bruno Warin is with ULCO, LISIC, F-62100 Calais, France. E-mail: bruno.warin@univ-littoral.fr.*

Manuscript received (2011-07-31). Please note that all acknowledgments should be placed at the end of the paper, before the bibliography.

xxxx-xxxx/0x/$xx.00 © 200x IEEE

LMS using an automatic generator/deployer.

This type of design process involves a number of technical tasks that beginning instructional designers cannot do easily and efficiently.

In the early 1990s, several authors investigated the automation of some instructional design process sections for beginner instructional designers [23][26][34]. Automated instructional design (AID) tools assist instructional designers in creating instructional products to improve learning [4]. The strength of AID tools lies in their ability to guide novices and non-ID professionals through the process of creating effective instruction [6][34].

In this paper, we focus on the second step of the MDA process related to the refinement of abstract learning scenarios (transformation in the terms of MDA) in order to define LMS–specific scenarios. We aim to study whether it is possible to help beginning designers perform technical tasks related to the transformation step.

Our proposal, which we call ACoMoD (Assistance for Contextualized Modeling of learning systems), addresses this issue, not only from a technical point of view, but also from an institutional point of view [35] by helping designers to make proper decisions with regard to contextual best practices (CBP). A CBP provides best LMS tooling practices to designers in a specific context. It is very helpful to inform a designer of these practices for making the proper choices with respect to the institutional context [35]. Thus, ACoMoD allows a contextualized refinement of learning scenarios.

This paper is organized as follows. In section 2, we explain the benefits of MDA- based instructional design, especially when compared to design based on Technology Learning Standards. Section 3 discusses scientific work related to tools and contextualizing learning scenarios and describes how assistance may be provided to designers. In section 4, we discuss our approach and how we have implemented it using Gen-COM. Section 5 presents a detailed case study showing how a designer can use Gen-COM, along with the different artifacts generated and used. We explain our evaluation methodology and discuss evaluation results in section 6. We end with a conclusion and an overview of future possibilities.

2 INSTRUCTIONAL DESIGN INTEROPERABILITY

Interoperability is a central concern in instructional design because Learning Management Systems are many and varied. Interoperability means being able to execute the same pedagogy on different systems. To ensure interoperability, many learning technology standards (LTS) have been proposed and are described in the literature.

2.1 Learning technology standards

Organizations with shared interests and approaches have developed specifications for TEL such as IMS [18], AICC [3] and ADL [2]. Among the most prominent standards are those for IMS Learning Design (IMS-LD) [19] and ADL SCORM (sharable content object reference model) [1].

The advantages of using standards in learning design have already been pointed out: "Standards are generally developed for use in systems design and implementation for the purposes of ensuring interoperability, portability and reusability."However, the use of standards presents certain disadvantages [17] [43] [48].

1. Complex semantics. To use an LTS, an instructional designer must learn its syntax and semantics and must adapt his or her modeling practices accordingly. For example, IMS Learning Design (IMS-LD) provides a language based on a theatrical metaphor, within which it is possible to describe the structure of activities and tasks, the assignment of roles and the workflow of a unit of learning as a "learning design" [19]. Each learning scenario modeled with IMS-LD must be defined according to the theatrical metaphor (play, act, role-part, etc.).

2. Generic concern. In order to cover a wide range of needs, standards such as IMS-LD and SCORM are generic. In consequence, they are shallower and allow only a superficial modeling of needs. They are characterized by a lack of pedagogic and contextual expressiveness:

- Pedagogic expressiveness is fundamental for instructional designers because it expresses how adequately the domain represents and how comfortably instructional designers can express their ideas.
- Contextual expressiveness is also fundamental because it allows outputting the adequate TEL system models with regard to context.

3. LTS-compliance required. A major inconvenience of standards is related to the fact that designers cannot choose freely since they must use an LMS compliant with the standard used for modeling. For example, SCORM content can be interpreted only by a SCORM-compliant LMS; i.e., an LMS which implements the SCORM Run Time Environment.

To address these drawbacks, LTS adaptation has inspired many papers, including one based on our previous work ([38]). However, standard adaptations are not interoperable because they are not supported by standard specifications.

Considerable attention has been focused recently on MDA (Model Driven Architecture) as an alternative solution to LTS that warrants personalization while ensuring interoperability based on software engineering standards.

2.2 Software engineering standards

2.2.1 MDA Basis

According to the Object Management Group (OMG) [28], Model Driven Engineering (MDE) [21] [22] is a specific approach to software engineering that defines a theoretical framework for generating a code from models using successive model transformations.

The main goal of this approach is to separate the business side of a system from its implementation. The business model of a system can therefore drive its implementations on different platforms. In this way, we can expect to obtain better coherence between implementation and interoperability.

The best known MDE initiative is the Model Driven Architecture (MDA) proposed by the OMG. [22]

MDA states that it models the environment and the requirements for a system in a Computational Independent Model (CIM).

A CIM does not show the details of system structure. Thus, a CIM can be used to build a Platform Independent Model (PIM). A PIM focuses on the operation of the system while hiding details related to the use of a particular platform. A PIM maintains platform independence in order to be suitable for use with different platforms. The transformation of a PIM into a Platform Specific Model (PSM) is based on the associated Platform Model (PM).

A PSM is a system model for a specific platform. It combines PIM specifications with the details that specify how that system uses a particular platform.

Figure 1 shows the main concepts and techniques used in MDA.

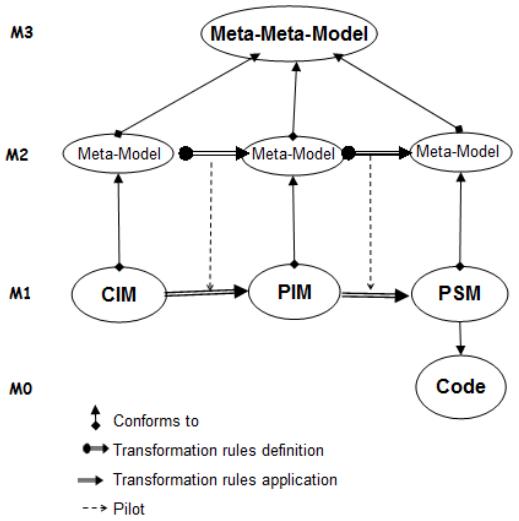


Fig. 1. Main concepts of the MDA approach

2.2.2 MDA as a TEL design process

Following MDA practices, a typical design scenario based on MDA is presented in Figure 2 and can be described as follows [33].

First, the instructional designer informally defines the learning scenario to be created and the resources needed (CIM).

To formalize intent in a pedagogic model, a modeling language is used. This language allows defining the pedagogic method and contextual constraints. In MDA terms, the pedagogic model is a PIM.

Next, to obtain a system that can be executed by a LMS, the pedagogic model is transformed into a technical model (PSM). This corresponds to the LMS metamodel. The common way to transform one model into another (and the one we used) is to use a model transformation engine (like ATL [20]) and a set of model transformation rules dedicated to this type of mapping. Transformation rules express refinements from the pedagogic metamodel to the LMS metamodel.

We mention that the difference between a pedagogic concept (related to PIM) and a technical one (related to PSM) consists in the fact that a pedagogic concept is abstract and related to the pedagogic intents of the instructional designer, but a technical concept is concrete and represents an alternative tool allowing the execution of the corresponding pedagogic concept within an LMS. Therefore, pedagogic concepts remain abstract until they are contextualized by LMS concepts at the transformation step.

It is important to note that the semantic signification of each element in the pedagogic metamodel and in the LMS metamodel is as follows:

- Each concept (of the LMS or pedagogic model) represents an activity, a resource or an actor.
- Each attribute of a concept represents a property of that concept.
- Each association expresses a relationship between two concepts: two activities (e.g., complementary use), two actors (e.g., collaboration rules), two resources (e.g., simultaneous use), a resource and an activity (e.g., associating a resource to an activity), a resource and an actor (e.g., affecting an actor to a resource) and, finally, an activity and an actor (e.g., affecting an actor to an activity).

At the last step of the MDA-based process, a code generator interprets the technical model to generate the system. Generators usually produce code. In the TEL systems design field, they communicate with the LMS in order to deploy the TEL system.

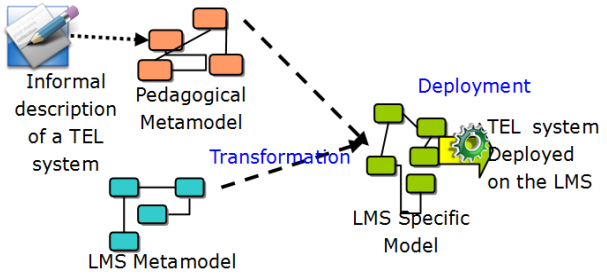


Fig.2. MDA approach to TEL system design

2.2.3 MDA contribution to TEL design

In the literature, a number of recent papers show an interest in TEL system design based on MDA [9] [10] [13] [32] [33] [37].

As explained in section 2.1, MDA as an instructional design process addresses the limits of LTS by empowering instructional designers to:

1. **Create specific modeling languages** that ensure both pedagogic and contextual expressiveness. These languages are specific and are thus more targeted and focused. They allow accurate descriptions with a semantic precision not achievable with generic models.
2. **Create specific design tools** based on standards and generators proposed in the context of MDA such as Eclipse EMF [15] and GMF [16].
3. **Reuse learning scenario models** through standards such as MOF (Meta Object Facility [28]).
4. **Address any LMS**, which is an important benefit offered by MDA since the design based on an LTS

requires adoption of a compliant LMS.

5. **Automatically deploy** TEL systems on the chosen LMS. Therefore, designers are spared the technical difficulties related to deployment.

Nevertheless, the main limit of MDA as an instructional design process is the high level of technical expertise it requires.

Our current research focuses on proposing automated instructional design tools to assist instructional designers in performing different tasks related to the MDA process. In this paper, we focus on the task of transforming pedagogy with regard to LMS tooling. In the next section, we present and analyze work related to this issue.

3. Related work

Two main solutions emerge from a review of the literature.

The first approach [13] [14] is typically based on MDA and proposes to transform the pedagogic scenario model into a technical model by applying transformation rules. These rules express mapping from PIM to PSM and must defined beforehand by a computer scientist using a transformation language. There are several transformation languages, such as ATL (ATLAS Transformation Language) [20] and QVT (QueryView Transformation) [29]. The advantage of using these languages rests on the possibility of automatically generating LMS-specific models from platform-independent models when transformation rules are defined between the two corresponding metamodels. Nevertheless, only experts can code transformation rules and apply them because it is necessary to be skilled in transformation languages.

The authors of [7] and [32] show that this approach gives rise to serious limits for designers who find themselves confused because of the gap between their pedagogic models and the automatically generated technical models.

In order to address this limitation, a second approach proposes discarding the intermediate pedagogic model and directly expressing pedagogic intents in conformity with a modeling language which merges the pedagogic metamodel and the LMS metamodel [7] [32] [49].

Experimentation with this approach proved to be more helpful to designers because there is no double modeling (pedagogic and technical). However, this solution does not ensure interoperability because both business and technical concerns are merged in the modeling language. Thus, every model produced is specific to a single LMS. Experimentation also highlights the problem of perceived affordance. For an LMS, the semantics of concepts and functionalities changes according to users. This assertion decreases the interest of having TLS compliance for each LMS. Mapping from the TLS to the LMS concepts would follow only one "affordance".

In summary, these approaches provide a solution to the problem of expressing pedagogic intents according to the LMS metamodel, but they nonetheless present the following gaps:

First, refining pedagogic intent according to LMS capabilities requires the help of a computer scientist because instructional designers are usually novices in this task. Thus, there is a need to study whether it is possible to assist designers in carrying out transformations by themselves.

Second, all proposed approaches consider the issue of refining pedagogy from a technical point of view. As our study of contextualization of learning systems [35] shows, the institutional point of view must be considered for a better contextualization of TEL systems. We propose studying the usefulness of helping designers take into account the institutional point of view, which we define as a set of contextual best practices in using LMS tools. We have named the refinement step "contextualized refinement" or "contextualized transformation".

A contextual best practice (CBP) is a successful practice with an impact that can be replicated in a specific context. A CBP offers ideas about what works best and what to avoid in a given situation; e.g., recommending or prohibiting the use of an LMS tool. We note that our concept of best practices differs from that of patterns [45]. Patterns are structured sets of best practices with strong intentions that are generally pedagogic [46,47]. In our case, we are interested in the directives given by the institution concerning the use of LMS tools. These directives do not have a very strong formal structure.

In the remainder of this paper, we will focus on presenting and evaluating our proposal and its contribution with respect to related work.

4. The ACoMoD approach

4.1. Overview

ACoMoD offers an approach for the "contextualized transformation" of pedagogy. Contextualized transformation consists of choosing the LMS tool(s) to be used to create each pedagogic element with respect to contextual best practices.

We propose Gen-COM, an assistant for contextualized transformation (see Figure 3). Gen-COM uses best practices that are modeled with our Gen-IC tool (see Figure 3). Gen-COM is intended for instructional designers, whereas Gen-IC is intended for institutional experts.

The process of transformation implemented by Gen-COM is based on parametered ULM models, called UML templates, that will be described in the next section.

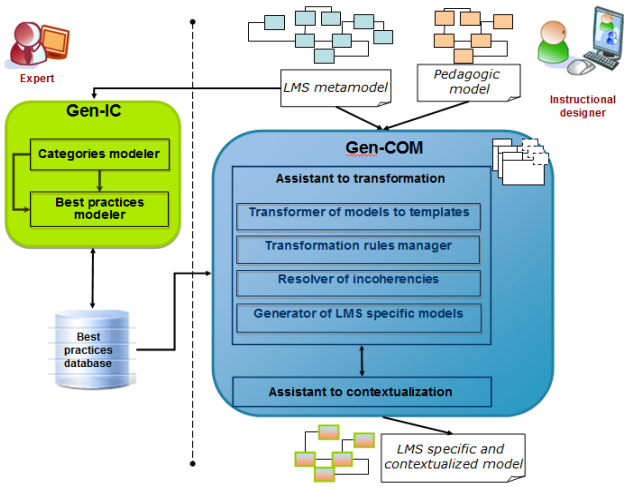


Fig.3. Overview of the ACoMoD approach

4.2. UML template fundamentals

According to UML specifications [30], a template is a parameterized element (class template, package template, etc.) that can be used to generate other model elements called "bound elements" using template binding relationships. To specify parameterization, the template owns a signature. A template signature corresponds to a list of formal parameters that will be substituted by actual parameters in a binding.

A template binding is a directed relationship labeled by the << bind >> stereotype from the "bound element" to the template and specifies a set of template parameter substitutions that associate actual elements to formal parameters. The semantics of a bind relationship are equivalent to the model elements that would result from copying the contents of the template into the bound element, replacing any element exposed as a template parameter with the corresponding element(s) specified as actual parameters in this binding. Several controls are indicated by the UML in order to guarantee that each bound element respects its template. For example, the parameters and their corresponding actual values must have the same type (attribute, class, etc).

A template has a specific graphical notation which consists in superimposing a small dashed rectangle containing the template signature on the upper right-hand corner of the standard symbol of the parameterized element (see the template tagged with the letter "a" in Figure 5).

4.3. Proposed transformation process

Our approach is based on the UML bind relationship. To our knowledge, this is the first time that UML templates have been used for the transformation from platform-independent to platform-dependent models.

The first step (see the arrow labeled "Transform to" in Figure 4) consists in transforming the pedagogic model into a package template. The transformation to platform concerns each element in this model, so each element (class, attribute, type or association) is declared as a parameter in the signature of the package template. The process of transformation to platform (see the arrow labeled "bind" in Figure 5) is carried out by making decisions to substitute these parameters with elements of the platform metamodel (we verified that UML allows the substitution of template parameters by actual values taken from another model element). Each parameter substitution created in the "bind" relationship corresponds to a transformation rule; formal parameters are pedagogic concepts and actual parameters are platform concepts.

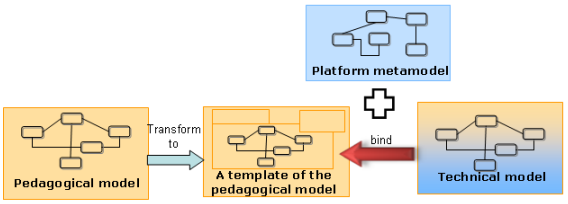


Fig.4. Transformation to a platform based on bind relation

Figure 6 shows an example of transformation based on our approach. It concerns the transformation of a simple supervision strategy of a Java project by asynchronous meeting (see the template tagged with the letter "a" in Figure 6, where all the elements are declared as parameters in the template signature.) to Moodle LMS [25]. The part of the Moodle metamodel that we use for transformation is presented in the model tagged with letter "c".

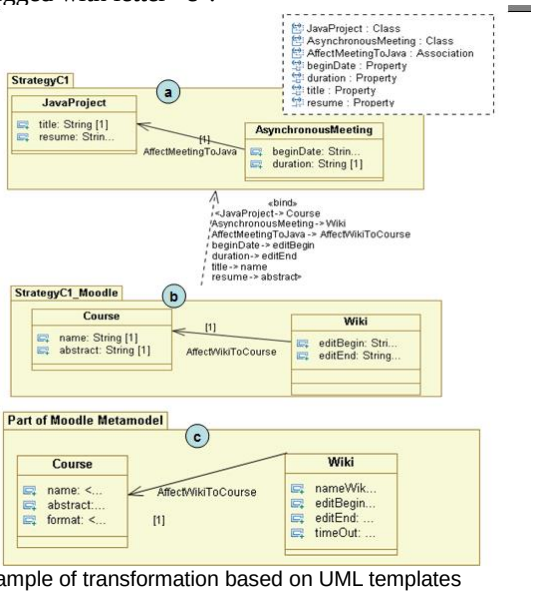


Fig.5. Example of transformation based on UML templates

4.4. Gen-COM: assisting contextualized transformation of pedagogic models according to LMS

To implement our proposal, using UML tools (e.g., Papyrus [31]) is possible but requires significant experience with the UML metamodel.

We developed the Gen-COM tool in order to assist in carrying out the transformation process. There are two fundamentals behind the design of Gen-COM.

The first is to hide all technical difficulties related to

the binding of UML templates (see the transformation component assistant in Figure 3). To do this, our technical solution relies on implementing Gen-COM as an Eclipse framework plug-in [1]. This plug-in can use other plug-ins, namely UML [30] and EMF [15], and manipulates UML diagrams through programs.

The second is to provide designers with guidance and help for making the right decisions with regard to contextual best practices (see the contextualization component assistant in Figure 3).

A simplified example of how to use Gen-COM is described below:

First, when the instructional designer authenticates, Gen-COM identifies the context, which is composed of the LMS and the relevant best practices. When the designer selects his pedagogic model, the model will be transformed into a template by the transformer component of Gen-COM (see Figure 3).

Next, Gen-COM generates the interface of contextualized transformation (see Figure 6). The pedagogic toolkit (see Figure 6) is built on the concepts of the pedagogic model. The technical toolkit is built on the concepts of the LMS metamodel. Thus, it is possible to address any LMS because it has a metamodel that can be established once and used when needed.

To tailor the pedagogic model, the instructional designer chooses the LMS tool(s) to be used to concretize each pedagogic element. Within Gen-COM, this task can be done by simply dragging and dropping from the toolkits to the central match area (see Figure 6). When the matching of two elements is validated, the designer then matches the corresponding attributes. Gen-COM offers assistance in binding associations according to class binding and, for each association in the pedagogic model, tries to find its correspondence in the LMS metamodel according to the matching of concepts. In case of conflict (there is no association in the LMS metamodel for an association in the pedagogic model), Gen-COM guides the instructional designer to change certain choices through the incoherency resolving component (see Figure 3).

In parallel, the manager of the transformation component presented in Figure 3 stores the instructional designer's decisions as "parameter substitutions" in the bind relationship. These substitutions will be used later to generate the final LMS-specific model.

The principal interface of Gen-COM also contains two important components, "choice summary" and "contextualization sheet" (see Figure 6). The "choice summary" component allows the instructional designer to continuously consult validated choices. The "contextualization sheet" provides assistance to the instructional designer according to best practices for using LMS tools. This sheet is managed by rules manager assistance, as shown in Figure 3. The contextualization sheet is updated according to the configuration of best practices. Currently, two configurations are supported. These are "displayed constantly" and "displayed when activated". If the configuration of a contextual rule is "displayed constantly," the corresponding assistance message is added to the contextualization sheet from the beginning to the end of the process. However, if the configuration is "displayed when activated," the corresponding assistance message is added to the contextualization sheet when the instructional designer selects the tab corresponding to the LMS tool. A mouse event is associated with the technical toolkit in order to detect chosen tools and verify if there is a best practice to activate in the best practices database.

When the designer finishes working, the generator of specific models implemented in Gen-COM (see Figure 6) automatically generates the LMS-specific model based on the pedagogic model chosen by the instructional designer and the list of validated associations. They replace each class, attribute and association with the matching choice in a copy of the pedagogic model. The generated model conforms to the LMS metamodel so that it can be deployed.

Fig. 6. A screenshot of Gen-COM. Gen-COM allows matching a pedagogic model to an LMS metamodel and is guided by contextual best practices.

4.5 Deployment of contextualized models

GenDep [32, 44, 59], a tool developed and tested by our research group, is used for deployment.

GenDep is based on generating specific engines given a contextualized technical model and a LMS metamodel. GenDep interprets a technical model specific to a given LMS and communicates with this LMS through SOAP in order to automatically deploy the model elements. If GenDep is missing any information, it asks the user (for example, for the path to a list of students to create on the LMS). GenDep can also show the user the actual elements present in the LMS and allows the user to establish a correspondence between these elements and model elements.

A number of experiments were carried out on different learning management systems, such as Wikinimst, Postnuke and Moodle ([7] [32]).

4.6. Best practices modeler basics

n this section we present the fundamentals of our proposal to model the best practices necessary for the contextualized refinement of pedagogy. Further details and results are the subject of another paper.

For each best practice, Gen-COM needs the following information:

1. Assistance message: a message explaining a best practice and where it is pertinent
2. Configuration: timed display of an assistance message when a best practice is activated
3. LMS element(s) concerned by a best practice

In ACoMoD, the Gen-IC tool ensures visual modeling of contextual best practices and stores them in a database (see Figure 3).

TABLE 1 EXAMPLES OF BEST PRACTICES

Examples of GBP		Examples of SBP	
GBP	**Parameters**	**Effective Values**	**SBP**
The use of a *tool* is prohibited	Tool Situation	Tool: Chat Situation: when students meet regularly	The use of chat is prohibited
The maximum number of a *tool* is *valmax*	Tool Valmax Situation	Tool: forum Valmax: 3 Situation: the use of more than three forums could create the problem of having some messages in each one or unused forums	Maximum number of forums is 3
		Tool: Wiki Valmax: 1 Situation:…	Maximum number of wikis is 1

In order to facilitate modeling, Gen-IC allows the modeling of generic and specific best practices (see components of Gen-IC in Figure 3). Using a generic best practice (GBP), it is possible to model as many specific best practices (SBP) as needed. Modeling a specific best practice is done by indicating a GBP, an LMS element or elements concerned by the SBP, values required by the GBP, configuration and the assistance messages.

Examples of GBP and SBP are presented in Table 1.

5 A GEN-COM USE CASE STUDY

To illustrate feasibility and show the different artifacts related to a real scenario, we selected the case where a learning scenario named Mepulco [24] was transformed into a Moodle-specific [25] model.

Mepulco is an active [39] learning scenario for supervising student projects. Mepulco was created at the Institute of Technology of the University of the Littoral Opale Coast [42] in Calais (France).

Mepulco has two goals. The first is to help groups of students succeed in creating a common product with respect to a deadline and to develop different individual skills such as analysis, synthesis and argumentation. The second goal is to help tutors supervise the different steps of a project and provide a justified evaluation of the final product.

Mepulco relies on regular meetings to track the project's progression and ensure the deadline is met.

The principles of Mepulco for both tutors and students are published in two documents: a student kit and a tutor kit. These kits first describe the project fulfillment and supervision steps. Second, they describe the organization of regular meetings and the topics they deal with. Third, they define the allocation of roles within a group. Fourth, they list guidelines for writing the final report and preparing the final presentation. In addition, the kits provide a set of template documents, such as those used for making a project request, specifying requirements or writing a progress report.

Each project carried out according to Mepulco is based on distant activities such as a website, blog or an LMS (for example Moodle). Designing this type of TEL system with respect to Mepulco was our goal.

For this case study, we first present the Mepulco model to transform and the Moodle metamodel. Next, we present the modeling of some best practices used at Calais. Finally, we describe the Moodle-specific model of Mepulco which was obtained.

Mepulco model

The Mepulco model presented in Figure 7 describes that supervision ("Supervision" class) by a "team" of "students" is ensured ("TeamSupervision" class).

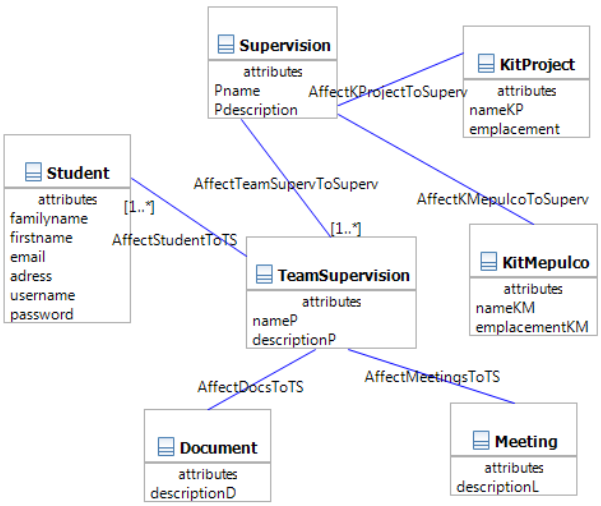


Fig.7. Mepulco model

A resource corresponding to the Mepulco kit ("KitMepulco" class) and another one corresponding to the project subject ("KitProject" class) are attached to "Supervision" and are common to all teams. Supervision

is based on certain activities of "Meetings" and the document repository ("Document" class). We helped designers define this model. To help designers model the pedagogy task, we proposed a tool [37] that allows the reuse of models and their adaptation. We do not give detailed information on this tool because it is beyond the scope of this paper (see [37]).

Several papers [5] [8] have focused on explaining how to create a platform metamodel: i.e., a model of the mechanisms and services offered by the platform. We used the recommendations of [5] and [8] as the basis for elaborating a Moodle metamodel. Since this metamodel is enormous, we present only the part pertaining to our case study in Figure 8.

Moodle metamodel

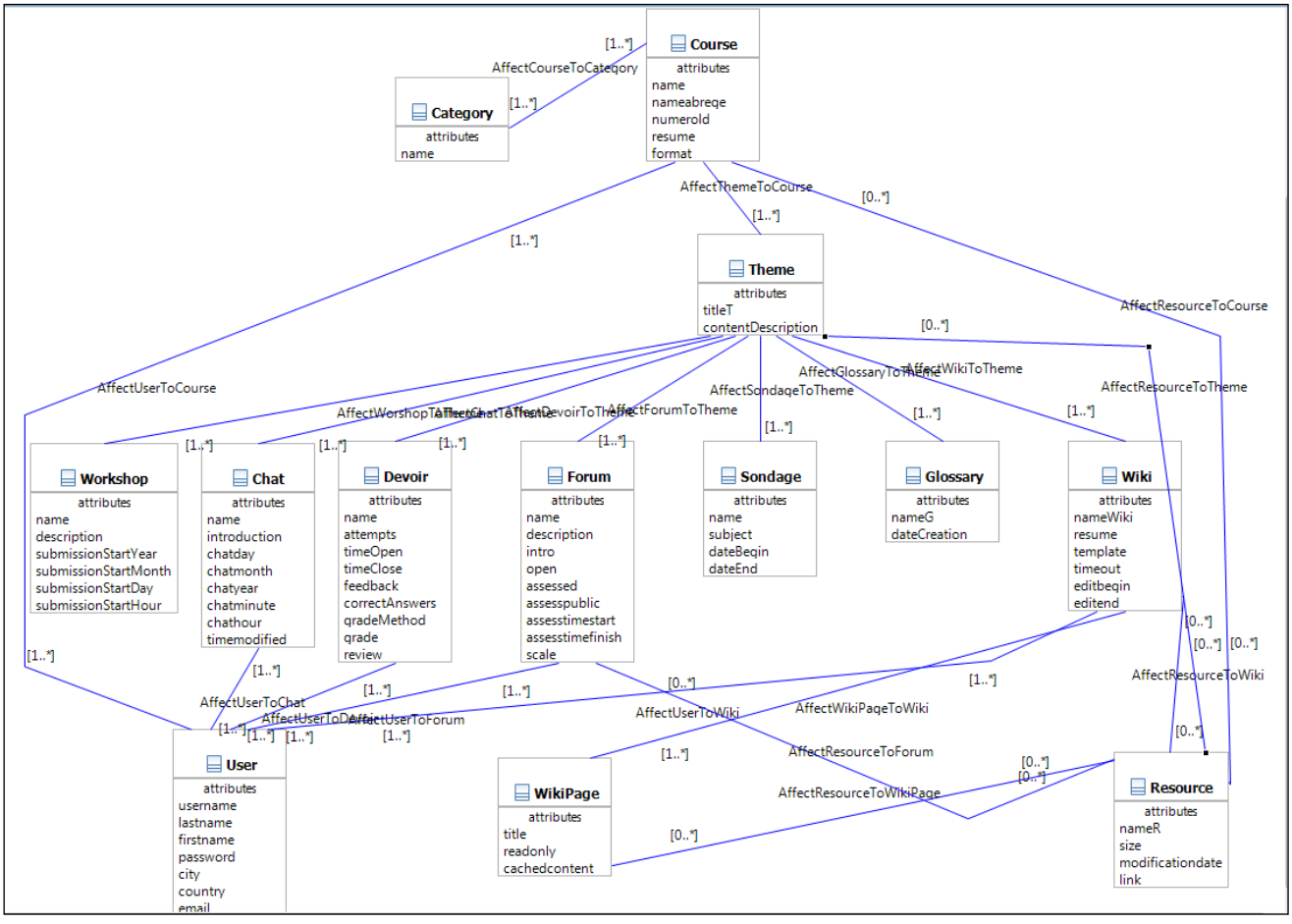


Fig.8. Moodle metamodel

Best practices

Three best practices were used by Gen-COM to help the designer with the transformation: (1) maximum number of forums to use is two, (2) chat tool is not recommended and (3) wiki tool is recommended for project supervision. These rules were modeled with Gen-IC and stored in the best practices database.

Mepulco specific model

The designer used Gen-COM following the scenario described in section 4.4 to refine the Mepulco model according to Moodle. Selection details are explained in Table 2 and the final Moodle-specific model generated is presented in Figure 9. This is an example of how the designer interacted with Gen-COM. According to a recommendation proposed by Gen-COM, the designer changed an initial choice of using a forum tool to carry out "supervision" and decided to use wikis instead. He explained that he hesitated between wiki and forum. The assistance message recommending wikis for supervision convinced him to prefer wiki, especially because group members would be able to contribute collectively to writing.

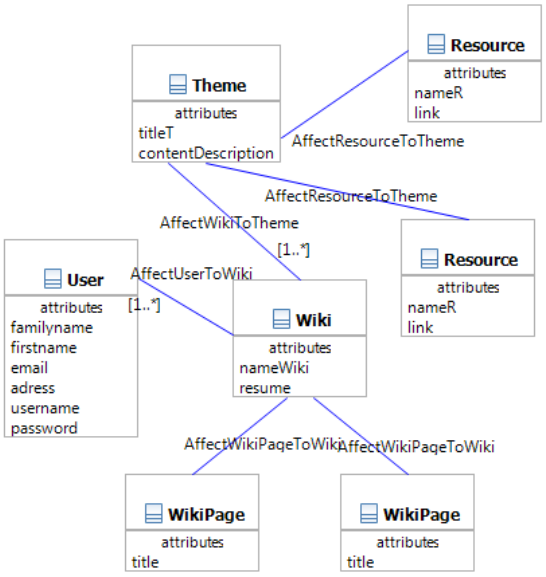


Fig.9. Final Moodle specific model of Mepulco

TABLE 2
LIST OF DESIGNER CHOICES

Pedagogic concept	LMS concept
KitMepulco	Resource
KitProject	Resource
TeamSupervision	Theme
Supervision	Wiki
Document	WikiPage
Meeting	WikiPage
Student	User
Pedagogic association	**LMS association**
AffectKMepulcoToSuperv	AffectResourceToTheme
AffectKProjectToSuperv	AffectResourceToTheme
AffectTeamSupervToSuperv	AffectWikiToTheme
AffectStudentToTS	AffectUserToWiki
AffectDocsToTS	AffectWikiPageToWiki
AffectMeetingsToTP	AffectWikiPageToWiki

6. TESTS AND EVALUATION

In this section, we describe tests to check the impact and usefulness of our proposal to help designers bridge the gap between pedagogy and technology while taking contextual best practices into account.

6.1 Evaluation methodology

Several case studies were carried out with 44 designers in the context of both the MetaWep project [7] and an international online Master's program (eServices) [12].

The case studies offered feedback (see Table 3) on the usefulness of proposed assistance to perform the transition from pedagogy to LMS; the usefulness of good practices recommendations for designers; the quality of the recommendations offered; the usability of GenCOM; the opinions of designers concerning these new ways to design and whether they would use it again.

TABLE 3
EVALUATION CRITERIA CODES AND LABELS

Criteria Code	Criteria Label
C1	Usefulness of assistance for tailoring pedagogy with technical tools
C2	Usefulness of good practice recommendations
C3	Usability of GenCOM

In each case study, we started by asking participants questions about their level of expertise in UML modeling, UML templates and model transformation (see Table 4). This information was necessary in order to evaluate the usefulness and relevance of transformation assistance.

At the end of each experiment, the participants were called on to answer a questionnaire containing 13 questions and were given the opportunity to make comments and suggestions and mention difficulties encountered.

TABLE 4
INFORMATION ON PARTICIPANT SKILLS

Number of Participants	UML Modeling	UML Templates	Model Transformation
20	No	No	No
6	Excellent	Excellent	Excellent
4	Excellent	Excellent	Good
2	Good	Good	Average
2	Good	Good	Good
10	Average	No	No

In order to facilitate the interpretation of data collected from questionnaire answers, we classified the questions according to evaluation criteria, as shown in Table 5, which also gives possible answers for each question.

TABLE 5
EVALUATION QUESTIONNAIRE

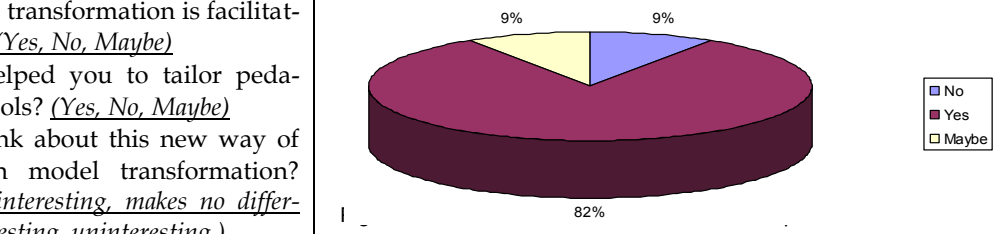
Criteria	Questions
C1	– Do you think that transformation is facilitated by GenCOM? *(Yes, No, Maybe)* – Has GenCOM helped you to tailor pedagogy with LMS tools? *(Yes, No, Maybe)* – What do you think about this new way of design based on model transformation? *(very interesting, interesting, makes no difference, not very interesting, uninteresting)* – Do you find the automation of transformation tasks like generation of the final model useful? *(very useful, useful, makes no difference, not very useful, useless)* – Do you find that help in resolving association binding incoherencies is useful? *(very useful, useful, makes no difference, not very useful, useless)*
C2	– Are the assistance messages appropriate? *(Yes, No, Maybe)* – Do you find the timing and duration of the recommendation display to be appropriate? *(Yes, No, Maybe)* – How often did recommendations influence your decisions? *(always, sometimes, never)* – Did you like that GenCOM recommends best practices or would you have preferred no recommendations? *(better with, makes no difference, better without)*
C3	– Was GenCOM easy to use? *(Yes, No, Maybe)* – Do you think you will continue to use GenCOM in the future? *(Yes, No, Maybe)*

6.2 Results and discussion

Designers gave us their feedback and opinions on using GenCOM by answering the questionnaire. The questions and the designers' answers are summarized below.

The first question was "*Has GenCOM helped you to tailor pedagogy with LMS tools?*" Designers were able to choose between three options: *Yes*, *Maybe* and *No*.

In general, designers consider that GenCOM helps them to tailor pedagogy (82 percent). They explain this choice by saying that they usually have difficulty doing their expression of pedagogic intents in terms of LMS by themselves. This difficulty arises from the fact that they need to study LMS and the possible supported scenarios in order to execute their LMS-independent learning scenario before dealing with this task. With Gen-COM, there is easy comprehension and use of the LMS. Gen-COM presents the LMS as a toolkit with a description of each element. In addition, when the scenario built by a designer, it is incoherent with respect to the LMS specifications. Gen-COM automatically notifies the designer and proposes alternatives to resolve incoherencies. Therefore, tailoring and modifying are easier to do. Only 18% of the designers answered *No* or *Maybe*, as shown in Figure 10.



The second question was "*Do you think that transformation is facilitated by GenCOM?*" Designers were able to choose between three options: *Yes*, *Maybe* and *No*.

Thirty-two percent of designers decided that transformation is facilitated by GenCOM, which represents 100% of designers who had model transformation skills. Designers who selected *Maybe* (68%) had no model transformation skills. Thus, they were not able to compare the transformation solution proposed with existing transformation solutions.

Those who found that GenCOM facilitates transformation emphasized that this is the first time they have done transformation graphically without the need to write a program. In addition, there was no need to be able to use complex tools for executing the transformation rules. They also mentioned that the GenCOM technique, which is based on UML templates, can be reused in application fields other than instructional design. This gives us an idea of how our approach for transformation is accepted.

Answering the question "*What do you think about this new way of design based on model transformation?*" allowed designers to choose among five options: *very interesting, interesting, makes no difference, not very interesting* and *uninteresting*.

Sixty-seven percent of the designers selected *very interesting*, and 14% selected *interesting* (see Figure 11). They felt that GenCOM allows them to approach the transformation from pedagogy to LMS tools in a new and interactive way. Some designers said that the strength of this way of designing, which is based on modeling and transformation, is related to: 1) having a model representing pedagogy that can be reused, 2) conserving traces of the passage from pedagogy to technology that are reusable and adaptable to new situations, 3) automatic deployment in the LMS replaces manual deployment for which significant expertise is required.

A few designers (14%) found this way of design not very interesting and 5% thought it made no difference. They argued that design is easier when it can be performed without an intermediate pedagogic modeling step. They prefer modeling directly, based on LMS. This means it would be better for them if GenCOM helped them to model directly with the technical toolkit to create a model meeting their needs. In this way, they could benefit from automatic deployment.

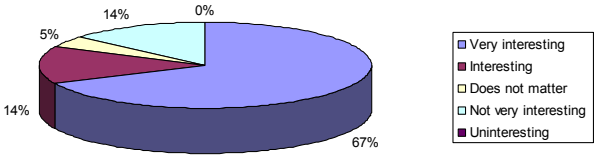


Fig.11. Feedback of opinions about design based on a model-driven approach

The next two questions concerned the usefulness of two functionalities of Gen COM: *"Do you find the automation of some transformation tasks like generation of the final model useful?"* and *"Do you find that help in resolving association binding incoherencies is useful?"* For both questions, designers were able to choose among five options: *very useful, useful, makes no difference, not very useful* and *useless*.

No designer chose the *useless* or *not very useful* option for either question. Ninety-one percent consider the automation of tasks to be very useful, and 9% consider it useful (see Figure 12). Designers explain that they request automation of tasks when it does not make decisions in their place. In GenCOM, task automation is based on decisions already made by the designer.

Regarding assistance for resolving incoherencies between choices made and the LMS capabilities, 77% consider it very useful and 23% considered it useful.

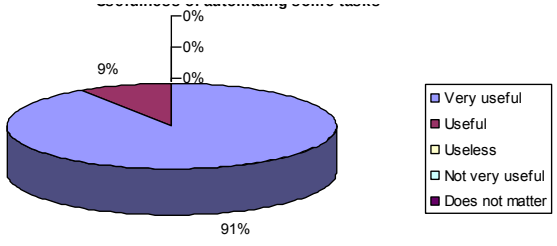


Fig.12. Feedback on the usefulness of automating tasks

Two questions were asked concerning the appropriateness of assistance messages, their timing and the duration of display: *"Do you find assistance messages appropriate?"* and *"Do you find the timing and duration of the recommendation display to be appropriate?"* For both questions, designers were able to choose between three options: *Yes, No* and *Maybe*.

Designers feel that recommendations are clearly presented through concise and precise messages. In addition, detailed explanations are offered for each recommendation. In this case, the percentage of *Yes* answers is 73 percent (see Figure 13) while the *No* and *Maybe* options were selected by 27 percent. Some designers say that these messages can be ambiguous. Other designers commented that in some cases messages are contradictory; for example, whereas one message does not recommend the use of forums, another recommends no more than two forums. We explain this issue by the fact that Gen-COM presents many practices which are useful in different situations, so there is no need for them to be coherent.

Regarding the time and duration of the display of recommendations, only two designers selected the *No* option, (see Figure 14).

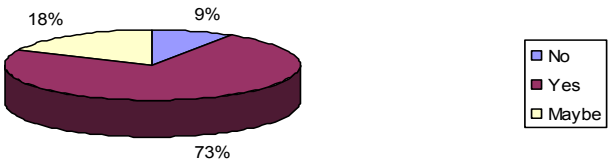


Fig.13. Feedback on appropriateness of assistance messages

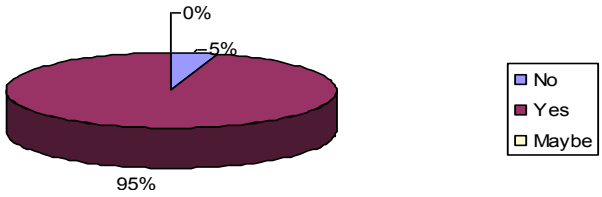


Fig.14. Feedback on appropriateness of timing and display duration of assistance messages

Another question was: *"How often did recommendations influence your decisions?"* The possible responses were: *always, sometimes* and *never*.

Sixty-three percent of designers always followed recommendations, 23% sometimes followed recommendations and 14% percent never followed recommendations (see Figure 15). When we analyzed the designers' comments and explanations, we noted that their responses depended directly on their degree of experience in the context where GenCOM was used. The majority of designers who selected "always" or "sometimes" were recently recruited; therefore, they expressed a need for help in taking into account previous experience. The designers who selected the "never" option are experts in the context, where they have worked for many years, and thus do not need the proposed recommendations. However, they appreciated the fact that GenCOM did not oblige them to follow the proposed recommendations and that the Gen-COM interface clearly separates the main work area and the recommendation area.

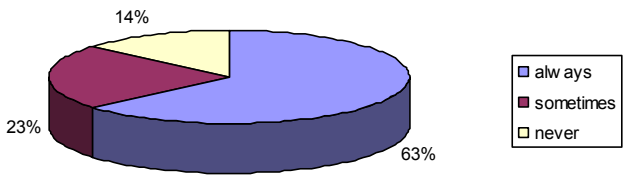


Fig.15. Feedback on how the recommendations influenced designers' choices

The next question was: *"Did you like that GenCOM recommends best practices or would you have preferred no recommendations?"* The possible choices were: *better with, makes no difference* or *better without*.

The answers to this question are similar to those of the previous question. Most designers said that they prefer recommendations (77%). These are the inexperienced designers. Fourteen percent preferred no recommendations, since they are all experienced designers (see Figure 16). Only four designers chose *makes no difference*.

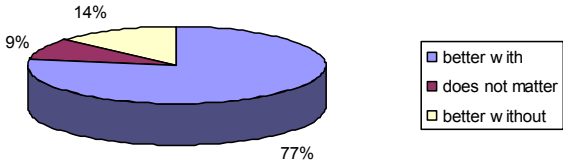


Fig.16. Feedback on the pertinence of recommendations

Regarding ease of use, 73% of designers selected the "yes" option and felt that GenCOM is easy to use, while 27 percent selected the "no" option. They had some difficulty in following the chain interfaces and proposed adding a summary of the different transformation process steps on the starting interface. This suggestion is being studied and implemented. Another remark concerned the relevance of allowing users to hide certain areas of the interface.

Finally, 86% plan to continue using GenCOM, while 5% are not sure if they will continue to use it. The remaining 14% will not continue to use it.

7. Conclusion

This paper focuses on two main points. On the one hand, we showed that it is possible to design interoperable TEL systems while using an instructional design process that can be adapted to specific needs. On the other, we studied how to support instructional designers in bridging the gap between their pedagogies and LMS specifications. Our proposal enables designers to easily match the particularities of a given pedagogic model with the available LMS tools while taking into account the best practices of the institutional or educational context.

We showed that UML template binding is a powerful mechanism for performing the transformation. Compared to related work in the literature, our approach to using transformation languages has the advantage of not requiring expertise in tranformation or programming language to code and apply the transformation rules.

Providing tools that facilitate the designer's task and include LMS best practices is crucial. In our work, we showed how the Gen-COM tool we have developed allows a contextualized transformation to be done graphically.

As described above, feedback from designers using Gen-COM shows their confidence in and acceptance of the usefulness of our proposal. They also suggested improvements, which are currently being studied.

Feedback concerned the usefulness of help displays in transitioning from pedagogy to LMS; the usefulness of good practice recommendations for designers; recommendation quality; Gen-COM usability; how this new way of working impacts designers; and whether designers will continue to use the tool.

The main results can be summarized as follows. First, designers found that Gen-COM was useful in tailoring pedagogy with LMS tools. Designers who are skilled in model transformation emphasized that GenCOM offers a powerful transformation mechanism. The originality of our proposal stems from a new way (graphical and interactive) to approach model transformation. Second, although the integration of best practices in the design process is useful for novices, it is less so for designers who are very familiar with their institutional context. Designers who have been recently recruited express more interest in the tool because they can use it to profit from accumulated experience. Third, Gen-COM clearly separates the work space for matching pedagogy and technology from the best practice reminders. In addition, these reminders do not disturb experienced designers when they carry out the matching operation.

Finally, most designers state that they are more likely to use a model-driven approach with tools like Gen-COM, which hide technical difficulties while allowing them to benefit from many advantages. These advantages include interoperability, reuse and personalization (the process adapts to the designers and not the other way around, as is the case with LTS).

Gen-COM is therefore adapted to beginner and expert instructional designers. The Gen-COM module recommending best practices is useful to novice designers but can be ignored by experienced designers.

In light of related work, we can summarize our contribution as follows. First, we explain the interest of using MDA as an instructional design process. We demonstrate that it is a very encouraging approach. Its success depends on proposing assistance tools that mask technical difficulties, since this is the main barrier to acceptance. Second, we propose a novel approach for helping designers to bridge the gap between their pedagogy and LMS. This approach is based on graphic, interactive model transformations. Our approach lets designers incrementally construct LMS-specific models, thus enhancing their LMS proficiency. Third, integrating LMS tool best practices in the design process has not been attempted in related work. These best practices help designers use LMS more effectively.

In the future, we plan to automate transformation based on the designer's profile. This profile would include technical skills, personal preferences as concerns tools, a history of previous designer actions, and models and their context. The idea is to offer them possible models according to their profile, a given learning scenario and a given LMS.

242 We are also working on extending the assistant to contextualization to propose recommendations to

designers based on their personal characteristics.

Another interesting issue we are looking at concerns tracing TEL systems at run time to extract conclusions on the appropriateness of designer choices and to recommend adjustements. At run time, design continues as the TEL system adjusts to a changing context (for example, when a resource is not available, it must be replaced).

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported in part by the Franco-Tunisian SAME2 project (e-Services, MultiScale approaches and TEL). The authors wish to thank all project participants from RIADI, NOCE and CRI.

REFERENCES

[1] Advanced Distributed Learning (ADL), Sharable Content Object Reference Model (SCORM®), http://www.adlnet.gov/Technologies/scorm/default.aspx. 2011.

[2] Advanced Distributed Learning (ADL), http://www.adlnet.org, 2011.

[3] Aviation Industry Computer based training Committee. http://www.aicc.org/. 2011.

[4] A. Kasowitz, "Tools for Automating Instructional Design", *ERIC Clearinghouse on Information and Technology*, http://www.ericdigests.org/1999-1/tools.html. 1998.

[5] B. Selic, "On Software Platforms, Their Modeling with UML 2, and Platform-Independent Design", *Proc. Eighth IEEE International Symposium on Object-Oriented Real-Time Distributed Computing* (ISORC '05), p. 15-21, 2005.

[6] B. L. Chapman. "Accelerating the design process: A tool for instructional designers". *Journal of Interactive Instructional Development*, 8(2), 8-15, 1995. (EJ 520 294)

[7] B. Warin, P.A. Caron, X. LePallec and F. Hoogstoel., "Le projet Metawep, Ingénierie dirigée par les modèles de dispositifs web support à l'apprentissage par projet", *Proc. Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH'07)*, pp. 24-27, June. 2007.

[8] C. Atkinson and T. Kühne, "A Generalized Notion of Platforms for Model-Driven Development ", *Model-Driven Software Development*, vol. 2, Springer Berling Heidelberg, pp. 119-136, ISBN 978-3-540-25613-7, 2005.

[9] C. De Moura, "MDEduc: conceiving and implementing a language-oriented approach for the design of automated learning scenarios", PhD dissertation, University of Sciences and Technologies of Lille, France, 2007.

[10] C. Martel, L. Vignollet and C. Ferraris, "Modelling the case study with LDL and implementing it with LDI". *Proc. International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, July. 2006.

[11] Eclipse Modelling Framework, http://www.eclipse.org/modeling/mdt/. 2011.

[12] eService master, http://foad.refer.org/rubrique143.html. 2011.

[13] F. Abdallah, C. Toffolon and B. Warin, "Assistance to project-based learning support: from learning models to platforms", *Proc. IADIS Multi Conference on Computer Science and Information Systems - e-Learning (MCCSIS-EL'07)*, pp. 244-251, July 2007.

[14] F. Abdallah, C. Toffolon and B. Warin, "Models transformation to implement a Project-Based Collaborative Learning (PBCL) scenario: Moodle case study", *Proc IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, July. 2008, Santander, Spain.

[15] F. Budinsky, D. Steinberg, E. Merks, R. Ellersick and T. Grose, "Eclipse Modeling Framework", Addison-Wesley, 2003

[16] Graphical Modelling Framework. http://www.eclipse.org/modeling/gmf/, 2011.

[17] H. Allert, "Coherent Social Systems for Learning: An Approach for Contextualized and Community-Centred Metadata." *Journal of Interactive Media in Education*, vol.2, pp.83-86, 2004.

[18] IMS Global Learning Consortium. http://www.imsglobal.org/

[19] IMS, "IMS Learning Design Information Model - version 1.0". IMS Global LearningConsortium, http://www.imsglobal.org/learningdesign/index.html. 2011.

[20] J. Bézivin, G. Dupé, F. Jouault, G. Pitette and Eddine Rougui, J., "First experiments with the ATL model transformation language: Transforming xslt into xquery", *Proc. OOPSLA 2003 Workshop*, 2003.

[21] J. Bézivin, "Model Driven Engineering: An Emerging Technical Space", *Proc. Generative and Transformational Techniques in Software (GTTSE'06)*, pp 36-64, 2006.

[22] J. Miller and J. Mukerji, "MDA Guide Version 1.0.1", http://www.omg.org/docs/omg/03-06-01.pdf. 2011.

[23] J. M. Spector, and D. Song, "Automated instructional design advising". In Robert D. Tennyson & Ann E. Baron (Eds.), "Automating instructional design: Computer-based development and delivery tools," pp. 377-402, 1995. New York: Springer-Verlag.

[24] Mepulco, http://Mepulco.net. 2011.

[25] Moodle, http://moodle.org. 2011.

[26] M. D. Merril and ID2 Expert Group, Instructional Transaction Theory : Instructional Design based on Knowledge Objects, *Educational Technology*, 36(3), pp. 30-37, 1996. (EJ 524 804)

[27] M. Paulsen, "Experiences with Learning Management Systems in 113 European Institutions". *Educational Technology & Society*, 6 (4), pp. 134-148, 2003.

[28] OMG, "Object Management Group", http://www.omg.org/. 2011.

[29] Object Management Group, "Meta Object Facility (MOF) 2.0 Query/View/Transformation Specification", Available at http://www.omg.org/docs/formal/08-04-03.pdf. 2011.

[30] OMG Unified Modeling Language (OMG UML), Superstructure, V2.1.2, http://www.omg.org/spec/UML/2.1.2/Superstructure/PDF

[31] Papyrus, http://www.papyrusuml.org/, 2011.

[32] P.,A. Caron, X. LePallec, and S. Sockeel, "Configuring a web-based tool through pedagogical scenarios", *Proc. IADIS Virtual Multi Conference on Computer Science and Information Systems (MCCSIS 2006)*, 2006.

[33] P. Laforcade, T. Nodenot, C. Choquet, P.-A. Caron, "Model-Driven Engineering (MDE) and Model-Driven Architecture (MDA) applied to the Modelling and Deployment of Technology Enhanced Learning (TEL) Systems: promises, challenges and issues", *Architecture Solutions for E-Learning Systems*, Edited by Claus Pahl, ISBN 978-159904633-4, pp. 116-136, 2007.

[34] R. D. Tennyson and A. E. Baron. Automating instructional design: An introduction, "*Automating instructional design: Computer-based development and delivery tools*", In Robert D. Tennyson & Ann E. Baron (Eds.), pp. 1-10, 1995.

[35] R. Drira, M. Laroussi and H. Ben Ghezala, "Towards contextualized modeling of learning systems", *Proc. 4th Conference on Interactive Mobile and Computer Aided Learning (IMCL)*, pp. 22-24, April. 2009.

[36] R. Drira, M. Laroussi and A. Derycke, "A first investigation for reducing eLearning environment complexity by Multiscale", *Proc. Computer, Information, and Systems sciences, and Engineering (CISSE)*, December 2007.

[37] R. Drira, M. Laroussi, X. LePallec, A. Derycke and H. Ben Ghezala, "A model driven approach to adapt instructional strategies modelling language to different design contexts". *Proc. International Conference on Mobile, Hybrid, and On-line Learning*, February 2009.

[38] R. Drira, M. Laroussi, A. Derycke, et al., "Enhancing SCORM to support adaptive and mobile learning content", *Wseas transactions on advances in engineering education*, vol.3, pp. 571-578, 2006.

[39] R. Felder, D. Woods, and J. S. Rugarcia, "The future of engineering education: II. Teaching methods that work", *Chem. Eng. Educ.*, vol. 34, no. 1, pp. 26–39, 2000.

[40] S. Britain, (2004). "A review of learning design. Concept, specifications and tools". A report for the JISC E-learning Pedagogy Programme, 2004. http://www.jisc.ac.uk/media/documents/programmes/elearningpedagogy/learningdesigntoolsfinalreport.pdf.

[41] T. Nodenot, "Contribution à l'ingénierie dirigée par les modèles en EIAH: le cas des situations problèmes coopératives", PhD dissertation, University of Pau et des Pays de l'Adour (France), 2006.

[42] ULCO, http://www.univ-littoral.fr/. 2011.

[43] A. Paepcke, C. Chang, H. Garcia-Molina, and T. Winograd, "*Interoperability for Digital Libraries Worldwide*". Communications of the ACM, 41 (4). pp. 33-42, 1998.

[44] T. Nodenot, P.A. Caron, X. Le Pallec, P. Laforcade, "Applying Model Driven Engineering Techniques and Tools to the Planets Game Learning Scenario", *Online Journal of Interactive Media in Education, 2008*.

[45] C. Alexander, S. Ishikawa, M. Silverstein, M. Jacobson, I. Fiksdahl-King, and S. Angel, "A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction", New York, USA: Oxford University Press, 1977.

[46] J. Bergin, A. Brady, R. Duvall, V. Proulx, and R. Rasala, "Using patterns in the classroom", *Journal of Computing Sciences in Colleges*, vol.16, pp.5-7, 2001.

[47] D. Hernández-Leo, E. D. Villasclaras-Fernández, J. Asensio-Pérez, Y. Dimitriadis, I. M. Jorrín-Abellán, I. Ruiz-Requies and B. Rubia-Avi, "COLLAGE: A collaborative Learning Design editor based on patterns", *Educational Technology &Society*, 9 (1), 58-71, 2006.

[48] I. Varlamis and I. Apostolakis, "The Present and Future of Standards for E-Learning Technologies", *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects*, Volume 2, 2006.

[49] P.A. Caron, M. Blay-Fornarino and X. Le Pallec, "La contextualisation de modèles, une étape indispensable à un développement dirigé par les modèles", *L'OBJET 13*(4): 55-71, 2007.

Rim Drira received a PhD degree in Computer Science in 2010 from the University of Manouba (Tunisia) and the University of Sciences and Technologies of Lille I (France). She is currently associated with the Riadi Laboratory (http://www.riadi.rnu.tn/) and the NOCE Team of the LIFL laboratory (http://www.lifl.fr) and is a teaching assistant in the University of Tunis. Since 2005, she has been interested in TEL system design, in particular based on technology learning standards and a model-driven approach. She has coauthored around ten publications.

Mona Laroussi received her PhD in Computer Science from the University of Tunis in Tunisia in 2001. She is currently an Assistant Professor in the Department of Computer Science at the National Institute of Applied Sciences and Technology (Tunisia) and an associated researcher in the NOCE group of the LIFL Laboratory (Lille France) http://noce.univ-lille1.fr/cms/. Her current research interests include mobile learning, user models, adaptability and context-awareness. She is a coauthor of more than 40 publications related to her research areas.

Xavier Le Pallec is an associate professor in the LIFL (Computer Science Research Lab of the University of Lille 1). He obtained his PhD in Computer Science in 2002. His research interests include model-driven engineering, visual notations and model components. After studies on e-learning as an application domain, he has worked on multimodal interactions, and in particular on intelligent environments, since 2007.

Bruno Warin received a PhD degree in 1986 with a thesis in theoretical computer science on "Rationality and recognizability on graphs". From 1992 to 1998, while holding a position as lecturer at the Université du Littoral Côte d'Opale, he created a company to develop an expert system in insurance pricing. This system is the French market leader. Since 1999, his research interest has centered on the construction of technology-enhanced learning. In parallel to his research, he works in higher education, in particular on project-based learning and software engineering applied to Learning Management Systems.

Towards A Support System For Course Design

Omar Talbi[1,2], Bruno Warin[1,3] and Christophe Kolski[3,4,5]
[1]*Univ Littoral Côte d'Opale, LISIC, 50 rue Ferdinand Buisson, F-62100 Calais, France*
[2]*Univ. Aboubekr BELKAID, Tlemcen, Algérie*
[3]*Univ Lille Nord de France, 1bis rue Georges Lefèvre, F-59000 Lille, France*
[4]*UVHC, LAMIH, Le Mont-Houy, F-59313 Valenciennes, France*
[5]*UVHC, LAMIH, CNRS, UMR 8201, F-59313 Valenciennes*
talbi-omar@hotmail.fr, bruno.warin@univ.littoral.fr, christophe.kolski@univ-valenciennes.fr

Keywords: Course Design, Instructional engineering, Higher education, support system, LCMS, TCMS.

Abstract: Many stakeholders in higher education develop with time. In this paper, we propose a new type of platform, called a Teaching Content Management System (TCMS). Such platforms are intended for instructors to help them produce teaching specifications and quality teaching designs. We first of all present drivers of change that currently affect universities and we discuss some specific aspects of education in higher education. We then derive a set of support requirements for instructors and provide a services design that TCMS should comply with.

1 INTRODUCTION

Learning Content Management Systems (LCMS), also called Learning Management Systems (LMS) have been developed gradually over the past fifteen years across all levels of education (Zou et al., 2012). These Internet-based platforms are mainly designed to foster the creation and sharing of content, and interaction between instructors and students, by using the Web (Bennett et als, 2006). Almost all universities make LCMS available to their students and instructors such platforms as Blackboard (http://www.blackboard.com) or Moodle (http://moodle.org). LCMS platforms provide rich opportunities for teaching students, but few opportunities, if any, to help instructors in specifying and designing their teaching courses.

Therefore, most instructors manage the preparation and design of their courses in a traditional manner and are poorly equipped in information technology in the area of specification and design of their teaching courses (Ottenbreit-Leftwich et al., 2012). The question of developing a support system to help instructors to specify and professionally manage the construction of their teaching courses was raised with a view to supplement LCMS. In Section 2, we first show the development factors and constraints that currently weigh on higher education. In Section 3, we set out the objectives for TCMS in the form of strategic support requirements that the TCMS should satisfy, based on the analysis of the previous section, some specific aspects of higher education and our long years of experience in higher education. In Section 4, we then propose a preliminary design in the form of a system comprising three support axes that are detailed as follows: 1) improving instructor knowledge and professional skills 2) management of a professional knowledge base 3) project realization. In Section 5 we discuss about TCMS as a new concept and also about its practical implementation and usefulness. In Section 6, we offer our conclusions and perspectives for future research.

2 STATE OF ART OF DEVELOPMENT FACTORS WEIGHING ON HIGHER EDUCATION

The profession of instructor has been changed by several development factors in recent years. Six important factors are presented in this section.

An initial factor relates to the continuing progress of ICT that transcends communication,

coordination, knowledge management, production of learning tool or objects and the scripting of teaching. This first factor has caused the President of Stanford University to state *"Just as technology disrupted and transformed the newspaper and music industries, it is now poised to wreak havoc upon another established industry: higher education"* (Hennessy, 2012).

A second factor relates to how the mission entrusted to higher education has developed. Thus, a vast professionalization movement has lead to the requirement of providing training programs that are closer to the concerns of businesses while seeking to provide training throughout life (Pisa, 2005). This leads to an evolution in the perception of knowledge and to the development of curricula definitions based on skills and business rationale with more useful knowledge that can be immediately applied (D'Andrea and Gosling, 2005).

A third factor relates to the professionalization of instructors and educational systems. It is reflected in the many reforms of university systems and a vast movement for the development of quality assurance (Manjula and Vaideeswaran, 2011). It participates in the consideration of teaching as a project where the product is student learning (Van Rooij, 2010).

A fourth factor relates to the changing profile of students, particularly in respect of their number and behaviour. This "Y" generation is more critical of the relevance of knowledge that the university wishes to teach it, than the previous generation (Roberson, 2011). Thus, we need a teaching design framework that produces more elaborate teaching activities capable of adapting to this new audience.

A fifth factor is the considerable growth and diversification of knowledge taught. This makes knowledge more difficult to acquire and less sustainable. Thus the search of knowledge and it capitalization are becoming fondamental.

A sixth factor relates to advances in the diffusion of research in teaching and learning. Indeed during the last two decades, this research has led to the emergence of new ideas such as active learning, significant learning, and educative assessment. These techniques are better suited to new student profiles and enable the development of learning techniques that are closer to current training needs (Warin, Kolski and Sagar, 2011a).

This state of art shows that the knowledge and skills that are now required for an instructor are no longer confined exclusively to their subject, but also relate to the use of Information Technology and Communication (ICT), teaching systems, student profile and expectations, the development of knowledge and teaching methods. The major challenge for instructors is no longer access to knowledge but the ability to take ownership of it, to organize relevant educational activities to enhance the learning of their students, and to justify themselves economically within the educational system.

3 PROPOSITION: TCMS AS NEW TYPE OF SUPPORT SYSTEM

Thus, the question of developing a support system to help instructors to specify and professionally manage the construction of their teaching courses was raised. The top diagram in Figure 1 shows that TCMS will help instructors by impacting on their teaching knowledge, subject knowledge, etc., as well as on their work methods and organization. Its goal will be to foster the creation or development of teaching, improve instructor skills and integrate developments that weigh on higher education. The entire Figure 1 shows the differences in requirements, constraints and objectives between TCMS and LCMS. The purpose of TCMS is teaching specification and design, whereas the purpose of LCMS is the implementation and monitoring of teaching with students.

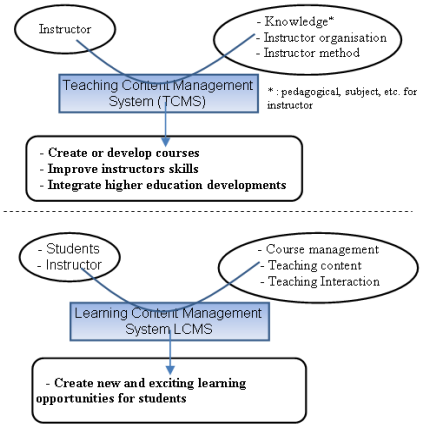


Figure 1: TCMS versus LCMS.

From an operational strategy perspective, current technology makes it possible to foresee an Internet based client / server tool, accessible anywhere, anytime, on various media from a PC to a smartphone. In fact, TCMS could use current technology platforms such as Moodle and even be directly integrated into them.

From a strategy point of view of functional requirements: the support to be provided must take

into account the specific manner that Higher Education instructors operate, who, for the most have never learned to teach (Bergin et al., 2001), must devote an important part of their activities to research, upon which their recognition and promotion are based (Harzing, 2010), and finally, for which the systematic creation principles or methods of current learning systems, such as the highly structured ADDIE (Molenda, 2003) or MISA (Paquette, 2010), do not correspond to their work traditions. Having to learn to use any computer-software teaching tool is one of the major hindrances to their use (Rößling et al., 2008). Thus, TCMS should incorporate its own learning system and be used at different levels of expertise adapted to the skills of the instructor who uses it.

4 THREEFOLD DESIGN OF TCMS

In order to assist instructor in these new challenges, we suggest that TCMS be built around three support axes: 1) Improving the instructor knowledge and professions skills 2) Management of a professional knowledge base and 3) Project realization. These three axes are detailed here after. This threefold design enables ownership to be taken in an iterative and incremental manner. The instructor is free to use one or more axes. Inside the first axis, ownership can be taken through several levels provided by a framework based on five sub-axes. Thus the instructor is free to build their engineering at their own pace. In doing so, our platform can include both the first time instructor, or the inexperienced instructor, and the experienced instructor.

4.1 Support for improving instructor knowledge and professional skills

Providing support to instructors by making updated knowledge and skills related to their instructor profession available to them. This axis will not simply be a mere repository of knowledge, but will also offer activities to learn and master these skills and knowledge. We propose that this axis be structured and developed through a framework that consists of five quality sub-axes: (1) Teaching technique, (2) Subjects (knowledge to be taught), (3) Scripting (4) Technology and (5) Research and innovation. Using a framework to frame the content of this axis has two advantages: it will organize the implementation of the future system, but it will also, by being designed with relatively independent sub-axes, offer multiple entries to future teaching users that will facilitate the full adhesion of instructors to the system, through the possibility of gradual ownership.

Teaching technique. This sub-axis relates to teaching basics. Its goal is to help instructors in identifying and taking ownership of basic teaching techniques. This sub-axis of the future platform will be responsible for managing teaching basics and basic teaching techniques, such as: knowing how to classify knowledge to be taught, knowing how to define educational objectives, knowing student learning conditions and strategies, etc. This part will be based on the classical works of Bloom, Krathwohl, Mager, Glaser, Gagne, Jonassen, etc., for which we do not provide an exhaustive list of references in this article due to lack of space. An interested reader can refer to Talon et al. (2012) for more information. The knowledge required for the "Teaching Technique" sub-axis is more of the academic knowledge type and will require limited effort by the instructor to master.

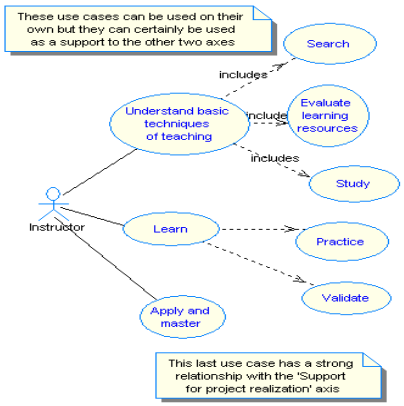


Figure 2: High-level use case of the "Support for improving instructor knowledge and professional skills" axis.

This "Teaching technique" sub-axis will also offer, 1) learning activities to learn the basic teaching techniques, 2) software for validating teaching knowledge, and 3) course definition tools. All or part of the results produced, such as the teaching objectives, can be automatically exported, depending on the opportunity, to the LCMS part of the platform to be brought to the knowledge of students. Figure 2 illustrates the main use cases for this "Teaching Technique" sub-axis. These use cases are written in the well-known UML language (http://www.uml.org/).

Subjects. This sub-axis relates to the content to be taught: computer science, mathematics, languages, etc. It aims to make resources validated by the best experts in the field available to instructors. Semi-automatic quality assessment tools of *a priori* resources can be integrated into this sub-axis. Indeed, an unidentified or authorless resource can be detected a priori as being of lesser quality. Similarly, in order to be classified as quality, these resources should not be mere knowledge repositories, but must be "comprehensive" in the sense that they must be accompanied by a teaching framework that facilitates their ownership or adaptation by the instructor: context, wording, specific correction elements, precise evaluation criteria, feedback, etc. Professional monitoring, based on peer review and feedback, can be put in place to assess the quality and relevance of resources.

Scripting. This sub-axis relates to more developed and more practical knowledge in relation to teaching. It aims to enable instructors to identify and take ownership of complex teaching strategies, such as, for example, serious games techniques or project-based learning. The volume and complexity of additional knowledge that instructors have to master is not the same as those of the "Teaching.

Technology. This sub-axis relates to the technology for helping instructors in relation to teaching methods. These are generic tools, whereas the technology tools related to the subject taught will be associated with the "Subjects" sub-axis. For example, visualization software to run a sorting algorithm will be integrated into the “Subjects” sub-axis. The purpose of this "Technology" sub-axis is to facilitate the use of ICT by instructors to manage their teaching activities. For example, in the near future, instructors that have mastered the Moodle or Blackboard type e-learning platform will have a distinct advantage. All the more as there are recent techniques that facilitate their configuration (Drira et al., 2011).

Research and innovation. This sub-axis relates to knowledge, processes and tools that facilitate the production of knowledge and innovation practices. It aims to help instructors in mastering the techniques of knowledge acquisition or creation, be they teaching or subject knowledge as advocated by Labour and Kolski (2010). It is important that an instructor masters access to bibliography databases and to simple techniques, that are not well know by many instructors, in relation to quality indices such the impact factor, the h-index and the g-index (Harzing, 2010), etc.

4.2 Support for the management of a professional knowledge

Whether to support the creation or development of their teaching or to achieve research results, instructors need to improve and manage their professional knowledge. The purpose of this axis is to provide a content management system that enables them to store, classify and enrich their professional knowledge.

In this content management system we need to distinguish free knowledge from other knowledge. Free knowledge can be freely modified and distributed without charge by the instructor. Free knowledge, even if there are different modalities of implementation (http://creativecommons.org) is the only knowledge that the teacher can reuse, improve, adapt and distribute for free during his teachings. The concept of free knowledge is important because it allows the teacher to remain master of his own issues: reducing the time spent in preparation, high quality educational resources provided, accuracy of knowledge disseminated and adaptation to the student audience.

Traditional knowledge can be managed effectively in the TCMS with bibliographic management tools such as for example, Mendeley software (http://Mendeley.com), possibly with additional functions and search rankings. Free knowledge included in the TCMS will be managed using a tool that combines the functions of a traditional CMS for its ability to store and organize knowledge, with those of a versioning tool. Evolutions must be stored including dates and major changes but also the identification of their contributors. Free knowledge does not mean anonymous knowledge. In addition, in connection with the third axis, *Support for project realization*, the tool will provide support for the capitalization of knowledge, acquired during the implementation of these third axis projects.

4.3 Support for project realization

This is the provision of support for the good management of instructor activities during the preparation and implementation of their teaching courses. We recommend a project management approach, in the sense of industrial project management (PMBOK, 2008). In this context, the TCMS will encourage and support the instructor, via the available tools, to rigorously set their teaching specification: topics, prerequisites, content, teaching objectives, start and end dates, specific material

conditions, etc. It will also enable the incorporation of specific context: implementation of teaching objectives, estimated time set aside for preparation, the instructor's level of command of the subject being taught, the instructor's personal goals in respect of the teaching, etc.

A major objective of the specification of this project mode is to get the instructors to capitalize the fruit of their teaching over course to be taken from one year to another and to be enriched, etc., but it should also support instructors in bringing together several teaching courses, whether they come from them or from a colleague.

5 DISCUSSION

In this section we discuss if TCMS is a new concept and also we discuss its practical implementation and usefulness.

Related works. The first question concerns existing previous works. Is this concept of TCMS new? Are there existing tools to support it? In our literature search we found similarities with the proposed concept in the Drona work of Anjali (2011). However, no theoretical support is given. There is also little detail. Some other works such as (Polson et al., 2005) introduce a TCMS but reading the relevant articles shows that they actually speak of an LCMS not of a TCMS. Several works such as (Juang et al. 2008), which are interested in improving teaching skills and teaching practices, are more interested by the relationship between teacher and his institution. Again these works cover a very small part of axis 3 of the TCMS. They do not offer a global solution to the teacher. We could not cite all the research related to our proposal, particularly the works carried out by the English-speaking institutions (English, American, Australian and Canadian) in the movement "scholarship of teaching and learning" (SoTL, http). However, to the best of our knowledge, the concept of TCMS proposed in this article is new, or at least very little developed so far in the literature.

Design choice. The second question in this discussion is the design of our tool. What type (s) of tool (s) to develop? Apart from the fact that it will be Web-based, several options are available to us. We chose to develop it by integrating it in a CMS. For our first tests, we chose the popular Moodle platform. Figure 3 shows a possible integration that takes advantage of the malleability of Moodle in which three spaces were created for the three axes described in this article. This type of development that will reuse part of the back-office, such as user management, should also promote the adoption of our tool by teachers who are already using this type of LCMS (of course, assessment will carried out to prove this) and facilitate the provision to students of lessons designed by teachers.

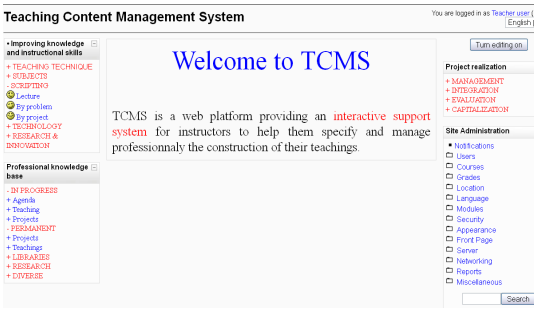


Figure 3: Mock-up of the TCMS home page

Utility considerations. The third question concerns the usefulness of such a platform. Would these tools be useful? Our specifications were used in few courses. Some of the tools used were MS-Project and the Moodle platform. A part of implementation has however been done manually. As result of this first experimentation, teachers concerned won an Award for Educational Innovation in a contest that involved seven French universities (Warin et al., 2011b).

6 CONCLUSION

This article looked at instructor-centered teaching engineering in academia. We highlighted six major development factors that require the rethinking of instructor work methods. We proposed a supplement to LCMS introduced in universities by adding a new type of feature: Teaching Content Management System (TCMS). The goal of a TCMS is to support instructors in the specification and design of their teaching so that they reach a high level of professionalism. We have emphasized that TCMS should be designed to enable iterative and incremental ownership. We therefore proposed a general design of the services that TCMS should offer. The first prototype of a TCMS is under development. It aims to make the system more holistic than the short presentation in three axes suggests. Next works will focus to prove that its use provides assistance to engage the instructor in reflexive inquiry of its practices and facilitates opportunities to work with other colleagues. Indeed, a collective effort should be based on individual

strong skills: to be a strong individual support to the instructor it's exactly the purpose of a TCMS.

REFERENCES

Anjali, D., S, 2011. A Teaching Content Mangement System. Retrieved the 10th October 2012 at https://sites.google.com/site/anjalijayalal/resume

Bennett, S., Agostinho, S., Lockyer, L., Harper, B. 2006. Supporting university teachers create pedagogically sound learning environments using learning designs and learning objects, IADIS International Journal,4(1), P 16-26.

Bergin, J., Eckstein, J., Manns, M., L., Sharp, H., 2001. Introduction to pedagogical patterns. Retrieved the 2th May 2011 at http://www.pedagogicalpatterns.org/current/introduction.pdf

D'Andrea, V., Gosling, D., 2005. Improving teaching and learning in higher education, Open university press, pp 262.

Drira, R., Warin, B., Laroussi, M., 2011. Contextualization of reusable learning systems: Theorical and pratical analysis, approach and case study, International Journal of Learning Technology 6(4), 362-383.

Harzing, A. W., 2010. The publish or perish book, your guide for effective and responsible citation analysis, Published by Tarma Software Research Pty Ltd, Melbourne, Australia, pp 250.

Hennessy, J.L., 2012. The coming tsunami in educational technology, CRA's 40th anniversary conference at Snowbird, 22-24 July 2012, Snowbird.

Juang, Y.-R., Liu, T.-C., Chan, T.-W., 2008. Computer-Supported Development of Pedagogical Content Knowledge through Developing School-Based Curriculum, Educational Technology & Society, 11(2), 149-170.

Labour, M., Kolski, C., 2010. A pedagogics pattern model of blended e-learning: a step towards designing sustainable simulation-based learning, in A.Tzanavari, N. Tsapatsoulis (Ed.), Affective, interactive and cognitive methods for e-learning design: creating an optimal education experience, IGI Global, 114-137, ISBN 978-1-60566-940-3.

Manjula, R., Vaideeswaran, J., 2011. A New Framework for Measuring the Quality of Engineering Education System using SEI-CMM approach – (E2-CMM), International Journal of Software Engineering & Applications 2(1), 28-42.

Molenda, M., 2003. In the search of the elusive ADDIE model, Performance Improvement.

Ottenbreit-Leftwich, A.T., Brush, T.A., Strycker, J., Gronseth, S., Roman, T., Abaci, S., vanLeusen, P., Shin, S., Easterling, W., and Plucker, J., 2012. Preparation versus practice: How do education programs and practicing teachers align in their use of technology to support teaching and learning?, Computers and Education 59(2), 399-411.

Paquette, G., 2010. Visual Knowledge Modeling for Semantic Web Technologies: Models and Ontologies, Information Science Reference, Hershey, NY.

Pisa, 2005. The definition and selection of key competencies (DeSeCo), 2005. Organization for economic co-operation and development.

PMBOK, 2008. Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge. PMBOK Guide – 4th Ed. Project Management, Institute, Newton Square, MA.

Polson, D., Sade, G., 2005. Spaces and traces : the ecologies of mixed reality learning environments. In: Online Teaching 2005 : Beyond Delivery, 27 September 2005, Queensland University of Technology, Brisbane

Roberson, C., 2011. Aligning generations to improve retention in introductory computing courses, Journal of Computing Sciences in Colleges 26(6), 30-36.

Rößling, G., Malmi, L., Clancy, M., Joy, M., Kerren, A., Korhonen, A., Moreno, A., Naps, T., Oechsie, R., Radenski, A., Rockford, J.R. and Velázquez-Iturbide, J. A., 2008. Enhancing learning management systems to better support computer science education, inroads - SIGSE bulletin, vol. 40 (4), 142-166.

SoTL, http. Scholarship of Teaching and Learning, Retrievd the 12th november 2012 at http://en.wikipedia.org/wiki/Scholarship_of_Teaching_and_Learning

Talon, B., Sagar, M., and Kolski, C., 2012. Developing Competence in Interactive Systems: The GRASP tool for the design or redesign of pedagogical ICT devices. ACM Trans. Comput. Educ. 12 (3), Article 9 (July 2012), 1-43.

Van Rooij, S.W., 2010. Project management in instruction design? In: British Journal Of education technology, 41(5), 852-864.

Warin, B., Kolski, C., Sagar, M., 2011a. Framework for the evolution of acquiring knowledge modules to integrate the acquisition of high-level cognitive skills and professional competencies: Principles and case studies, Computers & Education 57 (2011), 1595-1614.

Warin, B., Kolski, C., Sagar, M., 2011b: MIAOU – Instructional Innovation Award 2011 decerned by the Pole Research and Higher Education of University of North France.

Zou, J., Liu, Q., Yang, Z., 2012. Development of a Moodle course for schoolchildren's table tennis learning based on Competence Motivation Theory: Its effectiveness in comparison to traditional training method, Computers and Education 59(2), 2012, 294-303.