

N° d'ordre HDR 2010 009
Année 2010

Habilitation à Diriger des Recherches

Interactions et communications contextuelles dans les environnements informatiques pour l'apprentissage humain

Présentée devant
L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon
et l'Université Claude Bernard Lyon I

École doctorale :
Informatique et Mathématiques de Lyon

Par
Sébastien GEORGE

Soutenue le 30 novembre 2010 devant le jury composé de :

M.	Serge Garlatti	Professeur (Telecom Bretagne Brest), Rapporteur
Mme.	Monique Grandbastien	Professeur (Université Henri Poincaré Nancy 1), Rapporteur
M.	Richard Hotte	Professeur (Université du Québec à Montréal), Examineur
M.	Alain Mille	Professeur (Université Claude Bernard Lyon 1), Examineur
M.	Patrick Prévôt	Professeur (INSA de Lyon), Examineur
M.	Philippe Vidal	Professeur (Université Paul Sabatier Toulouse), Rapporteur

Laboratoire d'Informatique pour l'Entreprise et les Systèmes de Production

Remerciements

Je tiens en premier lieu à remercier les membres du jury. Je remercie Monique Grandbastien, Serge Garlatti et Philippe Vidal pour les échanges que nous avons eus à différents moments et pour l'honneur qu'ils m'ont fait en évaluant ce mémoire en tant que rapporteurs. Je remercie Alain Mille pour nos interactions scientifiques qui durent maintenant depuis quelques années et pour avoir accepté de faire partie du jury. Je remercie Richard Hotte pour sa participation au jury, pour les collaborations scientifiques que nous entretenons depuis une dizaine d'années et également pour l'ami qu'il est devenu. Je remercie Patrick Prévôt pour la confiance qu'il m'a toujours témoignée, pour sa rigueur, ses conseils éclairés et pour avoir relu attentivement la première version de ce mémoire.

J'ai une pensée toute particulière pour Martial Vivet, qui est à l'origine de ma « construction » en tant qu'enseignant-chercheur. Je lui dois beaucoup et sa vision humaine du métier m'inspire encore aujourd'hui.

Je voudrais remercier les collègues du centre de recherche LICEF. Mon séjour post-doctoral à Montréal a été l'occasion de nombreux échanges enrichissants. De même, je tiens à remercier les collègues du LIESP et plus particulièrement ceux de l'équipe « EIAH/IHM », en y associant les collègues en Sciences Humaines du laboratoire ICTT. L'aventure pluridisciplinaire au sein d'un même laboratoire s'est arrêtée indépendamment de notre volonté mais j'en retiens une expérience unique.

Les travaux de recherche décrits dans ce mémoire ne seraient pas ce qu'ils sont sans les doctorants que j'ai eu le plaisir d'encadrer ou que j'encadre actuellement. Un grand merci en particulier à Élise Garrot-Lavoué, Madeth May et Iza Marfisi-Schottman qui ont relu tout ou partie de ce mémoire. Je n'oublie pas les étudiants qui ont collaboré sur divers projets. En particulier, et dans l'ordre chronologique, merci à Marc Mossand, Hervé Labas, Désirée Titon, Nicolas Manin, Aina Lekira et Charlotte Courdavault.

Le contenu de ce mémoire doit également beaucoup aux nombreuses collaborations et partenariats dans divers projets de recherche. Je cite les projets et les collègues se reconnaîtront : CONFOR, AS-plate-forme, e-Tutor, ACTEURS-TICE, cluster ISLE/« Personnalisation des EIAH », LGF et SEGAREM.

Je n'oublie pas d'exprimer toute ma gratitude aux collègues du département informatique de l'INSA de Lyon pour le travail accompli collectivement dans une ambiance agréable.

Enfin, je remercie mon épouse Jennifer pour son soutien et sa compréhension durant la rédaction de ce mémoire et mon fils Lenny pour sa patience, atteignant parfois ses limites et se traduisant par un « *papa, éteins le r'nateur !* »...

Interactions et communications contextuelles dans les environnements informatiques pour l'apprentissage humain

Résumé

L'objet principal de nos recherches est la prise en compte du contexte dans les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH). Les problématiques traitées concernent la création de modèles considérant le contexte des apprenants et des enseignants pour faciliter leurs communications et le partage d'informations, ainsi que la conception de situations informatisées favorisant des apprentissages par des mises en contexte. Notre activité s'est organisée autour de projets de recherche ayant pour préoccupation d'améliorer la formation en ligne et les *learning games*. Dans le cadre de la formation en ligne, les contributions majeures se situent au niveau de la conception et l'expérimentation de modèles pour inciter et soutenir des communications contextuelles, c'est à dire liant des messages à des éléments de contexte (ressources, connaissances, activités d'apprentissage ou d'enseignement). Dans le cadre des *learning games*, les contributions principales concernent la définition d'un processus de création de jeux d'entreprise et son instrumentation informatique intégrant des contrôles qualité. Nous adoptons une démarche de recherche qui place l'utilisateur, ses activités et ses besoins au centre des préoccupations. La méthode globale de conception de nos systèmes peut être qualifiée d'itérative et de participative. Une attention particulière est portée sur la construction des interactions homme-machine qui doivent refléter les modèles et concepts sous-jacents.

Mots-Clés : Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH) – Interaction Homme-Machine (IHM) – Communication contextuelle – Communauté de pratique – Environnement auteur – Formation en ligne – Jeux pédagogiques

Contextual Interactions and Communications in Computer-Based Learning Environments

Abstract

Our research focuses on context-awareness in the field of Technology Enhanced Learning (TEL). The issues we addressed include the creation of models that take into account the learner's and the teacher's context to support communication and information sharing, and the design of TEL situations that promote contextual learning. Our research is organized around projects, aiming at improving e-learning and learning games. Regarding e-learning, major contributions feature the design and assessment of several models to support contextual communication among users, while directly linking their discussions to elements of context (resources, knowledge, learning or teaching activities). Regarding learning games, one significant contribution is the definition of a process for designing learning games and an authoring environment that integrates quality control tools to assist the authors. Our research approach acknowledged the importance of the end-users, their activities and their needs. Our systems are designed using an iterative and participatory approach. Therefore, we particularly pay attention to the design of the Human-Computer Interactions, so that they reflect the underlying concepts and models.

Keywords: Technology Enhanced Learning (TEL) – Human-Computer Interaction (HCI) – Contextual communication – Community of practice – Authoring environnement – E-Learning – Learning Games

Table des matières

PARTIE 1 : CURRICULUM VITAE	13
<i>État civil</i>	<i>15</i>
<i>Titres universitaires</i>	<i>15</i>
<i>Déroulement de carrière</i>	<i>15</i>
<i>Activités d'enseignement</i>	<i>16</i>
Enseignements au département informatique (IF) de l'INSA de Lyon.....	16
Enseignements pour la Formation Continue à l'INSA de Lyon.....	17
Enseignements au département Génie Industriel (GI) de l'INSA de Lyon.....	17
Enseignements en DEA/Master Recherche.....	18
Principaux enseignements à l'Université du Maine (1997-2001).....	18
Utilisation de technologies innovantes pour l'enseignement.....	18
<i>Activités de recherche</i>	<i>19</i>
Encadrements scientifiques	19
Projets de recherche et activités contractuelles.....	21
Liste des publications	23
<i>Responsabilités collectives et animations scientifiques.....</i>	<i>31</i>
Membre de comités de rédaction et de lecture de revues et d'ouvrages	31
Implication dans la programmation et l'organisation de manifestations scientifiques	31
Membre de comités de programme et de lecture de conférences scientifiques.....	31
Participation à des jurys de thèse	32
Expertises scientifiques	32
Implication dans la vie du laboratoire.....	32
Implication dans la vie du département informatique	32
Implication dans la vie de l'INSA de Lyon	32
PARTIE 2 : TRAVAUX DE RECHERCHE	33
INTRODUCTION	35
<i>Contexte global des travaux de recherche.....</i>	<i>37</i>
<i>Présentation du plan.....</i>	<i>38</i>
CHAPITRE 1 AXES DE RECHERCHE ET PROBLÉMATIQUES	41
1.1 <i>Introduction</i>	<i>43</i>
1.2 <i>Domaine d'étude et cadre des travaux</i>	<i>43</i>
1.2.1 La formation en ligne	43
1.2.2 Les jeux informatiques pour l'apprentissage (<i>learning games</i>).....	45
1.3 <i>Axes de recherche</i>	<i>46</i>
1.3.1 Apprentissage collectif assisté par ordinateur	46
1.3.2 Support informatique au tutorat en ligne.....	50
1.3.3 Environnements auteurs.....	53
1.4 <i>Problématiques générales abordées</i>	<i>54</i>
1.4.1 Systèmes informatiques sensibles au contexte (<i>Context-aware computing</i>)	54
1.4.2 Traces et analyse d'interactivités	57
1.4.3 Conception et ingénierie des EIAH	59
1.5 <i>Démarche de recherche</i>	<i>61</i>
1.6 <i>Synopsis des travaux de recherche.....</i>	<i>62</i>

CHAPITRE 2	CONTEXTUALISATION DES COMMUNICATIONS DANS LA FORMATION EN LIGNE.....	65
2.1	<i>Introduction</i>	<i>67</i>
2.2	<i>Cadre des recherches.....</i>	<i>67</i>
2.3	<i>Questions de recherche.....</i>	<i>70</i>
2.4	<i>Forum contextuel : CONFOR.....</i>	<i>71</i>
2.4.1	Outils de communication et formation en ligne	71
2.4.2	La communication : une action contextuelle et située.....	72
2.4.3	Proposition d'un modèle de forum contextuel	73
2.4.4	Le système CONFOR	81
2.4.5	Expérimentations et résultats.....	84
2.4.6	Discussion et positionnement du travail	86
2.5	<i>Communication contextuelle et mobilité : MeCoCo</i>	<i>88</i>
2.5.1	L'émergence du <i>m-learning</i>	88
2.5.2	Proposition d'un modèle de contexte pour les communications en situation de <i>m-learning</i>	89
2.5.3	Le prototype MeCoCo.....	91
2.5.4	Discussion et positionnement du travail	96
2.6	<i>Tracer les communications médiatisées : TrAVis</i>	<i>97</i>
2.6.1	Traces et analyses de communications médiatisées	97
2.6.2	Approche proposée pour le traçage des activités de communications médiatisées.....	100
2.6.3	La plate-forme TrAVis.....	104
2.6.4	Expérimentations et résultats.....	107
2.6.5	Discussion et positionnement du travail	108
2.7	<i>Conclusion</i>	<i>110</i>
CHAPITRE 3	CAPITALISATION DE PRATIQUES D'ENSEIGNANTS DANS LEUR CONTEXTE.....	111
3.1	<i>Introduction</i>	<i>113</i>
3.2	<i>Cadre des recherches.....</i>	<i>113</i>
3.3	<i>Questions de recherche.....</i>	<i>114</i>
3.4	<i>Propositions d'outils d'assistance au tuteur lors d'une formation en ligne</i>	<i>115</i>
3.4.1	Proposition d'un outil d'aide au tuteur : <i>e-Guide</i>	115
3.4.2	Proposition d'un système conseiller pour le tuteur	117
3.4.3	Limites des travaux et nouvelle piste	120
3.5	<i>Support à la capitalisation de pratiques d'enseignants : TE-Cap.....</i>	<i>121</i>
3.5.1	Identification des rôles des tuteurs	121
3.5.2	Précisions des besoins des tuteurs	123
3.5.3	Proposition d'un modèle d'interconnexion de communautés d'enseignants.....	124
3.5.4	TE-Cap : une plate-forme de support à la capitalisation d'expériences	126
3.5.5	Expérimentations et résultats.....	128
3.5.6	Discussion et positionnement du travail	130
3.6	<i>Conclusion</i>	<i>132</i>

CHAPITRE 4 APPRENTISSAGE PAR UNE MISE EN CONTEXTE : INSTRUMENTATION D'UNE MÉTHODE DE CRÉATION DE JEUX D'ENTREPRISE	133
4.1 Introduction	135
4.2 Cadre des recherches.....	135
4.2.1 Serious games et learning games	135
4.2.2 Les jeux d'entreprise à l'INSA de Lyon	136
4.3 Questions de recherche	140
4.4 Instrumentation d'une méthode de création de jeux d'entreprise : EDoS.....	141
4.4.1 Les jeux d'entreprise : des environnements complexes et coûteux à créer.....	141
4.4.2 Formalisation du processus de création d'un jeu d'entreprise	142
4.4.3 Environnement informatique pour la création de jeux d'entreprise	146
4.4.4 Discussion et positionnement du travail.....	152
4.5 Simulateur de comportements d'apprenants : SIMCA	153
4.5.1 Les jeux d'entreprise : des environnements complexes à évaluer	153
4.5.2 Comportements et modèles de joueurs virtuels	154
4.5.3 Simulateur de comportements d'apprenants.....	156
4.5.4 Discussion et positionnement du travail.....	162
4.6 Conclusion.....	164
CONCLUSION ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE	165
Bilan des travaux et mise en perspective.....	167
Programme de recherche.....	169
Indicateurs d'interactions médiatisées s'appuyant sur des analyses sémantiques	169
Étude de l'interopérabilité entre systèmes manipulant des traces	170
Usage de la réalité mixte pour améliorer la contextualisation des apprentissages.....	172
Vers une création de learning games dirigée par les modèles	173
Conclusion	174
ANNEXES : SÉLECTION DE PUBLICATIONS	175
Bridging the Gap between Human Communication and Distance-Learning Activities	177
Supporting the Interconnection of Communities of Practice	193
Using Virtual Learners' Behaviours to Help the Development of Educational Business Games.....	215
BIBLIOGRAPHIE	231

Liste des figures

Figure 1 Synopsis des axes de recherche	46
Figure 2 Cadre de classification des systèmes sensibles au contexte	55
Figure 3 Principe général d'un système à base de traces	58
Figure 4 Services et contenus d'un portail pour la communauté EIAH	60
Figure 5 Démarche globale de conception itérative et participative	61
Figure 6 Synopsis des recherches	63
Figure 7 Le modèle CONFOR	75
Figure 8 Utilisation de SCORM pour contextualiser les discussions	77
Figure 9 Utilisation de LOM pour contextualiser des discussions	80
Figure 10 Intégration des contextualisations des discussions par activité et par contenu	81
Figure 11 L'interface du forum CONFOR utilisé à la Télé-Université du Québec	82
Figure 12 L'interface de CONFOR intégrant les deux types de contextualisation	83
Figure 13 Accès à CONFOR par web-services	84
Figure 14 Le contexte selon 6 dimensions	91
Figure 15 L'architecture MeCoCo	92
Figure 16 Avatar disposant d'accessoires représentant les dimensions du contexte	94
Figure 17 Vue globale dans MeCoCo	95
Figure 18 Une vue détaillée par rapport à la localisation	96
Figure 19 Suivi et évaluation des activités de communications médiatisées	100
Figure 20 Modèle général pour les traces CMC (Schéma XSD)	101
Figure 21 Illustration de l'héritage de modèles de traces pour les CMC	102
Figure 22 Architecture du système de traçage de communications médiatisées	103
Figure 23 L'interface de la plate-forme TrAVis	105
Figure 24 Indicateurs d'activité de visualisation d'un message dans le forum CONFOR	106
Figure 25 Indicateurs du niveau de collaboration dans un groupe	107
Figure 26 L'outil <i>e-Guide</i> présentant les recommandations de manière interactive	116
Figure 27 Positionnement du système conseiller pour le tuteur	117
Figure 28 Exemple d'un modèle d'instanciation de variables pédagogiques	118
Figure 29 Partie de l'ontologie représentant les acteurs et leurs caractéristiques	119
Figure 30 Modèle d'Interconnexion de Communautés de Pratique	125
Figure 31 Interface pour la définition du profil utilisateur	127
Figure 32 Interface de recherche dans TE-Cap	128
Figure 33 Le jeu <i>Samoulean</i>	138
Figure 34 Processus de construction de compétences	140
Figure 35 Processus de création d'un jeu d'entreprise	145
Figure 36 Outil de définition des objectifs pédagogiques (compétences)	148
Figure 37 Modèle de scénario ludo-pédagogique pour les jeux d'enquête	149
Figure 38 Outil de scénarisation (exemple du jeu Samoulean)	151
Figure 39 Le modèle SIMCA	157
Figure 40 Exemple de graphe d'actions pour le jeu Bivouac	158
Figure 41 Modèle d'un joueur virtuel	161

PARTIE 1 : *Curriculum Vitae*

État civil

Nom : GEORGE
 Prénom : Sébastien
 Né le 5 septembre 1973 au Mans
 Nationalité française, marié, 1 enfant

Adresse professionnelle
 Laboratoire LIESP
 21, avenue Jean Capelle
 bat. Léonard de Vinci (401)
 69621 Villeurbanne Cedex - France
 tél. 04.72.43.60.27
 fax. 04.72.43.79.92

Adresse personnelle
 173 chemin de la Thorine
 01600 Misérieux

e-mail : Sebastien.George@insa-lyon.fr

Titres universitaires

Année	Diplôme	Lieu	Mention
2001	Doctorat, Spécialité Informatique Apprentissage collectif à distance. SPLACH : un environnement informatique support d'une pédagogie de projet	Université du Maine, Le Mans	Très Honorable
Interruption pour cause de Service National en 1996-1997, Scientifique du contingent à Tours			
1996	DEA Communication Homme/Machine et Ingénierie Éducative	Université du Maine, Le Mans	Bien
1995	Maîtrise Micro-Informatique, Micro- processeurs et Électronique (MIME) et titre d'Ingénieur-Maître	IUP MIME, Le Mans	Très Bien avec les Félicitations du Jury (major de promotion)

Déroulement de carrière

Année	Fonction	Lieu
Depuis 2002	Maître de Conférences en informatique Classe normale Prime d'Excellence Scientifique depuis 2009	INSA de Lyon, Département Informatique Laboratoire LIESP, EA 4125
2001- 2002	Chercheur post-doctorant (bourse d'excellence de l'agence universitaire de la francophonie)	Centre de recherche LICEF/CIRTA Télé-université, Montréal, Qc, Canada
2000- 2001	Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche (ATER)	Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine, Le Mans
1997- 2000	Doctorant (allocataire de recherche MESR) et enseignant vacataire	Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine, Le Mans

Activités d'enseignement

J'enseigne dans le supérieur depuis 1997, d'abord en tant que vacataire puis ATER à l'Université du Maine et actuellement en tant que maître de conférences au département informatique de l'INSA de Lyon (école d'ingénieur). J'interviens également dans le département génie industriel pour l'encadrement de projets d'étudiants et dans le master en informatique de Lyon, parcours recherche (spécialité "Connaissance et Décision").

Le département informatique accueille sur trois années (2^{ème} cycle) des promotions d'environ 120 étudiants. Les cours en amphithéâtre se font devant toute la promotion, les enseignements en TD et TP en groupes de 30 étudiants. La formation est très axée sur la pratique (environ 2/3 des enseignements) et la préparation des TP et projets représente un investissement important.

Une grande partie de mes activités d'enseignement se font en synergie avec mes activités de recherche. En particulier les cours sur les Interfaces Homme-Machine et sur le travail collaboratif sont directement liés à mes thèmes de recherche. Certains sujets de projets pédagogiques résonnent également avec mes travaux de recherche (projet de conception sur des environnements pédagogiques innovants en 5^{ème} année du département informatique et projet collectif de conception de *serious games* au département génie industriel). Naturellement, mes interventions dans le master recherche sont axées sur mes recherches. De ce fait, il se développe un enrichissement mutuel de mes activités de recherche et d'enseignement.

L'autre partie de mes enseignements concerne des enseignements fondamentaux en informatique et gestion de projet, formation nécessaire pour les élèves-ingénieurs. Les parties suivantes détaillent mes activités d'enseignement, en précisant le public visé et le nombre d'heures dispensées.

Enseignements au département informatique (IF) de l'INSA de Lyon

Interaction Homme-Machine (2007-..., 4^{ème} année IF), Cours/TP : 57 h /an

Ergonomie des IHM (modélisation des activités, critères, ...)

Maquettage, prototypage, conception participative, méthodes d'évaluation

Interfaces adaptatives, nouvelles IHM

Travail collaboratif : outils et méthodes (2007-..., 3^{ème} année IF), Cours/TP : 19h /an

Introduction au Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur (TCAO)

Classification des outils collaboratifs existants, solutions disponibles, workflow

Gestion de fichiers avec SVN

Algorithmique et C++ (2004-..., 3^{ème} année IF), TD : 16h /an

Structure de données : recherche, insertion et suppression dans des collections

Entrée/sortie non formatées (fichier binaire)

Méthode de résolution de problème (2002-..., 5^{ème} année IF), TD : 12h /an

Animation d'un *serious game* : résolution d'un cas d'entreprise par les étudiants

Utilisation des outils de la qualité : brainstorming, ishikawa, QQQCP, ...

Projet de conception (2003-..., 5^{ème} année IF), TD : 25h /an

Gestion de projet, étude et conception d'un environnement techno-pédagogique innovant

Conception et intégration d'applications industrielles (2002-..., 4^{ème} année IF), TD/TP : 50h/an

Implémentation d'un pilote de périphérique

Conception et développement d'une application industrielle multi-tâches client/serveur

Programmation temps réel - contrôle d'un robot (2003-..., 3^{ème} année IF), TP : 30h /an

Langage de conception graphique d'une application multi-tâches

Pilotage temps réel d'un robot (Khepera), langage C

Conception d'une carte dédiée et arbitrage de bus (2003-2006, 3^{ème} année IF), TD/TP : 38h /an

Architecture des Ordinateurs, Interfaces matérielles et périphériques

Échange de données entre processeurs et autres périphériques, contrôle d'un bus

Conception logique de circuits électroniques, visualisation de signaux à l'oscilloscope, ...

Encadrement de projets de fin d'étude (2003-...), variable suivant les années

Validation des sujets, rendez-vous réguliers, visites en entreprise, jurys de soutenance, ...

Thèmes : IHM, environnements de travail collaboratif, *knowledge management*, ...

Enseignements pour la Formation Continue à l'INSA de Lyon**Interaction Homme-Machine** (2008-..., mastère spécialisé IF), Cours : 9h /an

Ergonomie des IHM, Maquettage, prototypage, conception participative, méthodes d'évaluation, Interfaces adaptatives, nouvelles IHM

Enseignements au département Génie Industriel (GI) de l'INSA de Lyon**Encadrement de projets collectifs** (2002-2010, 4^{ème} année GI), TD : 45h /an

Les projets collectifs sont un modèle pédagogique original. Chaque projet correspond à un investissement de plus de 2500 heures étudiants sur 7 mois et sous l'encadrement 3 tuteurs (pédagogiques, techniques et management). Les objectifs pédagogiques principaux sont d'apprendre à conduire collectivement un projet réel, d'utiliser des modèles et des outils de la qualité, de savoir aborder une entreprise sous différents aspects et de développer la créativité.

Dans ces projets, mon rôle a été celui de tuteur technique sur des sujets de conception et de réalisation de *serious games*. L'encadrement consiste principalement à former les étudiants à la gestion de projet, à la programmation et aux technologies web.

Liste des projets encadrés :

- 2002 – 2003 Transat (maître d'ouvrage : INSA)
L'objectif a été de développer un outil multimédia pour faire adhérer et pour initier aux métiers d'auteur et de tuteur *e-learning*, les enseignants du supérieur. Le jeu se présente sous la forme d'une quête sur une île.
- 2003 – 2004 Nemesis (maître d'ouvrage : F. Bourlet)
Ce projet a eu pour objectif de concevoir un jeu pédagogique pour former des décideurs au droit pénal. Ce jeu de type plateau sensibilise à la fois aux différents délits pouvant faire l'objet de poursuites et au système judiciaire français.
- 2004 – 2005 Pro-HA (maître d'ouvrage : société COGIX)
Le but est de concevoir un jeu d'entreprise pour former aux achats industriels. Dans le jeu, l'apprenant incarne un jeune ingénieur confronté à une démarche achat qu'il doit découvrir, assimiler et mettre en place dans le but de rendre sa société compétitive dans un monde futuriste.

- 2005 – 2006 Pro-HA2 (maître d'ouvrage : société COGIX)
Ce projet s'intéresse plus particulièrement au problème de la recherche des fournisseurs dans une démarche achat. L'ensemble des trois premiers actes du jeu ont été scénarisés, réalisés et testés : la position de l'acheteur dans l'entreprise, cibler le bon produit, *sourcing* (méthodes de recherche de fournisseurs).
- 2006 – 2007 Pro-HA3 (maître d'ouvrage : société COGIX)
Ce projet a permis de scénariser et réaliser les 3 derniers actes du jeu Pro-HA : détermination des critères de comparaison des fournisseurs, méthode de sélection de trois fournisseurs finalistes, contractualisation avec le fournisseur sélectionné.
- 2009 – 2010 HADES (maître d'ouvrage : société Bertin et CNES)
Le projet HADES (*Help for Advanced launchers DESign*) vise à favoriser l'émergence de solutions techniques innovantes pour des lanceurs spatiaux. Le *serious game* conçu a pour scénario une course à l'espace entre 2 nations permettant d'aborder les connaissances requises pour comprendre le fonctionnement des lanceurs de satellites, mais aussi pour stimuler l'imagination et la création de concepts innovants.

Enseignements en DEA/Master Recherche

Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (2005-..., Lyon), Cours : 15h /an
Master Recherche Informatique Spécialité Connaissance et décision (CODE)

Formation à distance : environnement support aux enseignants et aux étudiants

Supporter les activités pédagogiques collectives et les interactions entre apprenants

Note : l'option EIAH n'a pas ouvert en 2008, 2009 faute d'effectif

Environnements Interactifs d'Apprentissage à Distance (2003-2005, Paris 5), Cours : 4h /an
Master Recherche Informatique Perception, Cognition et Communications (IPCC)

Apprentissage collaboratif assisté par ordinateur, analyse de comportements sociaux

Principaux enseignements à l'Université du Maine (1997-2001)

Génie Logiciel, Programmation orientée Objet (1999-2001), Cours/TD/TP : 156h au total
Licence d'informatique, IUP Micro-informatique Micro-électronique, Université du Maine

Cours de Génie Logiciel,

Programmation orientée Objet, langage C++

Programmation, algorithmique (1997-2000), TD/TP : 141h au total

DEUG Science de la Matière et Sciences de la terre, 1ère et 2ème année, Univ. du Maine

Programmation structurée, algorithmique

Langage C et langage Pascal

Bureautique

Utilisation de technologies innovantes pour l'enseignement

Cours interactifs avec utilisation de **boîtiers de vote électronique** *powervote* (depuis 2009)

Utilisation de la plate-forme **moodle** pour la mise en ligne des cours (depuis 2006)

Animation de session de formation du **jeu d'entreprise** Puissance 7 sur la résolution de problème (depuis 2002), modèle pédagogique original avec phases de *briefing*-jeu-*debriefing*, capitalisation par la réalisation de 3 **DVD pédagogiques** (2005).

Actuellement, **maître d'ouvrage** pour la création d'une nouvelle version de Puissance 7.

Activités de recherche

Les travaux effectués depuis le doctorat concernent les interactions et communications contextuelles dans les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH). Les différentes recherches j'ai menées ont une problématique centrale : celle du contexte, et en traitent différentes facettes : contexte d'apprentissage, contexte de l'apprenant ou du tuteur, ou encore contexte d'utilisation des connaissances et compétences. D'un point de vue informatique, il s'agit de concevoir des modèles et des systèmes prenant en compte ces contextes (*context-aware computing*). La partie 2 de ce mémoire présente le détail de mes activités de recherche.

Mes recherches ont été réalisées au sein de différents laboratoires de recherche. Après ma thèse de doctorat soutenue en 2001 au Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine (LIUM) au Mans, j'ai effectué une année de post-doctorat au centre de recherche LICEF (Laboratoire en Informatique Cognitive et Environnements de Formation) à Montréal. Le LICEF est le centre de recherche de la Télé-Université du Québec et travaille à développer des méthodes, des outils de conception et de réalisation de systèmes informatiques pour soutenir l'apprentissage en ligne. En 2002, j'ai été recruté comme maître de conférences à l'INSA de Lyon, au laboratoire ICTT (Interaction Collaborative Téléformation TéléActivités), laboratoire pluridisciplinaire et multi-établissements (INSA et École Centrale de Lyon) travaillant sur deux axes complémentaires que sont les IHM et les EIAH. Le caractère pluridisciplinaire du laboratoire n'a malheureusement pas pu être conservé et, en 2007, le laboratoire LIESP (Laboratoire d'Informatique pour l'Entreprise et les Systèmes de Production) est né de la fusion de l'équipe des informaticiens d'ICTT et du laboratoire PRISMa. C'est dans le cadre de ce laboratoire que se sont poursuivies mes thématiques au sein d'un axe nommé « Systèmes interactifs avancés d'apprentissage humain ».

Encadrements scientifiques

Encadrement de doctorants

4 encadrements : 2 thèses soutenues et 2 thèses en cours

Durée moyenne des thèses : 3 ans et 1,5 mois

Elise GARROT-LAVOUÉ

Date de début : 1^{er} octobre 2005

Soutenance : 3 novembre 2008

Co-encadrement : Patrick Prévôt (50%)

Titre de la thèse : Plate-forme support à l'Interconnexion de Communautés de Pratique. Application au tutorat avec TE-Cap.

Situation actuelle : Maître de Conférences, Université Lyon 3

Madeth MAY

Date de début : 1^{er} octobre 2006
Soutenance : 4 décembre 2009
Co-encadrement : Patrick Prévôt (50%)
Titre de la thèse : Utilisation des traces comme outils réflexifs pour les apprenants et les enseignants à distance : application aux communications médiatisées.
Situation actuelle : ATER, INSA de Lyon

Iza MARFISI-SCHOTTMAN

Date de début : 1^{er} octobre 2008
Co-encadrement : Franck Tarpin-Bernard (50%)
Titre de la thèse : Environnement de scénarisation et de test de *serious games*
Situation actuelle : Thèse en cours, allocataire de recherche et monitrice

Charlotte COURDAVAULT

Date de début : 1^{er} janvier 2010
Co-encadrement : Patrick Prévôt (50%)
Titre de la thèse : Intégration de la réalité mixte dans les *serious games*
Situation actuelle : Thèse en cours, contrat de recherche (projet SEGAREM)

Encadrement d'étudiants en DEA/Masters Recherche

Au total, j'ai encadré 6 étudiants durant leurs stages de DEA/Masters Recherche (M2R) : 3 étudiants ont continué en thèse (dont 2 sous mon encadrement), les 3 autres ont trouvé rapidement un travail en entreprise sur des poste de recherche et de développement.

Marc MOSSAND

Année : 2003
Diplôme : DEA Extraction des Connaissances à partir des Données, Univ. Lyon 2
Titre du travail : Forum structuré contextuel pour la formation en ligne
Situation actuelle : Ingénieur R&D chez France Telecom

Désirée TITON

Année : 2004
Diplôme : M2R Informatique, spécialité connaissances et raisonnement, Lyon
Titre du travail : Simulateur dans le cadre de jeux pédagogiques
Situation actuelle : Ingénieur R&D, UNILOG Paris

Elise GARROT

Année : 2005
Diplôme : M2R Informatique, spécialité connaissances et raisonnement, Lyon
Titre du travail : Modélisation du tutorat en ligne et conception d'un système d'aide à la préparation de situations d'apprentissage.
Situation actuelle : Maître de Conférences, Université Lyon 3

Nicolas MANIN

Année : 2005
Diplôme : M2R Informatique, spécialité connaissances et raisonnement, Lyon
Titre du travail : Simulateur de comportements d'apprenants
Situation actuelle : Ingénieur dans une PME

Sébastien George

HDR en informatique / 2010
Institut National des Sciences Appliquées de Lyon

Madeth MAY

Année : 2006

Diplôme : M2R Informatique, spécialité connaissances et raisonnement, Lyon

Titre du travail : Système d'observation et d'analyse de communications médiatisées

Situation actuelle : ATER, INSA de Lyon

Aina LEKIRA

Année : 2008

Diplôme : M2R Informatique, spécialité connaissances et raisonnement, Lyon

Titre de la thèse : Un système de contextualisation de communications médiatisées

Situation actuelle : Doctorante, allocataire monitrice au Mans

Projets de recherche et activités contractuelles**Projet international CONFOR (CONtextual FORum) (2005-2006)**Implication : *Responsable du projet*

Financement : Centre Jacques Cartier (financement de déplacements)

Partenaires : INSA de Lyon (ICTT), Télé-Université du Québec (LICEF/CIRTA)

Objectif : Favoriser l'émergence d'interactions entre apprenants

Projet européen E-tutor (2004-2006)Implication : *Participant et responsable du projet pour le laboratoire*

Financement : Commission Européenne, Direction générale pour l'éducation et la culture, formation et jeunesse – Appel « Initiative eLearning » (350 k€)

Partenaires : INSA de Lyon (LIRIS-ICTT), Université de York (GB), Trinity College (Irlande), Université Polytechnique de Madrid (Espagne), Université de Thessaloniki (Grèce)

Objectif : Aider tout tuteur à mettre rapidement en place un tutorat à distance dans un contexte Multi-Culturel Collaboratif et Synchron

Projet national ACTEURS-TICE (2005-2007)Implication : *Responsable du sous-projet : situations et artefacts*

Financement : ministère : ACI «Terrain, Techniques, Théorie, travail interdisciplinaire en SHS » (40 k€/an)

Partenaires : INRP Lyon (Resp.), ICTT Lyon, ICAR Lyon, ISPEF Lyon, LIRIS Lyon, CLIPS, Grenoble, SYSCOM Chambéry, CIRTA Canada, CDUNTE Suisse, TECFA Suisse

Objectif : Observer et instrumenter les situations collectives d'apprentissage

Projet national « Plate-forme et composants EIAH » (2003-2005)Implication : *Participant*

Financement : CNRS, Action Spécifique, RTP 39 (30 k€)

Partenaires : TRIGONE Lille (resp.), CLIPS Grenoble, SYSCOM Chambéry, ICTT Lyon, CRIP V, Paris, LIUM Le Mans, LIUPPA Pau, INT Evry

Objectifs : Proposer des mécanismes pour la réutilisation de composants EIAH

Projet régional « Personnalisation des EIAH : phase 1 » (2005-2008) »,

- Implication : Co-responsable de la tâche 4 : Interprétation des traces
- Financement : Région Rhône-Alpes, Cluster « Informatique, Signal, logiciels embarqués » (~30 k€/an)
- Partenaires : Leibniz Grenoble, CLIPS Grenoble, LAG Grenoble, LIDILEM Grenoble, ICP Grenoble, ICAR Lyon, LIRIS Lyon, ICTT Lyon, RIM St Etienne, SYSCOM Chambéry
- Objectif : Mettre en place des outils génériques permettant à la communauté de bénéficier d'une base commune pour partager son expérience et ses travaux sur le thème de la personnalisation des EIAH à partir des traces d'activité des apprenants.

Projet régional « Personnalisation des EIAH : phase 2 » (2009-2012) »,

- Implication : Co-responsable du projet depuis déc. 2009
- Financement : Région Rhône-Alpes, Cluster « Informatique, Signal, logiciels embarqués » (~30 k€/an)
- Partenaires : LIG Grenoble, LIDILEM Grenoble, ICAR Lyon, LIRIS Lyon, LIESP Lyon, RIM St Etienne, SYSCOM Chambéry
- Objectif : La phase II du projet a pour objectif, d'une part, de permettre aux groupes de recherche de multiplier la collecte d'usages de traces dans un format autorisant la constitution d'un corpus et, d'autre part de mettre en place une plate-forme de *benchmarking*.

Projet fond européen « Learning Game Factory » (2009-2010)

- Implication : Participant
- Financement : Europe FEDER (1 188 k€),
labellisé par le pôle de compétitivité IMAGINOVE
- Partenaires : sociétés : SYMETRIX, DAESIGN, SBT, LES TANUKIS, GENEZIS
laboratoires : LIG Grenoble, LIESP, ESC Chambéry, SYSCOM Chambéry
- Objectif : Concevoir un environnement permettant la conception, la réalisation, la diffusion mais aussi la réutilisation de tout ou partie d'un système d'apprentissage multimédia ludique (*learning game*).

Projet national « SEGAREM : Serious Games et Réalité Mixte » (2010-2012)

- Implication : Responsable du projet
- Financement : Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services (DGCIS), Plan de relance économique, volet numérique (693 k€),
labellisé par le pôle de compétitivité IMAGINOVE
- Partenaires : LIESP, SYMETRIX, TOTAL IMMERSION
- Objectif : SEGAREM vise à apporter des réponses sur le plan des méthodes, modèles et outils pour la production de dispositifs interactifs de type *Serious Games* utilisant des techniques de réalité augmentée

Liste des publications

Synthèse par type de publication	Nb
Éditions d'ouvrages	3
Chapitres dans des ouvrages édités et livres	3
Articles dans des revues internationales avec comité de rédaction	10
Articles dans des revues nationales avec comité de rédaction	6
Communications à des manifestations d'audience internationale avec actes et comité de sélection	27
Communications à des manifestations d'audience nationale avec actes et comité de sélection	13
Rubriques dans des revues	2
Articles courts dans des manifestations d'audience internationale avec comité de sélection	8
Articles courts dans des manifestations d'audience nationale avec comité de sélection	2
Articles dans des workshops d'audience internationale	3
Articles dans des workshops d'audience nationale	2
Thèse	1
Rapports de recherche	3
Article de vulgarisation	1
Communications sans acte dans une conférence nationale avec comité de sélection	3
Total	87

Éditions d'ouvrages

- [1] George S., Sanchez E., (eds) Actes du workshop « Jeux Sérieux », Conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH), 23 juin 2009, Le Mans, 86 p.
- [2] George S., Caron P.-A., Le Pallec X., (eds) Actes des secondes rencontres jeunes chercheurs en Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, 2008, 160 p.
- [3] George S., Derycke A. Direction du numéro spécial "Conceptions et usages des plateformes de formation", *Revue Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, INRP, Vol. 12, 2006, ISSN : 1764-7223, 378 p., également en ligne sur www.sticef.org

Chapitres dans des ouvrages édités et livres

- [4] George S., Bridging the Gap Between Human Communications and Distance Learning Activities, book chapter in « *Cognitively Informed Systems: Utilizing Practical Approaches to Enrich Information Presentation and Transfer* », Eshaa M. Alkhalifa (Ed.), Idea Group Publishing, 2006, ISBN 1-59140-843-1, p. 102-116
- [5] Leroux P., Monflier J-L., Guyon S., Jambu M., Després C., George S., Démarche de projet, micro-robots modulaires et logiciel d'apprentissage dans le cadre de l'enseignement des systèmes automatisés au collège, Chapitre du livre « *Produire en technologie à l'école et au collège* », Vérillon P. et al. (Dir), édition INRP, collection « Didactiques, Apprentissage, enseignements », ISBN 2-7342-1021-5, 2005, p. 117-168
- [6] George S., Leroux P., Un environnement informatique de soutien à une pédagogie de projet : un contexte d'apprentissage à distance en robotique pédagogique, Chapitre du livre « *Pedagogies.net L'essor des communautés virtuelles d'apprentissage* », Taurisson A., Senteni A. (eds), Presses de l'Université du Québec, collection éducation-recherche, mai 2003, p. 73-102

Articles dans des revues internationales avec comité de rédaction

- [7] Garrot E., George S., Prévôt P., A Knowledge Management Tool for the Interconnection of Communities of Practice, *International Journal of Knowledge Management (IJKM)*, Vol. 7, n°1, 2010, (in press).
- [8] Lavoué E., George S., Supporting the Interconnection of Communities of Practice: The example of TE-Cap 2, *International Journal of Web-based Learning and Teaching Technologies (IJWLTT)*, Vol. 5, n°2, 2010, p. 37-57.
- [9] Garrot E., George S., Prévôt P., Development of an Assistance Environment for Tutors Based on a Co-Adaptive Design Approach, *International Journal of Behaviour and Information Technology (BIT)*, Taylor & Francis, 2010, *First published on: 23 April 2010 (iFirst)*, DOI: 10.1080/01449290903481418 (ISI WOS, impact factor: 0.915)
- [10] George S., Lekira R. A., McCoCo: A Context-Aware System for Mediated Communications, *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, Vol. 3, n°3, 2009, doi:10.3991/ijim.v3i3.748, p. 26-33
- [11] Garrot E., George S., Prévôt P. Supporting a Virtual Community of Tutors in Experience Capitalizing, *International Journal of Web Based Communities*, Vol. 5, n°3, 2009, Inderscience Enterprises Ltd., doi: 10.1504/IJWBC.2009.025216, p. 407-427
- [12] May M., George S., Prévôt P., A closer look at tracking human and computer interactions in web-based communications, *International Journal of Interactive Technology and Smart Education*, Vol. 5, Issue 3, 2008, Emerald Group Publishing, ISSN: 1741-5659, p. 170-188
- [13] George S., Labas H., E-Learning Standards as a Basis for Contextual Forums Design, *International Journal of Computers in Human Behavior*, Vol. 24, Issue 2, march 2008, Elsevier, doi:10.1016/j.chb.2007.01.006, ISSN 0747-5632, 2008, p. 138-152 (ISI WOS, impact factor 2008: 1.767)
- [14] J.P. David, S. George, H. Godinet, E. Villiot-Leclerc, Scénariser une situation d'apprentissage collective instrumentée : réalités, méthodes et modèles, quelques pistes, *International Journal of Technologies in Higher Education*, Vol. 4 n°2, ISSN: 17087570, 2008, p. 72-84 (référencement Francis)
- [15] George S., Prévôt P., Amghar Y., Pierson J.-M., Complexité des situations pédagogiques e-learning dans un contexte multi-culturel, collaboratif et synchrone, *International Journal of Information Sciences for Decision Making (ISDM)*, Vol. 18, 2004, en ligne isdms.univ-tln.fr
- [16] Després C., George S., Supporting Learners' Activities in a Distance Learning Environment, *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning (IJCEELL)*, Inderscience Enterprises, Vol. 11, n°3, 2001, p. 261-272

Articles dans des revues nationales avec comité de rédaction

- [17] Michel C., George S., Garrot E., Activités collectives et instrumentation, Étude de pratiques dans l'enseignement supérieur, *Revue Distances et Savoirs*, Hermès, CNED, Lavoisier, Vol. 5, n°4, 2007, p. 527-546
- [18] George S., Bothorel C. Conception d'outils de communication spécifiques au contexte éducatif, *Revue Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, INRP, Vol. 13, 2006, en ligne sur www.sticef.org, publication papier 1er trimestre 2007, p. 317-344
- [19] George S., Derycke A. Conceptions et usages des plates-formes de formation, *Revue Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, numéro spécial, INRP, Vol. 12, 2005, ISSN : 1764-7223, en ligne sur www.sticef.org, publication papier 1er trimestre 2006, p. 51-64
- [20] George S., Analyse automatique de conversations textuelles synchrones d'apprenants pour la détermination de comportements sociaux, *Revue Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, numéro spécial « technologies et formation à distance », INRP, Vol. 10, 2003, ISBN 2-7342-0960-8, également en ligne sur www.sticef.org, p. 165-193
- [21] Contamines J., George S., Hotte R., Approche instrumentale des banques de ressources éducatives, *Revue Sciences et Techniques Éducatives (STE) numéro spécial « Ressources numériques, XML et éducation »*, Bruillard E., De La Passardière (eds), Hermès, Hors-série, ISBN 2-7462-0682-X, 2003, p. 157-178
- [22] George S., Leroux P., Documents et espaces de communication numériques dans un environnement support de projets entre apprenants, *Revue Document Numérique numéro spécial « Création et Gestion Coopératives de Documents Numériques d'Information et de Communication »*, Sous la dir. de C. Simone, N. Matta, B. Eymard, Hermès, Vol. 5, n°3-4, ISBN 2-7462-0509-2, 2002, p. 65-84

Communications à des manifestations d'audience internationale avec actes et comité de sélection

- [23] Marfisi-Schottman I., George S., Tarpin-Bernard F., Tools and Methods for Efficiently Designing Serious Games, *4th European Conference on Games Based Learning*, University of Aarhus, Copenhagen, Denmark, 21-22 October 2010, p. 226-234
- [24] Tran C. D., George S., Marfisi-Schottman I., EDoS : An authoring environment for serious games design based on three models, *4th European Conference on Games Based Learning*, University of Aarhus, Copenhagen, Denmark, 21-22 October 2010, p. 393-402
- [25] Aubry R., Biennier F., George S., Maranzana M., Sustainable product-service ecosystems monitoring, *International Conference on Advances in Production Management Systems*, (APMS 2010), Cernobbio, Italy, 11-13 October 2010, *to be published*
- [26] May M., George S., Prévôt P., Travis to Enhance Online Tutoring and Learning Activities: Real Time Visualization of Students Tracking Data, *IADIS e-Learning 2010 (EL 2010)*, Freiburg, Germany, 26 - 29 July 2010, p. 57-64 (*selection rate : 22% ; full papers : 50/225*), Prix du meilleur papier dans la catégorie "Best Emergent Technology Paper"
- [27] May M., George S., Prévôt P., Tracking Human And Computer Interactions In E-Learning: An Application To Computer Mediated Communications, *International Conference on Interfaces and Human Computer Interaction 2010 (IHCI 2010)*, Freiburg, Germany, 28 - 30 July 2010, p. 163-170 (*selection rate : 26% ; full papers : 34/132*)
- [28] George S., Lekira A., Apprentissage et communications contextuelles en situation de mobilité, *International Conference TICEMED 2009*, Milan, Italy, May 28-29, 2009, *to be published*

- [29] Marfisi-Schottman I., Sghaier A., George S., Tarpin-Bernard F., Prévôt P., Towards Industrialized Conception and Production of Serious Games, *International Conference on Technology and Education (ICTE 2009)*, Paris, France, June 24-26, 2009, p. 1016-1020
- [30] May M., George S., Prévôt P., Students' Tracking Data: an Approach for Efficiently Tracking Computer Mediated Communications in Distance Learning, *IEEE 8th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2008)*, July 1-5, 2008, Santander, Cantabria, Spain, p. 783-787 (*selection rate : 26% ; full papers : 102/395*)
- [31] May M., George S., Prévôt P., A Closer Look at Tracking Human & Computer Interactions in Web-Based Communications, *IEEE 6th International Conference on Human System Learning (ICHSL.6 2008)*, Toulouse, France, May 14-16, 2008, p. 31-40
- [32] May M., George S., Prévôt P., Communication in Web-based Learning Environments: For Better Collecting and Exploiting Learners' Tracking Data, *4th IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2007)*, Algarve, Portugal, December 7-9, 2007, p. 219-226
- [33] May M., George S., Prévôt P. Building Intelligent Web-based System for Efficiently Tracking Learner's Communication Activities on Discussion Forum, *4th IEEE International Conference on Innovations in Information Technology (Ino 2007)*, Dubai, United Arab Emirates, November 18-20, 2007, p. 148-152
- [34] May M., George S., Prévôt P., Keeping Tracks of Users' Activities on Discussion Forum: Reflection and Proposal, Learning Through Online Exchanges: Tools, Tasks, Interactions, Multimodality, Corpora (EPAL 2007), Grenoble, France, 7-9 June 2007, online proceedings, http://w3.u-grenoble3.fr/epal/dossier/06_act/actes2007.htm
- [35] Garrot E., George S., Prévôt P. A platform to Support a Virtual Community of Tutors in Experience Capitalizing. *IADIS International Conference Web Based Communities 2007 (WBC 2007)*, Salamanca, Spain, February 2007, p. 103-110 (*selection rate : 26% ; full papers : 34/131*) *selected as best papers for the special issue of « International Journal of Web Based Communities ».*
- [36] May M., George S., Prévôt P., Tracking, Analyzing, and Visualizing Learners' Activities on Discussion Forums, *International Conference on Web-based Education (WBE 2007)*, Chamonix, France, 14-16 March 2007, p. 649-656
- [37] Garrot E., George S., Prévôt P. A platform to Support a Virtual Community of Tutors in Knowledge Sharing and Retrieving. *4th IEEE International Conference on Information Technology: Research and Education (ITRE 2006)*, Tel-Aviv, Israel, 16-19 October 2006
- [38] Manin N., George S., Prévôt P., Virtual Learners Behaviours in Educational Business Games, *European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2006)*, Crete, Greece, October 1-4 2006, *Lecture Notes in Computer Science*, Innovative Approaches for Learning and Knowledge Sharing, W. Neidj and K. Tochtermann (Eds.), Springer Berlin / Heidelberg, ISBN 978-3-540-45777-0, Vol. 4227, 2006, p. 287-301 (*selection rate: 21% ; Full Papers 31/146*), *Web of Sciences*, *Journal Citation Report*
- [39] George S., Labas H., Fostering discussions with forum tools based on e-learning standards, *IEEE and IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2005)*, Porto, Portugal, December 14-16, 2005, p. 60-68 (*selection rate: 23% ; Full Papers 41/175*) *selected as best papers for the special issue of Computers in Human Behavior journal*
- [40] George S., Contextualizing discussions in distance learning systems, *4th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2004)*, Joensuu, Finland, August 30-September 1, 2004, p. 226-230 (*selection rate : 30,5% ; Full Papers 130/425*)
- [41] Mossand M., George S., CONFORK: a model of knowledge-based forum, *International Conference on Computer Aided Learning In Engineering Education (CALIE 2004)*, Grenoble, France, February 16-18, 2004, p. 87-98 (*selection rate: 19% ; Full Papers 9/48*)

- [42] George S., Hotte R., A Contextual Forum for Online Learning, International Conference on Open and Online Learning, University of Mauritius (ICOOL 2003), Réduit, Mauritius, December 7-13, 2003, <http://vcampus.uom.ac.mu/icool/archives/2003/proceedings.php>
- [43] George S., Computer supported educational robotics projects in a distance context, *International Conference on Engineering Education*, Valencia, Spain, July 21-25, 2003, p. 159-168
- [44] George S., SPLACH: a Computer Environment Supporting Distance Project-Based Learning, *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications ED-MEDIA 2002*, Denver, Colorado, USA, June 24-29, vol. 2002, Issue. 1, p. 588-593
- [45] George S., Leroux P., An approach to automatic analysis of learners' social behavior during computer-mediated synchronous conversations, *6th International Conference Intelligent Tutoring Systems (ITS 2002)*, Biarritz, France and San Sebastian, Spain, June 2-7, 2002 *Lecture Notes in Computer Science*, Springer Berlin / Heidelberg, ISBN 3-540-43750-9, Vol. 2363, 2002, p. 630-640, *Web of Sciences, Journal Citation Report*
- [46] George S., Leroux P., Project-Based Learning as a Basis for a CSCL Environment: An Example in Educational Robotics, *First European Conference on Computer-Supported Collaborative Learning*, Maastricht, The Netherlands, March 22-24, 2001, p. 269-276
- [47] George S., Després C., A Multi-Agent System for Distance Support in Educational Robotics, *International Conference on Telecommunications for Education and Training (TET'99)*, Gjøvik, Norway, June 8-11, 1999, p. 311-318
- [48] Després C., George S., Computer-Supported Distance Learning: An example in educational robotics, *Ninth International PEG Conference*, Exeter, England, July 10-12, 1999, p. 344-353
- [49] George S., Leroux P., Vivet M., Computer Aided Learning in Industrial Machine Scheduling, CAEE'97, *Fourth International Conference on Computer Aided Engineering Education*, Kraków, Poland, September 11-13, 1997, p. II/70-II/77

Communications à des manifestations d'audience nationale avec actes et comité de sélection

- [50] Marfisi-Schottman I., George S., Environnement Web multi-acteurs pour la conception de Serious Games, Actes de la Journée scientifique "Conception des EIAH à l'ère du Web 2.0 et à l'aube du 3.0", Amiens, 2 juillet 2010, p. 31-36
- [51] Garrot E., George S., Prévôt P., Outil de gestion des connaissances d'une Interconnexion de Communautés de Pratique, 20ème Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances, IC 2009, 25-29 mai 2009, Hammamet, Tunisie, p.25-36 (41% de taux de sélection ; 26/62)
- [52] Lelièvre J., George S., Amghar Y., Aubry R., Projet innovant inter-promotions et en partenariat avec une entreprise, Rencontres Pédagogie et Formations d'Ingénieurs, 30-31 mars 2009, Toulouse, p. 305-311.
- [53] May M., George S., Prévôt P., Tracer, analyser et visualiser les activités de communications médiatisées des apprenants, Colloque JOCAIR 2008 (Journées Communication et Apprentissage Instrumentées en Réseau), Hermès Sciences, Lavoisier, 27-29 août 2008, Amiens, France, p.251-263 (40% de taux de sélection)
- [54] Garrot E., George S., Prévôt P., TE-Cap : une plate-forme support au partage et à la capitalisation d'expériences entre tuteurs, Conférence EIAH 2007 (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain), 27-29 juin 2007, Lausanne, p.185-196 (29% de taux de sélection ; 29/99)
- [55] Bourriquen B., David J.-P., Garrot E., George S., Godinet H., Médélez Ortega E., Metz S., Caractérisation des Situations d'Apprentissage Collectives et Instrumentées dans le supérieur, 8ème Biennale de l'éducation et de la formation, Lyon, France, 11-14 avril 2006

- [56] Garrot E., George S., Prévôt P., Conception d'un système d'aide au tuteur à la préparation de situations d'apprentissage, 2èmes rencontres des Sciences et Technologies de l'Information (ASTI 2005), Clermont-Ferrand, France, 24-26 octobre 2005, 4 p.
- [57] Sandoz-Guermond F., Forest J., George S., Michel C., Filippi M., Lelevé A., Benmohamed H., Boutros-Saikali N., Perrier P., Interdisciplinarité STIC-SHS : l'expérience du groupe CESTIC, Colloque « À la Croisée des Sciences, pratiquer et comprendre l'interdisciplinarité », Aix-en-Provence, 16-17 septembre 2004
- [58] George S., Forum contextuel : une étude pour le téléenseignement, *15ème Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine (IHM 2003)*, International Conference Proceedings Series, ACM, Caen, France, 25-28 novembre 2003, p. 104-111
- [59] Leroux P., George S., Comment impliquer des élèves à distance dans une démarche de projet en Robotique Pédagogique ?, *Actes du 7ème Colloque International sur la Robotique Pédagogique, Montréal*, 18-20 août 2003, 11 p.
- [60] George S., Leroux P., Un environnement pédagogique dédié aux projets collectifs à distance intégrant une assistance aux apprenants et au chef de projet, 3ème conférence internationale Technologies de l'Information et de la Communication dans l'Enseignement d'Ingénieurs et dans l'industrie (TICE 2002), Lyon, France, 13-15 octobre, 2002, p. 289-295
- [61] George S., Leroux P., Une approche pour l'analyse automatique de comportements sociaux d'apprenants lors de conversations synchrones médiatisées, *Actes du Colloque Coopération Innovation & Technologies (CITE 2001)*, Université de Technologie de Troyes, 29-30 novembre 2001, p. 171-186
- [62] George S., Leroux P., Un environnement support de projets collectifs entre apprenants : SPLACH, *Sixièmes journées francophones Environnements Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateur (EIAO 2001)*, Paris, 26-27 avril 2001, Sciences et Techniques Éducatives, Hermès, vol 8, n°1-2, p. 49-60

Rubriques dans des revues

- [63] Collectif AS-Plate-forme. Contributions de l'AS « Conception d'une plate-forme pour la recherche en EIAH » à l'ingénierie des EIAH, *Revue Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, rubrique pour le numéro spécial « Conception et usages des plates-formes de formation », INRP, Vol. 12, 2005, ISSN : 1764-7223, également en ligne sur www.sticef.org, p. 343-360
- [64] Bruillard É., George S., Weidenfeld G., Compte-rendu de la conférence euroCSCL 2001, Maestricht du 22 au 24 mars 2001, Rubrique pour la revue *Sciences et Techniques Éducatives*, vol. 8 n° 3-4, ISBN : 2-7462-0307-3, 2001

Articles courts dans des manifestations d'audience internationale avec comité de sélection

- [65] Garrot E., George S., Prévôt P., The Development of TE-Cap: an Assistance Environment for Online Tutors, Creating New Learning Experiences on a Global Scale - Second European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2007), Lecture Notes in Computer Science, Springer, Crete, Greece, 17-20 September 2007, p. 481-486
- [66] Michel C., Garrot E., George S., Instrumented Collective Learning Situations (ICLS) : the gap between theoretical research and observed practices, *18th International Conference on Society for Information Technology and Teacher Education (SITE 2007)*, San Antonio, Texas, USA, 26-30 mars 2007, p. 895-901
- [67] May M., George S., Prévôt P. (2006) A Web-based System for Observing and Analyzing Computer Mediated Communications, *IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI 2006)*, Hong Kong, 18-22 December 2006, p. 983-986

- [68] Garrot E., George S., Prévôt P. Design of an Assistance Tool to Support the Tutor in the Setting-up of Learning Situations. *17th Information Resources Management Association International Conference (IRMA 2006)*, Washington, 21-24 may 2006, p. 424-427
- [69] Garrot E., George S., Prévôt P. A System to Support Tutors in Adapting Distance Learning Situations to Students. *International Conference on Web Information Systems (WEBIST 2006)*, Setúbal, Portugal, 11-13 April 2006, p. 261-267
- [70] Titon D., George S., Simulator of Learners' Behaviour in Educational Business Games, *IEEE and IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2005)*, Porto, Portugal, December 14-16, 2005, p. 541-542
- [71] George S., Hotte R., Contextual Forum for E-learning, *11th International Conference of Artificial Intelligence in Education (AIED'2003)*, Sydney, Australia, July 20-24, 2003, Ulrich Hoppe, Felisa Verdejo, Judy Kay, Vol. 97, IOS Press, Ohmsha, p. 413-415
- [72] George S., Leroux P., Computer-Supported Project Pedagogy in a Distributed Collaborative Learning Environment, Short paper and Poster, *Ninth International Conference of Artificial Intelligence in Education (AIED'1999)*, Le Mans, France, July 10-12, 1999, Lajoie S.P., Vivet M. (eds), IOS Press, p. 679-681

Articles courts dans des manifestations d'audience nationale avec comité de sélection

- [73] Michel C., Garrot E., George S., Situations d'apprentissage collectives instrumentées : étude de pratiques dans l'enseignement supérieur, Conférence EIAH 2007 (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain), 27-29 juin 2007, Lausanne, p.473-478 (52% de taux de sélection ; 61/116)
- [74] George S., Titon D., Prévôt P., Simulateur de comportements d'apprenants dans le cadre de jeux d'entreprise, Conférence EIAH 2005 (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain), 25-27 Mai 2005, Montpellier, p. 389-394 (33% de taux de sélection ; 49/142)

Articles dans des workshops d'audience internationale

- [75] Garrot E., George S., Instrumentation d'une communauté de pratique virtuelle : illustration avec le portail TE-Cap, Dans Proceedings of 2nd International Workshop On Learning and working in CoPs, Suisse (2007), p. 42-51
- [76] George S., Vers des forums dédiés au contexte éducatif, Symposium Symfonic "Formation et nouveaux instruments de communication", 20-22 janvier 2005, Amiens, actes en ligne
- [77] George S., Computer-Supported Collaborative Learning in Educational Robotics, Workshop 4 : Educational Robotics, *Ninth International Conference of Artificial Intelligence in Education (AIED'99)*, Le Mans, France, July 10-12, 1999, p. 57-66

Articles dans des workshops d'audience nationale

- [78] Garrot E., George S., Prévôt P. Rôles du tuteur. Workshop conférence EIAH "Instrumentation des activités du tuteur : Environnements de supervision, usages et ingénierie", Le Mans, 23 juin 2009, p. 15-22.
- [79] Marfisi-Schottman I., Sghaier A., George S., Prévôt P., Tarpin-Bernard F. Vers une industrialisation de la conception et de la production de Serious Game, workshop « Jeux Sérieux », Conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH), 23 juin 2009, Le Mans, p. 75-84

Thèse

- [80] George S., Apprentissage collectif à distance. SPLACH : un environnement informatique support d'une pédagogie de projet, Thèse de doctorat en informatique, Université du Maine, juillet 2001, 354 p.

Rapports de recherche

- [81] George S., Forum contextuel pour la formation en ligne, *Rapport de recherche de post-doctorat*, Centre de recherche LICEF, n° LICEF02NR1, Montréal, septembre 2002, 64 p.
- [82] George S., Hotte R., Expérimentation d'un environnement de support à l'apprentissage collectif - Application à l'apprentissage de la programmation à la Télé-université, *Note de recherche du centre LICEF*, n° LICEF01NR1, Montréal, juin 2001, 66 p.
- [83] George S., Environnement Interactif d'Apprentissage avec Ordinateur en ordonnancement industriel, *Mémoire de DEA Communication Homme / Machine & Ingénierie Éducative*, Université du Maine, 1996, 112 p.

Article de vulgarisation

- [84] George S., Leroux P., Pédagogie de projet à distance avec des collégiens dans le cadre d'un concours de robotique, *Les dossiers de l'ingénierie éducative du Centre National de Documentation Pédagogique (CNDP)*, n°36 « Communautés en ligne », octobre 2001, p. 40-41

Communications sans acte dans une conférence nationale avec comité de sélection

- [85] George. S., Hotte, R., Contamines, J. « Nouveaux modèles de forum pour la formation en ligne », Présentation au colloque *Les multiples facettes du téléapprentissage*, 70ième Congrès de l'Acfas, Université Laval (Québec), 13 au 17 mai 2002
- [86] Hotte, R., Contamines, J., George. S. « Des outils pour une activité située », Présentation au colloque *Les multiples facettes du téléapprentissage*, 70ième Congrès de l'Acfas, Université Laval (Québec), 13 au 17 mai 2002.
- [87] Contamines, J., George. S., Hotte, R. « Approche instrumentale des banques de ressources éducatives », Présentation au colloque *Les multiples facettes du téléapprentissage*, 70ième Congrès de l'Acfas, Université Laval (Québec), 13 au 17 mai 2002.

Responsabilités collectives et animations scientifiques

Membre de comités de rédaction et de lecture de revues et d'ouvrages

- Membre du **comité de rédaction** de la revue des Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (**STICEF**) depuis décembre 2003
 - Responsabilités : gestion de la publication papier de la revue, relecture d'articles, envoi de *newsletters*
- **Co-éditeur** du numéro spécial “**Conceptions et usages des plates-formes de formation**”, Revue STICEF, 2006
- Membre du **comité de rédaction** de la revue d'Intelligence Artificielle (**RIA**), numéro spécial *Serious Games*, 2010
- **Relecteur** pour des revues :
 - *Education and Information Technologies (EAIT)*, Springer, depuis 2007
 - *Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence (JETWI)* (special issue Learning and the Social Web, 2010)
 - Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (**STICEF**)
 - Technique et Science Informatique (**TSI**)
 - Information - Interaction – Intelligence (**I3**)
- Membre du **comité scientifique** de l'ouvrage « **Interagir et apprendre en ligne** », 2009

Implication dans la programmation et l'organisation de manifestations scientifiques

- **Co-responsable** de la *Game-Based Learning Thematic School*, (prévue pour Juillet 2011)
- **Co-président** du comité de programme du **workshop** « *serious game* » organisé dans le cadre de la conférence EIAH2009, Le Mans – 45 participants
- **Président** du comité de programme des 2^{nde} rencontres jeunes chercheurs en Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (**RJC-EIAH 2008**), Lille – 70 participants
- Membre du **comité d'organisation** de la conférence internationale IEEE Digital Information Management (**ICDIM 2007**), Lyon – 135 participants
- Membre du **comité pédagogique** de l'école d'été EIAH 2007, Saint Quentin sur Isère
- Membre du **comité d'organisation** de l'école d'été EIAH 2003 et 2004, Autrans
- Membre du **comité d'organisation** d'AIED 99, Le Mans

Membre de comités de programme et de lecture de conférences scientifiques

- **Membre du comité de programme de conférences** :
 - International Conference on *Information Resources Management Association* (IRMA 2006, 2007)
 - Atelier « Interactions Contextes Traces » (ICT 2009, 2010)
 - Colloque international « Journées Communication et Apprentissage Instrumentés en Réseau » (JOCAIR 2006, 2008, 2010)
 - Colloque International « Technologies de l'Information et de la Communication dans l'Enseignement Supérieur et l'Entreprise » (TICE 2006, 2008, 2010)
 - Colloque internationale TICE Méditerranée (2010)

- Conférence « Échanger Pour Apprendre en Ligne » (EPAL 2007, 2009)
- Conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2005, 2007, 2009)
- Workshop international robotique pédagogique (2005, 2007, 2009)
- Rencontre Jeunes Chercheur en EIAH (2006, 2008, 2010)
- **Relecteur pour des conférences :**
 - International Conference *Intelligent Tutoring System* (ITS Young Research Track 2008)
 - International Conference on *Digital Information Management* (IEEE ICDIM 2007)
 - International Conference on *Artificial Intelligence in Education* (AIED 2007)
 - Conférence sur l'Interaction Homme-Machine (IHM 2007, 2008, 2009)
 - Conférence sur l'Ingénierie des Connaissances (IC 2004)
 - Colloque International « Technologies de l'Information et de la Communication dans l'Enseignement Supérieur et l'Entreprise » (TICE 2004)

Participation à des jurys de thèse

- Elise Garrot (co-directeur) – 3 novembre 2008
- Firas Abdallah (examineur) – 7 janvier 2009
- Madeth May (co-directeur) – 4 décembre 2009

Expertises scientifiques

- Expertise d'un dossier ANR en 2007
- Membre d'un comité de suivi de thèse 2009-2011 (école doctorale Université du Maine)
- Expert pour la mise en place du C2I (certificat informatique et internet) au 1^{er} cycle de l'INSA de Lyon en 2006

Implication dans la vie du laboratoire

- Membre élu au conseil de laboratoire LIESP (depuis décembre 2006)
- Responsable de l'organisation des séminaires de recherche du laboratoire ICTT de 2003 à 2006 : un à deux séminaires par mois en alternant intervenants extérieurs, chercheurs du laboratoire et doctorants (public : 20 à 30 personnes)

Implication dans la vie du département informatique

- Responsable de la 4^{ème} année du département informatique de l'INSA de Lyon (niveau M1) depuis 2008 (co-responsabilité)
- Membre du conseil pédagogique du département depuis 2009
- Responsable de la mise en place de l'évaluation des enseignements, 2010
- Correspondant pour l'environnement numérique d'enseignement Moodle depuis 2007
- Responsable de la validation des sujets de stages de 2005 à 2007
- Diverses présentations du département aux lycéens

Implication dans la vie de l'INSA de Lyon

- Membre élu de la commission de spécialistes 27^{ème} section (INSA de Lyon) de 2004 à 2008
- Jurys d'admission à l'INSA en 1^{ère} année (post-bac) et 3^{ème} année, depuis 2003

PARTIE 2 : TRAVAUX DE RECHERCHE

Introduction

Contexte global des travaux de recherche

Le travail présenté dans ce document est le fruit d'un cheminement scientifique accompli depuis 9 ans : une année de post-doctorat au centre de recherche LICEF de Montréal et 8 années en tant que maître de conférences à l'INSA de Lyon au laboratoire ICTT puis LIESP. Ce mémoire est une synthèse de nos¹ travaux en informatique sur cette période et plus précisément dans le champ des EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain). Le champ scientifique des EIAH correspond à la conception, la réalisation et l'évaluation d'environnements informatiques dont la finalité est de susciter et d'accompagner l'apprentissage humain (Balacheff, 2002; Grandbastien & Labat, 2006). La recherche en EIAH concerne plusieurs disciplines : informatique, sciences de l'information et de la communication, sciences de l'éducation, didactiques des disciplines, psychologie cognitive, sociologie... Nos travaux se situent dans le domaine de l'informatique, enrichi par de nombreuses collaborations pluridisciplinaires ayant eu lieu au cours des différents projets auxquels nous avons participé.

Il nous semble important de préciser dès maintenant que, dans nos travaux, nous ne considérons pas l'ordinateur comme un substitut de l'enseignant. Il existe des systèmes qui embarquent une expertise du domaine et une expertise pédagogique pour interagir avec l'apprenant à la place d'un enseignant. Dans nos travaux, l'enseignant a toute sa place, l'objectif étant d'aboutir à un partenariat enseignant-système informatique pour soutenir au mieux les apprentissages. L'enseignant est pris en compte, d'une part, en amont des situations d'apprentissage, lors de leur conception et, d'autre part, pendant le déroulement des activités d'apprentissage pour le suivi et l'encadrement pédagogique des apprenants. Nous verrons que cette séparation entre le rôle d'auteur et de tuteur n'est pas forcément si nette, le tuteur pouvant aussi être amené à adapter les activités pédagogiques en fonction des besoins des apprenants.

Le titre de ce mémoire annonce clairement le point de focalisation de nos travaux : interactions et communications contextuelles. La définition la plus simple d'une interaction est « *une action réciproque* » (Dictionnaire Petit Robert, 2010). L'interaction à la base de tout EIAH est une interaction entre l'apprenant et le système informatique : action de l'apprenant sur le système, action du système vers l'apprenant. Mais il en existe d'autres types : les interactions enseignant-système (que ce soit dans les phases de conception ou d'encadrement des activités pédagogiques informatisées), les interactions homme-homme(s) médiatisées (interactions communicatives) que ce soit entre étudiants, entre enseignants ou entre étudiants et enseignants. À la base de toute forme d'apprentissage collectif,

¹ Le *nous de modestie* est utilisé dans cette partie du document, reflétant le fait que les travaux présentés sont le fruit de nombreuses interactions.

les discussions médiatisées tiennent une place de plus en plus importante dans les situations de formation en ligne. Concevoir des modèles et des outils adaptés pour les favoriser et les soutenir se trouve au cœur de nos préoccupations. Notre travail se situe pleinement dans un cadre d'ingénierie des EIAH, champ scientifique qui a pour objet « *d'étudier les questions scientifiques liées aux concepts, méthodes, théories, techniques et technologies utiles à la conception des EIAH* » (Tchounikine, 2009). De manière plus précise, nous nous sommes attachés à définir des modèles pour contextualiser les interactions et à concevoir des artefacts informatiques se fondant sur ces modèles. Cette étude de la contextualisation s'est déclinée selon trois axes : (1) contextualiser des interactions entre apprenants, (2) favoriser les échanges contextuels entre tuteurs et (3) concevoir des jeux d'entreprise pour favoriser l'apprentissage par une mise en contexte.

Présentation du plan

Outre cette introduction, cette partie du mémoire comprend 5 chapitres. Le premier chapitre présente les axes de recherche : l'apprentissage collectif assisté par ordinateur, le support informatique au tutorat en ligne et les environnements auteurs. Les questions de recherches auxquelles nous nous attaquons sont liées aux systèmes informatiques sensibles au contexte, aux traces et aux analyses de celles-ci et aux méthodes de conception des EIAH (des *learning games* en particulier). Ce premier chapitre donne une synthèse du cadre de nos travaux.

Le chapitre 2 aborde la contextualisation des communications dans des situations de formation en ligne. Il explique le modèle de communications contextuelles proposé et la conception du forum CONFOR s'appuyant sur ce modèle. Les communications en situations d'apprentissage en mobilité possèdent des spécificités qui sont intéressantes à prendre en compte pour contextualiser les discussions. Un travail exploratoire sur ce sujet a abouti à un prototype nommé MeCoCo. Les communications médiatisées peuvent être facilitées par des outils adaptés mais aussi en fournissant des indicateurs donnant des vues de plus haut niveau sur les interactions, favorisant des approches réflexives. Une solution pour tracer les activités de communications médiatisées est proposée et instrumentée par une plate-forme de gestion de traces nommée TrAVis.

Le chapitre 3 met l'accent sur les enseignants impliqués dans des formations en ligne ou utilisant des technologies informatiques. Plusieurs pistes ont été explorées pour aider les enseignants dans leurs activités d'encadrement et de tutorat. Un système proposant des recommandations de manière interactive (*e-Guide*) et un système conseiller à base de règles ont montré leurs limites. La piste privilégiée a alors été de supporter la capitalisation des pratiques entre enseignants. Ce travail a abouti à la proposition d'un modèle d'interconnexion de communautés de pratiques et à la conception d'une plate-forme support à la capitalisation d'expériences nommée TE-Cap. La particularité de cette plate-

forme réside dans une interface graphique amenant tout enseignant de la communauté à contextualiser ses contributions de manière visuelle.

Le chapitre 4 est consacré à une étude sur la conception d'EIAH particuliers : les « jeux d'entreprise ». Ces environnements se fondent sur un apprentissage par une mise en contexte, les apprenants étant mis en situation et devant mobiliser les connaissances et compétences appropriées pour atteindre des objectifs. Nous nous plaçons dans une démarche d'ingénierie des jeux d'entreprise en proposant un processus de création et un environnement multi-acteurs associé, nommé EDoS. Adoptant une démarche qualité impliquant des contrôles en différents points de la création, nous avons en particulier travaillé sur la mise en place de simulateurs de comportements d'apprenants (SIMCA) afin de tester des scénarios avant l'utilisation des jeux.

Pour conclure, le chapitre 5 met en perspective nos travaux et décrit notre programme de recherche.

Chapitre 1

Axes de recherche et problématiques

Plan du chapitre 1

1.1	<i>Introduction</i>	43
1.2	<i>Domaine d'étude et cadre des travaux</i>	43
1.2.1	La formation en ligne	43
1.2.2	Les jeux informatiques pour l'apprentissage (<i>learning games</i>)	45
1.3	<i>Axes de recherche</i>	46
1.3.1	Apprentissage collectif assisté par ordinateur	46
1.3.1.1	Soutenir des activités pédagogiques collectives	47
1.3.1.2	Favoriser l'émergence d'interactions entre apprenants lors d'activités pédagogiques individuelles	48
1.3.1.3	Concevoir des outils réflexifs	49
1.3.1.4	Prendre en compte la mobilité	49
1.3.2	Support informatique au tutorat en ligne	50
1.3.2.1	Aider à la préparation de situations d'apprentissage	51
1.3.2.2	Aider à l'encadrement d'apprentissage collectif	52
1.3.2.3	Instrumenter des communautés de pratique d'enseignants	52
1.3.3	Environnements auteurs	53
1.3.3.1	Faciliter la conception et la réutilisation de scénarios d'apprentissage	53
1.3.3.2	Assurer un contrôle qualité des environnements produits	54
1.4	<i>Problématiques générales abordées</i>	54
1.4.1	Systèmes informatiques sensibles au contexte (<i>Context-aware computing</i>)	54
1.4.2	Traces et analyse d'interactivités	57
1.4.3	Conception et ingénierie des EIAH	59
1.5	<i>Démarche de recherche</i>	61
1.6	<i>Synopsis des travaux de recherche</i>	62

1.1 Introduction

Ce chapitre situe le cadre de nos travaux et montre comment s'interconnectent les différentes facettes des recherches que nous avons menées. L'utilisation de l'informatique pour favoriser et soutenir l'**apprentissage collectif** est sans nul doute le lien le plus fort, dans un prolongement logique de nos travaux de thèse (George, 2001). Une évolution notable vient dans la volonté de favoriser également un apprentissage collectif entre enseignants, aussi bien lors des activités de conception de situations pédagogiques que lors de leurs encadrements. Que ce soit pour les apprenants ou pour les enseignants, la contextualisation des interactions interpersonnelles est le thème central de nos travaux.

1.2 Domaine d'étude et cadre des travaux

Avant de présenter les axes de recherches et les problématiques de nos travaux, il nous faut définir les types de situations pédagogiques informatisées que nous étudions. Les environnements informatiques pour l'apprentissage humain peuvent être de natures très différentes et conçus pour divers objectifs. Nous ne rentrerons pas dans un travail de catégorisation des systèmes EIAH, tant la diversité est grande (Grandbastien & Labat, 2006). Nous allons plutôt définir les situations de formation dans lesquelles, d'une part, s'expriment les besoins auxquels nous tentons de répondre et, d'autre part, s'appliquent et s'évaluent nos résultats de recherche.

1.2.1 La formation en ligne

La formation en ligne se caractérise par l'utilisation de technologies de l'information et de la communication comme support pour enseigner totalement ou partiellement à distance. Formation en ligne n'implique pas un apprentissage en autonomie. La notion de groupe d'apprenants est souvent présente pour recréer le sentiment d'appartenance à une classe ou à un groupe. Par ailleurs, malgré la distance, l'enseignant, nommé formateur ou tuteur, joue pendant la formation des rôles de coordination des activités des apprenants, d'animation des discussions (sur les forums ou les *chats*) et de suivi de l'apprentissage de chaque apprenant. Toutes ces activités ne peuvent se réaliser sans outils informatiques appropriés : « *en formation en ligne, apprenants et formateurs se retrouvent donc liés dans une activité de construction de connaissances qui se doit d'être informatiquement supportée afin de pallier les contraintes liées à la distance* » (Hotte & Leroux, 2003).

Les plates-formes de formation sont au cœur du développement de la formation en ligne. Composantes à part entière des dispositifs de formation, on ne peut les réduire aux seuls aspects technologiques. En effet, les modèles sous-

jacents conditionnent la formation dans son ensemble, de la préparation des enseignements jusqu'au déroulement des sessions d'apprentissage. Les recherches liées à ces plates-formes sont nombreuses et leurs enjeux à la fois éducatifs et sociaux sont importants, comme en témoigne un numéro spécial de la revue STICEF sur ce thème (George & Derycke, 2006). Une plate-forme de gestion de formation est un « *système informatique destiné à automatiser les diverses fonctions relatives à l'organisation des cours, à la gestion de leur contenu, au suivi des progrès des participants et à la supervision des personnes responsables des différentes formations* » (Grand dictionnaire terminologique, 2010). L'équivalent anglais est *Learning Management System* (LMS). Depuis quelques années, la communauté ne s'intéresse pas seulement aux contenus mais aussi aux activités pédagogiques mises en place autour de ces contenus. Ceci nous conduit à compléter la définition ci-dessous : une plate-forme de formation peut être vue comme un système informatique qui permet de gérer et donne accès à un ensemble d'activités et de ressources pédagogiques. L'apprentissage se fait à partir d'**interactions avec le système informatique distribué mais aussi à partir d'interactions médiatisées entre acteurs** (enseignants, apprenants) utilisant ce système.

Durant notre séjour post-doctoral au centre de recherche LICEF (Laboratoire en Informatique Cognitive et Environnements de Formation) de Montréal, nous avons eu l'opportunité de découvrir de l'intérieur le fonctionnement d'un des plus grands établissements² de formation à distance, la Télé-Université du Québec (TÉLUQ). La TÉLUQ offre des formations à distance dans les 3 cycles d'enseignement universitaire et dans de nombreux domaines. Une grande partie est proposée en formation en ligne. Cette expérience nous a permis d'appréhender les méthodes d'ingénierie pédagogique employées pour concevoir des formations adaptées à des situations de distance. Nous avons également pu percevoir les verrous difficiles à lever, en particulier concernant l'apprentissage collaboratif et les communications médiatisées entre étudiants. Nous y reviendrons en détail dans le chapitre 2.

La formation en ligne peut être employée de façon conjointe avec de la formation en face à face. Dans ce cas, il s'agit de formations hybrides (ou mixtes, *blended learning* en anglais). Ce type de formation est privilégié dans les universités françaises par rapport au tout à distance. Dans les phases se déroulant à distance, nous retrouvons les mêmes questions liées au tutorat en ligne et aux discussions médiatisées. Enfin, une évolution assez récente de la formation en ligne nous intéresse également : l'apprentissage mobile (ou *m-learning*) qui s'appuie sur des dispositifs informatiques comme des *smartphones* ou des PDA pour favoriser un apprentissage en tout lieu et en tout temps. L'acquisition et la gestion du contexte prennent alors tout leur sens pour pouvoir fournir des activités d'apprentissage adaptées et encourager des interactions humaines ciblées.

² Depuis 2005, la TÉLUQ n'est plus un établissement à part entière étant devenue une composante de formation à distance faisant partie de l'UQAM (Université du Québec à Montréal) au sein du réseau des Universités du Québec.

1.2.2 Les jeux informatiques pour l'apprentissage (*learning games*)

Les jeux sérieux, ou *serious games*³, suscitent un vif intérêt depuis quelques années. En particulier, l'utilisation de jeux informatiques pour l'apprentissage (*learning games*) est en plein développement et est devenu un enjeu économique. Loin d'une mode passagère, ce type d'EIAH possède des atouts indéniables : attractivité, engagement des apprenants, apprentissage par l'action, ... Notre expérience dans ce domaine a débuté lors de nos travaux de thèse au Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine (LIUM), où nous avons travaillé sur des situations d'apprentissage ludique utilisant des briques *Fishertechnik*⁴ pour construire des robots. Le domaine de la robotique pédagogique (Vivet, 1989) peut en effet se positionner dans la catégorie des *learning games*, l'objectif étant de faire construire puis de piloter des micro-robots, offrant ainsi la possibilité d'aborder de façon **ludique** et **appliquée** la mécanique, l'électronique et la programmation. Ces travaux de recherche ont en particulier donné lieu à la conception, la réalisation et la commercialisation d'un EIAH nommé Roboteach (Leroux & Vivet, 1996; Leroux, 1997) auquel nous avons ajouté des possibilités d'activités collectives à distance entre apprenants (George, 2003a).

Nous avons retrouvé une thématique de recherche sur les *learning games* en arrivant au laboratoire ICTT. En rejoignant l'équipe de Patrick Prévôt à l'INSA de Lyon, nous avons découvert une façon de **mêler étroitement jeu et pédagogie** par la conception de jeux d'entreprise (Akkouche & Prévôt, 1998). Dans le contexte de l'INSA, ces jeux ont pour vocation de former des ingénieurs à des compétences métiers ciblées. L'objectif est de mettre en place un environnement dans lequel on est en mesure de recréer artificiellement et en modèle réduit (espace, temps et actions) les conditions permettant aux apprenants de se trouver dans un contexte similaire à une situation professionnelle. Les jeux d'entreprise couvrent des sujets très variés (finance, commerce, maintenance industrielle, résolution collaborative de problèmes, ...). Du point de vue de la recherche, les verrous scientifiques se situent en particulier dans la conception de tels jeux : modélisation des connaissances, scénarisation, réutilisabilité et interopérabilité.

Formation en ligne et *learning games* constituent donc le cadre de nos travaux. Des problématiques du domaine des EIAH sont traitées au regard des besoins et contraintes de ces deux types de situations pédagogiques informatisées. Par ailleurs, elles constituent le terrain d'expérimentation des outils et environnements produits. Néanmoins, certaines parties de nos travaux sont transposables à d'autres types d'EIAH et à des domaines autres que celui des EIAH. En particulier, les modèles et environnements conçus peuvent pour la plupart trouver une application dans le domaine du travail collaboratif assisté par ordinateur (TCAO). Ces transpositions possibles seront discutées dans la partie de ce mémoire traitant des perspectives.

³ Jeux avec une finalité autre que le divertissement. Nous reviendrons plus en détail dans le chapitre 4 sur une définition des *serious games* et sur notre positionnement par rapport à ceux-ci.

⁴ Comparable aux *LEGO Mindstorms*, voir <http://www.fischertechnik.de>

1.3 Axes de recherche

Nous décrivons ici les différents axes de recherches de nos travaux en montrant comment ils s'articulent entre eux. Nous indiquons les projets et contributions en les positionnant sur ces axes et en renvoyant vers les chapitres suivants qui exposent les réalisations et les résultats.

Nos activités de recherche s'organisent selon trois principaux axes que sont l'**apprentissage collectif assisté par ordinateur**, le **support informatique au tutorat en ligne** et les **environnements auteurs**. La figure 1 représente le synopsis des axes de recherche.

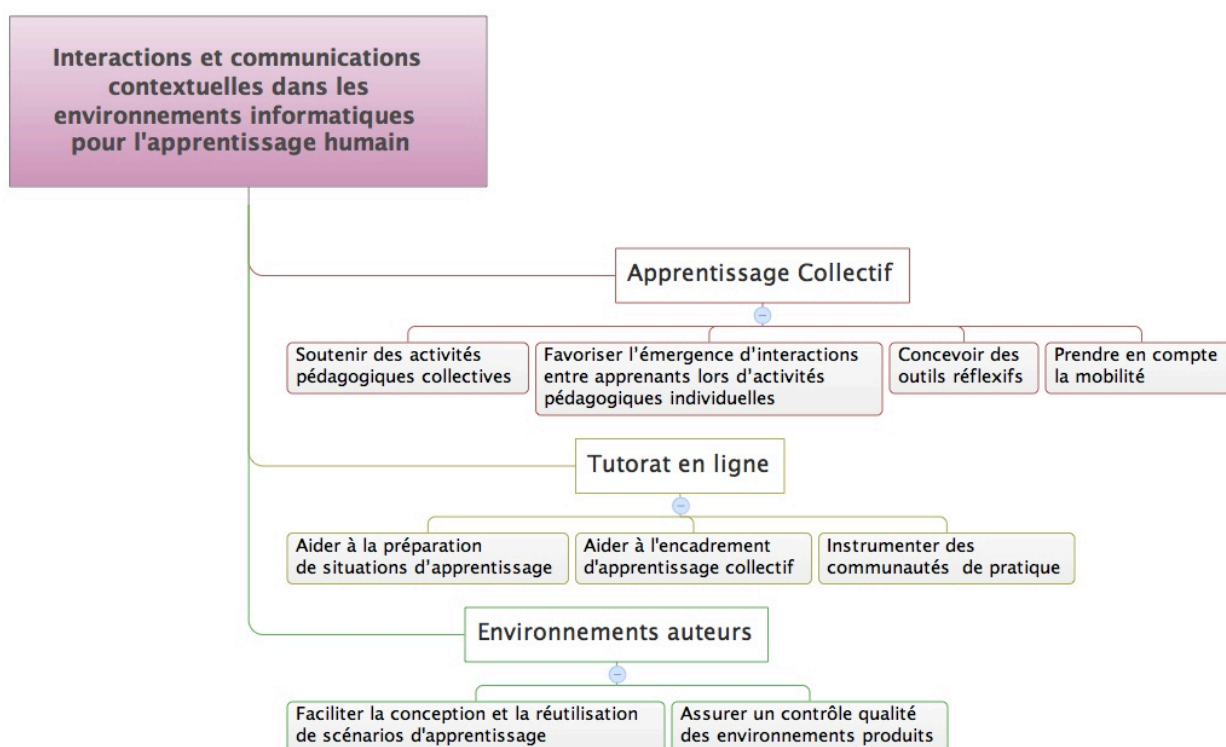


Figure 1 Synopsis des axes de recherche

1.3.1 Apprentissage collectif assisté par ordinateur

Nous définissons l'apprentissage collectif comme étant un mode de **partage et de construction de connaissances se réalisant lors d'interactions entre apprenants**. Comme nous l'avons indiqué dans nos précédents travaux (George, 2001), nous utilisons l'adjectif « collectif » comme un hyperonyme de coopératif et de collaboratif. En effet, les termes « d'apprentissage coopératif » et « d'apprentissage collaboratif » ne sont pas distingués de manière unanime dans la communauté. Par ailleurs, toute activité collective est le plus souvent une succession de phases collaboratives et coopératives, la collaboration étant définie

par un travail commun pour aboutir à un but alors que la notion de coopération implique un partage ou une division du travail puis une mise en commun⁵.

Un axe de nos recherches se trouve ancré dans le domaine nommé *Computer Supported Collaborative Learning* (CSCL), terme utilisé même dans la communauté francophone. Les recherches de ce domaine sont pluri-disciplinaires et elles sont bien sûr à mettre en relation avec celles du CSCW (*Computer Supported Cooperative Work*). Cependant, des problématiques sont spécifiques au domaine éducatif et aux activités pédagogiques mises en place. D'un point de vue informatique, les recherches en CSCL concernent essentiellement la spécification de modèles et la conception d'environnements informatisés pour soutenir des activités d'apprentissage collectif : support des interactions entre apprenants, retro-actions du système sur l'activité, aide au suivi pour les enseignants, etc.

Dans ce domaine, nos recherches concernent quatre thèmes principaux : le soutien aux activités pédagogiques collectives de type projet, la conception d'outils de communication favorisant l'émergence d'interactions dans une formation en ligne, la mise en place d'outils réflexifs et la prise en compte de la mobilité. Nous allons explorer chacun de ces thèmes dans les parties suivantes.

1.3.1.1 Soutenir des activités pédagogiques collectives

Nos premiers travaux de recherche, notamment les travaux de thèse (George, 2001), ont concerné la définition de **modèles d'activités collectives** entre apprenants et la conception d'environnements informatiques se fondant sur ces modèles. L'environnement SPLACH (Support d'une pédagogie de Projet pour L'Apprentissage Collectif Humain) a été conçu pour soutenir une pédagogie de projet dans un contexte de distance, depuis la phase de création par un enseignant jusqu'au déroulement des projets. Le soutien informatique aux activités collectives peut se positionner par rapport à quatre principales finalités :

- structurer l'activité globale ou des parties de l'activité,
- adapter l'environnement d'apprentissage (en fonction du profil de l'apprenant, de la collaboration, ...),
- guider et conseiller avec des messages envoyés par le système,
- favoriser la régulation et l'auto-régulation des décisions, actions et comportements en fournissant des indicateurs (Dimitracopoulou & Bruillard, 2006).

Pour illustrer et décrire l'historique de nos travaux, voici les soutiens apportés par l'environnement SPLACH :

- structuration du projet avec visualisation explicite des phases et mise à disposition de gabarits pour les documents à livrer (modèle organisationnel et

⁵ Nous prenons comme référence les définitions de Rogalski (1998) :

- collaboration : « situations où les acteurs partagent les mêmes buts tout au long de la réalisation de la tâche »
 - coopération : « situations où des sous-tâches concourant à un but commun sont distribués *a priori* à différents acteurs »

structurel pour la mise en œuvre d'une pédagogie par projet dans un contexte de distance),

- structuration des discussions à l'aide d'un outil de *chat* proposant des actes de langage prédéfinis pour envoyer des messages,
- détermination automatique des profils de comportements sociaux (animateur, indépendant, quêteur, ...) lors de conversations médiatisées synchrones entre apprenants (George, 2003b).

Nos travaux de thèse ont ouvert la voie à d'autres projets. Nous avons spécifié les bases d'un système conseiller pour SPLACH en utilisant une technique de Magicien d'Oz⁶, ce qui avait abouti à la définition d'un ensemble de conseils, activables en fonction d'évènements, au niveau du processus de travail collectif (aspects de coordination, de production et de communication). Ce travail s'est poursuivi par le développement du **système conseiller** pour assister les apprenants engagés dans une activité collective (Pacurar-Giacomini, 2002).

Un autre prolongement au travail de thèse s'est concrétisé par la reprise de l'idée de *chat* structuré de l'environnement SPLACH pour en faire un outil autonome nommé Oscar (Delium, 2003). Dans cet outil, les actes de langage et les grammaires d'enchaînement sont entièrement paramétrables. De plus, Oscar supporte à la fois des discussions synchrones et asynchrones. L'outil est téléchargeable⁷ et il a été utilisé dans plusieurs formations à distance et lors de nombreuses expérimentations.

1.3.1.2 Favoriser l'émergence d'interactions entre apprenants lors d'activités pédagogiques individuelles

Comme décrit dans la partie précédente, la mise en place d'activités collectives en formant des groupes d'apprenants est une solution pour inciter les interactions entre pairs. Cependant, lors d'une formation, qu'elle soit en ligne ou en présence, la totalité des activités d'un apprenant ne peut pas se faire en projet ou en collaboration. Nous nous sommes particulièrement rendu compte de cette réalité lors de notre séjour post-doctoral au laboratoire LICEF de la Tél-Université du Québec. Dans la formation en ligne, une grande partie des activités demeurent des activités individuelles : lecture d'un cours, recherche personnelle sur un sujet, résolution d'exercices, etc. Dans ce contexte d'activités pédagogiques conçues pour être individuelles, nous pensons qu'il est possible de chercher à **favoriser les interactions** entre apprenants. Ces interactions peuvent prendre la forme d'une mutualisation d'information, d'échange d'idées ou encore d'interactions de type questions/réponses.

Les outils de communication habituellement utilisés dans les plates-formes de formation en ligne ne sont pas spécifiques au contexte éducatif.

⁶ La technique du Magicien d'Oz est couramment utilisée lors de la conception et l'évaluation d'interfaces homme-machine. Elle consiste à faire simuler le comportement d'un système informatique par une personne complice en laissant croire à l'utilisateur qu'il s'agit d'un véritable système.

⁷ <http://liumtools.univ-lemans.fr/>

Cependant des bénéfices pédagogiques sont attendus comme stimuler la participation des apprenants, augmenter leur motivation, créer le sentiment d'appartenance à un groupe et permettre le monitorat naturel. Certaines fonctionnalités peuvent varier d'un outil à l'autre - structuration arborescente des messages, différents droits donnés aux apprenants - mais le principe de base reste le même. Les activités de communication sont détachées des activités d'apprentissage.

Afin d'encourager les interactions entre apprenants, une solution consiste à évaluer et récompenser les participations sur les forums (Gommer & Visser, 2001). Cependant, cela signifie que les situations d'apprentissage sont asservies aux outils mis à disposition. Nous pensons qu'un autre type de solutions peut être envisagé en incitant les discussions par des outils informatiques mieux adaptés. C'est pourquoi nous avons travaillé depuis 2002 sur **des modèles et des outils de communication** spécifiques favorisant la contextualisation des discussions (projet CONFOR, cf. chapitre 2).

1.3.1.3 Concevoir des outils réflexifs

Il a été démontré depuis longtemps qu'il était pertinent de fournir à l'utilisateur des outils informatiques facilitant la prise de conscience de son activité et de celle des autres utilisateurs, que ce soit dans le domaine du CSCW (Dourish & Bellotti, 1992) ou du CSCL (Gutwin, Stark & Greenberg, 1995). Cette idée se résume par le terme « *awareness* » qui signifie « *having knowledge or perception of a situation or fact* » (Oxford American Dictionary, 2005). Ce terme peut difficilement se traduire par un seul terme en français car il regroupe à la fois les notions de perception et de conscience des autres. C'est pour cette raison que nous choisissons de conserver la dénomination anglaise de ce concept.

Les outils d'*awareness* sont d'une grande utilité pour la régulation de tout travail collectif et pour l'auto-régulation des actions et des comportements d'un apprenant engagé dans une activité collective. Ce sont donc des outils qui incitent à une certaine réflexivité lors d'un travail en groupe. La plupart des outils d'*awareness* sont fondés sur la capture de traces d'activités (individuelles ou collectives) puis sur l'analyse de ces traces afin de fournir des informations synthétiques (des graphiques par exemple). Sur ce thème, nos travaux ont abouti à la proposition d'une **approche pour tracer les communications médiatisées** et à la conception de l'environnement TrAVis analysant ces traces et fournissant des indicateurs synthétiques (cf. partie 2.6).

1.3.1.4 Prendre en compte la mobilité

Les dispositifs mobiles sont de plus en plus présents dans nos vies professionnelles et personnelles. Leurs capacités grandissantes (mémoire, CPU), leurs connectivités (3G, wifi) et leurs fonctionnalités (navigateur web, GPS, ...) ouvrent de nouvelles perspectives, en particulier dans le domaine de la formation. L'apprentissage en situation de mobilité entraîne de nouveaux défis technologiques et pédagogiques comme en témoigne les nombreuses problématiques soulevées récemment au cours de l'école thématique EIAH sur le

mobile learning (Garlatti & Peter, 2009). En particulier, la conception d'environnements d'apprentissage prenant en compte le contexte de l'utilisateur est au cœur des préoccupations. Nous rejoignons de nombreux chercheurs (Chen & Kotz, 2000; Strang & Linnhoff-Popien, 2004; Bouzeghoub, Do & Lecocq, 2007) en affirmant que cette sensibilité au contexte est un facteur clé dans le domaine de l'informatique mobile.

Une partie de nos travaux s'est dirigée vers l'étude de la contextualisation des interactions entre personnes en situation d'apprentissage en mobilité. La possibilité de savoir où se trouve l'utilisateur ou encore de connaître son environnement (matériel, social, ...) peut être utilisée afin de lui proposer des discussions potentiellement pertinentes (e.g. des messages d'un forum) ou de le mettre en relation avec des personnes se trouvant dans un contexte proche du sien. Des questions relatives à la définition du contexte de l'utilisateur selon différentes dimensions sont alors soulevées. Nos travaux ont abouti à la proposition d'un **modèle de contexte** et à la conception d'un prototype nommé MeCoCo (cf. partie 2.5).

L'apprentissage collectif assisté par ordinateur est principalement abordé dans nos recherches selon les 4 thèmes que nous venons de décrire. L'accent y est principalement mis sur les apprenants mais l'enseignant retient également toute notre attention dans les situations d'apprentissage instrumentées. Nous développons dans la partie suivante l'axe de recherche concernant le soutien informatique au tutorat.

1.3.2 Support informatique au tutorat en ligne

L'apparition des TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) a fortement bouleversé la formation à distance. Ces technologies ont apporté de nouvelles possibilités pour enseigner à des étudiants éloignés, aussi bien en termes de mise à disposition de ressources en ligne que de communications médiatisées. Il est cependant illusoire de penser qu'elles peuvent se substituer en totalité aux enseignants. Cette idée resurgit à chaque apparition d'une innovation technologique (radio, télévision, vidéo, ...) mais les fonctions des enseignants, tout en évoluant, ne sont en aucun cas remises en cause. Nous pouvons citer Monique Linard à ce sujet : « *les TIC ne peuvent pas remplacer les enseignants parce qu'elles ignorent la face subjective, psychologique et sociale, de la conduite par l'apprenant de son propre apprentissage* » (Linard, 2001).

Les possibilités offertes par les TIC entraînent une **redéfinition profonde des rôles de l'enseignant**, même si ceux-ci sont encore aujourd'hui assez mal définis et variables selon les formations et les institutions. Nous nous intéressons dans nos travaux à un acteur spécifique de la formation en ligne, le tuteur, que l'on peut définir succinctement pour le moment comme étant l'accompagnateur des étudiants dans leur processus d'apprentissage. Les technologies peuvent aider les tuteurs à se concentrer sur l'essentiel : la pédagogie. Nous pouvons distinguer deux moments essentiels dans la pédagogie : la phase de préparation de la situation d'apprentissage et la phase d'encadrement

de cette même situation. L'assistance informatique sur ces deux aspects nous intéresse dans nos recherches et nous les précisons ci-dessous. Un troisième aspect retient aussi notre attention. Il s'agit de proposer des solutions informatiques pour favoriser les interactions entre enseignants afin qu'ils puissent s'entraider et mutualiser leurs connaissances.

1.3.2.1 Aider à la préparation de situations d'apprentissage

Actuellement, les situations d'apprentissage sont le plus généralement élaborées par des concepteurs pédagogiques. Paquette, Crevier et Aubin (1997) mettent en avant une méthode d'ingénierie pédagogique nommée MISA (Méthode d'Ingénierie des Systèmes d'Apprentissage) grâce à laquelle des concepteurs peuvent construire et maintenir un système d'apprentissage, en s'appuyant sur deux processus : l'extraction des connaissances et l'acquisition des connaissances. Il s'agit de déterminer *a priori*, à l'aide d'experts du domaine, les tâches à proposer aux apprenants. Un problème peut cependant être soulevé : les concepteurs pédagogiques ne sont pas en contact et ne connaissent pas les futurs apprenants. C'est pourquoi, nous favorisons une approche qui inclue le tuteur dans le processus de préparation et d'adaptation des situations d'apprentissage. Nous pensons qu'il est essentiel de laisser la possibilité au tuteur **d'adapter les activités proposées aux apprenants**, cette adaptation pouvant se faire avant ou au cours de la formation. Ce « degré de liberté » (Prévôt, 2006) laissé au tuteur est une condition *sine qua non* pour qu'il s'approprie la situation pédagogique et pour que l'apprenant ait une formation personnalisée.

Un de nos objectifs a été dès lors de réfléchir à la conception d'un système ayant pour but d'aider les tuteurs à être le relais entre des situations d'apprentissage génériques élaborées par le concepteur pédagogique et des situations d'apprentissage instanciées pour des apprenants en particulier. Tout comme il existe l'environnement ADISA (Atelier Distribué d'Ingénierie des Systèmes d'Apprentissage) pour aider les concepteurs pédagogiques à dérouler la méthode MISA, nous pensons qu'il serait utile d'avoir un environnement pour aider les tuteurs à configurer des situations d'apprentissage en fonction des caractéristiques des apprenants (connaissances, comportements, styles d'apprentissage, ...). Cette idée s'est concrétisée par la réalisation d'un prototype fondé sur une ontologie et un système expert pour **conseiller les tuteurs** lors de la mise en place de situations d'apprentissage collectif à distance (Garrot, 2005; Garrot, George & Prévôt, 2006). Une deuxième piste a été suivie lors du projet européen *e-Tutor* qui avait pour objectif de construire un cadre méthodologique destiné à placer les formateurs dans des conditions optimales pour la réussite d'un enseignement à distance dans un contexte multi-culturel collaboratif et synchrone (*e-Tutor*, 2004). Ce projet a abouti à la réalisation d'un système hypermédia nommé *e-Guide Tool* permettant d'explorer rapidement plus d'une centaine de recommandations destinées aux futurs tuteurs (*e-Guide*, 2006). Ces deux projets de recherche sont décrits dans le chapitre 3 (cf. partie 3.4).

1.3.2.2 Aider à l'encadrement d'apprentissage collectif

Pendant 3 ans, nous avons animé un groupe de travail sur les Situations d'Apprentissage Collectives Instrumentées (SACI), sous-projet s'inscrivant dans le projet national ACI ACTEURS-TICE (Activités Collectives et Tutorat dans l'Enseignement Universitaire : Réalités, Scénarios et usages des TICE) (Pernin & Godinet, 2008). Nous avons défini une SACI comme étant « *une situation pédagogique avec un objectif d'apprentissage (de connaissances et/ou de compétences), des acteurs identifiés, une durée et un mode d'évaluation des apprenants. Elle prend la forme d'une unité d'apprentissage scénarisée dans laquelle la production individuelle et/ou collective attendue est liée à une activité collective instrumentée par des artefacts informatiques* » (Bourriquen et al., 2006). Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés à l'encadrement d'activités collectives d'apprenants par des tuteurs. Pour de telles activités, encore plus que pour des activités individuelles, les tuteurs doivent répondre à des besoins d'apprenants qui ne peuvent être identifiés préalablement à la formation ou qui surviennent lors du processus d'apprentissage (De Lièvre, Depover & Dillenbourg, 2005). Notre étude, menée auprès de 18 enseignants impliqués dans des SACI, a mis en évidence que les tuteurs sont dépourvus d'outils spécifiques pour leur faciliter le travail d'encadrement des apprenants. Nous rejoignons le constat de Class et Schneider (2004) pour qui « *l'industrialisation et le support technologique doivent être développés dans le sens de garantir un tutorat humain de qualité* ». Une partie de nos recherches va dans ce sens, en contribuant à définir des solutions pour assister les tuteurs dans l'encadrement d'activités collectives.

Nous avons vu précédemment que le traçage des communications entre étudiants est utile pour inciter des activités réflexives. Ces traces peuvent également être analysées afin de fournir aux tuteurs des **indicateurs facilitant le suivi des discussions et des collaborations entre apprenants**. Une partie des indicateurs proposés dans la plate-forme TrAVis a été conçue dans cette optique (cf. partie 2.6).

1.3.2.3 Instrumenter des communautés de pratique d'enseignants

Dans la formation en ligne, les tuteurs reçoivent le plus souvent une formation minimale avant d'exercer mais le principal s'acquiert sur le terrain. Afin d'aider ces tuteurs et les enseignants d'une manière générale, nous avons étudié comment leur mettre à disposition des outils favorisant une entraide organisée. Ce travail a abouti à la conception de l'environnement TE-Cap support à des communautés de pratique d'enseignants (Garrot, George & Prévôt, 2007). L'idée première est de donner la possibilité aux enseignants de discuter et trouver des informations par rapport à un contexte d'enseignement précis. L'objectif est de **soutenir les échanges et la mutualisation des expériences** afin d'amener les enseignants à développer ensemble des compétences et expertises (cf. partie 3.5).

1.3.3 Environnements auteurs

Les environnements auteurs sont des applications destinées à la création de contenus et d'activités d'apprentissage par des enseignants ou des spécialistes en ingénierie pédagogique. L'utilisation de ces environnements peut demander des compétences particulières et une formation appropriée sans pour autant nécessiter d'avoir des connaissances en programmation informatique. Dit autrement, les environnements auteurs doivent permettre à l'enseignant de se concentrer sur les aspects pédagogiques (connaissances, scénarios, ...), les aspects informatiques étant soit gérés automatiquement soit délégués à des informaticiens.

Dans nos travaux, nous abordons les environnements auteurs dans le cadre de la création de jeux d'entreprise. Ces jeux d'entreprise sont des *learning games* qui forment des personnes à divers aspects du fonctionnement d'une entreprise, d'un domaine commercial ou industriel. En tant que chercheur, notre objectif est de situer le développement des jeux d'entreprise dans une **démarche organisée et structurée**. Notre approche est générique et vise la mise en place d'un atelier de conception et d'aide au développement de ce type d'environnements pédagogiques. Cet atelier peut se voir sous deux facettes : la scénarisation des jeux et des apprentissages, d'une part, et les tests qualité des jeux produits, d'autre part. Nous abordons ces deux facettes dans les parties suivantes.

1.3.3.1 Faciliter la conception et la réutilisation de scénarios d'apprentissage

Les *learning games* sont des applications impliquant les apprenants dans des situations conçues spécifiquement pour atteindre des objectifs pédagogiques. Ces applications sont donc développées en fonction du domaine à apprendre et d'un public cible. Les temps et les coûts de développement sont alors considérables (Aldrich, 2009), la part de réutilisation étant quasiment nulle. De plus, un *learning game* est un équilibre délicat entre des aspects ludiques et éducatifs. Cette symbiose n'est pas facile à obtenir car il ne s'agit pas simplement d'habiller le scénario pédagogique avec des graphismes de jeu mais de véritablement **intégrer et articuler le pédagogique et le ludique** (Szilas & Sutter Widmer, 2009). La proposition d'une méthode d'ingénierie peut être une solution, d'une part, pour réduire les temps et coûts de conception et, d'autre part, pour assister les auteurs dans la création de scénarios mêlant jeu et apprentissage. Les entreprises qui produisent des *learning games* ressentent ce besoin de structuration, comme en témoignent les enjeux du projet LGF⁸ (*Learning Game Factory*).

⁸ Le projet LGF (2009-2010) est financé par le FEDER (Fond Européen de Développement Régional) et labellisé par le pôle de compétitivité IMAGINOVE. Ce projet réunit 5 entreprises (SYMETRIX, DAESIGN, GENEZIS, LES TANUKIS, SBT) et 4 laboratoires de recherche (le LIESP de l'INSA de Lyon, le Laboratoire d'Informatique de Grenoble, l'ESC Chambéry et SYSCOM de l'Université de Savoie). Lien web : <http://www.learning-games-factory.com/>

L'expérience de notre équipe, et en particulier les retours des ingénieurs travaillant sur la réalisation des jeux d'entreprise à l'INSA de Lyon, nous a amené à proposer un processus globale pour leur création. La complexité de ces environnements implique que leur création soit l'œuvre d'un travail d'équipe entre des acteurs ayant des compétences complémentaires (expert du domaine, pédagogue, scénariste, programmeur, ...). Afin de faciliter la coordination de ce travail d'équipe, un de nos objectifs est de soutenir le processus global proposé par un **environnement informatique multi-acteurs** (cf. partie 4.4).

1.3.3.2 Assurer un contrôle qualité des environnements produits

Lors de la conception d'un environnement informatique à vocation éducative, il est impossible d'envisager tous les comportements possibles des apprenants (navigation, choix d'activités, réponses aux questions, parcours, ...). En particulier, la richesse des jeux d'entreprise rend leur mise au point difficile (paramètres et structures de jeu, utilité d'une interaction, ...). Il est alors intéressant de disposer d'un système simulant les comportements des apprenants pour pouvoir évaluer statistiquement la qualité et les performances d'un jeu, sans attendre un retour d'usage qui prend plusieurs mois. Nous considérons ces tests de structure comme venant en amont et en complémentarité des tests d'usage classique qui demeurent indispensable pour les tests d'utilisabilité notamment.

À ce niveau, notre objectif de recherche est de proposer des modèles et des outils pour **tester les jeux avant leur utilisation**. Ce travail s'est concrétisé par la conception d'un simulateur de comportements d'apprenants, nommé SIMCA (SIMulateur de Comportements d'Apprenants), pour tester les paramètres d'un jeu (Manin, George & Prévôt, 2006). Ce simulateur peut être considéré comme une plate-forme de tests pour expérimenter le déroulement d'un jeu d'entreprise avec des joueurs virtuels (aléas d'actions et d'événements) afin de juger statistiquement un scénario de jeu. Le simulateur SIMCA est détaillé dans le chapitre 4 (cf. partie 4.5).

1.4 Problématiques générales abordées

À l'intérieur des axes de recherches présentés ci-dessus, nos recherches s'attaquent à des problématiques transversales du domaine de l'informatique et des EIAH. Trois problématiques dominantes peuvent être identifiées : la conception de systèmes informatiques sensibles au contexte, le traçage et l'analyse d'activités et l'ingénierie de la conception des EIAH.

1.4.1 Systèmes informatiques sensibles au contexte (*Context-aware computing*)

De plus en plus de systèmes informatiques proposent des contenus ou des fonctionnalités en fonction du contexte courant de l'utilisateur. Le contexte peut être défini par l'« *ensemble des circonstances dans lesquelles s'insère un fait* » (Grand dictionnaire terminologique, 2010) ou comme l'« *ensemble des*

« circonstances dans lesquelles se produit un événement, se situe une action » (Dictionnaire Larousse, 2010). Cette dernière définition peut facilement s'appliquer à une application informatique, l'évènement pouvant être pris dans son acception informatique (événement logiciel) et l'action pouvant être une interaction homme/machine. Comme le précise Rey (2005), l'utilité d'un contexte est de « servir l'interprétation ». L'exemple le plus simple est le menu contextuel qui s'affiche dans certaines applications et qui propose des actions à effectuer en fonction de l'objet sélectionné. Ainsi, les actions possibles sont différentes selon l'objet sur lequel on clique.

Les travaux de recherche relevant du *context-aware computing* sont nombreux et divers. Certains concernent les concepts et théories sur lesquels se fonder, d'autres les infrastructures matérielles et les réseaux, d'autres encore se focalisent sur la couche intergicielle (*middleware*) et enfin certains se rapportent à la couche applicative et aux interfaces homme-machine. Hong, Suh et Kim (2009) ont fait un travail considérable pour recenser un maximum d'articles de recherche s'intéressant à des systèmes sensibles au contexte. Ils ont ainsi répertorié 237 articles de revues publiés entre 2000 et 2007 et ont proposé une classification pour les regrouper. Nous présentons le cadre de leur classification sur la figure 2.

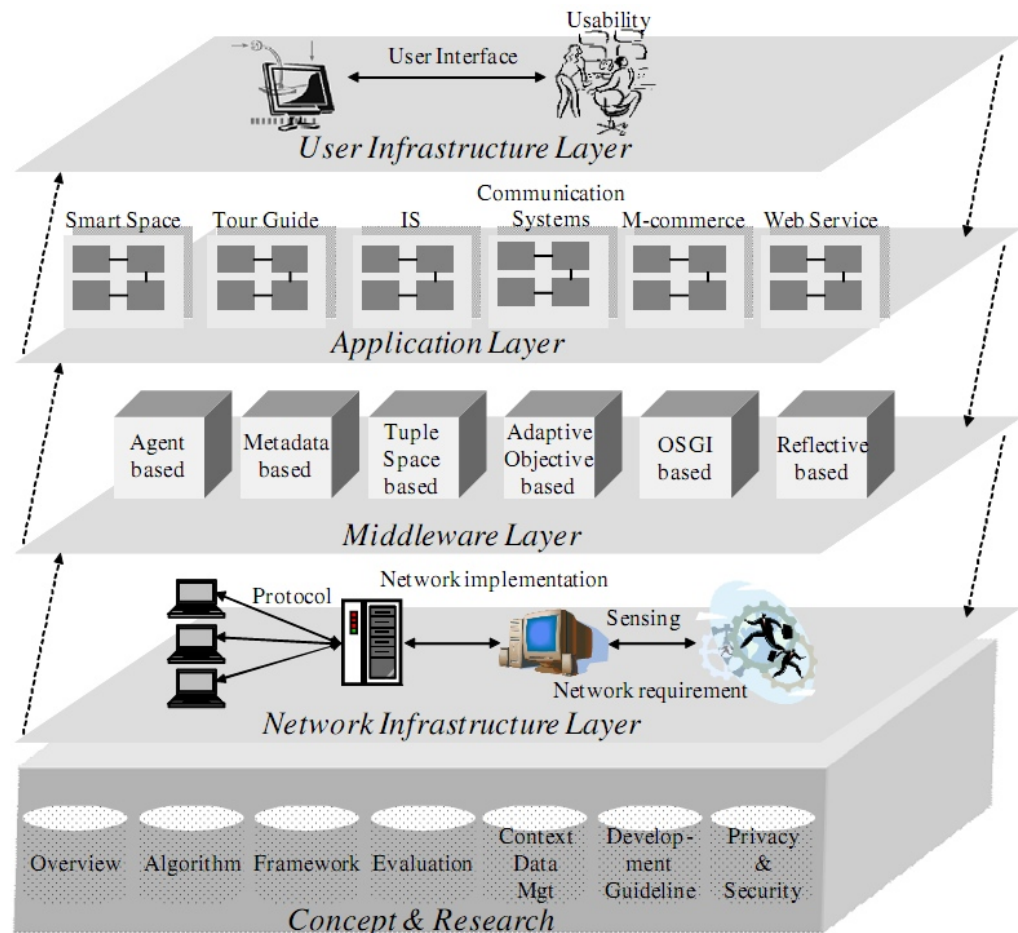


Figure 2 Cadre de classification des systèmes sensibles au contexte (Hong, Suh & Kim, 2009)

Nous pouvons utiliser cette figure pour positionner nos travaux par rapport aux 5 niveaux : concept, infrastructure, intergiciel, application et IHM.

Le niveau **concept** concerne les fondements des systèmes sensibles au contexte. Cela fait référence par exemple à des travaux théoriques sur des algorithmes pour raisonner sur le contexte ou encore sur la manière de représenter le contexte. Dans nos travaux, nous nous sommes intéressés à la représentation des données contextuelles dans un contexte de formation en ligne, à savoir comment utiliser des structures d'activités et des structures de connaissances d'une formation pour contextualiser des discussions (cf. chapitre 2, projet CONFOR). C'est également à ce niveau que se situe le projet TE-Cap où les activités des tuteurs sont représentées dans une classification (cf. chapitre 3).

Le niveau **réseau et infrastructure** concerne les couches bas niveau avec, d'une part, les protocoles réseaux et, d'autre part, la manière de capter le contexte. Dans nos projets, nous sommes utilisateurs de ces couches (protocoles, réseaux), nos questions de recherche ne se trouvent donc pas à ce niveau. Par contre, nous nous sommes attelé à définir précisément les moyens d'identifier le contexte de l'utilisateur avec des capteurs adaptés. C'est en particulier le cas pour nos travaux concernant le traçage des activités des apprenants (cf. chapitre 2, projet TrAVis et chapitre 4, les travaux sur les jeux d'entreprise).

Le niveau **intergiciel** (*middleware*) fait le lien entre les informations de contexte capturées et le service fourni par une application informatique. Intergiciel est ici à prendre dans un sens très large et pas uniquement comme un logiciel servant d'intermédiaire entre applications. Les auteurs placent à ce niveau la gestion des informations liées au contexte et leurs représentations. Dans nos travaux, nous avons utilisé des structures XML pour décrire des activités pédagogiques réalisées par des apprenants (chapitre 2 et 4) et des métadonnées pour représenter les connaissances en jeu dans une formation (chapitre 2). Par ailleurs, nous avons mis en place des bases de données relationnelles pour représenter des classifications hiérarchiques relatives aux contextes des tuteurs (cf. chapitre 3).

Le niveau **application et service** fait référence à la finalité du système : fournir des informations adaptées ou créer des relations entre personnes par exemple. Dans nos travaux, nous nous intéressons à des services de communication proposant d'organiser des discussions en fonction du contexte de l'utilisateur (chapitre 2, CONFOR et MeCoCo). Nous travaillons également sur un service d'entraide entre tuteurs se fondant sur leurs profils (chapitre 3, TE-Cap). La conception d'environnements proposant des apprentissages contextualisés par des mises en situation (jeu de rôle) est également un type d'application étudié (chapitre 4, jeux d'entreprise).

Pour finir, le niveau **interaction homme-machine** concerne l'utilisation des systèmes sensibles au contexte par les utilisateurs finaux. Se posent alors des questions sur l'utilité et l'utilisabilité des IHM. Tous nos travaux sont concernés par ce niveau, des tests et des expérimentations étant réalisées pour chaque système conçu. La prise en compte de la mobilité de l'utilisateur amène notamment de nouvelles problématiques (chapitre 2, MeCoCo). Une interface

dynamique innovante a été proposée pour faciliter une navigation visuelle dans une classification (chapitre 3, TE-Cap). De nouvelles façons d'interagir sont également en cours d'exploration (chapitre 4, jeux sérieux et réalité mixte).

Dans les EIAH sensibles au contexte, s'articulent à la fois des problématiques liées au *context-aware computing* en général et des problématiques liées à la **notion de contexte en éducation**. En effet, cette notion est centrale dans nombre de théories de l'apprentissage et de la cognition. Nous faisons par exemple référence au courant de l'apprentissage situé ou contextuel (Lave & Wenger, 1991) prônant le fait que tout apprentissage est fonction de l'activité, du contexte et de la culture dans laquelle il se produit. Mettre en contexte des apprentissages aide ainsi les apprenants à **donner du sens**. Nos travaux sur les jeux d'entreprise vont dans ce sens en s'intéressant entre autres à la « conception des mises en situation » (mise en scène). Mais le contexte peut aussi être pris en compte autrement dans les EIAH. En particulier, nous nous intéressons à l'enseignant qui souhaite préparer ou encadrer une activité pédagogique se déroulant dans un contexte précis (type de public, type de connaissances, objectifs pédagogiques, ...). L'échange et la capitalisation d'expériences entre enseignants peuvent être soutenus par des systèmes informatiques rendant ces contextes facilement descriptibles et retrouvables. Enfin, en étant capable de « capter » le contexte de l'apprenant, il est possible de lui fournir des informations adaptées, des outils particuliers ou de le mettre en relation avec des personnes se trouvant dans un contexte proche. Cette préoccupation rejoint celle de la trace des activités informatisées.

1.4.2 Traces et analyse d'interactivités

La notion de traces informatiques suscite actuellement beaucoup d'intérêt dans nos communautés scientifiques et notamment dans le domaine des EIAH. De manière simple, une trace peut être définie comme étant une « *marque laissée par une action quelconque* » (Dictionnaire Larousse, 2010). De manière plus spécifiques, les traces informatiques peuvent se définir comme un « *enregistrement imprimé du déroulement d'un programme en cours d'exécution permettant de visualiser la succession des instructions exécutées, celles-ci étant accompagnées de leurs données et résultats* » (Grand dictionnaire terminologique, 2010). Cette définition se place du point de vue du programme informatique. Nous retrouvons dans cette définition l'approche classiquement adoptée dans l'écriture de fichiers *log* qui enregistrent des événements concernant le déroulement d'un programme informatique. Néanmoins, cette approche s'avère le plus souvent inadaptée lorsqu'il s'agit de tracer des activités humaines, qui plus est si l'on souhaite que ces traces soient utiles et utilisables par des utilisateurs non informaticiens. Dans ce sens, la trace doit permettre la représentation des actions des utilisateurs. C'est pour cette raison que nous positionnons clairement l'humain dans la définition de la trace que nous proposons : « *une empreinte laissée par un acteur à un endroit et à un moment donnés* » (May, George & Prévôt, 2008a).

Les traces ont pratiquement toujours existé dans les environnements informatiques d'apprentissage. La principale évolution de ces dernières années réside au niveau de l'explicitation de ces traces. En effet, la trace est devenu un objet d'étude à part entière avec la volonté de partager et de capitaliser sur leur représentation et leur exploitation. Certains travaux visent même une ingénierie de la trace (Laflaquière, Prié & Mille, 2008). Le but est de définir de manière structurée et méthodologique les traces et leur modélisation.

Les approches dominantes actuellement pour la gestion des traces sont des **approches dirigées par les modèles**. Ainsi, dans leurs travaux, Broisin et Vidal (2007) proposent un modèle générique de traces qui permet de structurer et d'ajouter une sémantique aux données observées. Une implémentation sous forme d'architecture distribuée facilite le partage et la réutilisation des traces collectées par différents outils. Adoptant une approche similaire, Settouti *et al.* (2007) ont défini les spécifications d'un Système à Base de Traces (SBT) pour gérer des traces modélisées⁹. Une trace modélisée dans un SBT est décrite par un modèle de trace et un ensemble d'instances de ce modèle. Une trace y est définie comme une collection d'observés temporellement situés, un observé étant toute information structurée issue de l'observation d'une interaction (Djouad *et al.*, 2010). La figure 3 décrit les bases d'un SBT pour la gestion, la transformation et la visualisation de traces modélisées explicitement.

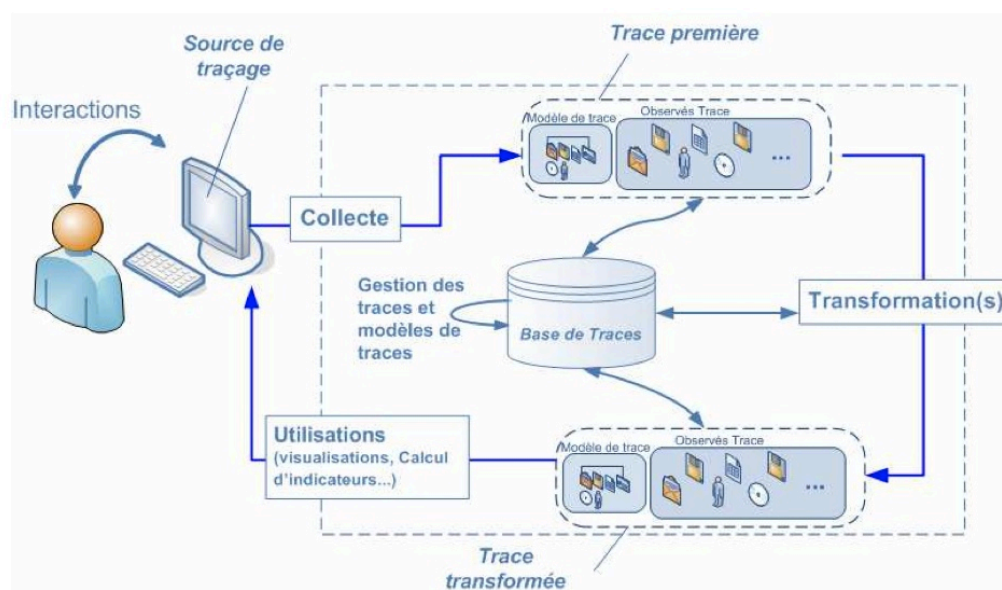


Figure 3 Principe général d'un système à base de traces (Djouad *et al.*, 2010)

Nos recherches s'inscrivent dans ce courant sur les systèmes à base de traces, un objectif particulier étant d'étudier et de mettre en œuvre un SBT pour un type d'activité spécifique : les communications médiatisées. Notre approche se veut générique dans le cadre du **traçage des interactions humaines médiatisées**.

⁹ Ce travail a été mené dans le cadre du projet « personnalisation des EIAH » du cluster ISLE de la région Rhône-Alpes, <http://cluster-isle-eiah.liris.cnrs.fr/>

Elle reprend les étapes d'un SBT : collecte des traces de communication, gestion des traces (analyse, transformation) et calcul d'indicateurs. Un effort important a été fourni pour que les **traces puissent être manipulables**, *via* des outils adaptés, par les utilisateurs eux-mêmes (apprenants, enseignants). Nous reviendrons dans le chapitre 2 sur l'environnement TrAVis conçu dans ce but de réflexivité.

Les enjeux des traces en EIAH se situent également à un autre niveau : elles contiennent des informations essentielles pour la **conception et la re-conception des systèmes**. Comme l'indique très justement Choquet (2007), « *la réingénierie à des fins d'amélioration de la qualité pédagogique d'un EIAH se pratique, par définition, après observation et analyse des utilisations antérieures* ». Dans cette optique, il est important et non trivial d'identifier les bons capteurs pour collecter des données servant à comprendre l'utilisation réelle d'un EIAH. Ces données viennent en complémentarité d'informations obtenues par d'autres méthodes (observation humaine, enquêtes, questionnaires, ...) et participent à une démarche itérative et participative de conception des systèmes informatiques (cf. partie 1.4.3). Dans nos travaux sur les jeux d'entreprise, nous définissons une méthode de création qui intègre cette notion de traces d'utilisation. Ainsi, les auteurs des jeux peuvent définir à l'avance ce qu'ils souhaitent capter comme information pour avoir des retours d'usage. Nous revenons sur ce point dans la partie suivante traitant des problématiques de conception dans une démarche qualité globale.

1.4.3 Conception et ingénierie des EIAH

L'une des principales difficultés du domaine des EIAH réside dans la conception de systèmes qui doivent être à la fois techniquement et ergonomiquement au point. En effet, ces conditions sont incontournables pour pouvoir tester et évaluer les environnements produits avec des apprenants et des enseignants. Les prototypes conçus doivent donc être aboutis et pas seulement pour les fonctionnalités particulières sur lesquelles travaille le chercheur. Les prototypes sont par conséquent souvent longs et complexes à concevoir. De plus, le transfert de la recherche vers des établissements d'enseignement est rare, du fait d'un travail supplémentaire nécessaire pour passer d'un prototype à un logiciel finalisé.

Entre 2003 et 2005, dans le cadre de l'action spécifique « Conception d'une Plate-forme pour la Recherche en EIAH » (Collectif AS Plate-forme, 2005), nous nous sommes attachés à définir des solutions pour **mutualiser des outils et des concepts** pour une meilleure réutilisation des résultats et des produits de la recherche en EIAH. L'objectif principal était de proposer des solutions pour capitaliser les travaux de la communauté. Un des résultats a été la proposition des spécifications d'un portail, représenté sur la figure 4, offrant un ensemble de fonctionnalités, de services et de contenus pour la communauté EIAH.

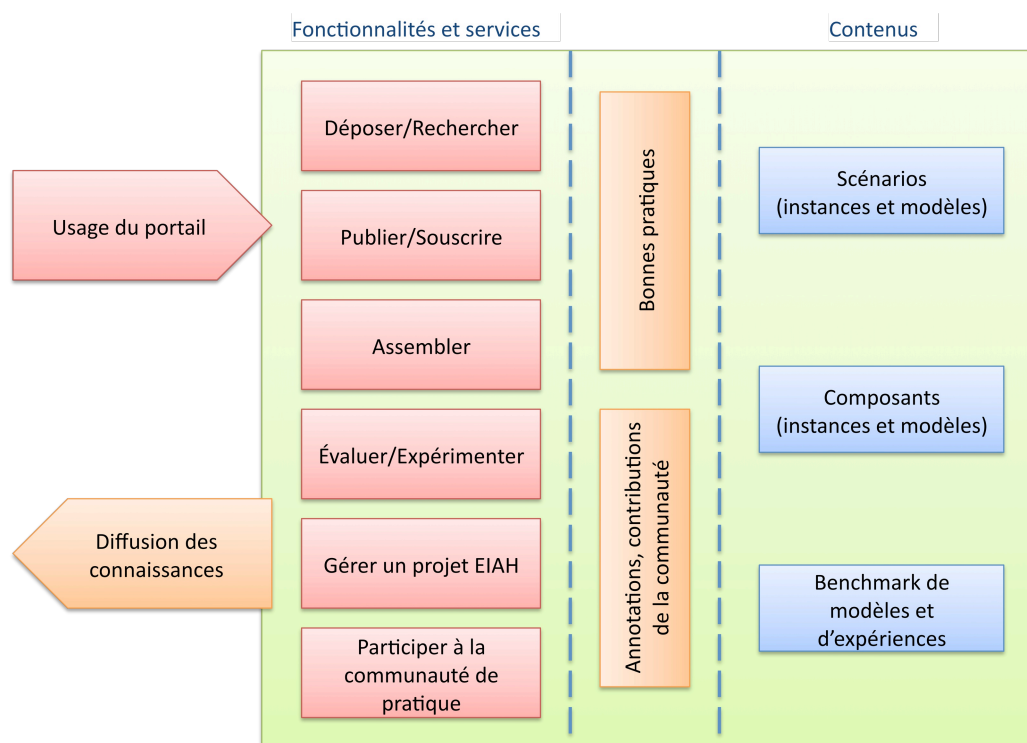


Figure 4 Services et contenus d'un portail pour la communauté EIAH
(Collectif AS Plate-forme, 2005)

Depuis la fin de ces travaux, le portail ne s'est pas concrétisé, ceci est sans doute dû au caractère trop générique de l'approche. Nous rejoignons sur ce point Tchounikine (2009) pour qui l'élaboration d'une ingénierie des EIAH globale a peu de sens car il y a une trop grande variété de types d'environnements et de situations pédagogiques. Cela conduirait à demeurer à un niveau de considérations trop général. Il est préférable de tenter d'élaborer des **ingénieries spécifiques** et c'est dans ce sens que nous menons des travaux sur la conception de jeux d'entreprise.

Dans le cadre des jeux d'entreprise, notre objectif est de définir une méthode de création et un atelier logiciel supportant cette méthode. Nous verrons dans le chapitre 4 qu'une des particularités de notre proposition tient dans la volonté de soutenir une **démarche qualité globale**. Ainsi des outils et des indicateurs pour un contrôle qualité sont intégrés à différentes étapes de la conception. Les concepteurs ont de ce fait la possibilité d'évaluer leurs choix avant même que le produit existe complètement. Les indicateurs qualité sont définis en capitalisant sur les expériences antérieures. Les évaluations en situation avec des apprenants demeurent néanmoins incontournables. Afin d'avoir des retours utiles pour les auteurs de jeux d'entreprise, nous les impliquons fortement dans la définition des données à observer se traduisant par l'intégration de capteurs adaptés. Ce point fait le lien avec la problématique des traces.

1.5 Démarche de recherche

Les différents projets de recherche menés, bien que visant des objectifs différents, sont réalisés en adoptant une démarche de recherche similaire. Cette démarche place l'utilisateur, ses activités et ses besoins au centre des préoccupations, comme la plupart des recherches en environnements informatiques pour l'apprentissage humain (Delozanne, Grugeon & Jacoboni, 2002). La méthode globale de conception de nos systèmes peut être qualifiée d'**itérative** et de **participative**. Nous choisissons d'adopter une démarche de conception qui amène à spécifier avec les utilisateurs des besoins qui se développent et évoluent par l'utilisation du système. Les systèmes conçus ne répondent pas seulement à des besoins identifiés mais ils visent également à soutenir ou inciter certaines activités ou certains comportements jugés favorables dans des situations d'apprentissage, que ce soit du côté apprenant ou enseignant.

La figure 5 résume la démarche générale adoptée dans le cadre de nos recherches. Bien entendu, en fonction des projets, la démarche est adaptée pour coller aux objectifs de recherche. Cette démarche a été clairement formalisée dans le cadre du projet TE-Cap (Lavoué, George & Prévôt, 2010).

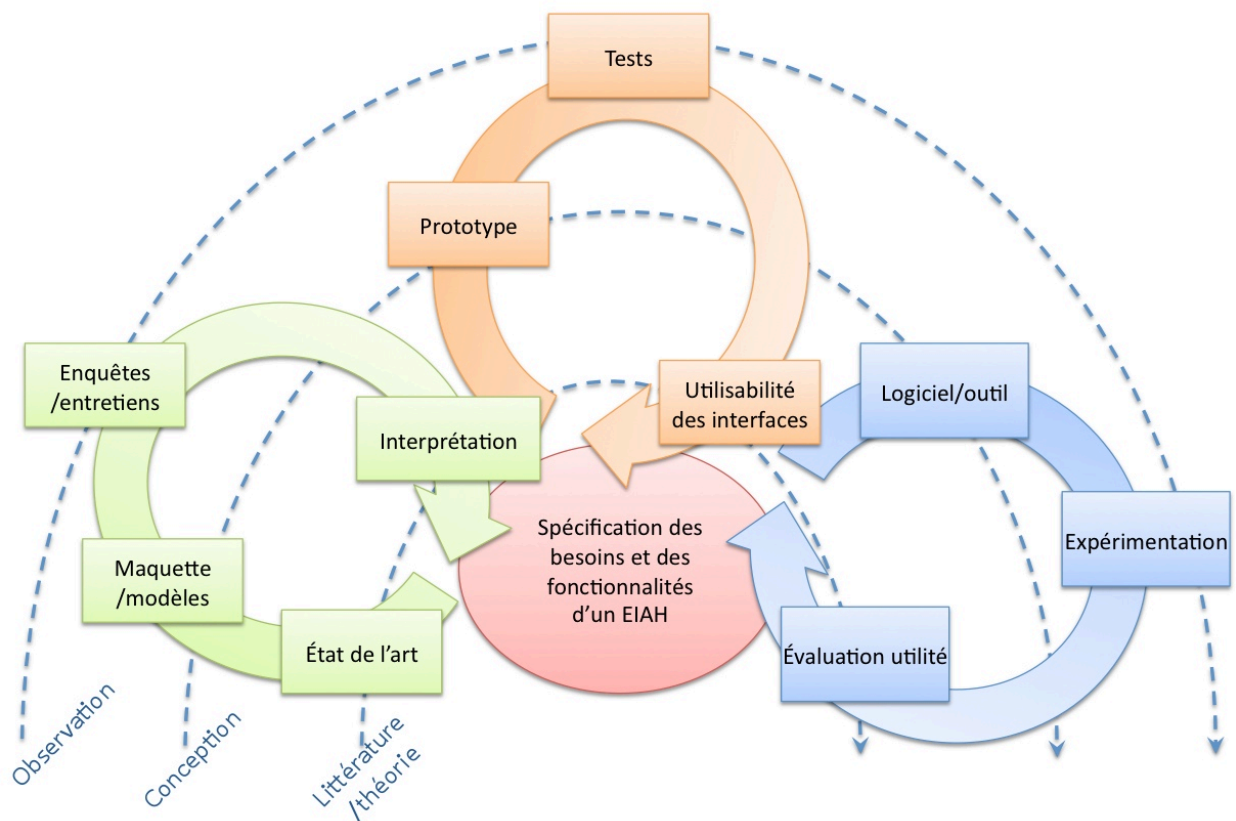


Figure 5 Démarche globale de conception itérative et participative

Le point de départ d'une recherche peut être une idée issue de la littérature, un constat émanant d'une expérimentation antérieure (observation) ou encore un besoin récurrent exprimé par des utilisateurs (entretiens, questionnaires). À partir de ce point de départ, un premier cycle de conception consiste à spécifier plus précisément les besoins ou les problèmes, à proposer des modèles et à ébaucher une solution pour y répondre. Cette solution se concrétise par une **maquette** servant à la fois à développer nos idées et à récolter les avis des utilisateurs. Les retours sont alors analysés et interprétés en faisant référence à la littérature. Le deuxième cycle s'appuie sur le premier pour proposer des prototypes partiellement opérationnels s'appuyant sur des modèles et des solutions techniques adaptées. L'observation de l'utilisation de ces **prototypes**, souvent effectuée en situation semi-contrôlée, amène à affiner les besoins et à évaluer essentiellement l'utilisabilité des interfaces et des fonctionnalités proposées. Un troisième cycle vise à développer un logiciel ou un outil complet afin d'en évaluer l'utilité en situation réelle.

Nous ne prétendons pas avoir déroulé ces trois cycles pour l'ensemble de nos projets de recherche. Certains projets, plus limités dans le temps et à cible étroite, peuvent se concentrer sur le premier cycle pour développer une idée et ébaucher une maquette. D'autres projets peuvent déboucher sur des prototypes utilisables dans des situations contrôlées et ponctuelles. Enfin les projets les plus conséquents couvrent les 3 cycles et aboutissent à des dispositifs informatiques utilisés en situation réelle de formation.

1.6 Synopsis des travaux de recherche

Avant d'exposer nos travaux de recherche dans les trois chapitres suivants, nous pouvons en donner une vue générale. En partant des axes de recherche présentés, la figure 6 précise les approches explorées pour la conception d'outils de communication contextuelle et pour l'assistance à la création d'environnements informatiques favorisant la construction de compétence par des mises en contexte (jeux d'entreprise). Les principaux systèmes informatiques conçus sont également positionnés.

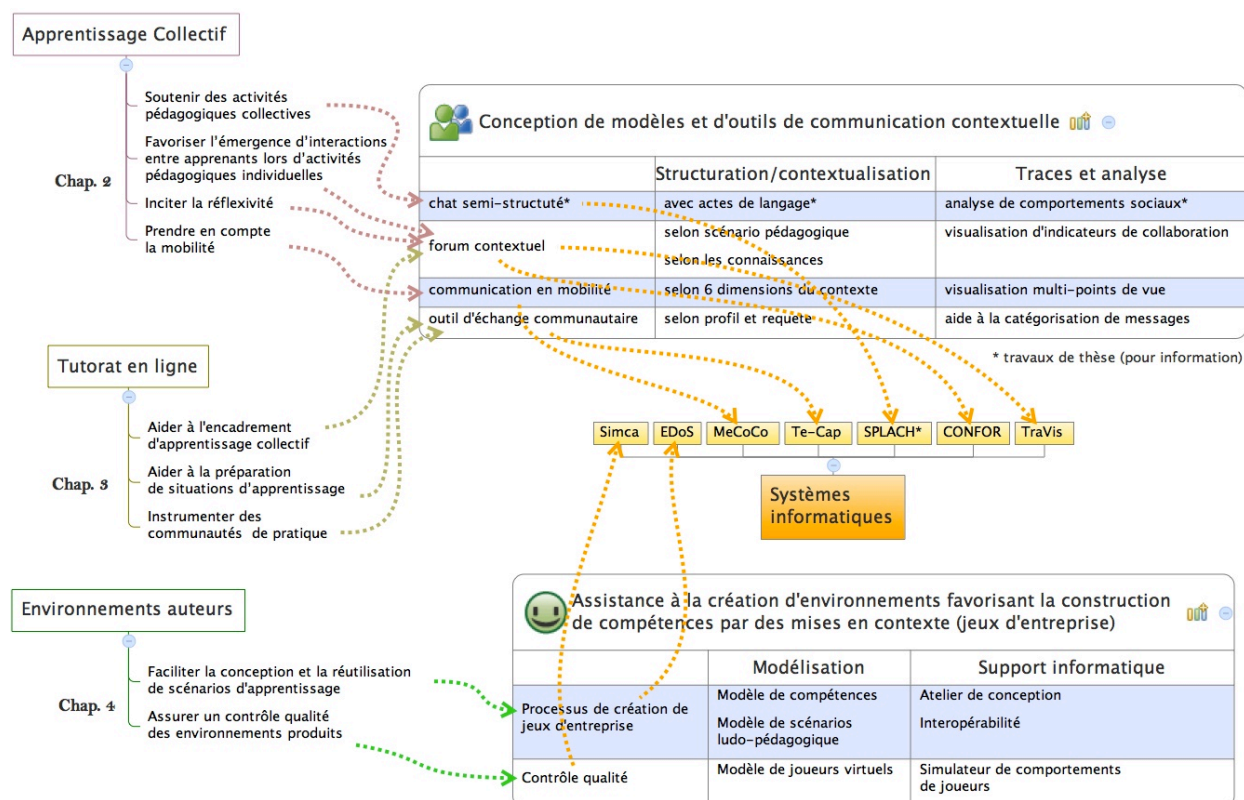


Figure 6 Synopsis des recherches

Dans ce cadre synoptique transparaissent les problématiques transversales identifiées précédemment : la conception de systèmes informatiques sensibles au contexte, le traçage et l'analyse d'activités et l'ingénierie de la conception des EIAH.

Chapitre 2

Contextualisation des communications dans la formation en ligne

*La chose la plus importante en communication,
c'est d'entendre ce qui n'est pas dit.*

Peter Drucker, professeur de management (1909-2005)

Plan du chapitre 2

2.1	<i>Introduction</i>	67
2.2	<i>Cadre des recherches</i>	67
2.3	<i>Questions de recherche</i>	70
2.4	<i>Forum contextuel : CONFOR</i>	71
2.4.1	Outils de communication et formation en ligne	71
2.4.2	La communication : une action contextuelle et située	72
2.4.3	Proposition d'un modèle de forum contextuel	73
2.4.3.1	Structuration : catégories et références	73
2.4.3.2	Vue contextuelle	74
2.4.3.3	Description du modèle CONFOR	74
2.4.3.4	Contextualisation selon la structuration pédagogique	76
2.4.3.5	Contextualisation selon les connaissances	78
2.4.3.6	Intégration des deux types de contextualisation	80
2.4.4	Le système CONFOR	81
2.4.5	Expérimentations et résultats	84
2.4.6	Discussion et positionnement du travail	86
2.5	<i>Communication contextuelle et mobilité : MeCoCo</i>	88
2.5.1	L'émergence du <i>m-learning</i>	88
2.5.2	Proposition d'un modèle de contexte pour les communications en situation de <i>m-learning</i>	89
2.5.3	Le prototype MeCoCo	91
2.5.3.1	Architecture globale	91
2.5.3.2	Proximité entre contextes	93
2.5.3.3	Proposition d'interfaces	93
2.5.4	Discussion et positionnement du travail	96
2.6	<i>Tracer les communications médiatisées : TrAVis</i>	97
2.6.1	Traces et analyses de communications médiatisées	97
2.6.2	Approche proposée pour le traçage des activités de communications médiatisées	100
2.6.2.1	Modèle général et modèles spécifiques de traces de communications médiatisées	100
2.6.2.2	Architecture du système de traçage	102
2.6.3	La plate-forme TrAVis	104
2.6.3.1	Un démonstrateur de système de manipulation de traces	104
2.6.3.2	Exemple d'indicateurs liés aux communications sur forum	105
2.6.4	Expérimentations et résultats	107
2.6.5	Discussion et positionnement du travail	108
2.7	<i>Conclusion</i>	110

2.1 Introduction

La formation à distance vise à répondre à des besoins d'apprentissage en s'affranchissant d'une partie des contraintes de lieu et de temps. Elle s'est particulièrement développée à partir des années 1970 et elle est rentrée dans une nouvelle génération avec l'arrivée des technologies *web* (Power, 2002). Elle se nomme alors formation en ligne et peut être perçue comme « *une construction techno-pédagogique, c'est-à-dire émergeant de la rencontre de **nécessités pédagogiques et de possibilités technologiques*** » (Hotte & Leroux, 2003). De nombreuses plates-formes de formation en ligne existent actuellement, offrant à des acteurs (apprenants, tuteurs, concepteurs pédagogiques, administrateurs) des outils pour partager des ressources (contenus de formations), pour communiquer (courrier électronique, forum, chat, ...) et pour travailler collectivement (agenda, éditeurs partagés, ...). Ces plates-formes sont également utilisées pour des formations hybrides, mixant distance et présence.

Les retours d'usage montrent que les apprenants ne parviennent pas toujours à tirer des plates-formes de formation en ligne tout le bénéfice escompté par les enseignants. En particulier, les possibilités de communication sont la plupart du temps surestimées. En effet, même si bon nombre d'enseignants s'accordent à dire que les interactions entre pairs occupent une place déterminante dans l'apprentissage (Brown, Collins & Duguid, 1989), **les conversations qui sont médiatisées ne sont pas aussi spontanées qu'en présence**. Les communications et interactions réellement collaboratives et riches d'un point de vue apprentissage ne sont pas si fréquentes (Gommer & Visser, 2001; Hotte & Pierre, 2002).

Dans ce chapitre, partant de l'hypothèse qu'une partie des difficultés provient des outils eux-mêmes, nous décrivons comment, selon nous, la conception de modèles et outils d'interactions contextuelles spécifiques offrent des solutions pour y remédier. Nous verrons également comment il est possible de prendre en compte les situations particulières d'apprentissage avec dispositifs mobiles. Ce chapitre se termine par la présentation de travaux sur les traces de communications médiatisées, ces traces étant utiles pour la contextualisation mais aussi pour construire des indicateurs synthétiques sur les interactions.

2.2 Cadre des recherches

Nous considérons que les recherches dans le domaine des interactions pédagogiques en ligne ont des spécificités par rapport aux communications médiatisées par ordinateur en général (CMO ou son équivalent anglais *CMC* pour *Computer-Mediated Communication*). Comme signalé par Dejean-Thircuir et Mangenot (2006) « *des questions spécifiques, d'ordre éducatif, viennent complexifier le tableau, celle des outils développés à des fins pédagogiques [...], celle des tâches données à réaliser aux apprenants, celle enfin des modalités de*

réalisation de ces tâches, pouvant aller de la simple mutualisation à la collaboration par petits groupes ». Bien entendu, il est possible de s'appuyer sur les études et les résultats du domaine de la CMO mais les recherches menées dans le domaine des interactions pédagogiques en ligne ont aussi leurs propres caractéristiques.

Les interactions pédagogiques en ligne sont un objet d'étude qui intéresse plusieurs disciplines avec des points de vue différents. Henri, Peraya et Charlier (2007), analysant les recherches existantes sur les forums de discussions en milieu éducatif, les divisent en trois catégories :

- les recherches « **sur** » les forums qui consistent à étudier les communications en elles-mêmes (analyse du discours),
- les recherches « **avec** » les forums qui s'intéressent aux outils de communication comme source d'information dans des activités plus globales (pas nécessairement médiatisées),
- les recherches « **pour** » les forums qui se situent d'un point de vue instrumentation des activités en développant des outils appropriés.

Dans cette catégorisation, nous nous situons clairement au niveau de la troisième catégorie, même si les recherches « pour » les forums s'appuient sur les deux premières catégories et y contribuent. De façon plus générale, Mangenot (2007), s'appuyant sur Gagné *et al.* (1989), distingue quatre grands types de recherche concernant les interactions pédagogiques en ligne :

- Type 1 : théoriser,
- Type 2 : observer/décrire,
- Type 3 : expliquer/prouver,
- Type 4 : transformer/développer des outils de communication.

Les quatre types ne sont pas cloisonnés. Une recherche peut ainsi tenter de théoriser un phénomène (type 1) puis tenter de l'expliquer avec une expérience (type 3). Cependant une recherche aura le plus souvent un type dominant. La théorisation des situations d'interactions en ligne (type 1) consiste à définir/étudier des **modèles d'interactions** (Peraya & Ott, 2001) ou à expliciter des notions particulières (dispositif, rôles, distance, etc.). La plupart du temps, ce type de recherche théorique ne s'appuie pas sur des analyses concrètes d'interactions.

Le type 2 vise à observer et décrire des nouvelles pratiques en relation avec les outils qui les instrumentent. Les recherches de ce type adoptent le plus souvent une **démarche qualitative**. Les principales disciplines concernées sont les sciences du langage, les didactiques, la sociologie et les sciences de l'information et de la communication. L'objectif est de mener des études à partir de situations écologiques, c'est-à-dire non réalisées pour le besoin d'une expérimentation. Un certain nombre de travaux tentent d'observer et de décrire les impacts des dispositifs techniques sur la communication dans un contexte éducatif (Herring, 2004; Dejean-Thircuir & Mangenot, 2006). D'autres recherches tentent

d'analyser les forums électroniques pour identifier les constructions collaboratives de connaissances (Desjardins, 2002).

Le type 3 fait référence à des recherches expérimentales dont l'objectif principal est d'obtenir des résultats mesurables à partir de **traitements quantitatifs** (contrôle de variables, catégorisation, ...) afin d'expliquer un phénomène ou de prouver une théorie. La plupart du temps, les données traitées ne sont pas issues d'un milieu écologique mais proviennent d'une situation expérimentale. Gettliffe-Grant (2003) décrit par exemple la mise en place d'une expérimentation pour étudier des représentations des connaissances dans un forum.

Enfin, le type 4, celui qui retient particulièrement notre attention, concerne la **conception et le développement d'outils de communication spécifiques au contexte éducatif**. Ce type regroupe des recherches qui peuvent être considérées comme des recherches-actions qui s'appuient en général sur des conclusions ou recommandations issues des travaux des types précédents. Ces travaux concernent principalement des chercheurs en informatique dont l'objectif principal est de modéliser et de concevoir des systèmes de communication particuliers. Nous pouvons répertorier quatre principaux axes dans ce type de recherche :

- **faciliter le déroulement des interactions** : par exemple avec des outils proposant des présentations alternatives des fils de discussion,
- **orienter les interactions** vers des formes particulières, ce qui revient à contraindre pour atteindre des objectifs pédagogiques spécifiques (par exemple : apprendre à argumenter),
- **inciter la création d'interactions**, c'est-à-dire provoquer des mises en relation entre acteurs,
- **faciliter l'analyse automatique des interactions**, les outils de communication développés étant alors dédiés à un type d'analyse.

Les outils issus de ces recherches ne sont pas neutres dans les discussions, si tant est qu'il y en ait de neutre, car l'objectif mis en avant est d'influencer les interactions dans une finalité pédagogique. Même les outils facilitant les analyses de discussions influent sur les interactions car ces analyses peuvent servir à de l'assistance cognitive ou métacognitive (Soller *et al.*, 2005; Dimitracopoulou & Bruillard, 2006).

Nos travaux visent à développer des outils de communication spécifiques en nous focalisant sur les structurations particulières qu'ils peuvent proposer (structuration des messages les uns par rapport aux autres, structuration des visualisations, etc.). Nous nous intéressons aux outils conçus pour des conversations écrites seulement et non pour des communications orales ou audiovisuelles. En effet, l'écrit est encore le mode de communication le plus utilisé en formation en ligne. Même si les configurations matérielles et les connexions réseaux autorisent désormais des communications audiovisuelles, **l'écrit possède des avantages dans un contexte éducatif**. Ainsi, une étude menée pour comparer les modes de communication écrite et orale lors de

collaborations à distance synchrone entre étudiants (Vera *et al.*, 1998) montre que des étudiants utilisant uniquement la communication écrite ont des discussions plus « réfléchies » que ceux utilisant la vidéoconférence. Dans le même sens, il a été montré que la communication écrite incite davantage de réflexion de la part des apprenants en impliquant un processus cognitif plus profond : « *one advantage of text-based communication is that written communication tends to be more reflective than spoken interaction* » (Sherry, 1998). Enfin, l'écrit est un moyen bien adapté aux apprenants timides, pensifs ou hésitants (Berge, 1997).

Nous nous intéressons particulièrement aux forums de discussions qui sont des outils supportant les **communications écrites asynchrones**. Cette communication asynchrone est nécessaire en formation en ligne car bien souvent la distance entre les personnes n'est pas seulement physique mais également temporelle (fuseaux horaires ou moments de connexions différents). Par ailleurs, les forums ont l'avantage de garder une « **trace** » des communications sur laquelle les étudiants peuvent revenir ou rebondir ultérieurement.

2.3 Questions de recherche

Toutes les plates-formes informatiques soutenant des formations en ligne intègrent des outils de communication. Malgré cela, les interactions entre apprenants sont, comme nous l'avons vu, souvent bien en dessous des attentes, que ce soit en quantité comme en qualité. Nous pensons qu'une partie des difficultés provient des outils eux-mêmes qui n'incitent pas à la communication. Une première question, à laquelle nous tentons de répondre, est de savoir **comment rapprocher les activités de communications des activités d'apprentissage** dans un environnement de formation en ligne. Cette question est abordée sous l'**angle informatique** : quels modèles et outils informatiques concevoir pour favoriser une meilleure articulation entre les discussions et les activités pédagogiques. La principale piste retenue est celle de la **contextualisation des communications** entre personnes. Nous nous intéressons donc à la prise en compte du contexte, et plus précisément à ce qui est nommé « contexte situationnel » en linguistique, c'est-à-dire aux « *éléments du monde non linguistique associés à la production d'un énoncé ou d'un élément d'énoncé comme par exemple l'entourage physique et social où l'acte de parole prend place* » (Grand dictionnaire terminologique, 2010). L'objectif est bien de situer toute action de communication par rapport à des éléments liés à cette communication. Nous décrivons en particulier dans ce chapitre un système de communication contextuelle qui rattache les fils de discussions d'un forum à des éléments logiques (contenus, éléments de connaissance) d'un environnement de formation en ligne.

Le travail sur la contextualisation des discussions a été enrichi pour prendre en compte les situations d'apprentissage en **mobilité**. Des problématiques de conception d'interfaces homme-machine et de définition de modèles de contexte liées aux spécificités de la mobilité sont alors soulevées. Le modèle de

contextualisation a été étendu par un ensemble de propriétés liées à cette mobilité (localisation, terminaux, environnement, ...). Un point notable réside dans la proposition d'**IHM** ne contraignant pas l'utilisateur mais au contraire lui laissant une grande liberté dans le choix des informations contextuelles à visualiser.

La contextualisation suppose de disposer d'informations sur l'activité des utilisateurs. Dans un environnement informatique, cela se traduit par la **collecte et l'exploitation de traces**. Dans le cadre du traçage des communications médiatisées, nous nous attaquons à trois problématiques : (1) comment prendre en compte les actions dans les outils de communications (**les processus**) qui ne se retrouvent pas dans les messages échangés (les productions) ? (2) comment **représenter les traces de communications médiatisées** de façon à pouvoir mutualiser leur exploitation ? (3) comment faciliter l'exploitation des traces et leurs **visualisations** par les apprenants et les enseignants. En réponse à ces trois questions, nous proposons une méthode pour le traçage des activités de communications médiatisées et un système pour les exploiter afin de montrer les potentialités en termes de manipulation de traces et de construction d'indicateurs signifiants pour les utilisateurs.

En résumé, les recherches présentées dans ce chapitre s'attaquent principalement à la question du soutien informatique aux communications médiatisées dans des situations d'apprentissage. Deux pistes complémentaires sont explorées pour y répondre :

- la conception d'outils de communication adaptés pour **structurer et faciliter les interactions contextuelles**,
- la prise en compte des traces d'activités de communication pour **favoriser la conscience mutuelle, la réflexivité et le suivi pédagogique**.

2.4 Forum contextuel : CONFOR

Les travaux de recherche décrits dans cette section ont été entrepris lors de notre séjour post-doctoral (2001-2002) au Centre de Recherche LICEF de la Télé-Université du Québec à Montréal. Ce cadre a été fondamental pour percevoir les bienfaits et les limites des activités de discussion dans des formations en ligne et pour en dégager des questions de recherches ancrées dans la réalité du terrain. Depuis, la collaboration s'est poursuivie afin d'améliorer les modèles et dispositifs conçus.

2.4.1 Outils de communication et formation en ligne

La grande majorité des outils de communication intégrés aux plates-formes de formation en ligne ne sont pas spécifiques à l'éducation. Nous y retrouvons des outils classiques du *web*, principalement des forums et des *chats*. Cependant, des bénéfices pédagogiques sont attendus comme : stimuler la participation des apprenants, augmenter leur motivation, créer le sentiment d'appartenance à un

groupe, provoquer le monitorat entre pairs, etc. Dans les domaines du *Computer Supported Collaborative Learning*, de nombreux travaux ont tenté de démontrer le potentiel de ces outils de communication comme support à l'apprentissage collectif. Nous pouvons par exemple faire référence au symposium Symfonic (Sidir, Bruillard & Baron, 2005) qui s'est tenu à Amiens sur le thème des forums en éducation. Ce symposium a eu pour objectif de faire un point sur les modes d'étude et d'analyse des forums utilisés dans des contextes d'apprentissage. Les expériences relatées montrent que l'outil forum à lui seul ne peut être le déclencheur d'une dynamique collective. La mise en place d'une **situation pédagogique** favorisant les interactions est bien souvent nécessaire, par exemple en mettant en place une pédagogie de projet (George, 2001). Lors d'activités pédagogiques individuelles, **le simple fait de fournir des outils classiques de communication à distance n'est pas suffisant pour faire émerger des interactions entre apprenants** et ainsi favoriser la construction collective de connaissances.

Les forums utilisés dans un contexte pédagogique sont la plupart du temps utilisés comme outil de communication des apprenants avec leurs enseignants. Les relations verticales apprenant-enseignant sont nettement prédominantes dans les formations en ligne (Hotte, 1998). Une des causes principales provient des outils mêmes et plus particulièrement de leurs faibles liens avec les activités d'apprentissage (Looi, 2001). Cette séparation n'incite pas à utiliser ces outils de discussion : « *The problem with content-related communication often is, that it doesn't occur because it is a separate activity that is not integrated in the course* » (Gommer & Visser, 2001).

Le projet CONFOR (*CONtextual FORum*) vise à déterminer comment rapprocher les activités de discussion des activités d'apprentissage avec des outils de communication adaptés. Notre objectif est de concevoir de nouveaux modèles et outils de forums de discussion pour les environnements de formation en ligne. Notre hypothèse est que les outils informatiques utilisés ont une incidence sur la création des communautés d'apprenants. Dans ce sens, nous cherchons à instrumenter ces communautés d'apprenants en essayant d'orienter les effets des outils informatiques vers des objectifs désirés, en l'occurrence l'augmentation d'interactions entre apprenants. Nous ne déclarons pas que les outils informatiques sont les seuls facteurs favorisant les interactions entre apprenants. L'encadrement pédagogique, l'animation d'un tuteur ou bien encore la mise en place d'activités collectives sont aussi des éléments essentiels. Nous les considérons comme complémentaires à notre approche.

2.4.2 La communication : une action contextuelle et située

De nombreuses théories et modèles de communication cohabitent (Michel, 2007). L'objectif n'est pas ici d'en faire un état de l'art mais de mettre en avant certains aspects susceptibles d'éclairer notre recherche.

Selon le modèle de Jakobson (1960), les actes de communication, qu'ils soient écrits ou oraux, sont dépendants de six facteurs : le message, l'émetteur, le destinataire, le contexte, le contact (le canal pour la communication) et le code

(e.g. le dictionnaire d'une langue). Dans ce modèle, la mise en évidence du contexte nous intéresse particulièrement. Cela définit clairement l'existence d'un cadre de référence du message. Cette référence peut être d'un niveau très général (la culture d'un pays) ou plus particulier (une information ou un objet auquel on fait référence dans une discussion). Jakobson poursuit en définissant des fonctions de la communication, parmi lesquelles la fonction référentielle indiquant que le message renvoie au monde extérieur. Les humains sont ainsi capables d'utiliser des informations extérieures au message pour communiquer plus efficacement : *« when humans talk with humans, they are able to use implicit situational information, or context, to increase the conversational bandwidth. Unfortunately, this ability to convey ideas does not transfer well to humans interacting with computers »* (Abowd & Dey, 1999). Nous pouvons même prolonger cette affirmation en précisant que **la capacité d'utiliser un contexte commun se transfère mal lors de communications médiatisées par ordinateur**. Un de nos objectifs est donc de faciliter l'utilisation de ces références communes dans des situations éducatives. Lorsque les communications sont médiatisées, nous pensons que cela passe par une explicitation de certains contextes liés aux messages.

La théorie de l'action située, qui sous-tend l'idée que chaque action dépend étroitement des circonstances matérielles et sociales dans lesquelles elle se déroule (Lave, 1988; Suchman, 1987), peut aussi nous éclairer dans notre travail. Elle introduit une notion intéressante : l'action n'est pas l'exécution d'un plan préconçu mais **le résultat d'une adaptation au contexte**. Comme le précise Lambert (1992), la communication peut pleinement être considérée comme une action située puisqu'elle se déroule en contexte, au moment où l'on en ressent le besoin. En appliquant ce principe aux communications médiatisées, Mantovani (1996) indique que les utilisateurs sont des acteurs sociaux autonomes avec leurs propres buts et que c'est par conséquent **à la technologie de s'adapter** à eux pour faciliter leur communication. Si un utilisateur ne peut pas facilement communiquer dans l'action, il ne le fera pas ou alors de manière beaucoup moins efficace. Dans ce sens, *« the most effective way of clarifying the meaning of messages is to relate them to a shared context »* (Riva, 2001). C'est dans cette direction que notre recherche se porte en proposant un outil de forum contextuel reliant explicitement les discussions à des objets référents.

2.4.3 Proposition d'un modèle de forum contextuel

Afin d'atteindre l'objectif principal dégagé dans la partie précédente, à savoir le rapprochement des activités de discussions des activités d'apprentissage, nous proposons un modèle de forum fondé sur deux caractéristiques : une structuration et une vue contextuelle. Nous décrivons dans cette partie ces deux caractéristiques avant de décrire le modèle CONFOR et d'en détailler sa mise œuvre.

2.4.3.1 Structuration : catégories et références

La structuration de forum proposée repose tout d'abord sur la définition de sous-forums nommés **catégories**. Par exemple, nous pouvons avoir des catégories « cours », « exercices », « projet » et « administratif ». Ces catégories peuvent

elles-mêmes être structurées par des **références**. Ces références peuvent être des liens vers des activités pédagogiques. Une référence peut ainsi être le titre d'un chapitre du cours, le numéro d'un exercice ou une phase d'un projet pédagogique. Ainsi, un apprenant voulant intervenir à propos du chapitre 1.1 d'un cours mettra son message sous la référence « chapitre 1.1 » dans la catégorie « cours » du forum structuré. Ainsi, le forum a la possibilité d'être structuré en fonction des activités d'apprentissage proposées aux apprenants. L'objectif de ces références est de créer un lien logique entre les discussions et les objets d'apprentissage. La structuration du forum permet d'organiser les messages entre eux mais aussi par rapport aux contenus et aux activités pédagogiques. Nous verrons par la suite comment mettre en œuvre ces références.

2.4.3.2 Vue contextuelle

En complément de la structuration décrite ci-dessus, nous proposons de définir une vue contextuelle du forum structuré. L'objectif est de présenter à l'apprenant les messages du forum ayant un rapport avec son activité, de manière **dynamique** et **automatique**. Le principe est de rattacher explicitement les discussions aux activités d'apprentissage, c'est-à-dire aux situations sur lesquelles les discussions doivent idéalement porter pour favoriser l'apprentissage entre pairs. Nous prenons les activités d'apprentissage au sens large, celles-ci pouvant se concrétiser par la lecture d'un document électronique ou bien par l'exécution d'une simulation par exemple. Concrètement, le changement d'activité ou l'ouverture d'un objet pédagogique entraîne l'ouverture d'une vue partielle du forum contenant les messages correspondant à la nouvelle activité. Ceci est possible grâce à la structuration du forum en catégories et références.

2.4.3.3 Description du modèle CONFOR

Nous proposons un modèle (figure 7) pour rapprocher les activités d'apprentissage et de discussion. Il relie concrètement les outils utilisés pour réaliser des activités pédagogiques aux outils de communication. Ce modèle a été réalisé en utilisant la technique de Modélisation par Objets Typés (MOT) développée au Centre de recherche LICEF (Paquette, 2002). Cette notation fait ressortir les relations existantes entre des procédures (symbolisées par des ovales), des concepts (symbolisés par des rectangles) et des acteurs (symbolisés par des formes hexagonales). Les liens peuvent être des liens de composition (noté C), des liens de régulation (noté R), des liens d'intrant/produit (noté I/P) et des liens de spécialisation (noté S).

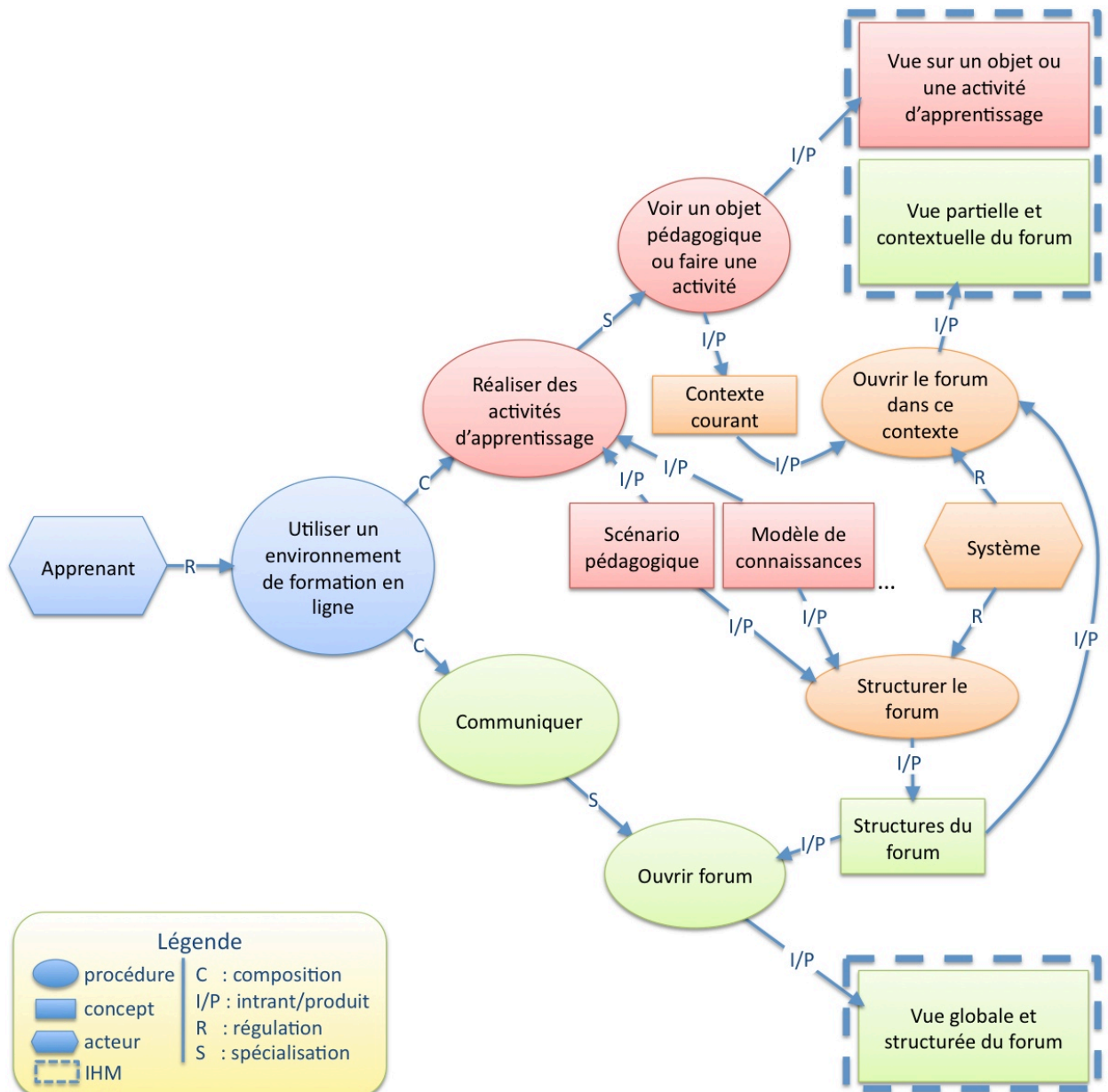


Figure 7 Le modèle CONFOR

Ce modèle de forum contextuel propose un mécanisme pour fournir plusieurs vues d'un même forum : **une vue globale structurée** et **des vues partielles contextuelles**. Ces différentes vues sont à prendre au sens IHM et sont symbolisées par des cadres en pointillés sur la figure 7. Ainsi, un apprenant utilisant un environnement de formation en ligne peut, depuis le même écran, réaliser des activités d'apprentissage et échanger avec d'autres apprenants ou des enseignants. L'ouverture d'un objet pédagogique ou la réalisation d'une activité particulière entraîne la mise à jour de l'affichage de la vue partielle du forum pour correspondre au contexte courant. Cette vue contextuelle et partielle, visible en permanence, est une partie du forum global structuré. L'apprenant peut également choisir de voir le forum dans son ensemble, celui-ci étant alors présenté de façon structurée. Nous décrivons dans les parties suivantes deux types de structuration : selon un scénario pédagogique ou selon un modèle des connaissances abordées

dans une formation. Néanmoins, le modèle n'est pas limité à ces deux types de structuration et demeure ouvert (modèle de collaboration, modèle de compétences, ...). Cette structuration est effectuée avant la diffusion du cours, soit par le concepteur pédagogique, soit par une procédure automatique intégrée au système.

En résumé, la vue globale structurée est disponible à la demande de l'utilisateur et la vue partielle est affichée automatiquement en fonction du contexte. L'affichage des messages du forum de manière contextuelle présente un double intérêt. D'une part, l'apprenant voit les messages liés à ce qu'il fait et, d'autre part, il peut poser une question en rapport avec son activité en postant un message à l'endroit approprié dans la structure.

La notion de forum contextuel peut s'appliquer à beaucoup de domaines (travail, éducation, loisirs, ...). Cependant, la manière de structurer le forum et de contextualiser les discussions doit être adaptée à chaque situation, ce qui nous amène à définir un système dédié pour des activités d'apprentissage en ligne. Deux types de contextualisation complémentaires ont été étudiés :

- selon la **structuration pédagogique** d'un cours en ligne (George, 2003c). La structure du forum peut, par exemple, reprendre le scénario pédagogique d'un cours divisés en parties et sous-parties.
- selon des **connaissances** abordées par un objet pédagogique (George, 2004). Les messages du forum sont dans ce cas reliés à des éléments de connaissances organisés entre eux (structure conceptuelle d'un cours).

2.4.3.4 Contextualisation selon la structuration pédagogique

Pour proposer une contextualisation des discussions en fonction d'une activité d'apprentissage ou d'un objet pédagogique vu par un étudiant, nous avons besoin de connaître comment ces activités ou ressources sont organisées entre elles dans une formation en ligne. Pour ce faire, nous pouvons nous appuyer sur les travaux de modélisations pédagogiques et les spécifications et normes qui en ont résulté. En particulier, deux propositions émergent actuellement dans ce domaine : SCORM et IMS-LD. Ces spécifications étant très souvent détaillées et discutées dans la littérature (voir par exemple une synthèse dans (Pernin, 2004)), nous en décrivons ici uniquement les parties utiles pour nos travaux.

SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*) propose un **modèle d'agrégation de contenu** (Dodds & Thropp, 2004a) intéressant pour notre objectif de structuration des discussions. SCORM définit notamment le *Content-packaging*, un formalisme, dans un format XML, pour définir l'organisation d'une formation de manière arborescente (parties/sous-parties ou activités/sous-activités). Chaque item de l'arbre est alors rattaché à des objets pédagogiques ou SCO (*Sharable Content Object*), eux-mêmes composés d'éléments de base ou *Asset*, tels que des textes, des images, du son, etc. À noter qu'un *Asset* peut être aussi directement rattaché sans passer par un niveau SCO. Ainsi nous pouvons récupérer la structure pédagogique d'une formation en ligne (défini dans un fichier *manifest.xml*) pour générer automatiquement une structuration du forum calquée sur celle-ci (figure 8).

Par ailleurs, SCORM décrit dans une autre spécification, *SCORM Runtime Environment* (Dodds & Thropp, 2004b), la manière dont les ressources communiquent avec les LMS. Une API (*Application Programming Interface*) définit notamment deux fonctions, *LMSInitialize()* et *LMSTerminate()* implémentées par le LMS, qui doivent respectivement être appelées à l'ouverture et à la fermeture d'une ressource. Nous pouvons utiliser ces fonctionnalités pour mettre à jour la vue contextuelle du forum à chaque lancement d'une ressource. La figure 8 décrit cette double utilisation de SCORM pour la contextualisation et l'affichage des discussions.

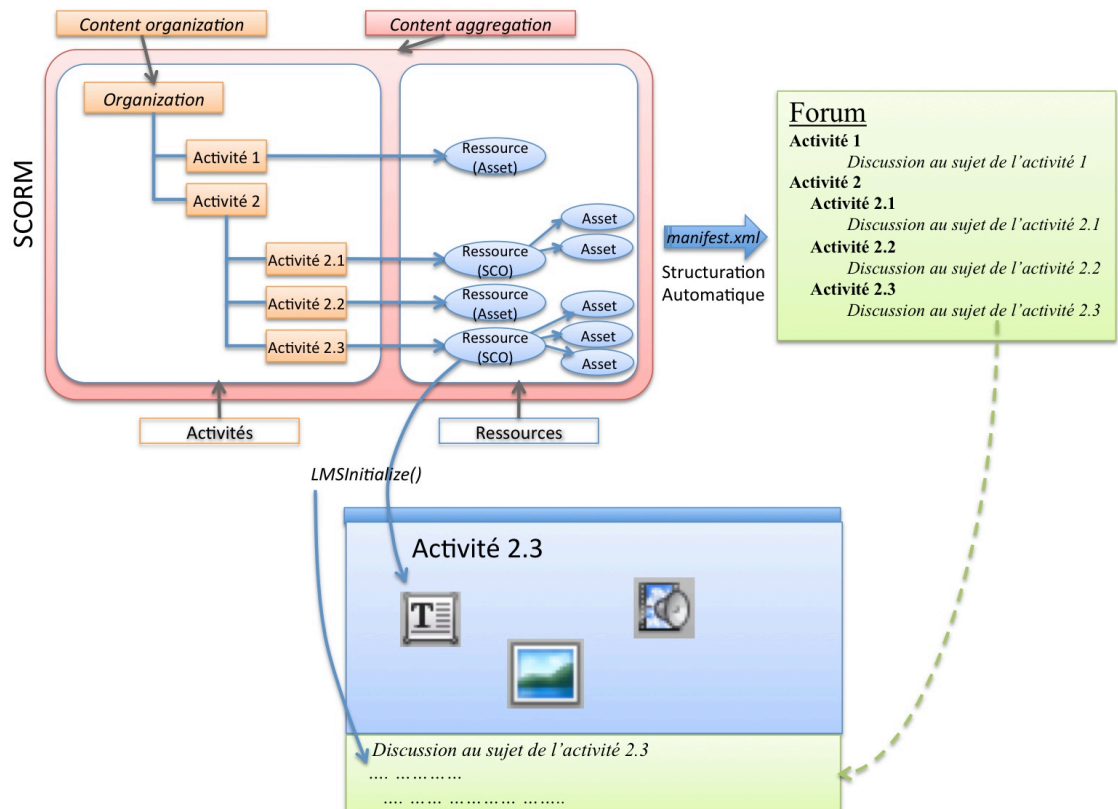


Figure 8 Utilisation de SCORM pour contextualiser les discussions

Depuis le début de notre recherche sur les forums contextuels, les spécifications incluses dans SCORM en 2004 sont devenues des normes internationales depuis la fin de l'année 2009 (ISO/IEC TR 29163-1:2009). Ainsi, tout LMS respectant cette norme peut bénéficier d'une contextualisation des discussions moyennant une adaptation technique pour afficher les vues contextuelles des messages. Nous proposons une solution à base de *web services* dans la partie décrivant le système CONFOR (partie 2.4.4).

IMS-LD (*Learning Design*) propose une autre approche pour concevoir des structures pédagogiques en mettant en avant des activités plutôt que des ressources. Ainsi, dans IMS-LD (IMS, 2003), le scénario pédagogique est décrit comme une mise en scène (métaphore théâtrale). Une pièce est composée d'actes, eux mêmes composés de partitions qui associent un rôle à une activité effectuée

dans un environnement. Un acteur peut alors être un apprenant ou un enseignant qui encadre l'activité. Un forum contextuel peut tout à fait se fonder sur la spécification IMS-LD pour référencer non seulement des ressources mais aussi des activités au sens de LD, c'est à dire des pièces, des actes et des partitions. Sur le plan technique, la spécification IMS-LD définit un document XML pouvant être importé dans le système CONFOR pour la structuration automatique des forums.

D'autres langages de modélisation existent, notamment issus de travaux effectués par des chercheurs du domaine. Nous pouvons en particulier citer LDL (*Learning Design Language*) qui propose une métaphore plus simple que celle d'IMS-LD et qui repose sur un méta modèle ne couvrant par seulement les activités d'apprentissage mais aussi l'organisation, le suivi et l'évaluation (Martel *et al.*, 2006). Là encore, notre approche peut être utilisée avec LDL, d'autant plus qu'il existe une infrastructure d'exécution nommé LDI (*Learning Design Infrastructure*) sur laquelle s'appuyer pour connaître le contexte courant d'un apprenant.

Pour résumer, nos travaux ne sont pas liés à un langage de modélisation pédagogique particulier mais peuvent facilement s'**articuler avec les standards** qui évoluent continuellement. D'ailleurs, la prochaine version de SCORM est actuellement à l'étude. SCORM 2.0 (LETSI, 2009) devrait proposer une structuration en 4 parties : les personnes (*people*), les compétences (*competencies*), les ressources (*resources*), les activités pédagogiques (*learning activities*). Les mécanismes que nous avons définis dans cette partie sont aptes à suivre les évolutions des standards du domaine, les deux seules fonctionnalités nécessaires étant la récupération de la structuration des activités et de l'activité en cours de réalisation par un apprenant. Ces deux aspects devraient quoi qu'il en soit se retrouver dans toute future proposition de modélisation pédagogique.

2.4.3.5 Contextualisation selon les connaissances

La structuration des discussions selon les activités peut entraîner un certain morcellement des discussions, deux messages pouvant se trouver dans deux fils distincts alors qu'ils traitent du même contenu. C'est pour cette raison que nous avons également travaillé sur une autre structuration des discussions, fondée sur les connaissances abordées dans une formation en ligne, tout en conservant l'idée de visualisation contextuelle. Avec cette approche, il est possible de rapprocher des discussions traitant de sujets connexes, ce qui est difficilement possible avec des outils classiques de forums : « *the need to accommodate convergent processes raises issues of representation, since conventional text-based mappings are incapable of illustrating multiple-reference relationships. Therefore, a next generation conferencing environment requires a flexible mapping utility capable of depicting situations in which discourse strands can both branch and come together* » (Hewitt, 2001).

Dans la formation en ligne, des métadonnées sont utilisées pour décrire des cours et des objets d'apprentissage. Ils incluent des **descripteurs** qui rendent les cours et ressources plus facilement interopérables, réutilisables et adaptables (Downes, 2001). Nous pouvons utiliser ces mêmes métadonnées pour retrouver les éléments de connaissances abordés dans une ressource pédagogique. En termes de métadonnées, le standard le plus utilisé est LOM (*Learning Object Metadata*). L'utilisation d'ontologies est aussi une solution pour gérer des objets d'apprentissage (Aroyo, Mizoguchi & Tzolov, 2003; Hayashi, Ikeda & Mizoguchi, 2004). Cependant, nous avons choisi d'utiliser LOM car c'est un standard reconnu qui répond à nos attentes en matière de description de ressource élémentaire. La solution présentée ci-après fonctionne également avec les profils d'application du LOM, comme le LOMFR¹⁰.

De manière synthétique, LOM comporte 9 catégories regroupant 68 éléments de description (Hodgins & Duval, 2002). La 9^{ème} catégorie nommée « **classification** » nous intéresse particulièrement pour nos travaux car elle définit une indexation des ressources en fonction d'une taxonomie. Le système de classification n'est pas fixé dans LOM, il doit néanmoins être précisé. Nous avons étudié différentes classifications couramment utilisées par les bibliothèques : DDC (*Dewey Decimal Classification*), UDC (*Universal Decimal Classification*) and LCC (*Library of Congress Classification*). Nous avons retenu la classification DDC car elle est flexible, simple à utiliser et fournit une classification des connaissances suffisamment fine pour notre travail. Cependant nous ne sommes pas dépendant de la classification Dewey, le principe est générique et fonctionne quelle que soit la méthode de classification employée. Nous sommes conscient que l'indexation en général, et avec LOM en particulier, est une tâche laborieuse pour les auteurs de ressources. Ce travail peut être fait par des spécialistes (documentalistes) ou en utilisant des systèmes de classification automatique avec les avantages et limites que cela comporte (rapides mais moins fiables). Les enjeux de l'indexation sont tels que nous pouvons la prendre comme hypothèse de notre travail.

En récupérant la classification des connaissances abordées dans une activité d'apprentissage, nous pouvons **structurer automatiquement un forum** en fonction des éléments de connaissances. Chaque objet pédagogique étant indexé par un ou plusieurs éléments de connaissances, il est alors possible d'afficher de manière contextuelle les discussions attachées à ces connaissances (figure 9).

¹⁰ Le LOMFR est le profil français d'application du LOM. Il étend/restreint le LOM en proposant/supprimant des attributs, en proposant/supprimant certains vocabulaires et en rendant obligatoires certains attributs (cf. <http://www.lom-fr.fr>). De la même façon, il existe le profil SupLOMFR destiné aux institutions françaises de l'enseignement supérieur (cf. <http://www.sup.lomfr.fr>).

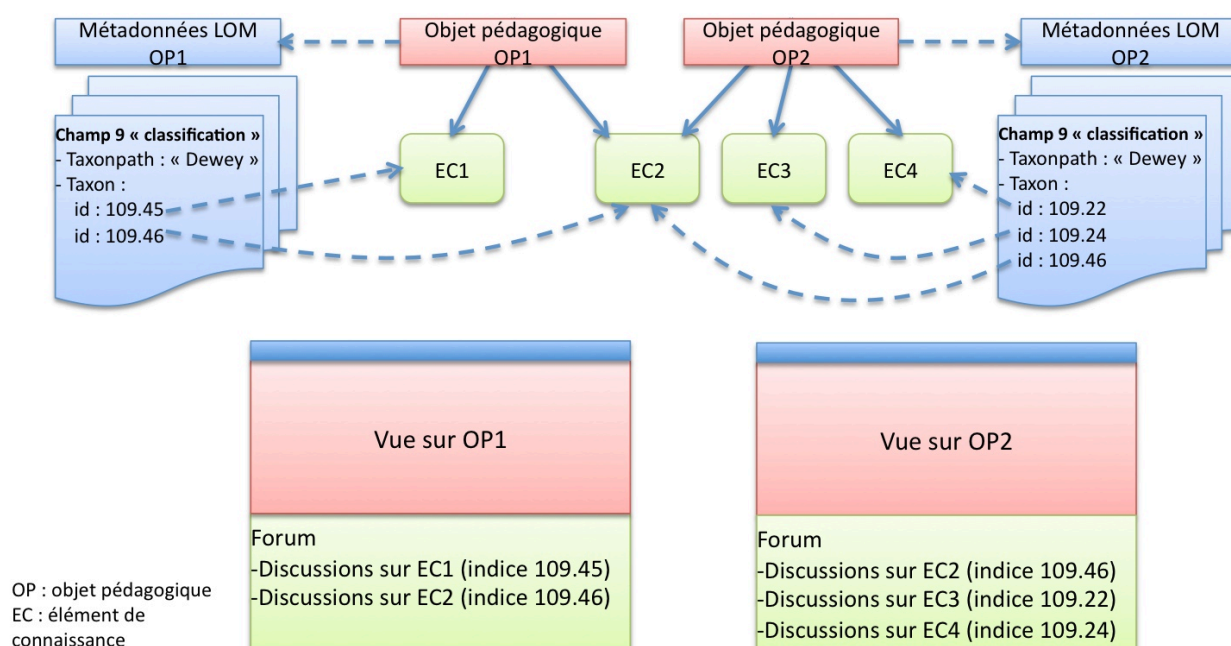


Figure 9 Utilisation de LOM pour contextualiser des discussions

Avec l'attribut « classification » de LOM nous pouvons retrouver quels sont les éléments de connaissances abordés par un objet pédagogique. Sur la figure 9, l'objet pédagogique OP1 aborde, par exemple, deux éléments de connaissances EC1 et EC2, identifiés respectivement par les indices 109.45 et 109.46 dans la classification Dewey. Ainsi, un apprenant visualisant l'objet OP1 verra automatiquement toutes les discussions se rapportant à ces deux éléments de connaissances. Avec ce mécanisme, deux apprenants travaillant sur deux objets pédagogiques différents (y compris dans deux formations différentes) pourront se retrouver dans le même sous-forum pour parler d'un élément de connaissance identique (c'est le cas de l'élément EC2 sur la figure 9).

2.4.3.6 Intégration des deux types de contextualisation

Les parties précédentes ont montré deux types de structuration possible pour les forums contextuels. Ces deux possibilités peuvent être articulées pour offrir à tout moment **deux types de contextualisation** pour un apprenant engagé dans une formation en ligne. La figure 10 synthétise cette articulation.

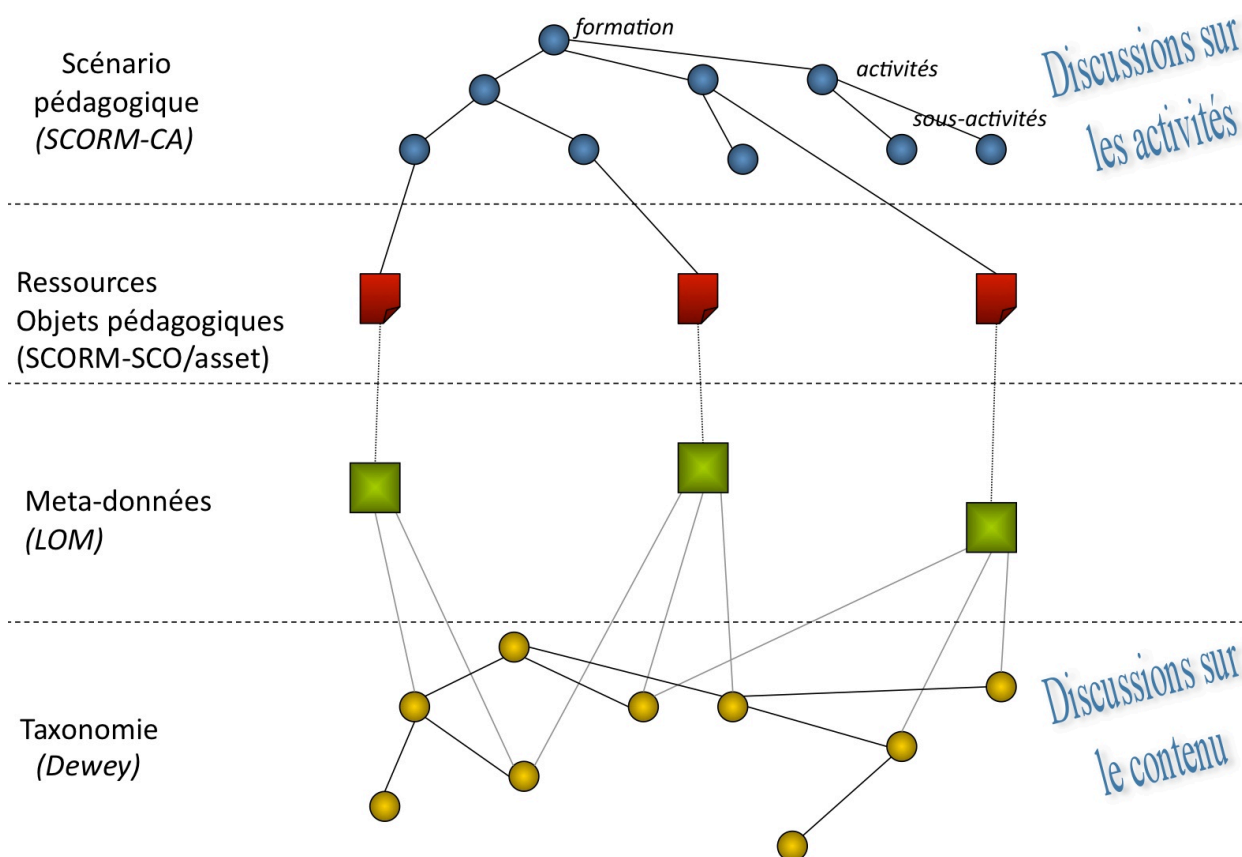


Figure 10 Intégration des contextualisations des discussions par activité et par contenu

Dans cette figure, nous voyons qu'un objet pédagogique peut être référencé en tant qu'objet d'un scénario pédagogique (dans la partie haute) et en même temps que cet objet traite de plusieurs éléments de connaissance décrits dans ses métadonnées (dans la partie basse). Chaque cercle symbolise un fil de discussions du forum. Quand un étudiant consulte un objet pédagogique, le forum contextuel lui présente (1) les messages en lien avec son activité et (2) les messages en lien avec les connaissances abordées par la ressource. L'apprenant sera ainsi à même de discuter sur l'activité (pour parler de l'organisation pédagogique par exemple) ou sur le contenu (pour discuter du fond).

2.4.4 Le système CONFOR

Plusieurs versions du système CONFOR se sont succédées. Nous allons montrer les principales évolutions correspondant à différents résultats de recherche. La première version de CONFOR a été utilisée à la Télé-Université du Québec dans différents cours depuis 2002. Son interface est présentée sur la figure 11.

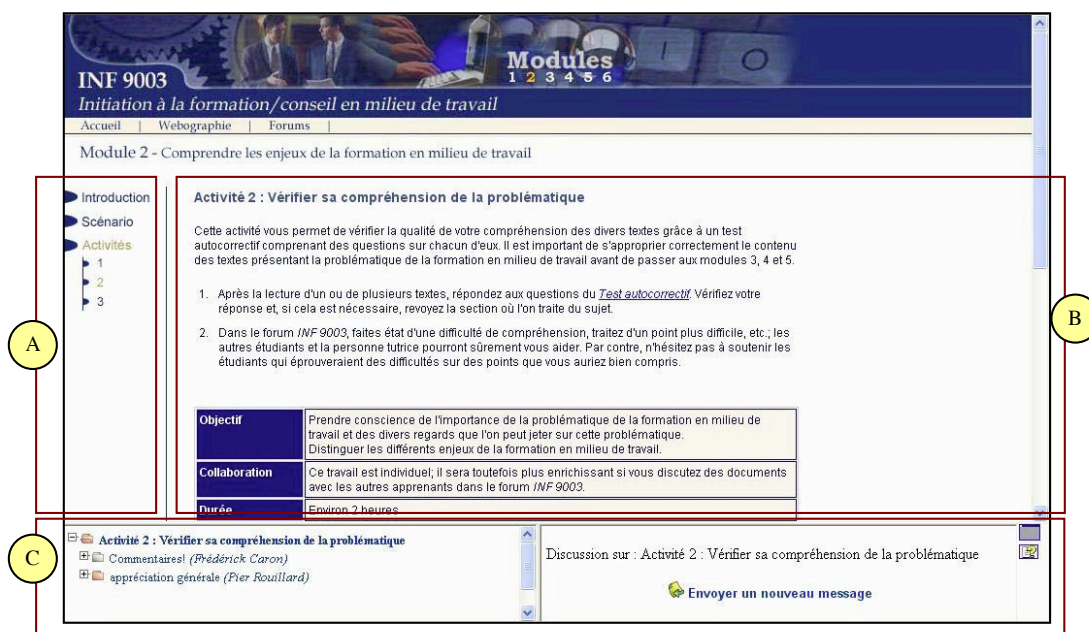


Figure 11 L'interface du forum CONFOR utilisé à la Télé-Université du Québec

Dans la partie supérieure de la fenêtre, la structure des activités est présentée à gauche (A) et le contenu de l'activité à droite (B). Le forum contextuel s'affiche dans la partie inférieure de la fenêtre (C) tout en pouvant être redimensionné ou placé dans une fenêtre flottante. La partie gauche du forum affiche la liste des discussions en rapport avec l'activité et les messages s'affichent dans la partie droite. Le forum peut aussi être affiché de manière globale non contextualisée mais structurée. Depuis cette vue globale, il est possible d'afficher l'activité ou l'objet pédagogique qui est lié à un message. Ce point est crucial car il est souvent difficile dans des forums éducatifs de savoir, en lisant un message, à quoi fait référence un étudiant. Cette solution offre ainsi un **double affichage contextuel** :

- en réalisant une activité pédagogique, les fils de discussions s'y rattachant sont automatiquement affichés,
- en parcourant un forum, l'activité pédagogique liée à un fil de discussions peut être affichée.

Une autre version de CONFOR intègre les deux types de structuration décrites auparavant (figure 12). Ainsi, deux onglets sont proposés pour voir des discussions se rapportant à l'**activité** (e.g. sur le travail à faire) ou au **contenu** (e.g. des questions de compréhension sur les connaissances abordées).

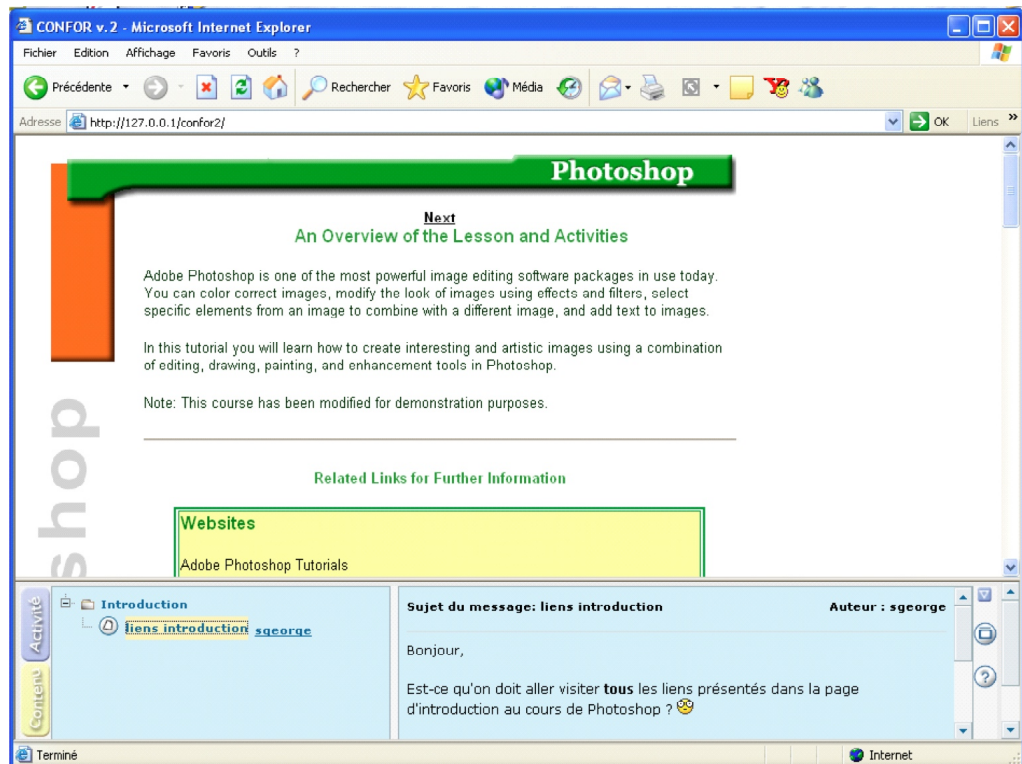


Figure 12 L'interface de CONFOR intégrant les deux types de contextualisation

D'un point de vue technique, nous avons travaillé sur une implémentation de CONFOR sous forme de *web-services* afin de faciliter son intégration dans les LMS. Trois services ont été définis du côté administration et quatre du côté utilisation. La figure 13 les décrit en indiquant les paramètres d'appel pour chacun des *web-services*.

En amont des formations, la partie administration sert à ajouter des forums liés aux activités et aux contenus et à gérer les droits d'accès à ces forums. Pendant une formation, il est possible de récupérer une liste de messages en fonction du contexte pour les afficher sur les interfaces des utilisateurs (apprenants et tuteurs). L'ajout ou l'affichage d'un message se fait également par un appel à un service.

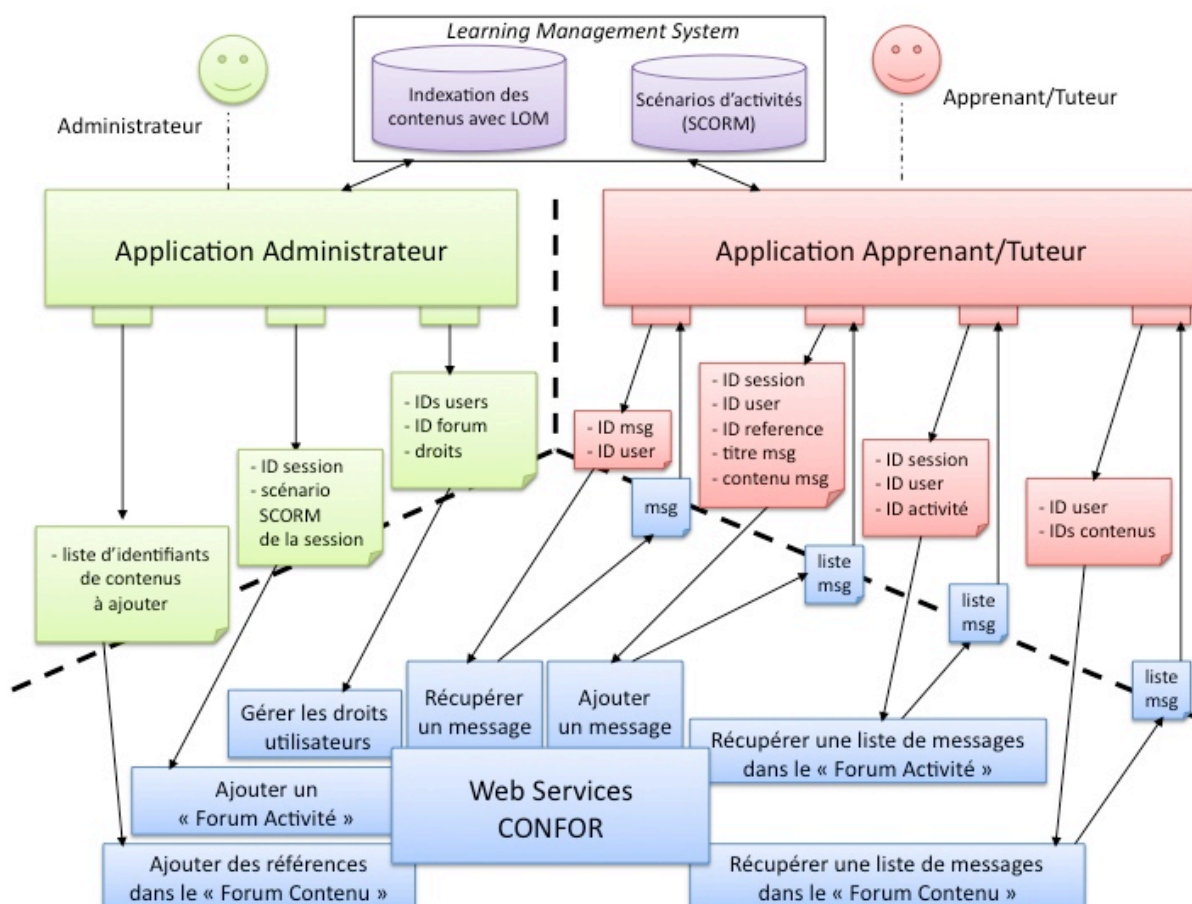


Figure 13 Accès à CONFOR par web-services

2.4.5 Expérimentations et résultats

Des expérimentations des différents modèles et environnements de forums contextuels ont été menées à différentes étapes de la recherche. Nous allons ici dresser un bilan synthétique des retours les plus marquants.

L'idée générale consistant à contextualiser les discussions dans une formation en ligne a été testée en 2002 dans un cours proposé à la Télé-université du Québec. Cette expérimentation de la première version de CONFOR s'est déroulée avec 70 étudiants inscrits au certificat de premier cycle en informatique appliquée à l'organisation. Le cours intitulé « Initiation à la formation-conseil en milieu du travail » a duré environ 8 mois et les étudiants étaient encadrés par deux tuteurs de la Télé-université. Ce cours étant un nouveau cours proposé, nous n'avions pas pour objectif de comparer l'utilisation du forum CONFOR avec l'utilisation des forums habituels de la Télé-université, trop de paramètres étant différents pour pouvoir faire cette comparaison. Le but de cette évaluation était de tester l'utilité et l'utilisabilité du forum CONFOR. Pour cette évaluation, nous avons eu recours à des **questionnaires**, des **entrevues**, des **observations** régulières du forum couplés avec l'analyse de **traces informatiques**. Les questionnaires ont eu pour objectif d'interroger les étudiants après l'expérimentation. Les entrevues ont été menées avec les tuteurs pour dégager en

quoi l'outil CONFOR modifiait leur activité de tutorat et le comportement des étudiants. Enfin, les traces informatiques et l'observation des forums ont eu pour but de relever des données quantitatives sur l'utilisation de l'outil.

D'un point de vue quantitatif, la vue contextuelle semble **favoriser l'envoi de messages** (238 messages envoyés en mode contextuel contre 32 en mode global, soit 7.5 fois plus). Par ailleurs, 4.5 fois plus de messages ont été ouverts en mode contextuel qu'en mode global (4221 messages contre 918). L'affichage contextuel favorise la **réouverture de messages** déjà vus (47% de réouverture en mode contextuel contre 36% en mode global). Ceci s'explique par le fait que les étudiants sont incités à lire (ou relire) les messages liés à la partie du cours qu'ils étudient à un moment donné. D'un point de vue qualitatif, les réponses aux questionnaires indiquent que les étudiants ont globalement apprécié le forum contextuel. Nous avons eu 27 réponses au questionnaire (39% des utilisateurs). 75% des étudiants pensent que cet outil **incite vraiment la lecture** de messages postés par d'autres étudiants. 74% des répondants pensent que l'outil **améliore l'efficacité de l'apprentissage**. Il ressort également que CONFOR aide les étudiants à mieux **cibler les messages** pertinents pour leurs activités (84% le pensent). Enfin, 85% des étudiants trouvent que l'outil favorise l'**organisation des discussions**.

Pour recueillir les avis des tuteurs, nous avons réalisé des entrevues semi-dirigées avec ceux impliqués dans l'expérimentation. D'un point de vue utilisabilité, les tuteurs ont trouvé l'**interface simple et intuitive**. Ils ont apprécié la facilité de repérage des nouveaux messages, ce qui facilite leurs activités de suivi. D'un point de vue utilité, les tuteurs ont apprécié d'avoir sur la même page le forum et le cours. La granularité de la structuration du forum - jusqu'au niveau document - leur semble adéquate. Enfin, les tuteurs disent utiliser CONFOR de la même façon qu'ils utilisent les autres forums, en sollicitant les étudiants le plus possible et en les encourageant dans leurs commentaires. L'outil n'a donc pas fondamentalement changé leur activité d'animation. Toutefois, nous avons observé dans les forums des messages d'**annotation des tuteurs**, c'est-à-dire des commentaires et remarques personnels sur les objets pédagogiques du cours. L'outil semble ainsi favoriser le prolongement du cours par les tuteurs.

Au delà de cette expérimentation, le forum CONFOR a été utilisé pendant 7 ans dans un cours de la Télé-Université (INF 9003, cours d'initiation à la formation-conseil en milieu de travail). Au total, plus de 200 étudiants ont suivi ce cours (qui s'est arrêté en 2009). Nous avons contacté le tuteur¹¹ de ce cours pour avoir un retour d'usage sur l'outil. De manière synthétique, le tuteur précise que « *la possibilité de pouvoir développer les sujets de discussions (comme dans un idéateur¹²) est intéressante dans CONFOR* ». Le principal avantage perçu se situe dans l'**organisation des discussions**. Par contre, les messages n'étant pas supprimés d'une année sur l'autre, le tuteur indique que la quantité de messages

¹¹ Serge Corbeil, que nous remercions pour son retour d'expérience.

¹² Terme québécois utilisé pour qualifier des outils qui aident l'utilisateur à organiser des idées.

rend plus complexe la gestion des discussions. Sur ce point, nous pensons qu'il serait utile de fournir une fonctionnalité au tuteur pour « marquer » comme favoris les messages intéressants à conserver d'une session de formation sur l'autre. Cette fonctionnalité favoriserait la **capitalisation** des idées.

La version de CONFOR proposant la double contextualisation activité et contenu correspond également à la mise en place des *web-services*. Pour cette version, l'évaluation s'est essentiellement concentrée sur les aspects techniques. L'objectif était de voir si plusieurs LMS pouvaient appeler les *web-services* se trouvant sur un serveur unique. Le développement de la partie serveur a été fait en collaboration étroite avec des ingénieurs du centre de recherche LICEF de Montréal. Le serveur de *web-services* est opérationnel depuis 2006 et est hébergé sur un serveur du LICEF¹³. L'intégration d'un forum CONFOR dans un LMS nécessite uniquement le développement de la partie client faisant appel aux *web-services*. Les données du forum étant gérées par le serveur (messages, structure des forums, droits d'accès, ...), le développement spécifique concerne l'envoi d'informations en fonction du service appelé et l'affichage des données reçues (messages et liste de messages essentiellement). Nous avons testé l'intégration de CONFOR dans deux LMS : moodle à l'INSA de Lyon et Explor@ le LMS de la Télé-université. La solution technique a donc été validée.

2.4.6 Discussion et positionnement du travail

Le travail présenté se situe dans un courant de recherche visant à proposer de nouvelles interfaces pour des forums de discussions utilisés dans des contextes éducatifs. Proposer des présentations alternatives pour des discussions médiatisées a clairement pour objectif de faciliter le déroulement des interactions. En effet, les structurations habituelles des forums, sous forme chronologique (en tableau) ou hiérarchique (en arbre) (Dimitracopoulou & Bruillard, 2006), ne permettent pas aisément de relier entre eux des messages qui sont dans un contexte « proche ». Dans nos travaux cette proximité contextuelle est abordée selon l'angle du contenu (**proximité thématique**), de l'objet pédagogique (**proximité spatiale**, en lien avec l'espace numérique dans notre cas) ou de l'activité (**proximité structurelle**, en rapport avec la structure d'activités). Depuis le démarrage de nos travaux, d'autres chercheurs se sont intéressés à la contextualisation des discussions dans des plates-formes de formation. Nous pouvons notamment citer les travaux réalisés par l'équipe de Jim Greer visant la conception d'un outil liant explicitement la collaboration entre étudiants à des contenus de formation, principe nommé *learning-object based collaboration* (Brooks, Panesar & Greer, 2006). La principale différence avec CONFOR réside dans le fait que la création des fils de discussions et leurs associations aux contenus doivent être effectuées manuellement en amont par un formateur. Il n'y a pas non plus la possibilité de

¹³ Pour une description complète des services proposés voir le lien : <http://poseidon.licef.telug.quebec.ca:8080/confor/services/ConforWebService?wsdl>

voir l'ensemble des discussions mais uniquement des vues contextuelles parcellaires. L'intérêt par contre est de proposer des discussions contextuelles aussi bien asynchrones que synchrones.

D'autres travaux se sont intéressés à rapprocher, dans des forums, les messages écrits dans une même période de temps (**proximité temporelle**). L'objectif est dans ce cas de relier des messages proches du point de vue du rédacteur des messages. Nous pouvons citer le travail de Reyes (2005), qui propose un outil nommé *Mailgroup* qui fait ressortir visuellement les messages envoyés consécutivement par une même personne lors d'une même période de connexion. En effet, il a été remarqué que, dans un laps de temps relativement court, les étudiants répondent généralement à plusieurs messages situés dans des fils de discussion différents. Dans *Mailgroup*, les utilisateurs voient sous forme de graphe la structure des fils de discussion qui évoluent en parallèle. Si un utilisateur contribue dans une session à plusieurs fils de discussion, ses messages sont placés dans une même colonne. De cette façon, les utilisateurs peuvent percevoir l'ordonnancement temporel et les fils de discussion avec une seule et même visualisation. L'objectif de l'outil *Mailgroup* est de mettre en évidence les tours de parole et ainsi provoquer des connexions entre des idées qui n'avaient pas de lien entre elles *a priori* (Bellamy & Woolsey, 1998). Dans l'outil CONFOR, une vue mettant en avant la proximité temporelle des messages serait tout à fait envisageable. Cela pourrait se réaliser en proposant des filtres pour ordonner les messages affichés dans les vues contextuelles.

Au-delà des bénéfices avancés par les concepteurs d'interfaces alternatives pour les forums de discussion, nous pouvons cependant nous demander si le **morcellement des discussions** ne peut en contrepartie être source de problèmes. En effet, la structuration oblige à découper les échanges pour les relier à des références (au temps, à un objet, à un thème, ...). Ce problème de morcellement a déjà été étudié par Dimitracopoulou et Petrou (2003) et également par Gao *et al.* (2005) qui précisent : « *the problem with the systems that contain embedded communication tools is that discussions are usually fragmented by artefacts, which causes learners to lose a holistic view of the discussion and the relationships between different aspects of the artefact* » (p. 76). La question qui se pose ici est de savoir si le fait de morceler les discussions n'enlève pas la vision globale des échanges, souvent nécessaire pour comprendre le sens général d'un ensemble d'idées émises. Le fait de faire ressortir certaines dépendances va, par la même occasion, en supprimer d'autres. Comme bien souvent en EIAH, c'est la question de la **granularité** qui se pose ici. Jusqu'où devons-nous structurer les discussions ? Plus la structuration est fine et plus les échanges seront morcelés et, inversement, si la structuration est plus grossière, l'outil sera plus difficilement exploitable. Il est bien évidemment impossible d'apporter une réponse générale sur la bonne granularité à choisir. Le contexte de la formation, l'activité à réaliser, le type de public, le nombre d'utilisateurs sont autant de paramètres à prendre en compte pour choisir le type et le niveau de structuration. Le **retour d'usage** est bien souvent le seul moyen de vérifier la justesse des choix. Par ailleurs, une

même structuration ne convient pas forcément à la fois aux actions de lecture et d'écriture dans un forum. Il faut donc bien analyser l'utilisation réelle des utilisateurs et ne pas hésiter à proposer des représentations multiples d'un même forum. C'est ce que nous avons fait avec CONFOR en proposant des vues contextuelles mais également une vue globale regroupant tous les messages.

Dans la partie suivante, nous prolongeons notre étude sur les communications contextuelles pour des situations particulières d'apprentissages avec dispositifs mobiles.

2.5 Communication contextuelle et mobilité : MeCoCo

2.5.1 L'émergence du *m-learning*

Nous assistons depuis quelques années à une évolution remarquable dans le domaine de l'**informatique mobile**. Il existe un grand nombre de solutions techniques allant des terminaux mobiles (ordinateurs portables, mini-pc) jusqu'aux terminaux ultra-mobiles (*pocket PC*, PDA, *Smartphone*). En parallèle de ces évolutions des dispositifs techniques, les réseaux mobiles ont aussi connu des changements importants : *wifi*, *bluetooth*, réseau 3G et bientôt 4G avec un réseau opérationnel en France vers 2012. Les débits de ces réseaux permettent d'avoir de véritables applications mobiles accédant à des informations distantes. Les enjeux ne sont pas seulement de pouvoir accéder au web en permanence mais aussi de penser à de **nouvelles possibilités** utilisant pleinement la caractéristique nomade des utilisateurs. Dans le domaine de l'éducation, on parle de *mobile learning* ou *m-learning*, ce qui peut simplement se définir par l'utilisation de dispositifs mobiles pour apprendre ou plus précisément par : « *any sort of learning that happens when the learner is not at a fixed, predetermined location, or learning that happens when the learner takes advantage of the learning opportunities offered by mobile technologies* » (O'Malley *et al.*, 2005). En termes de recherche, le *m-learning* est en plein essor comme peut le témoigner la série de conférences *IADIS Mobile Learning International Conference*¹⁴ depuis 2005 et l'organisation d'une école d'été internationale¹⁵ dédiée à ce thème en juillet 2009 (Garlatti & Peter, 2009).

Le *m-learning* vise à répondre à de véritables besoins éducatifs et sociaux. En particulier, les technologies mobiles rendent possible l'apprentissage **en situation et juste à temps**. Des études ont par exemple été menées pour aider des professionnels à maîtriser des équipements en proposant des informations techniques en fonction des besoins du moment (Yin, 2010).

¹⁴ Plus d'informations sur le site de la conférence : <http://www.mlearning-conf.org/>

¹⁵ *Technology Enhanced Learning Summer School On Mobile Learning* : <http://conferences.telecom-bretagne.eu/mlearning09/>

Dans nos travaux, nous nous intéressons aux nouvelles possibilités de contextualisation apportées par le *m-learning*. La sensibilité au contexte prend tout son sens dans le cas de l'apprentissage en situation de mobilité. Plus riche, mais aussi plus complexe à déterminer et à gérer, le contexte de l'utilisateur peut être utilisé à des fins pédagogiques et ainsi se trouver au centre de l'organisation d'une formation. Dans la continuité des travaux sur CONFOR, nous avons mené un travail de recherche sur **la contextualisation des discussions lors de situations d'apprentissage en mobilité**. Ainsi, en fonction de son activité, de sa localisation ou d'autres paramètres que nous développons par la suite, un utilisateur aura la possibilité de voir les discussions (synchrones ou asynchrones) se rapportant à son contexte à un moment donné. Il pourra aussi entrer en relation avec des personnes se trouvant dans un contexte proche du sien. L'objectif de cette recherche est principalement d'identifier **des interfaces innovantes** pour l'utilisateur final. Néanmoins, pour y parvenir, nous devons réfléchir au système dans sa totalité en commençant par le choix des informations à retenir pour qualifier les contextes.

2.5.2 Proposition d'un modèle de contexte pour les communications en situation de *m-learning*

Le contexte étant par nature multi-dimensionnel, nous avons choisi d'appliquer la méthode QQQQCP (Qui ? Quoi, Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ?) pour définir les principales dimensions utiles dans un contexte de *m-learning*. En nous posant ces 6 questions principales et en nous appuyant sur une revue de la littérature, nous dégagons alors les dimensions importantes sur lesquels repose notre modèle de contexte pour les communications médiatisées en situation de mobilité :

- **Qui ?** Qui est l'utilisateur, quel est son profil, quelles sont ses connaissances ? La **dimension utilisateur** ressort de cette question. Les informations sur l'utilisateur sont fondamentales dans notre modèle puisque celui-ci est au cœur du système. Cette dimension est organisée et représentée à l'aide d'un modèle de l'utilisateur. Ce modèle est bien souvent spécifique à une application donnée même si certains travaux tentent de définir des modèles partageables entre plusieurs applications (Mikic & Anido, 2006).
- **Quoi ?** Quelle est la tâche de l'utilisateur ? Que fait-il ou que veut-il faire ? L'activité d'un utilisateur est utile pour préciser le contexte, pour savoir ce qu'il est en train de faire ou désire faire. La **dimension activité** est essentielle lors de la communication entre utilisateurs. Elle est utile, d'une part, pour rapprocher des personnes réalisant des activités similaires et, d'autre part, pour choisir le mode de communication le mieux adapté à la tâche (synchrone ou asynchrone, textuel ou audiovisuel, ...). La dimension activité peut reposer sur un modèle de l'activité, à définir selon l'application cible. Par exemple, pour proposer des ressources pédagogiques adaptées dans un environnement pervasif, le système de Bouzeghoub, Do et Lecocq (2007) repose sur une ontologie des activités pédagogiques des apprenants (apprendre, réviser, lire, écrire, résoudre, étudier, discuter, collaborer, etc.).

- **Où ?** Où est l'utilisateur ? Quelle est sa localisation ? La **dimension localisation** est primordiale puisqu'elle indique l'endroit où se situe l'utilisateur et le situe spatialement par rapport aux autres utilisateurs. La localisation peut être logique (par exemple une page URL) ou physique (coordonnées GPS, bâtiment, pièce, ...). Nous ajoutons une autre dimension en lien avec cette question, la **dimension environnement** qui intègre tout ce qui « entoure » l'utilisateur. Une définition résume bien cette dimension : « *An environment covers the set of objects, persons and events that are peripheral to the current task(s) but that may have an impact on the system and/or the user's behaviour, either now or in the future* » (Calvary, Coutaz & Thevenin, 2001). Nous retenons quatre sous-dimensions pour l'environnement : l'environnement social répertoriant les personnes proches « physiquement » de l'utilisateur et avec qui il pourrait éventuellement interagir directement ; l'environnement matériel indiquant tous les appareils électroniques ou informatiques proches physiquement de l'utilisateur ; l'environnement connexe composé des lieux proches de la localisation courante de l'utilisateur (adresse physique ou logique) ; l'environnement ambiant donnant des informations comme le bruit, la luminosité, etc. Toutes ces informations environnementales peuvent, entre autres, avoir une utilité pour choisir les moyens de communications les plus adaptés.
- **Quand ?** Quand une action a-t-elle eu lieu ? Sur quelle période de temps se déroule une activité ? Par définition, le contexte varie dans le temps. La **dimension temps** est importante pour prendre en compte le caractère dynamique de toute information contextuelle. Il est ainsi possible de garder un historique des contextes des utilisateurs.
- **Comment ?** Comment l'utilisateur interagit ? Avec quel dispositif technique ? La **dimension dispositif** indique le matériel informatique et communiquant utilisé par l'utilisateur. Les interactions entre utilisateurs vont dépendre de la capacité du réseau qui les relie et du dispositif de chaque utilisateur. Cette dimension peut par exemple représenter les informations suivantes : le type de dispositif (PDA, *Smartphone*, ordinateur portable, ...), le type de connexion disponible (*Wifi*, *Bluetooth*, 3G, ...), la taille de l'écran, les types d'entrées/sorties disponibles (clavier, écran tactile, micro, écouteur, ...), etc.
- **Pourquoi ?** Pourquoi l'utilisateur entreprend de telles actions ? Quel est son objectif global ? Nous retrouvons dans ces questions la **dimension activité** (l'activité globale qui guide l'utilisateur, comme se former sur un domaine ou effectuer un travail particulier dans une entreprise) et aussi la **dimension utilisateur** (le profil pouvant préciser les buts de l'utilisateur).

La figure 14 synthétise les six dimensions retenues (George & Lekira, 2009) pour décrire un contexte utilisable pour soutenir les communications dans une situation de *m-learning*.

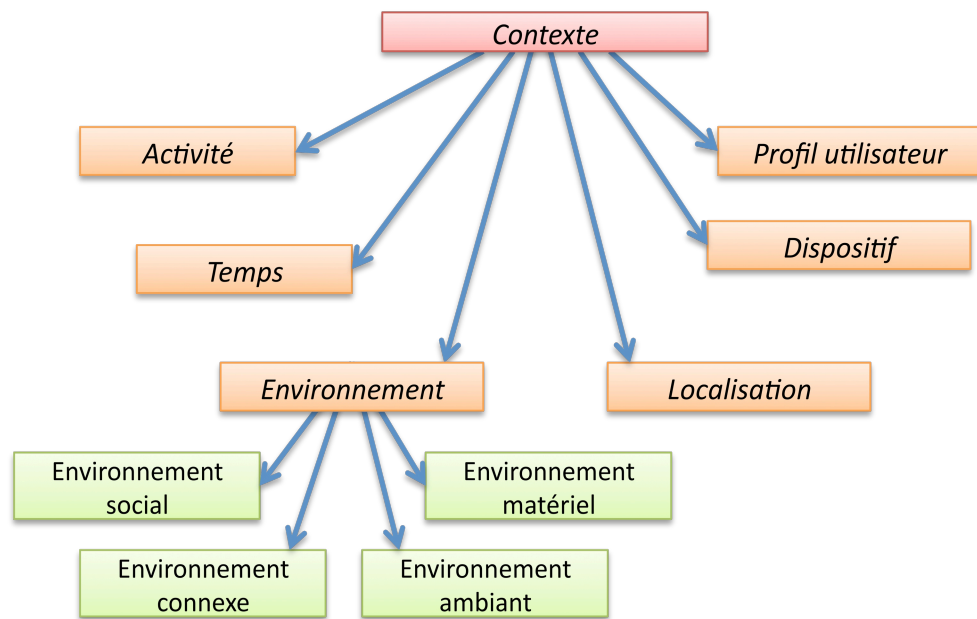


Figure 14 Le contexte selon 6 dimensions

Nous décrivons ce contexte par un sextuplet :

< Utilisateur, Activité, Dispositif, Environnement, Localisation, Temps >

et un contexte i est défini par :

$$C_i = \langle U_i, A_i, D_i, E_i, L_i, T_i \rangle$$

Les modèles conçus pour le forum CONFOR se situent au niveau de la dimension activité (structure d'activités ou de contenu) et de la dimension localisation (références logiques dans un espace numérique). Le modèle de contexte proposé ici étend ces deux dimensions (par exemple en ajoutant la localisation physique) et en ajoute de nouvelles (comme le dispositif utilisé ou l'environnement de l'utilisateur). Les 6 dimensions identifiées peuvent être utilisées pour fournir à l'utilisateur des discussions/commentaires pertinents et pour indiquer les personnes potentiellement intéressantes à contacter. La partie suivante décrit un prototype réalisé dans ce sens.

2.5.3 Le prototype MeCoCo

Les possibilités de contextualisation des discussions lors de situations d'apprentissage en mobilité sont illustrées par la conception d'un prototype nommé MeCoCo (*Mediated Contextual Communications*). Nous décrivons ce système selon 3 aspects : l'architecture générale, le calcul de proximité entre contextes et les interfaces utilisateur.

2.5.3.1 Architecture globale

L'architecture générale du système est présentée sur la figure 15. Cette architecture repose de façon classique sur : la capture du contexte,

l'interprétation, le stockage, les requêtes et l'adaptation (Dey, 2001; Chaari, Laforest & Flory, 2005; Bouzeghoub, Do & Lecocq, 2007). Nous proposons un gestionnaire de contexte (*Context Manager*) composé de deux parties : une partie côté client (*Client Context Manager*) et une autre côté serveur (*Server Context Manager*) :

- Le **Client Context Manager** se compose de trois parties :
 - (1) *Interface manager* : gère l'interface et la visualisation des informations venant du serveur.
 - (2) *Information collector* : collecte les informations qui vont composer le contexte via des capteurs logiciels (pour connaître l'activité en cours, le type de connexion au réseau, ...) ou matériels (capteurs de niveau sonore, puces RFID pour connaître l'existence de matériels proches, GPS pour la localisation, ...).
 - (3) *Context generator* : reçoit les informations de l'*Information collector*, trie et regroupe ces informations pour générer un fichier XML qu'il envoie par la suite au serveur.
- Le **Server Context Manager** se compose de deux parties :
 - (1) *Contextualizer* : partie centrale du système gérant le moteur de contextualisation des discussions. On stocke dans une base de données (*Contexts DB*) tous les contextes reçus sous format XML. Le module *Inquirer* fait alors des requêtes dans la base pour trouver tous les contextes proches de celui de l'utilisateur courant. Pour ce faire, la notion de proximité de contexte est primordiale. Nous développons ce point dans la partie suivante.
 - (2) *Ressources deliverer* : s'occupe de renvoyer sous format XML le résultat (ici les discussions et les personnes dans des contextes proches de l'utilisateur) via l'*Interface manager* côté client qui se charge de l'affichage des informations.

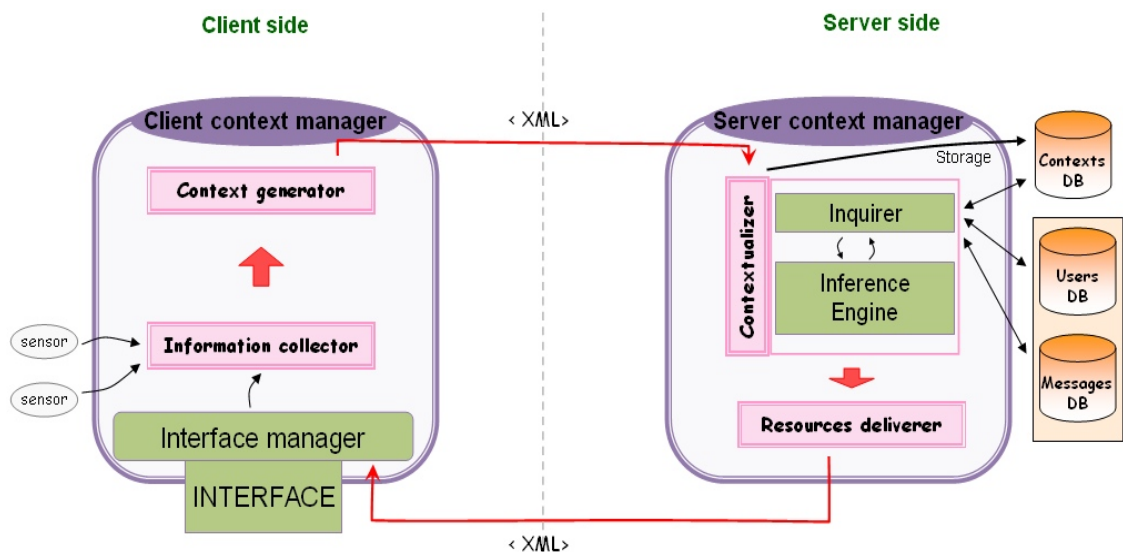


Figure 15 L'architecture MeCoCo (George & Lekira, 2009)

2.5.3.2 Proximité entre contextes

Il existe plusieurs façons de représenter un contexte. Strang et Linnhoff-Popien (2004) recensent ainsi 7 représentations des informations liées au contexte : paires attributs-valeurs, langage à balises, modèles graphiques, modèle orienté objet, modèles logiques et ontologies. Pour notre prototype, nous avons choisi de représenter les informations de manière simple par des paires attributs-valeurs, complétées par la définition de structures XML pour échanger les informations entre clients et serveur. À ce stade du projet, cette implémentation permet de tester le mécanisme global et d'effectuer des calculs de proximité de façon simple.

Nous définissons une proximité entre deux contextes $C_x = \langle U_x, A_x, D_x, E_x, L_x, T_x \rangle$ et $C_i = \langle U_i, A_i, D_i, E_i, L_i, T_i \rangle$ par la formule suivante :

$$\text{Proximité_Globale}(C_x, C_i) = \sum_{j=1}^6 (\sigma_j * \text{Proximité}(d_x[j], d_i[j]))$$

$$d[j] \in \{U, A, D, E, L, T\}$$

$$\sigma_j = \text{coefficient de pondération d'une dimension } d$$

Le calcul de la proximité entre deux dimensions est complètement **dépendant du domaine** d'application. Ainsi, la proximité entre deux dimensions Temps (T_x et T_i) peut être considérée comme grande s'il y a une heure d'écart dans une certaine application et comme faible dans une autre application. Pour simplifier, nous avons choisi de normaliser la proximité sous la forme d'une valeur décimale comprise entre 0 et 1. Les coefficients de pondération des dimensions (σ_j) servent à mettre l'accent sur certaines dimensions par rapport aux autres. Encore une fois, ces coefficients sont à établir en fonction de l'application à mettre en œuvre et selon les besoins des utilisateurs.

Le calcul de la proximité entre deux contextes peut être effectué de différentes façons. Par exemple, Lavirotte, Lingrand et Tigli (2005) proposent des fonctions de coût pour remplacer les fonctions de distance classiquement utilisées. Les idées développées par la suite ne sont pas dépendantes de la manière de calculer les proximités entre contexte.

2.5.3.3 Proposition d'interfaces

L'interface générale de MeCoCo offre à l'utilisateur deux types d'informations contextuelles : les **contacts contextuels** (i.e. les utilisateurs) qui ont été ou qui sont dans un contexte proche de l'utilisateur ; les **messages contextuels** postés par ces contacts. Les contacts présentés à un utilisateur ont au moins une dimension contextuelle en commun avec lui. Ils sont représentés par un avatar disposant d'accessoires, chacun d'eux correspondant à une dimension du contexte (figure 16).

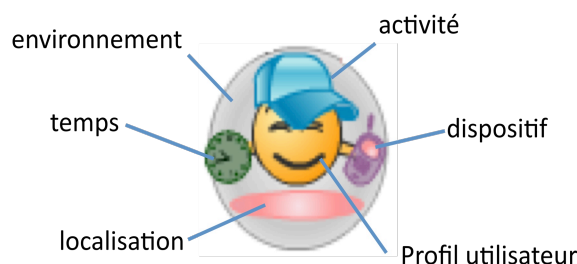


Figure 16 Avatar disposant d'accessoires représentant les dimensions du contexte

Chaque accessoire peut être « allumé » ou « éteint » pour signaler la proximité de la dimension correspondante avec celle de l'utilisateur. Un seuil, défini pour chaque dimension, indique si elle est proche (indicateur allumé) ou non (indicateur éteint). Ce seuil est dépendant de l'application cible. Ainsi, un lieu pourra être considéré comme étant proche dans un périmètre de 100m ou d'1km selon le type d'application.

Pour illustrer une utilisation du système, nous avons choisi un scénario de visite d'un musée. Dans ce scénario, la proximité des dimensions est égale à 1 dans les cas suivants :

- Localisation : la même pièce dans le musée.
- Activité : la même activité (visiter le musée, guider les visiteurs, ...).
- Profil : le même profil général (étudiant, touriste, guide, ...).
- Temps : connecté en même temps.
- Dispositif : le même type de dispositif (PDA, *smartphone*, ...).
- Environnement : le même bruit ambiant (silencieux, bruyant, ...).

Nous avons choisi de prendre le même coefficient de pondération (=1) pour les 6 dimensions. Ainsi, la proximité globale prend une valeur entre 0 et 6. Nous sommes conscients que ces choix ne sont pas forcément des plus réalistes mais ils sont suffisants pour tester le prototype.

L'IHM du prototype propose une **vue globale** qui place les informations contextuelles sur un radar selon une échelle de un à six. Un contact dans un contexte C_i est placé sur le radar selon les valeurs de proximité de ses dimensions. Sur la figure 17, l'utilisateur (1) représente un utilisateur ayant 6 dimensions proches de celles de l'utilisateur courant et ayant posté un message. L'utilisateur (2) représente un utilisateur ayant une seule dimension similaire (le dispositif, qui est éclairé). Cette vue globale donne une visualisation immédiate de la proximité du contexte des contacts par rapport à celui de l'utilisateur courant. Le problème de la concurrence des dimensions est résolu par ce mode de visualisation car le système n'a pas à arbitrer celle-ci. En effet, lorsqu'un contexte C_i a une proximité de 4/6 et qu'un autre contexte C_j a la même proximité, la question de savoir si on privilégie C_i ou C_j ne se pose pas puisque les deux seront affichés. Ce sera alors à l'utilisateur de choisir quelles informations sont importantes dans son cas et de faire des choix en fonction de ses priorités. L'avantage principal pour l'utilisateur

est qu'il de pouvoir entrer en contact avec un utilisateur qui n'a pas forcément la plus grande proximité de contexte mais dont une dimension lui semble plus intéressante pour ses besoins du moment.

Matthieu Lemarchand

[Profil...](#)

Rechercher :

OK



Nous sommes le 04-06-2008 et il est 16:21

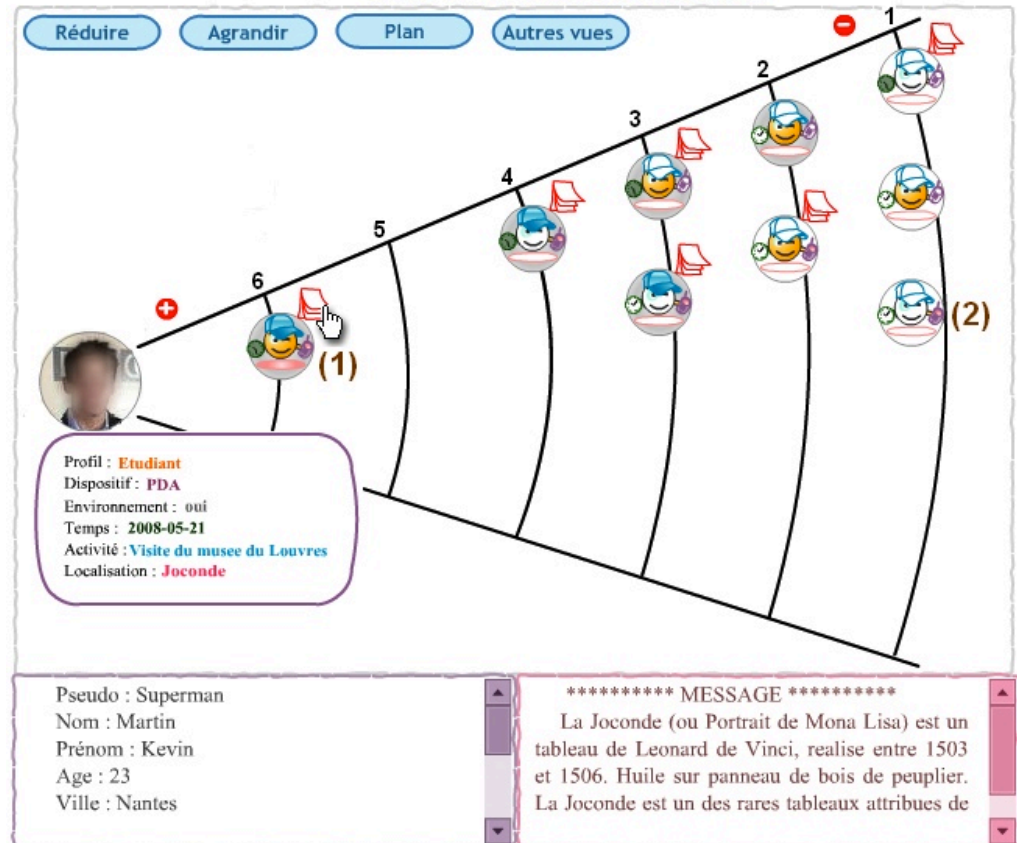


Figure 17 Vue globale dans MeCoCo (George & Lekira, 2009)

En complément de la vue globale, nous avons défini des vues se focalisant sur chacune des 6 dimensions. À titre d'illustration, nous présentons sur la figure 18 une vue donnant des informations détaillées sur la localisation. Les informations contextuelles sont placées par rapport à deux axes dont l'ordonnée correspond à la localisation et l'abscisse à la proximité par rapport aux 5 autres dimensions. Pour le prototype, nous avons créé un modèle de localisation fondée sur l'organisation des salles d'un musée. Un tableau se trouve dans la salle correspondant à un peintre, salle située dans un étage correspondant à un mouvement (Renaissance, Impressionnisme, Cubisme, ...). Avec la vue « localisation », un utilisateur peut facilement voir la proximité des contacts en fonction d'un tableau qu'il regarde. Par exemple, sur la figure 18, l'utilisateur

courant se situe devant La Joconde. Il peut retrouver les contacts qui ont laissé un message sur ce tableau. De même, il peut avoir les mêmes informations pour l'ensemble des tableaux de Léonard de Vinci ou pour la partie du musée concernant la Renaissance. Les autres dimensions sont toujours représentées sur chaque avatar.

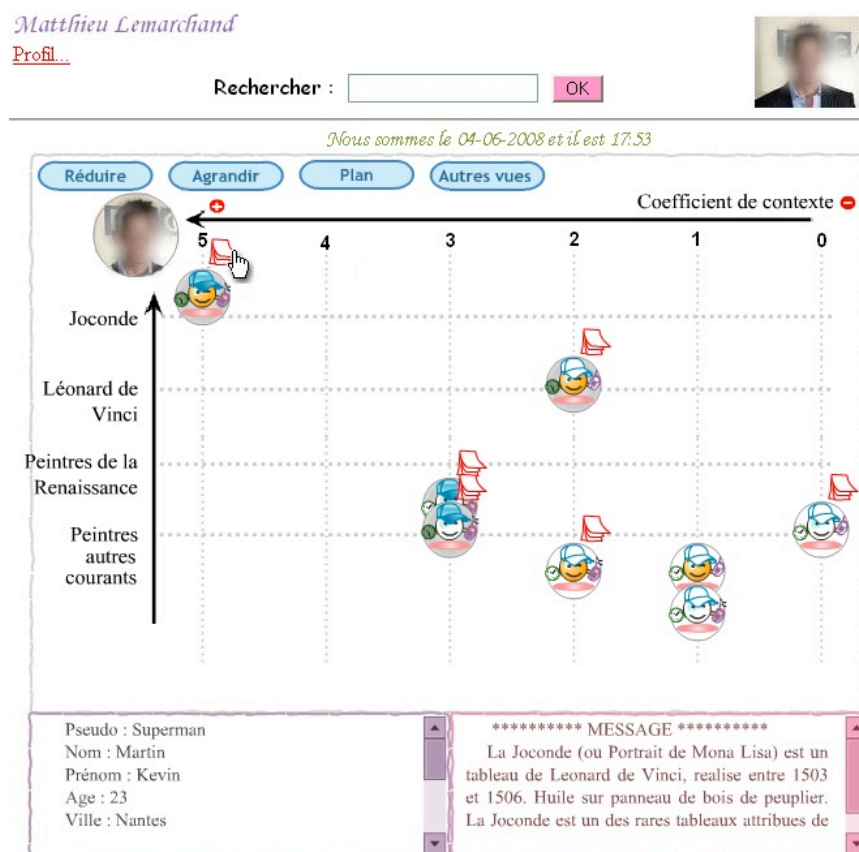


Figure 18 Une vue détaillée par rapport à la localisation (George & Lekira, 2009)

Les vues détaillées (6 au total, une par dimension du contexte) fournissent à l'utilisateur des informations avec une granularité fine. La graduation de la proximité est encore une fois à définir en fonction du domaine d'application (échelles de distance à définir pour la localisation, le temps, les activités, ...). Grâce à ces vues, un utilisateur peut situer les contacts potentiels selon un axe précis pour la dimension qu'il souhaite privilégier.

2.5.4 Discussion et positionnement du travail

La recherche présentée dans cette partie a pour objectif d'explorer les possibilités offertes par les dispositifs mobiles en termes de contextualisation des interactions entre personnes se trouvant dans des situations de formations, formelles ou non. La conception d'un prototype nous a permis d'éprouver notre modèle et de proposer des **visualisations originales** afin d'aider l'utilisateur dans ses choix de discussions ou de contacts. Le prototype MeCoCo offre une interface laissant une grande liberté à l'utilisateur pour visualiser les informations contextuelles. Le

système propose et organise mais n'impose rien. L'utilisateur peut choisir de mettre en avant une dimension de son contexte et ainsi être aidé dans le repérage d'informations ou de contacts utiles.

La proposition conceptuelle proposée avec MeCoCo est complémentaire de recherches s'intéressant plus spécifiquement à des cas réels d'apprentissage en situation. Nous faisons ici référence à des expérimentations réalisées pour un enseignement juste à temps pour des apprentis sur leur lieu de travail (Caron *et al.*, 2008) dans le cadre du projet p-LearNet¹⁶. L'informatique mobile est, dans ce projet, une réponse à des problèmes d'organisation de plans de formation en entreprise. Une expérimentation s'est déroulée avec des facteurs disposant d'un dispositif mobile avec GPS pendant leurs tournées et pouvant de cette façon voir des informations contextuelles mais aussi rapporter des problèmes issus du terrain venant enrichir une base de cas utilisée pour la formation en alternance.

L'approche proposée dans MeCoCo est à rapprocher de travaux visant à proposer des scénarios d'apprentissage de manière contextuelle. Ainsi, Pham-Nguyen (2010) propose d'utiliser le *m-learning* pour intégrer les activités de travail et de formation dans une stratégie « sans rupture ». Les activités de travail et d'apprentissage sont modélisées dans une structure hiérarchique servant à adapter des scénarios. L'architecture orientée service proposée nous semble être une solution d'avenir en termes de réutilisabilité et d'interopérabilité.

2.6 Tracer les communications médiatisées : TrAVis

Ce chapitre a jusqu'ici été consacré à la conception de modèles et d'outils favorisant la contextualisation des discussions. L'objectif principal de cette contextualisation est de favoriser les interconnexions entre personnes. Nous allons maintenant aborder un aspect complémentaire visant à faciliter le suivi des activités de discussions en proposant des **visualisations synthétiques des interactions**. Ces propositions passent par le traçage des outils de discussion, l'analyse des traces donnant également la possibilité d'enrichir les modèles contextuels. Ce travail a principalement été mené dans le cadre de la thèse de Madeth May (2009) effectué dans le cadre d'un projet de recherche de la région Rhône Alpes (cluster ISLE¹⁷) sur la personnalisation des EIAH¹⁸.

2.6.1 Traces et analyses de communications médiatisées

Dans la plupart des environnements *e-learning* actuels, les activités des apprenants sont tracées. Néanmoins, le plus souvent, les seules traces disponibles existent sous forme de *logs*, c'est à dire de séquences d'événements informatiques s'étant produits. Il est alors très difficile de dégager du sens de ces *logs* que l'on

¹⁶ Projet ANR Pervasive Learning Network, 2007-2009 (<http://p-learnnet.univ-lille1.fr>)

¹⁷ Cluster Informatique, Signal et Logiciel Embarqué : <http://cluster-isle.grenoble-inp.fr>

¹⁸ Pour plus d'informations sur ce projet : <http://cluster-isle-eiah.liris.cnrs.fr>

peut qualifier de traces brutes. Pour surmonter cette difficulté, des chercheurs ont proposé, ces dernières années, des solutions pour collecter des traces, pour les analyser et pour restituer des informations synthétiques. Les objectifs poursuivis peuvent bénéficier à différents acteurs¹⁹ :

- aux enseignants-tuteurs : pour faciliter le suivi des apprenants (Guéraud, Michelet & Adam, 2007; Kepka *et al.*, 2007) ou pour aider dans l'évaluation de comportements (Mazza & Dimitrova, 2007),
- aux apprenants : pour favoriser une approche réflexive sur leurs activités d'apprentissage (Jermann & Dillenbourg, 2008), pour améliorer la qualité des conversations (Bratitsis & Dimitracopoulou, 2006),
- aux concepteurs pédagogiques : pour avoir un retour sur l'usage réelle d'un LMS ou sur l'utilisation de scénarios pédagogiques (Choquet & Iksal, 2007),
- aux chercheurs en EIAH : pour mieux comprendre des situations d'apprentissage instrumentées (Dyke, Lund & Girardot, 2009).

Dans le domaine du CSCL, Soller *et al.* (2005) distinguent trois types de systèmes utilisant des traces : (1) des **systèmes « miroirs »** reflétant certaines informations des activités réalisées, (2) des **systèmes métacognitifs** qui proposent des indicateurs clés pour comparer des situations entre elles ou par rapport à une situation référence et (3) des **systèmes de coaching** qui guident et donnent des conseils à partir de l'interprétation des traces. Les systèmes de *coaching* se rapprochent des travaux sur les tuteurs intelligents (ITS : *intelligent tutoring system*) et n'entrent pas dans nos préoccupations, cette place étant laissée dans nos travaux à un tuteur humain. Dans le travail présenté dans cette partie, nos objectifs se situent au niveau des indicateurs à fournir aux apprenants et aux tuteurs pour les aider à visualiser leurs activités et à réfléchir sur celles-ci. Un **indicateur est une « variable ayant pour objet de mesurer ou apprécier un état »** (Dictionnaire Petit Robert, 2010). Un indicateur est donc une variable au sens mathématique, et comme le précise Dimitracopoulou et Bruillard (2006) elle « *prend des valeurs et ces valeurs ont une forme [...] Cela peut même correspondre à un motif identifié ou à la représentation continue d'un processus. La valeur a un statut, c'est-à-dire, qu'elle peut être brute (sans unité définie), calibrée ou interprétée* ».

Les recherches sur les traces de communications médiatisées concernent principalement des analyses quantitatives pour fournir des visualisations sur les interactions dans des groupes. Il s'agit dans ce cas de construire des **sociogrammes** à l'aide de techniques d'analyse particulières nommées SNA (*Social Network Analysis*). Ainsi, Lancieri (2005) présente des études de métrologie sur de grands groupes avec des méthodes de calcul des interactions humaines dans des réseaux. Ces informations sont surtout destinées à des chercheurs pour comprendre les dynamiques sociales. Il existe néanmoins des études sur des outils destinés aux enseignants ou aux apprenants. Par exemple,

¹⁹ Les références données ont pour but d'illustrer les différents objectifs poursuivis et non d'en dresser un état de l'art exhaustif.

Brooks *et al.* (2006) proposent une visualisation sous forme de sociogrammes pour faire ressortir les utilisateurs actifs et inactifs. Le système Gismo (Mazza & Botturi, 2007) permet de visualiser les discussions dans les forums d'un cours (représentation des messages par étudiant en fonction du temps). Dans des groupes plus petits, Reffay et Chanier (2002) présentent des méthodes de calcul de la cohésion (nombre et fréquences des relations) et de la centralité (individu avec un grand nombre de connexions).

Il est possible d'effectuer des analyses qualitatives automatiques sur les communications médiatisées. Dans nos précédents travaux, nous avons utilisé des ouvreurs de phrases pour déterminer automatiquement des profils de comportement sociaux tels que « animateur » ou « indépendant » dans des groupes d'apprenants (George, 2003b). Teplovs (2010) utilise des techniques d'**analyse sémantique** de contenus (LSA : *Latent Semantic Analysis*) pour faire ressortir les idées dominantes de discussions. Néanmoins, l'analyse du sens de manière automatique n'est pas encore suffisamment aboutie, la lecture humaine, par un tuteur par exemple, demeurant encore la meilleure façon d'analyser des discussions. C'est pour cette raison que les travaux présentés dans cette partie se focalisent avant tout sur des techniques d'analyse quantitative des forums de discussions venant en assistance à des analyses qualitatives effectuées par des humains.

Dans nos travaux sur les traces de communications médiatisées, trois objectifs sont visés :

- prendre en compte non seulement les **productions** résultant des outils de communication mais aussi des informations sur les **processus** liés qui ne laissent pas d'information dans la discussion elle-même (par exemple l'ouverture d'un message par un utilisateur ou bien encore le temps passé sur un message). Malgré les nombreux travaux existants, il existe un manque au niveau de **l'observation des interactions des utilisateurs avec les outils de communication**, la plupart des systèmes s'intéressant avant tout au résultat (i.e. les messages échangés). Les actions fines des utilisateurs pendant une activité de communication sont ainsi souvent ignorées pour ne retenir que le résultat final.
- proposer des **modèles pour représenter les traces de communications médiatisées**. Actuellement, les formats de traces sont trop souvent liés aux outils de communications utilisés. Définir un format de traces réutilisable ne peut se limiter à prendre le dénominateur commun aux outils de communication car, dans ce cas, la richesse des fonctionnalités spécifiques est perdue. La difficulté réside donc dans la définition de différents niveaux de modèles avec des mécanismes d'héritage pour enrichir des modèles de base génériques avec des informations spécifiques.
- concevoir un **environnement de manipulation de traces** pour les tuteurs et les apprenants pour faciliter le choix des analyses et l'accès à différentes visualisations sur les activités de communications.

2.6.2 Approche proposée pour le traçage des activités de communications médiatisées

La démarche globale adoptée pour tracer les communications médiatisées est décrite sur la figure 19. L'objectif est de proposer un système de traçage des acteurs (apprenants et tuteurs) utilisant des outils de communications médiatisées. Ce système collecte les traces et les enregistre selon un format défini. Un outil analyse ces traces (phase d'exploitation) et produit au final des indicateurs visualisables par les acteurs. Un aspect réflexif est présent dans ce cycle car la visualisation des indicateurs amène les utilisateurs à modifier leurs comportements pour les futures utilisations des outils de communication.

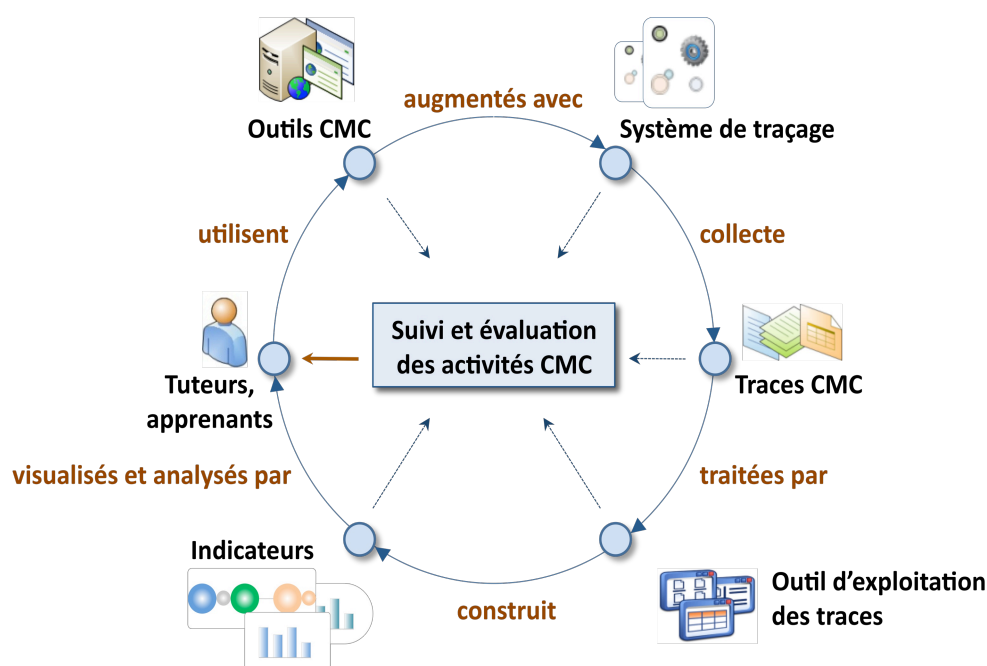


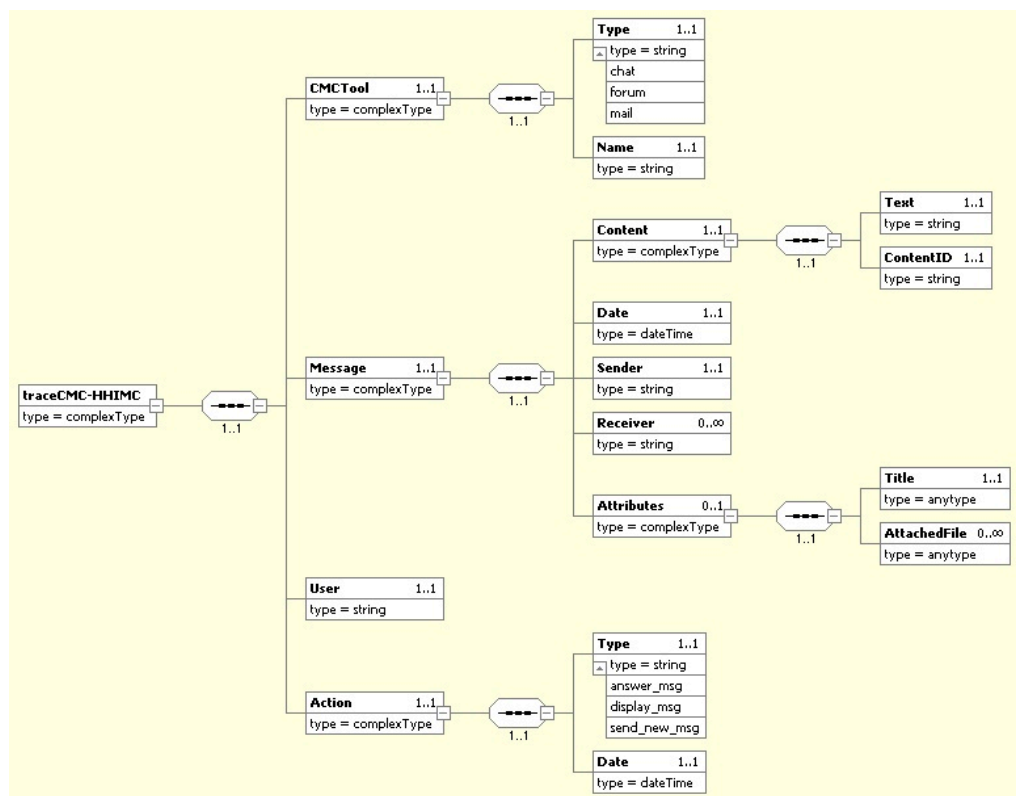
Figure 19 Suivi et évaluation des activités de communications médiatisées

Nous explicitons ci-dessous les points importants que sont le modèle de traces et l'architecture du système de traçage.

2.6.2.1 Modèle général et modèles spécifiques de traces de communications médiatisées

Comme nous l'avons indiqué précédemment, les travaux existants sur les traces de CMC sont difficilement réutilisables car souvent menés pour un outil de communication spécifique et dans un objectif précis. En particulier, les modèles définis pour représenter la trace sont soit peu formalisés soit spécifiques à un outil. Un des principaux objectifs de nos travaux est de définir un **modèle de trace qui soit réutilisable et adaptable** à partir d'une base générale. Le but poursuivi concerne l'interopérabilité des systèmes manipulant des traces (May, George & Prévôt, 2007). Un enjeu majeur est de pouvoir capitaliser sur les outils et sur les méthodes d'analyse et de visualisation d'indicateurs.

Afin de définir ce modèle général, nous avons identifié les actions et les données communes à tous les outils de communication, qu'ils soient synchrones ou asynchrones. Il ressort que l'action de communiquer implique toujours un émetteur de message, un ou plusieurs destinataires, un contenu de message et une date d'envoi. Quant à l'affichage d'un message, il implique toujours un utilisateur qui visualise un message à une date donnée. Le choix a été fait d'utiliser des formats XML (*Extensible Markup Language*) pour représenter les traces et des formats XSD (*XML Schema Definition*) pour définir les modèles de traces XML. Nous proposons un schéma XSD de base pour définir de manière générale les traces de communication médiatisée (figure 20).



type = string

1..1

type = complexType

1..1

type = string

1..1

type = string

1..1

type = dateTime

1..1

type = string

1..1

type = string

0..1

type = complexType

1..1

type = anytype

1..1

type = anytype

0..1

type = string

1..1

type = dateTime

1..1

Figure 20 Modèle général pour les traces CMC (Schéma XSD)

Ce modèle sert à représenter toutes traces de communications entre personnes utilisant des outils CMC (en anglais *HHIMC* : *Human Human Interaction Mediatized by Computer*). Nous verrons par la suite que ce n'est pas le seul modèle proposé et qu'il est possible de tracer d'autres types d'informations autour des communications médiatisées.

Ce premier modèle a l'avantage d'être simple mais il ne permet pas de représenter toute la richesse des interactions possibles avec les outils CMC. Nous proposons alors de définir de nouveaux modèles spécifiques à chaque type d'outils de communication (forum, chat, mail, ...) venant étendre le modèle de base. Par exemple, pour les outils de type forum, un schéma XSD vient étendre par héritage le schéma de base sur des points spécifiques aux forums : possibilité de poster des messages dans des fils de discussion, les messages ont un titre, etc. Pour finir, nous proposons également de définir un schéma XSD pour chaque outil

particulier. Ainsi, la définition d'un schéma XSD pour CONFOR viendra étendre le schéma XSD « forums » en ajoutant des informations sur le contexte au moment de l'écriture ou de la lecture de messages. La figure 21 présente cet héritage de modèles et fait ressortir les méthodes d'analyse qui peuvent être associées à chaque définition de schéma XSD.

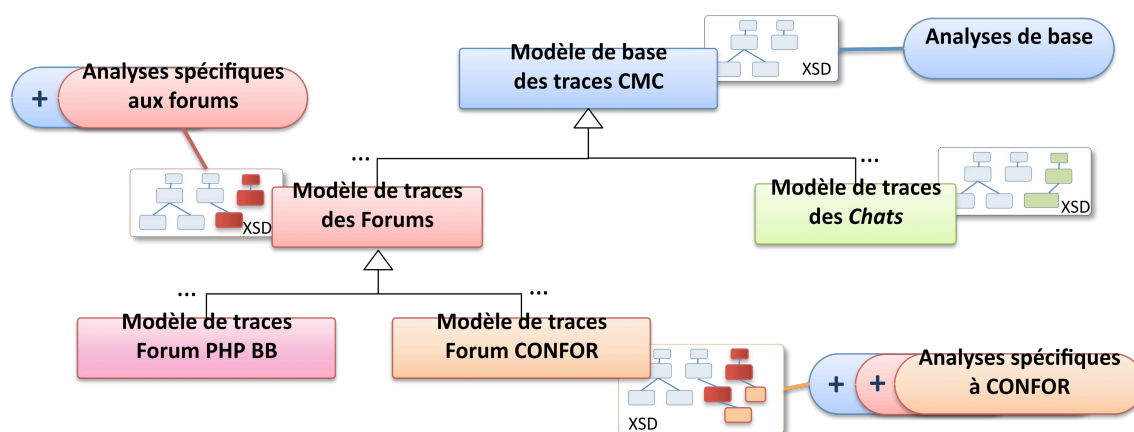


Figure 21 Illustration de l'héritage de modèles de traces pour les CMC

L'avantage de cette proposition se situe dans la **réutilisabilité** des méthodes d'analyse. Il suffit d'associer à chaque schéma un ensemble d'analyses pour que son utilisation soit possible directement. Ainsi, si un type d'analyse se fonde sur le modèle de base, tout type d'outil CMC tracé selon notre proposition pourra profiter de celle-ci (par exemple, pour créer des sociogrammes ou des indicateurs de participation). Nous allons maintenant décrire l'architecture de traçage proposée pour collecter les traces.

2.6.2.2 Architecture du système de traçage

La plupart des systèmes de traces de communication s'intéresse avant tout aux productions de la communication (i.e. les messages) et peu aux différents processus qui y sont liés (i.e. les différentes actions des utilisateurs sur ces productions). Des informations sont alors perdues sur le comportement des utilisateurs alors qu'elles peuvent donner du sens aux productions, particulièrement dans un contexte d'apprentissage. C'est pour cette raison que nous proposons un système de traçage ayant pour objectif de pouvoir tracer différents types d'actions et d'interactions.

L'étude des activités de communications médiatisées nous a amené à dégager trois types d'interactions et deux types d'actions :

- **Interaction Homme-Machine (IHM)** : actions de l'utilisateur avec l'interface de l'outil de communication et retour du système.
- **Interaction Homme-Hommes Médiatisée (IHHM)** : le contenu des discussions synchrone ou asynchrone (texte, image, fichier attaché, ...).
- **Interaction Machine-Machine (IMM)** : échange de données entre applications informatiques apportant des informations complémentaires sur

des événements de plus bas niveau (utiles pour connaître les connexions/déconnexions par exemple).

- **Action Utilisateur non médiatisée (AU)** : actions de l'utilisateur en dehors de l'environnement informatique (les postures, les réactions, ...). Obtenir ces traces nécessite des capteurs particuliers (par exemple une acquisition audio-visuelle). Dans ce travail, nous ne prenons pas en compte ce type d'action, mais nous trouvons intéressant de le placer dans notre approche globale.
- **Action Machine sans action humaine (AM)** : actions informatiques se produisant automatiquement sans être déclenchées par l'utilisateur. Par exemple, l'affichage d'un message avertissant qu'un autre utilisateur vient de se connecter est une action machine. Les traces de ce type sont essentielles pour compléter et situer les traces des autres types.

Nous proposons une architecture d'un système de traçage de communications médiatisées (May, George & Prévôt, 2008a) permettant de recueillir et synchroniser ces différents types de traces (figure 22).

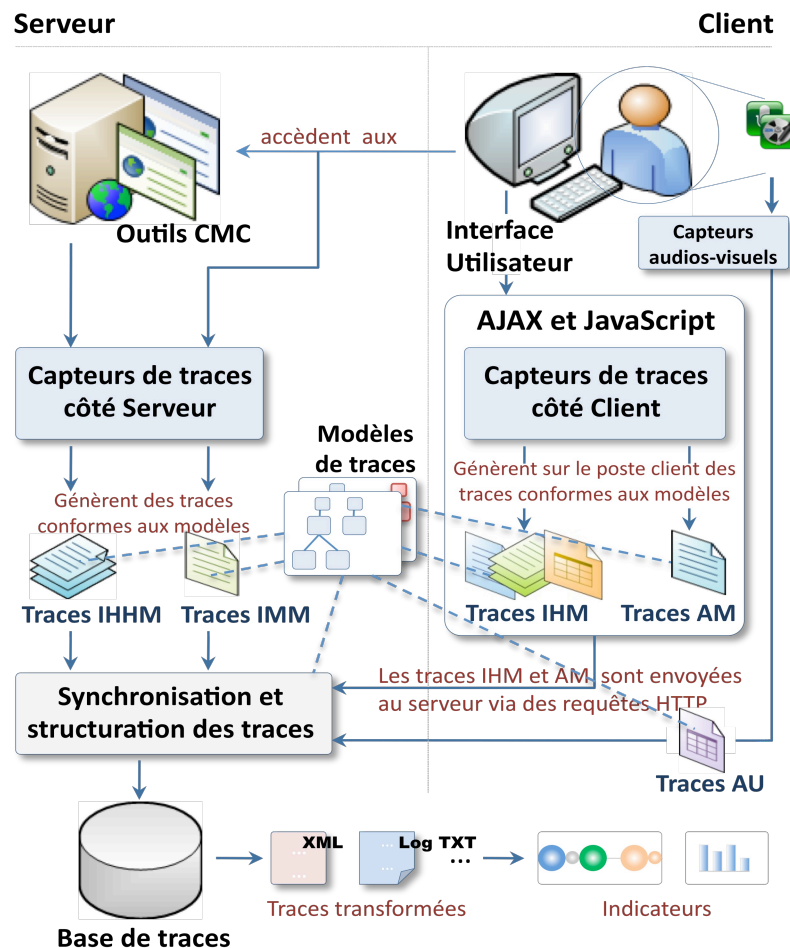


Figure 22 Architecture du système de traçage de communications médiatisées

Nous avons défini le système de traçage pour des applications de type client/serveur²⁰. Le traçage fonctionne en parallèle des côtés client et serveur. Des capteurs de traces, développés de manière spécifique pour chaque outil CMC, se chargent de collecter les événements pertinents et de générer des traces conformément aux modèles²¹ définis pour les cinq types d'interactions et d'actions. Des traces temporaires et partielles sont sauvegardées soit localement sur les postes clients, soit sur le serveur. Lors d'une requête du client au serveur, **les traces sont synchronisées** et sauvegardées dans une base de traces unique. Les traces peuvent alors être exploitées, par exemple pour construire des indicateurs (cf. partie suivante).

Cette architecture a été proposée dans le cadre du projet « personnalisation des EIAH » dans lequel d'autres équipes se sont attachées à définir un cadre formel d'un **système à base de traces** SBT (Settouti *et al.*, 2009). Les concepts de traces et de modèles de traces forment le noyau du cadre conceptuel proposé. Comme le précisent les chercheurs impliqués dans ce travail, « *un système informatique implémentant ces deux notions est un système à base de traces* » (Settouti *et al.*, 2007). Notre proposition est compatible avec les modèles formels d'un SBT, ce qui ouvre des perspectives intéressantes comme nous le précisons dans le chapitre 5.

2.6.3 La plate-forme TrAVis

2.6.3.1 Un démonstrateur de système de manipulation de traces

Afin de valider l'architecture et les modèles proposés, nous avons conçu une plate-forme nommée TrAVis (*Tracking Data Analysis and Visualization platform*). Cette plate-forme peut être vue comme un démonstrateur de système de manipulation de trace. Le but est de montrer les **potentialités** de notre approche, notamment en exploitant des traces d'actions d'utilisateurs collectées avec une granularité fine. TrAVis se présente comme un portail (figure 23) proposant différents services en fonction du type d'utilisateur qui s'y connecte. Les enseignants peuvent visualiser des indicateurs sur les échanges entre apprenants. Quant aux apprenants, ils peuvent se servir de TrAVis comme d'un outil réflexif donnant une visualisation globale de leurs activités de communication. La plate-forme TrAVis a été développée de façon modulaire dans l'optique de pouvoir aisément ajouter de nouvelles méthodes d'analyse ou de créer de nouveaux indicateurs.

²⁰ Néanmoins, dans le cas d'applications CMC fonctionnant sans serveur, le principe reste le même, un serveur de traces se chargeant de la synchronisation.

²¹ Le modèle IHMH (*Interaction Homme-Hommes Médiatisée*) a été présenté sur la figure 20, les autres sont consultables dans le document de thèse de Madeth May (2009).

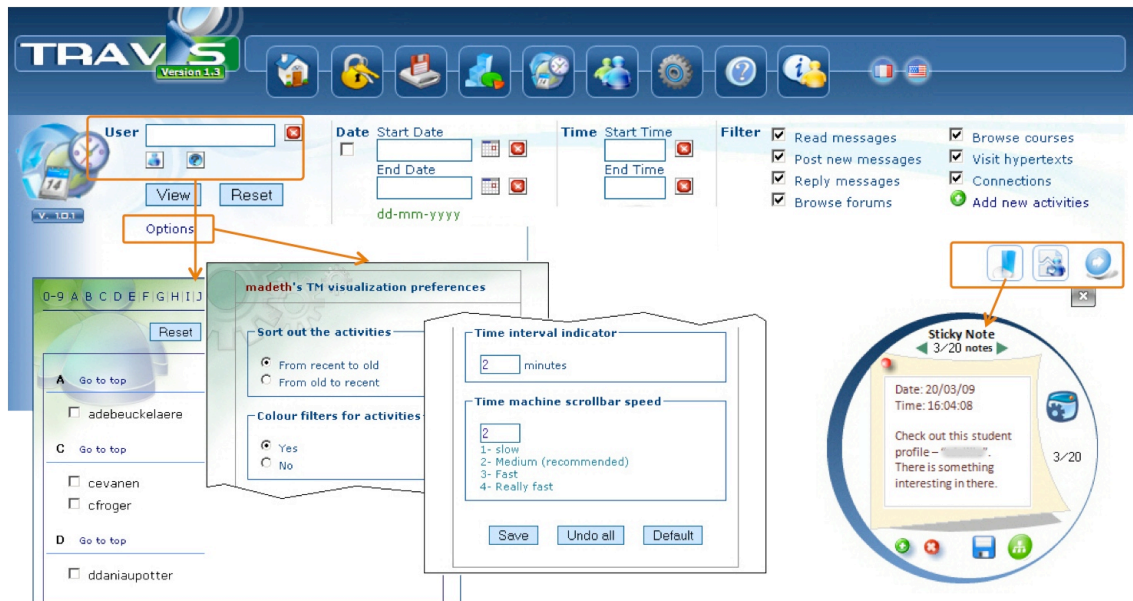


Figure 23 L'interface de la plate-forme TrAVIS (May, 2009)

Les utilisateurs peuvent, de manière simple, faire des requêtes dans la base de traces en filtrant par utilisateur, par période de temps ou encore par type d'actions tracées. L'interface peut être vue comme un tableau de bord offrant des possibilités de visualisation de traces de manière synchrone ou asynchrone. Des détails sur les fonctionnalités proposées sont indiqués dans (May, George & Prévôt, 2008b). Nous allons nous focaliser dans la partie suivante sur la conception d'indicateurs visuels.

2.6.3.2 Exemple d'indicateurs liés aux communications sur forum

Dans l'objectif de valider l'approche proposée, nous avons d'une part greffé à CONFOR des capteurs pour tracer son utilisation et d'autre part défini des indicateurs calculés à partir des traces recueillies. Nous avons identifié des besoins utilisateurs habituellement peu couverts par les systèmes de traces CMC (May, 2009). Nous allons en détailler deux à titre d'exemple :

- comment savoir si un message a été visualisé, par qui, quand ?
- comment connaître le niveau de collaboration dans un groupe ?

À ces deux questions, nous avons associé des indicateurs à fournir aux utilisateurs. La figure 24 montre la proposition d'un **indicateur d'activité de visualisation d'un message** de forum. Avec cette interface, pour tout message dans le forum CONFOR, il est possible de savoir (1) qui a affiché le message et quand, (2) est-ce que le message a été affiché totalement ou partiellement et (3) pendant combien de temps le message a été affiché. Chaque sphère représente une action d'affichage d'un message par un utilisateur et son diamètre est proportionnel au temps d'affichage. La distance entre deux sphères représente le temps écoulé entre deux affichages de messages. La couleur de la sphère indique

si l'utilisateur a affiché la totalité du contenu du message²² (couleur verte), n'a affiché que le début du message (couleur orange) ou une vue partielle entre les 2 cas précédents (couleur bleue). Une quatrième couleur (grise) indique que l'utilisateur n'a fait qu'un passage éclair sur le message (défini par un temps inférieur à 3 secondes dans notre cas). Ces différentes informations peuvent être déterminées à partir des actions des utilisateurs sur l'interface, notamment l'utilisation de l'ascenseur de la fenêtre affichant les messages.

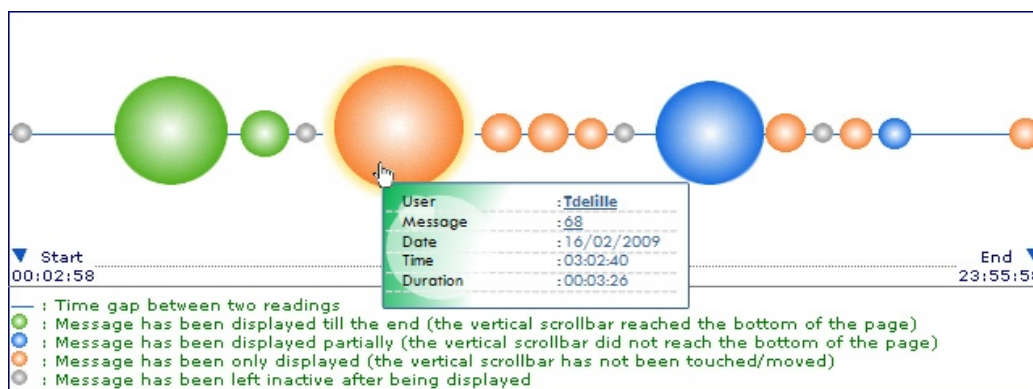


Figure 24 Indicateurs d'activité de visualisation d'un message dans le forum CONFOR

Avec ces indicateurs, il est possible de savoir si un utilisateur n'a pas lu entièrement un message (l'inverse n'étant pas possible sans capteurs spécifiques, comme des capteurs de *eye-tracking*). Ce cas illustre bien le potentiel de l'architecture de traçage proposée, en l'occurrence un modèle spécifique de traces du forum CONFOR ayant été exploité.

Un deuxième type d'indicateurs a été proposé pour connaître **le niveau de collaboration** dans un groupe utilisant un forum. Le but est d'apporter des informations synthétiques, par exemple pour qu'un tuteur puisse comparer des groupes différents (figure 25). Un radar donne des informations selon 5 axes révélateurs de la participation et de la production sur un forum. Chaque valeur est ramenée sur une échelle de 1 à 6 automatiquement calibrée. Le détail des valeurs peut être affiché en survolant les axes.

²² Nous rappelons que dans CONFOR, l'affichage se fait de manière contextuelle dans une fenêtre réduite et que par conséquent, le plus souvent, seules quelques lignes des messages sont visibles, obligeant l'utilisateur à dérouler l'ascenseur pour voir un message dans sa totalité. La taille du message et la quantité de texte pouvant être affichée sont prises en compte pour le calcul des indicateurs.

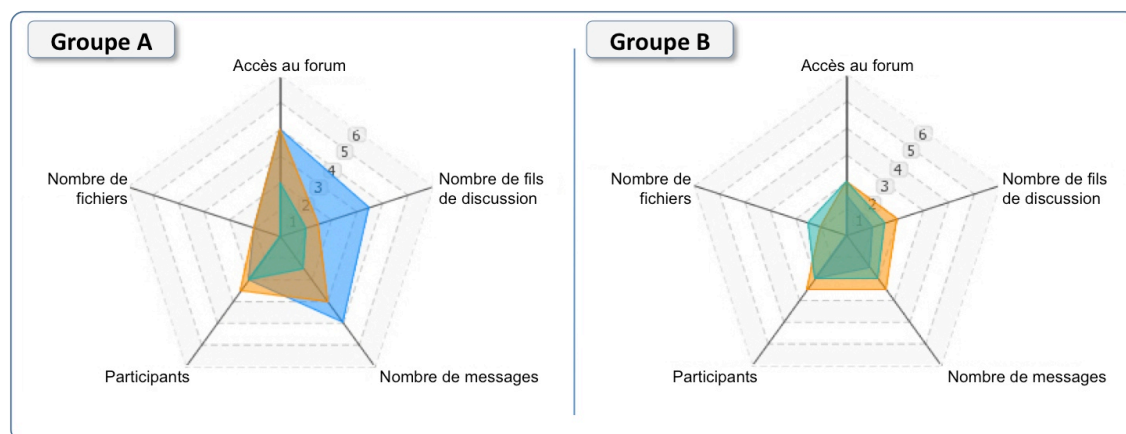


Figure 25 Indicateurs du niveau de collaboration dans un groupe (May, 2009)

Il est à noter que cet indicateur n'est pas lié au forum CONFOR et peut être calculé à partir de traces issues de forums classiques. Ce type d'information, au-delà d'être une aide à la régulation et l'auto-régulation, peut servir à affiner les informations contextuelles sur les utilisateurs en ayant davantage de données sur leurs activités et leurs profils.

2.6.4 Expérimentations et résultats

La plate-forme TrAVis a été conçue de façon itérative avec 3 phases de tests de la plate-forme à différents moments du projet. Ces tests ont été menés avec une soixantaine d'étudiants et d'enseignants lors de différentes manifestations scientifiques. Les utilisateurs devaient suivre des scénarios d'utilisation. Ces **tests intermédiaires semi-contrôlés** ont validé des aspects techniques du système de traçage, notamment la collecte et la synchronisation des traces. Des questionnaires étaient également remplis par les participants afin de recueillir leurs impressions et faire émerger des idées de fonctionnalités. De plus amples informations sur ces tests des premiers prototypes de TrAVis sont données dans (May, 2009).

Au printemps 2009, une expérimentation a été menée pendant 3 mois dans une situation d'apprentissage réelle. Le contexte était celui d'une formation en ligne pour de futurs formateurs en Français Langue Étrangère (FLE) avec 13 étudiants, répartis en 3 groupes (1 groupe de 5 et 2 groupes de 4) et 3 tuteurs, un pour chaque groupe. L'objectif de cette expérimentation était d'évaluer l'utilité et l'utilisabilité de la plate-forme TrAVis. La plate-forme de formation utilisée était *moodle* dans laquelle a été intégré le forum de discussion CONFOR. L'activité principale pour les étudiants consistait à travailler par groupe pour créer un scénario de formation pour un cours de français, le forum de discussion étant l'outil privilégié pour ce travail de groupe.

Les résultats précis de l'expérimentation sont donnés dans le mémoire de thèse de Madeth May (2009). Nous faisons ressortir ici certains points nous semblant importants. Les sources de données utilisées pour cette étude ont été des traces d'utilisation de TrAVis et les réponses à un questionnaire (6 étudiants et 1

tuteur²³). Les utilisateurs ont participé activement sur les forums avec 330 fils de discussions et 2804 messages postés. Les traces récoltées représentent un total de 26 388 enregistrements dans la base de traces. D'un point de vue utilisabilité, les répondants ont trouvé l'interface de TrAVis **très bien présentée et ergonomique** (7 répondants sur 7). De même, la **facilité d'utilisation** ressort des questionnaires (7 sur 7). La perception par les utilisateurs de l'utilité de TrAVis dans leurs activités n'est pas immédiate. Néanmoins quelques tendances se sont progressivement dessinées. Les tuteurs ont utilisé les indicateurs liés aux discussions pour suivre **la dynamique des échanges** entre étudiants (l'indicateur montrant les écritures/affichages de messages est le plus utilisé par les tuteurs). Le tuteur ayant répondu au questionnaire précise qu'il n'a, par contre, pas utilisé ces indicateurs pour l'évaluation finale des étudiants car les discussions ne reflètent qu'une partie du travail demandé. Les étudiants ont quant à eux privilégié les indicateurs comparant les profils des membres de leur groupe (les radars d'activité et les indicateur de visualisation de profils ont été les plus utilisés). Il est difficile de savoir si les indicateurs ont eu un impact sur la réflexivité mais dans tous les cas la visualisation de tels indicateurs favorise **la conscience mutuelle**. Le fait qu'ils aient été utilisés est donc un point positif. Par contre, l'évaluation précise de l'utilité de chaque indicateur ne faisait pas partie des objectifs dans cette expérimentation, celle-ci s'étant focalisée sur l'évaluation de la pertinence globale d'une telle plate-forme de construction d'indicateurs, manipulable par les utilisateurs eux-mêmes. Sur ce point, les commentaires des répondants au questionnaire montrent qu'il y a **une réelle demande**. Nous envisageons de monter de nouveaux projets pour travailler en profondeur sur le choix des indicateurs en fonction des activités à supporter. Ces travaux à venir pourront s'appuyer sur les techniques de traçage proposées intégrant la prise en compte des traces d'interactions homme-machine.

2.6.5 Discussion et positionnement du travail

Parallèlement au projet de recherche mené sur TrAVis, l'ERTé CALICO²⁴ (2006-2009) a rassemblé un ensemble de travaux sur le thème « Communautés d'apprentissage en ligne, instrumentation, collaborations ». Le rapport final (Bruillard, 2010) présente des résultats significatifs. Ainsi, la plate-forme CALICO intègre plusieurs outils d'analyse de forums permettant d'en visualiser le déroulement temporel, d'en proposer une lecture synthétique sous forme de chronogrammes et d'effectuer du suivi de thématiques dans les messages. Cette initiative de **plate-forme intégratrice** conforte notre idée d'échanges possibles de méthodes d'analyse à partir de traces de forums de discussion. Dans CALICO, les discussions de forums sont sauvegardées dans un format nommé XMLForum

²³ Malgré plusieurs relances, nous n'avons pas pu obtenir davantage de réponses au questionnaire. Ceci fait partie des contraintes lors d'expérimentation en situation réelle. Les données sont de toute manière à prendre comme information qualitative.

²⁴ Équipe de Recherche Technologique éducation « Communautés d'apprentissage en ligne, instrumentation, collaboration » (<http://calico.inrp.fr/>)

(Giguet *et al.*, 2009). Ce format, très simple, comprend uniquement les informations basiques d'un message de forum : auteur, date, sujet, contenu. Il serait intéressant de proposer des **transformations** entre les modèles de traces que nous avons proposés et le format XMLForum pour mutualiser les méthodes d'analyse. Un travail de transformation similaire pourrait également être effectué vers les formats de discussions proposés dans le cadre du projet MULCE²⁵ (Chanier *et al.*, 2010) qui vise à mettre à disposition des **banques de corpus** et des services associés pour les chercheurs.

Des travaux récents se sont intéressés au traçage en s'appuyant sur les événements disponibles dans les plates-formes de formation existantes. Ainsi, les travaux de Djouad *et al.* (2010) ont abouti à la réalisation d'un *plugin* pour la plate-forme Moodle (*plugin nommé TBS-IM²⁶: Trace Bases System for Indicators calculus in Moodle*). L'intérêt de cette approche réside dans le choix des événements Moodle à collecter (*AddContact*, *ChatMessage*, *ForumPostMessage*, *CourseView*, *EditWikiPage*, ...). Les événements traçables sont uniquement ceux existants dans Moodle mais par contre ils couvrent l'ensemble des activités possibles dans cette plate-forme. Un éditeur est proposé pour **combinaison des traces** provenant des différents outils de Moodle (chat, forum, cours, ...). Pouvoir croiser des traces provenant d'outils différents autorise des analyses à un niveau plus global. Nous pensons que cette voie est prometteuse, l'idéal serait de pouvoir s'appuyer sur des travaux spécifiques pour collecter des traces plus fines (comme ceux que nous avons menés dans le cadre des forums) et d'avoir le moyen de réaliser des analyses croisées dans le but de proposer des **indicateurs de plus haut niveau** (par exemple des indicateurs d'interaction prenant en compte les discussions effectuées avec plusieurs outils). Nous détaillons cette idée dans les perspectives énoncées dans le chapitre 5.

Ce type de travail sur les traces ne peut se faire sans se poser des questions quant à la confidentialité des données qui contiennent des informations personnelles. Cela soulève des **questions d'ordre éthique et de droit** puisque la divulgation de telles données peut nuire au principe de protection de la vie privée des individus. Certes ce traçage peut être « acceptable » dans un contexte éducatif si des bénéfices sont attendus. De façon imagée, un étudiant « accepte » qu'un enseignant regarde ce qu'il est en train de faire en classe (TD, TP, ...) car il sait qu'il peut en tirer des bénéfices : correction d'une erreur, conseil méthodologique, évaluation formative, ... La différence importante réside dans le fait que les traces sont informatisées, stockées et analysables ultérieurement. L'**anonymisation** peut être une solution si les traces sont destinées à des chercheurs (Reffay *et al.*, 2008) mais on ne peut pas l'appliquer si on vise à soutenir les activités des enseignants et des apprenants. La position que nous adoptons consiste en premier lieu à jouer la **transparence** en prévenant l'utilisateur du traçage et en lui indiquant précisément leur exploitation (par qui, pour quoi, ...). Ensuite, il est possible de

²⁵ Multimodal contextualized Learner Corpus Exchange (<http://mulce.org>)

²⁶ Le plugin est téléchargeable à cette adresse : <http://liris.cnrs.fr/~tdjouad/TBS-IM/TBS/Download.htm>

mettre en place des systèmes où l'apprenant peut choisir d'être tracé ou non et même choisir un niveau de granularité du traçage (des actions de bas niveau ou de plus haut niveau uniquement). Ce « débrayage » total ou partielle du traçage est difficile à gérer et diminue inévitablement les analyses possibles. En particulier, dans le cas d'activités collectives, si tous les utilisateurs refusent d'être tracés de la même façon, il est alors impossible d'analyser les interactions et les collaborations. Le débrayage rend également difficile l'exploitation des traces dans la durée (pour évaluer une évolution pour un même apprenant). Une solution est de rendre les traces concernant un individu **inspectable** par celui-ci. L'utilisateur peut ainsi observer les traces le concernant et en maîtriser leur visibilité et leur utilisation (privée, enseignant, tous, ...). Le débat demeure ouvert et les solutions restent à trouver pour éviter une surcharge de l'activité des utilisateurs.

2.7 Conclusion

Au travers des différents travaux décrits dans ce chapitre, nous avons cherché à montrer l'intérêt de concevoir des outils de communications médiatisées spécifiques pour la formation en ligne, afin de faciliter, orienter ou inciter les interactions et en favoriser l'analyse automatique. Nous pouvons situer nos contributions par rapport aux 5 niveaux présentés sur la figure 2 :

- **conceptuel** : modèles de contextualisation de discussions autour de structures d'activités et de structures de connaissances,
- **infrastructure** : techniques de traçage des activités d'apprentissage et des communications médiatisées,
- **intergiel/contextualisation**: définition de *webservices* invocables par des LMS pour contextualiser des discussions en se fondant sur des standards (SCORM/LOM),
- **applicatif** : contextualisation des discussions dans la formation en ligne et en situation de mobilité,
- **interaction homme-machine** : affichages dynamiques de discussions et plateforme de manipulation et de visualisations de traces de communications médiatisées.

Identifier les impacts des outils proposés et mesurer leurs effets sur l'apprentissage ne sont pas triviaux. Les expérimentations menées apportent des informations sur des questions de recherche ciblées mais du travail reste à faire pour évaluer les usages à de plus grandes échelles. Les travaux actuels de la communauté, et en particulier dans le cadre du cluster Rhône-alpin ISLE, vont dans ce sens : ils cherchent à découpler et articuler (1) les outils (communication, production, coordination, ...), (2) les environnements d'analyse de leur traces et (3) les environnements proposant des visualisations (indicateurs). L'idée à terme est de proposer des services sur ces 3 niveaux ainsi que des outils pour comparer des situations d'apprentissage instrumentées (*benchmarking*).

Chapitre 3

Capitalisation de pratiques d'enseignants dans leur contexte

*Tout enseignant est enseigné.
Tout enseigné est enseignant.*

Slogans de mai 68

Plan du chapitre 3

3.1	<i>Introduction</i>	113
3.2	<i>Cadre des recherches</i>	113
3.3	<i>Questions de recherche</i>	114
3.4	<i>Propositions d'outils d'assistance au tuteur lors d'une formation en ligne</i>	115
3.4.1	Proposition d'un outil d'aide au tuteur : <i>e-Guide</i>	115
3.4.1.1	Recommandations et bonnes pratiques pour les tuteurs	115
3.4.1.2	L'outil e-Guide	116
3.4.2	Proposition d'un système conseiller pour le tuteur	117
3.4.2.1	Positionnement du système conseiller	117
3.4.2.2	Définition d'un modèle de tutorat	117
3.4.2.3	Implémentation sous forme d'une ontologie	118
3.4.3	Limites des travaux et nouvelle piste	120
3.5	<i>Support à la capitalisation de pratiques d'enseignants : TE-Cap</i>	121
3.5.1	Identification des rôles des tuteurs	121
3.5.2	Précisions des besoins des tuteurs	123
3.5.3	Proposition d'un modèle d'interconnexion de communautés d'enseignants	124
3.5.3.1	Le concept de communauté de pratique	124
3.5.3.2	Un modèle d'Interconnexion de Communautés de Pratique (ICP)	124
3.5.3.3	Contextualisation des ressources dans une ICP	125
3.5.4	TE-Cap : une plate-forme de support à la capitalisation d'expériences	126
3.5.4.1	Profil d'utilisateur	126
3.5.4.2	Indexation et recherche	127
3.5.5	Expérimentations et résultats	128
3.5.6	Discussion et positionnement du travail	130
3.6	<i>Conclusion</i>	132

3.1 Introduction

Dans nos travaux, l'enseignant tient une place essentielle dans les situations de formation utilisant des technologies informatiques. Ce chapitre décrit nos travaux concernant le support informatique proposé aux enseignants, travaux menés dans le cadre de différents projets : le projet européen E-tutor (2004-2006), le projet ACI ACTEURS-TICE (2005-2007) et le projet TE-Cap (thèse d'Elise Garrot, 2005-2008). L'objectif commun poursuivi est la volonté de mieux définir les activités des enseignants dans une formation médiatisée et d'apporter des solutions pour supporter certaines de ces activités. Nous avons exploré plusieurs pistes pour l'assistance aux enseignants : la réalisation d'un guide multimédia recensant des bonnes pratiques, un système conseiller et un environnement facilitant l'entraide entre enseignants. Ces pistes sont exposées dans ce chapitre.

3.2 Cadre des recherches

L'utilisation des technologies de l'information et de la communication fait émerger de **nouveaux rôles** pour les enseignants. Un point marquant est la séparation plus nette entre la conception des contenus et des parcours de formation et l'encadrement des étudiants. Il ressort ainsi deux acteurs bien distincts : le **concepteur pédagogique**, qui crée les supports pédagogiques ainsi que les cheminements à travers ceux-ci (les scénarios pédagogiques) et le **tuteur**, qui interagit pendant la formation avec les apprenants pour les aider à construire leurs connaissances/compétences et pour les évaluer. Le concepteur pédagogique peut être vu comme un compositeur et le tuteur comme un chef d'orchestre qui dispose de **degrés de liberté** pour superviser les activités et diriger les apprenants dans leurs apprentissages. La place du tuteur se situe entre l'institution de formation et les apprenants, entre le temps de conception de l'environnement pédagogique et le temps de l'utilisation par les d'apprenants. Cette position intermédiaire du tuteur a notamment été discutée par Hotte et Contamines (2007).

Nous insistons sur le fait que les technologies modifient les rôles de l'enseignant mais en aucun cas **ne peuvent le remplacer**, notamment pendant le déroulement d'une formation en ligne. De Lièvre *et al.* (2005) ont constaté que le tuteur humain répond à des questions et besoins spécifiques des apprenants non identifiables avant la formation. Ce que signalaient les chercheurs en sciences de l'éducation il y a déjà quelques temps demeure plus que jamais d'actualité : « *les nouvelles technologies, loin de remplacer l'homme, exigent de lui de plus en plus de compétences non seulement techniques mais aussi humaines et sociales* » (Jacquinot, 1993). Les TIC modifiant les modalités d'accès et de diffusion des informations, elles conduisent les enseignants « *à revoir l'ensemble des stratégies d'action qu'ils maîtrisaient jusqu'alors, tant au niveau de l'accès aux savoirs qu'à celui de l'organisation des interactions des apprenants avec ces savoirs* » (Guir,

1996). En particulier, le tuteur est amené à assumer un nombre important de rôles par rapport au contenu, à la pédagogie, à l'évaluation, à l'animation sociale, à l'utilisation du système technologique et à la gestion administrative des étudiants.

Nous pensons que les technologies peuvent assister le tuteur dans ces nouveaux rôles. Actuellement, comme le précisent Hotte et Besançon (2007), « *le tuteur est souvent contraint à s'adapter à l'environnement social, pédagogique et technique planifié et développé pour les autres acteurs comme l'enseignant-concepteur et l'apprenant, mais que la pratique d'encadrement nécessite elle aussi une instrumentation humaine et technique particulière* ». Nous précisons dans la partie suivante les questions de recherche soulevées par ce besoin d'**instrumentation des activités du tuteur**.

3.3 Questions de recherche

Proposer aux tuteurs des outils d'aide à la réalisation de leur métier implique tout d'abord de bien définir leurs activités. Une des questions centrales est de bien circonscrire les différents rôles que peut être amené à jouer un tuteur. Dans la littérature, le tuteur peut être nommé différemment selon les rôles qu'on lui assigne : modérateur, facilitateur, *coach*, mentor pédagogique, accompagnateur... Ces rôles dépendent notamment des paradigmes d'enseignement et d'apprentissage auxquels on peut recourir pour atteindre des objectifs de formation (Denis, 2003), des tâches que les apprenants ont à réaliser et du contexte pédagogique. Nous nous sommes attachés à **recenser les rôles** pouvant être attribués au tuteur en nous fondant sur les retours d'expériences issus des différents projets auxquels nous avons participé. Nous présentons dans la partie 3.5.1 une synthèse des rôles identifiés.

Une autre question réside dans le type d'outils à fournir aux tuteurs pour les assister dans leurs activités. Il existe aujourd'hui des outils d'aide au suivi des activités des apprenants (voir par exemple les travaux de Després et Coffinet (2004) et de Guéraud *et al.* (2009)). Par contre, le tuteur a bien d'autres rôles à remplir pour lesquels il n'existe pas d'outils informatiques pour le soutenir. Nous décrivons dans ce chapitre des travaux visant à combler cette lacune. L'instrumentation des activités des tuteurs peut prendre différentes formes et le système peut aussi tenir différents rôles. Nous avons d'abord exploré deux pistes : un outil hypermédia présentant des recommandations (cf. partie 3.4.1) et un outil pro-actif apportant des conseils aux tuteurs (cf. partie 3.4.2). Ces outils couvrent certains besoins mais ne sont **pas toujours en adéquation avec la pratique** réelle des tuteurs. Ils souffrent d'un manque d'évolutivité pourtant nécessaire pour une bonne appropriation par les enseignants. Plus précisément, la question sous-jacente est de trouver des solutions informatiques pour qu'un tuteur puisse retrouver/apporter des informations pertinentes par rapport à son contexte, en fonction d'une situation particulière rencontrée. Le travail lié à cette question a abouti à la conception d'un environnement de mise en relation et de partage d'expérience entre tuteurs (cf. partie 3.5).

Sur un autre plan, les travaux présentés dans ce chapitre abordent des questions plus générales sur la **modélisation du contexte**. Plusieurs types de modélisation ont été étudiées (matrice, ontologies, classification évolutive) ainsi que plusieurs moyens d'obtention du contexte (sélection par l'utilisateur, détection d'événements ou encore recherche multi-critères). Les avantages et inconvénients de ces solutions seront discutés.

3.4 Propositions d'outils d'assistance au tuteur lors d'une formation en ligne

Nous décrivons dans cette section les résultats de deux recherches visant la conception d'outils pour assister des tuteurs. Nous montrons alors les limites de ces travaux ouvrant vers de nouvelles perspectives.

3.4.1 Proposition d'un outil d'aide au tuteur : *e-Guide*

Les recherches présentées dans cette partie ont été menées dans le cadre du projet *e-Tutor* (*Innovative e-learning methodology for tutors in multi-cultural, collaborative and synchronous context*) associant cinq universités européennes²⁷. Le but du projet *e-Tutor* est d'identifier un certain nombre d'invariants méthodologiques durant une formation en ligne supportée par les TIC, dans un contexte MCCS (Multi-Culturel, Collaboratif et Synchrone). La détermination de ces invariants résulte d'un retour d'expérience de tuteurs et d'une évaluation de résultats observés. L'objectif est de construire un ensemble de **recommandations** afin d'apporter aux tuteurs les conditions optimales pour le succès d'un apprentissage à distance.

3.4.1.1 Recommandations et bonnes pratiques pour les tuteurs

L'encadrement d'une formation nécessite des tuteurs une expertise du domaine abordé, des compétences techniques, pédagogiques et communicatives (McPherson & Nunes, 2004). Or les tuteurs **sont rarement formés** pour développer toutes ces compétences, voire ne reçoivent aucune formation, l'apprentissage du métier se réalisant sur le terrain (Godinet & Caron, 2003). Il existe donc un réel besoin d'avoir des recommandations pour les tuteurs de formation en ligne ou hybride (Bennett & Marsh, 2002; Lentell, 2003; Denis *et al.*, 2004). La réponse à ce besoin est le principal objectif du projet *e-Tutor*.

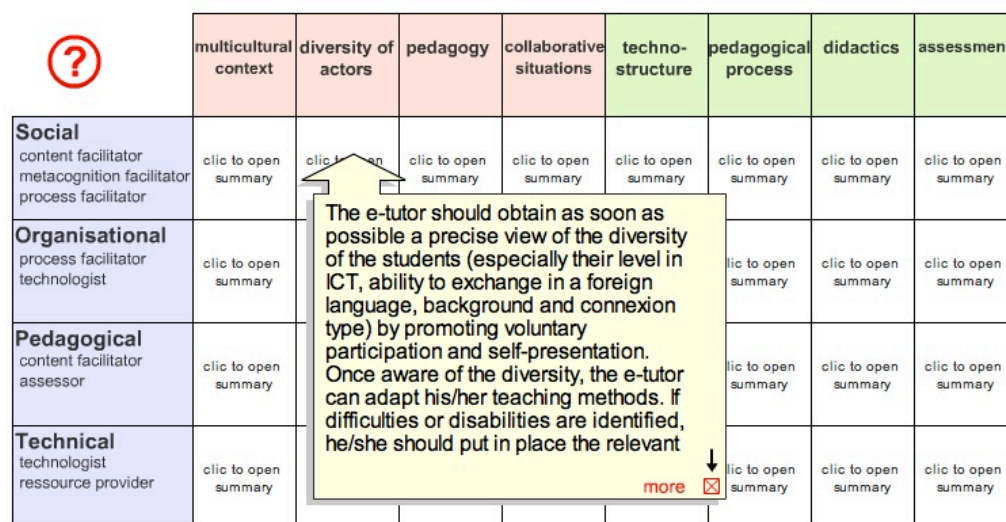
Le projet *e-Tutor* a abouti à la définition d'un ensemble de 120 recommandations organisées selon les rôles des tuteurs et des variables liées à la formation. Quatre catégories de rôles ont été retenues : **social**, **organisationnel**, **pédagogique** et **technique**. Les variables liées à la formation ont quant à elles été divisées en deux catégories : celles liées à la **préparation** de la formation et celles liées au **déroulement** de la formation. Ces deux catégories ont elles mêmes été divisées en 4 sous-catégories chacune, respectivement [contexte multiculturel /

²⁷ INSA de Lyon, France ; Trinity College Dublin, Irlande ; UPM Madrid, Espagne ; University of Thessaloniki, Grèce et University of York, Angleterre

diversité des acteurs / méthodes pédagogiques / situation collaborative] et [technologie / intervention pédagogique / didactique / évaluation]. Nous obtenons ainsi **une matrice de 4 rôles x 8 variables types** servant à situer des recommandations. Ces dernières résultent d'une étude de la littérature (en particulier à partir des résultats du projet *Learn-Nett* (Charlier & Peraya, 2002)) et des expériences des acteurs du projet. Elles ont été affinées lors d'expérimentations en situations réelles (Leahy *et al.*, 2005). Des détails sur la méthodologie suivie dans le projet *e-Tutor* sont disponibles dans le rapport final (Amghar, 2006) ou sur le site web du projet²⁸. L'ensemble des recommandations retenues ne peut être donné de manière brute dans un tableau. C'est pour cette raison qu'un hypermédia a été conçu.

3.4.1.2 L'outil *e-Guide*

Pour faciliter la lecture des recommandations, un outil interactif a été conçu dans le cadre du projet *e-Tutor*. L'objectif était de faciliter la navigation dans les informations pour trouver rapidement un conseil en fonction d'un besoin particulier, d'une situation à venir ou en cours. La figure 26 présente l'outil *e-Guide* disponible sur le web²⁹.



	multicultural context	diversity of actors	pedagogy	collaborative situations	techno-structure	pedagogical process	didactics	assessment
Social content facilitator metacognition facilitator process facilitator	clic to open summary	clic to open summary	clic to open summary	clic to open summary	clic to open summary	clic to open summary	clic to open summary	clic to open summary
Organisational process facilitator technologist	clic to open summary					clic to open summary	clic to open summary	clic to open summary
Pedagogical content facilitator assessor	clic to open summary					clic to open summary	clic to open summary	clic to open summary
Technical technologist ressource provider	clic to open summary					clic to open summary	clic to open summary	clic to open summary

The e-tutor should obtain as soon as possible a precise view of the diversity of the students (especially their level in ICT, ability to exchange in a foreign language, background and connexion type) by promoting voluntary participation and self-presentation. Once aware of the diversity, the e-tutor can adapt his/her teaching methods. If difficulties or disabilities are identified, he/she should put in place the relevant

more

Figure 26 L'outil *e-Guide* présentant les recommandations de manière interactive

En cliquant sur une cellule, un tuteur voit une recommandation synthétique en fonction d'un rôle à tenir (en ligne) et d'une variable de la formation (en colonne). S'il le souhaite, il a accès à une liste de recommandations détaillées (120 au total) et à des vidéos tournées pendant le projet (**étude de cas**). L'outil *e-Guide* a pour objectif de former des tuteurs en fonction de situations rencontrées. Nous reviendrons dans la partie 3.4.3 sur les limites de cette approche.

²⁸ <http://etutor-info.insa-lyon.fr/>

²⁹ Outil développé en Flash par la société Iode : <http://etutor-info.insa-lyon.fr/projets/etutor/e-package/>

3.4.2 Proposition d'un système conseiller pour le tuteur

3.4.2.1 Positionnement du système conseiller

Parallèlement au projet *e-Tutor*, nous avons exploré une piste d'assistance aux tuteurs sous la forme d'un « système conseiller ». Partant du constat que la plupart des activités pédagogiques sont créées par des concepteurs qui prévoient des scénarios types *a priori* (sans connaître les apprenants), nous avons conçu un système pour aider les tuteurs à préparer des sessions d'apprentissage (travail de master de recherche d'Elise Garrot (2005)). En effet, le tuteur ne peut se limiter à un rôle de **suivi**, mais il doit également **préparer**, en amont, des situations d'apprentissage adaptées aux besoins des apprenants, pourvu que le système lui en laisse la possibilité (degrés de libertés laissés par les concepteurs des situations).

La figure 27 montre le positionnement de l'outil d'aide à la préparation de situations d'apprentissage par rapport, en amont, à la conception de situations génériques par l'auteur et, en aval, au déroulement des apprentissages.

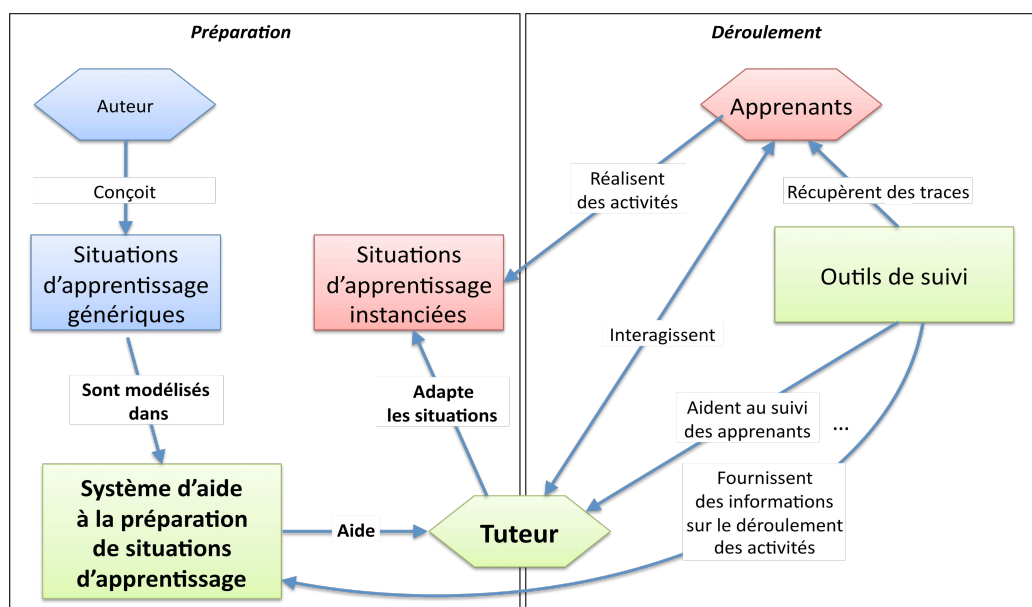


Figure 27 Positionnement du système conseiller pour le tuteur

3.4.2.2 Définition d'un modèle de tutorat

La première phase du travail a consisté à créer un modèle de tutorat centré sur le tuteur. Ce travail a été fait à partir de la littérature traitant du rôle du tuteur dans la formation en ligne (Denis, 2003; Faerber, 2004; Hotte & Leroux, 2003) et d'une enquête menée *via* un questionnaire adressé à des tuteurs de diverses formations³⁰. Le modèle a été réalisé avec le formalisme MOT. Il est composé de **14 sous-modèles** interconnectés (de façon arborescente). Le premier niveau de

³⁰ Une quinzaine de tuteurs du CNAM de Lyon, du campus FORSE de Lyon, du projet e-Tutor et de la Télé-Université du Québec.

l'arbre indique les trois principales activités du tuteur pour préparer une situation d'apprentissage : identifier les apprenants, instancier les variables pédagogiques et utiliser des ressources. Des zooms sont alors possibles sur chacune de ces activités. Au niveau le plus bas de l'arbre, nous retrouvons des actions plus élémentaires. La figure 28 représente l'instanciation de variables pédagogiques pour définir le travail d'un groupe d'apprenants.

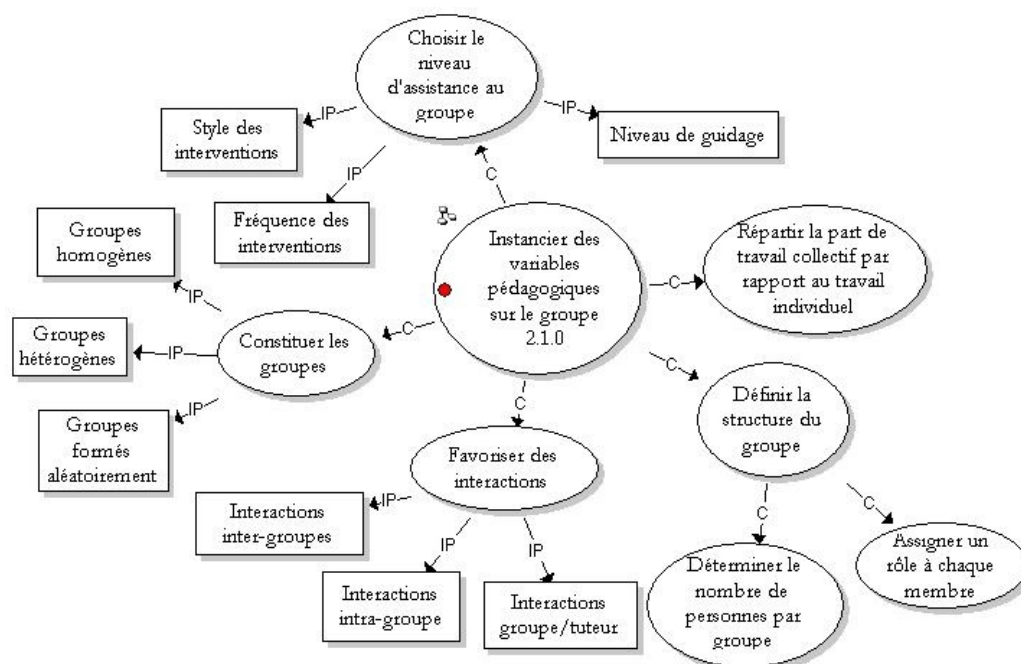


Figure 28 Exemple d'un modèle d'instanciation de variables pédagogiques (Garrot 2005)

L'ensemble des schémas MOT permet ainsi de modéliser :

- les **rôles** et les **degrés de liberté** du tuteur,
- les **caractéristiques des apprenants** influençant l'apprentissage,
- les **ressources** et les moyens de **communication**.

3.4.2.3 Implémentation sous forme d'une ontologie

Après avoir étudié différentes façons de transformer le modèle de tutorat en un **modèle computationnel**, notre choix s'est porté sur la création d'une ontologie reprenant les concepts et relations identifiés précédemment. Nous avons choisi de représenter les caractéristiques des apprenants et celles des situations d'apprentissage par un système à base de *frames* avec le logiciel *Protégé*³¹. Conjointement à *Protégé*, nous avons utilisé le moteur d'inférence *Jess* pour introduire les connaissances stockées par *Protégé* dans une base de faits, en vue d'appliquer des règles. La figure 29 illustre une partie de l'ontologie représentant les acteurs et certaines de leurs caractéristiques.

³¹ <http://protege.stanford.edu/>

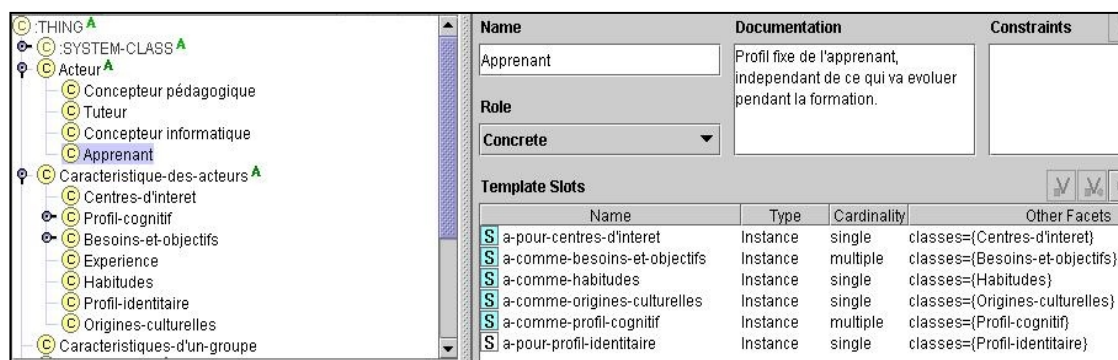


Figure 29 Partie de l'ontologie représentant les acteurs et leurs caractéristiques (Garrot 2005)

Des règles ont alors été définies pour relier des éléments de l'ontologie afin de fournir des conseils destinés aux tuteurs. L'objectif de ce travail est de montrer les possibilités d'utilisation de l'ontologie³². Voici un exemple de règle³³ qui conseille au tuteur l'activité suivante à attribuer à un apprenant et la modalité de réalisation associée, en fonction de son besoin déclaré en autonomie :

```
(defrule activite-autonomie
  ?objet_suivi<-(object(is-a Suivi-activites))
  ?classe_activite <- (object(is-a :STANDARD-CLASS)(:NAME ?nom_activite))
  (test (superclassp Activite ?nom_activite))
  =>
  (bind ?objet_activites_validees (slot-get ?objet_suivi activites-validees))
  (foreach ?objet_activite (slot-get ?classe_activite :DIRECT-INSTANCES)
    (bind ?nom_activite (slot-get ?objet_activite nom-ou-reference))
    (bind ?objet_activites_pre_requises (slot-get ?objet_activite activites-
      pre-requises))
    (if (and (eq ?objet_activites_pre_requises ?objet_activites_validees)
      (eq (slot-get ?objet_activite modalite-de-realisation)
        individuelle-ou-collaborative)) ; fin du and
      then (bind ?objet_apprenant (slot-get ?objet_suivi apprenant))
      (bind ?objet_caracteristiques (slot-get ?objet_apprenant a-pour-
        profil-identitaire))
      (bind ?nom (slot-get ?objet_caracteristiques nom))
      (foreach ?objet_besoin (slot-get ?objet_apprenant a-comme-besoins-
        et-objectifs)
        (if (eq (slot-get ?objet_besoin autonomie) TRUE)
          then (printout t "Proposer à l'apprenant "?nom" de faire
            l'activité "?nom_activite" individuellement"crLf)
          ) ; fin du if
        (if (eq (slot-get ?objet_besoin autonomie) FALSE)
          then (printout t "Proposer à l'apprenant "?nom" de faire
            l'activité "?nom_activite" en groupe" crLf)
          ) ; fin du if
        ) ; fin du foreach
      ) ; fin du if
    ) ; fin du foreach
  )
)
```

Des précisions sur l'implémentation du système sont données dans (Garrot, George & Prévôt, 2006).

³² Le système n'a pas été testé dans une situation réelle.

³³ Les règles ont été créées dans un objectif de démonstration des possibilités du système et n'ont pas pour ambition d'être pédagogiquement valables.

3.4.3 Limites des travaux et nouvelle piste

Le premier travail sur *e-Guide* a abouti à la conception d'une matrice interactive destinée à des tuteurs pour visualiser des recommandations selon des rôles à tenir et des variables liées à la formation. Nous avons peu de retours d'usage sur cet outil (il est en ligne mais il n'a pas été utilisé en dehors du projet *e-tutor*). Nous pouvons néanmoins relever quelques unes de ses limites :

- Il n'est pas évident pour un tuteur de retrouver dans les quelques 120 conseils formulés celui qui peut l'aider dans la situation qu'il rencontre à un moment donné. Même si l'organisation sous forme de tableau guide la recherche, il contient 32 cases, dont une seule se dévoile à la fois. Ceci oblige le tuteur à avoir une vue globale sur la matrice et donc le contraint quasiment à le parcourir une fois entièrement. Le premier problème est donc un **problème d'utilisabilité**.
- Les exemples donnés ne sont pas forcément pertinents pour un tuteur, car ils ne correspondent pas à son contexte. Bien sûr, les recommandations ont juste une valeur illustrative mais la transposition à la situation vécue par le tuteur n'est pas évidente. Le deuxième problème est donc un **manque de contextualisation** de l'information.
- Les conseils proposés ont un caractère statique. Les tuteurs ne peuvent pas annoter, commenter ou contribuer aux recommandations. Le troisième problème est donc un **problème d'évolutivité**.

L'objectif poursuivi dans la recherche sur le « système conseiller » était de montrer la faisabilité technique du système. Bien que le système soit évolutif et que l'on puisse intégrer de nouvelles connaissances et de nouvelles règles, la grande diversité à la fois des situations d'apprentissage et des apprenants rend **impossible la conception d'un système exhaustif**, malgré ce que peuvent apporter des experts pour compléter le système et le rendre pertinent pour un maximum de situations. Il est envisageable de concevoir un modèle ontologique précis si on restreint le domaine d'application (pour un type de situation par exemple) mais l'effort à fournir est grand par rapport aux utilisations possibles. De plus, le système donne des conseils aux tuteurs sans que ces derniers puissent préciser leurs besoins à un moment donné, en fonction d'un contexte précis. L'idéal serait de laisser la possibilité aux tuteurs eux-mêmes de définir des règles pour capitaliser leurs expériences. Cette option n'est malheureusement pas envisageable avec le système à base de règles proposé car trop éloigné de la pratique des tuteurs. Le principal problème de cet outil est donc une **incapacité à pouvoir capitaliser** les expériences des tuteurs.

Ces deux projets nous ont amené à réfléchir à une nouvelle piste pour dépasser les limites rencontrées. C'est ainsi que nous avons entrepris un travail visant à **favoriser l'entraide entre tuteurs** en proposant un système que chacun pourra facilement enrichir. Nous retenons également de ces expériences que le **contexte de l'enseignant** doit être davantage pris en compte. Ces deux idées sont développées dans la partie suivante.

3.5 Support à la capitalisation de pratiques d'enseignants : TE-Cap

L'expérience des deux projets décrits ci-dessus nous a amené à considérer l'activité des tuteurs comme étant trop complexe pour pouvoir être modélisée de manière exhaustive. Par contre, nous pouvons mettre en place les conditions pour l'**entraide** et la **capitalisation collective** entre tuteurs. Cette capitalisation peut être soutenue par des moyens informatiques, notamment en offrant des possibilités de **contextualisation des ressources** de la communauté de tuteurs. Avant de décrire le modèle d'interconnexion de communauté de pratique retenu et l'environnement support conçu, nous exposons le travail d'identification des rôles des tuteurs ainsi que la détermination de leurs besoins.

3.5.1 Identification des rôles des tuteurs

Notre participation à différents projets de recherche liés au tutorat nous a conduit à proposer une synthèse des rôles qu'un tuteur peut tenir. En particulier, une étude de terrain (enquête d'usage) a été menée dans le cadre du projet ACTEURS TICE (Activités Collectives et Tutorat dans l'Enseignement Universitaire : Réalités, Scénarios et usages des TICE) regroupant une équipe internationale et interdisciplinaire (STIC et SHS) de chercheurs (Pernin & Godinet, 2008). Ce projet a eu pour objectif d'analyser et de comprendre les pratiques des acteurs impliqués dans le déroulement ou la conception de situations d'apprentissage collectives et instrumentés (SACI). L'interview³⁴ de 18 tuteurs, travaillant dans 12 formations différentes³⁵, a permis de mieux caractériser les activités des tuteurs sur différents terrains (Michel, George & Garrot, 2007). La synthèse effectuée s'appuie également sur des résultats du projet e-Tutor (George *et al.*, 2004) et sur l'étude bibliographique conséquente effectuée par Elise Garrot (2008).

Au final, nous faisons ressortir 16 rôles attribuables à un tuteur en les répartissant en fonction de trois facteurs : la **médiatisation** de la formation et des communications, la **nature des activités** d'apprentissage et la **temporalité du suivi**. Le tableau 1 recense ces 16 rôles.

³⁴ interviews d'environ 1h30 s'appuyant sur 69 questions.

³⁵ localisées en France, en Suisse et au Canada (Québec).

Tableau 1 Rôles du tuteur suivant des facteurs de situation d'apprentissage

Facteurs de situation d'apprentissage		Rôles	Description
Médiatisation de la formation et des communications		(1) Organisateur de sessions	Mettre en route les actions de formation, établir les objectifs et les agendas
		(2) Catalyseur social	Créer un environnement convivial, encourager la communication et l'entre-aide
		(3) Catalyseur intellectuel	Attirer l'attention sur les points importants, méta commenter les discussions
		(4) Accompagnateur technique	Résoudre les problèmes, conseiller dans les choix d'outils
Nature des activités d'apprentissage	Tout type d'activité	(5) Pédagogue	Intervenir auprès des apprenants, clarifier des points de méthodologie, fournir des ressources
		(6) Expert du contenu	Adapter le contenu aux apprenants, maîtriser le cours pour répondre aux questions
		(7) Architecte pédagogue	Construire une session de formation en sélectionnant et ordonnant des ressources
		(8) Qualimètre ³⁶	Contrôler la qualité des ressources de formation, opter pour l'amélioration continue
		(9) Évaluateur	Évaluer et certifier les connaissances acquises et les compétences développées
	Activités collectives	(10) Coordinateur	Aider les groupes à préciser des projets communs et à s'organiser collectivement
		(11) Coach relationnel	Soutenir, stimuler, relancer et motiver les apprenants et les groupes
		(12) Méta-catalyseur	Aider l'apprenant à exprimer son projet personnel et à l'articuler à celui du groupe
Temporalité	Suivi sur la durée	(13) Individualisateur ³⁶	Spécifier des parcours individualisés, évaluer les besoins et les difficultés
		(14) Autonomisateur ³⁶	Encourager la maîtrise de compétences méta cognitives, aider à l'organisation
	Suivi pédagogique synchrone	(15) Superviseur	Superviser le déroulement des activités pendant les sessions d'apprentissage
		(16) Intervenant	Intervenir rapidement sur demande ou si la situation l'exige

Un tuteur ne va pas forcément jouer tous ces rôles, et encore moins simultanément, mais ce tableau montre néanmoins le spectre large des activités d'un tuteur. Un des objectifs de ce recensement est d'identifier les difficultés et problèmes auxquels des tuteurs peuvent être confrontés pour tenir chacun de ces rôles afin d'en déterminer les besoins sous-jacents.

³⁶ Certains qualificatifs n'existent pas dans la langue française mais ont été choisis pour exprimer un rôle de manière concise

3.5.2 Précisions des besoins des tuteurs

La multitude et diversité des rôles que peut tenir un tuteur ne vont pas sans problème. Nous avons établi un bilan des besoins des tuteurs à partir de la littérature, des interviews effectués dans le cadre du projet ACTEURS-TICE et d'une enquête qualitative menée auprès de 7 tuteurs (Garrot, George & Prévôt, 2007). Les besoins qui en sont ressortis (une quarantaine, décrits et analysés en détail dans (Garrot, 2008)) ont été classés en 4 catégories :

- besoins d'aide au suivi des activités,
- besoins de formation (initiale et continue),
- besoins d'accompagnement et de conseils,
- besoins de reconnaissance du métier.

Pour l'**aide au suivi**, nous avons déjà discuté de travaux s'y attaquant spécifiquement (cf. partie 3.3 notamment). Les trois autres besoins sont beaucoup moins couverts. La **formation des tuteurs** se fait principalement sur le terrain, chacun s'organisant pour capitaliser sur ses expériences. Certains travaux (Denis, 2003; Class & Schneider, 2004) répondent à des besoins de formation très spécifiques et sont donc difficilement applicables ailleurs. Pour les besoins liés aux **conseils**, une étude a porté sur un modèle générique d'assistance aux acteurs d'une formation en ligne (Dufresne *et al.*, 2003). Le modèle développé a uniquement été appliqué pour l'assistance aux concepteurs de cours. Enfin, les tuteurs souffrent d'un **manque de reconnaissance** de leur métier et ne peuvent pas toujours échanger entre eux pour exprimer leurs idées et leurs opinions. Signalons sur ce point l'initiative de Jacques Rodet qui anime un blog nommé *t@d³⁷* (tuteurs à distance) ayant pour objectif « *de faciliter la mutualisation des pratiques tutorales, d'offrir un espace de débats sur les thèmes liés au tutorat à distance, de permettre aux tuteurs de solliciter de l'aide pour la réalisation de leurs interventions tutorales à distance* » (Rodet, 2010). Ce blog très riche en information ne contient pas beaucoup de commentaires et de débats. Nous pensons qu'un blog n'est pas l'outil le plus approprié pour susciter des échanges entre tuteurs.

Pour répondre à l'ensemble de ces besoins, il nous a semblé intéressant de voir les tuteurs comme une communauté pouvant partager des pratiques et disposant d'un soutien informatique. La solution retenue consiste à définir un environnement support à une communauté de pratique proposant des solutions pour favoriser l'entraide et la capitalisation d'expérience. La partie suivante décrit le concept de communauté de pratique qui a servi de fondement au développement de l'environnement support aux tuteurs.

³⁷ <http://blogdetad.blogspot.com/>

3.5.3 Proposition d'un modèle d'interconnexion de communautés d'enseignants

3.5.3.1 Le concept de communauté de pratique

De nombreux chercheurs se sont attachés à définir le concept de communauté de pratique (Brown & Duguid, 1991; Lave & Wenger, 1991; Wenger, 1998; Pan & Leidner, 2003). Nous adoptons la définition d'une communauté de pratique en ligne suivante : « Une CoP³⁸ en ligne rassemble des membres de manière informelle dans un espace en ligne spécifique du fait qu'ils ont des pratiques, des centres d'intérêts et des buts communs (e.g. partager des idées et des expériences, construire des outils communs, développer des relations entre pairs) ; échangent et s'entraident afin de développer leurs compétences et expertises et résoudre des problèmes de manière innovante ; développent une identité communautaire autour des connaissances partagées et des approches et pratiques communes établies ; et créent un répertoire partagé de ressources communes » (Garrot, 2008). Dans le cas du tutorat, une plate-forme support à une communauté de pratique d'enseignants doit ainsi :

- offrir un espace supportant l'**identité communautaire**,
- faciliter l'**entraide** et les **échanges** entre pairs,
- favoriser le développement de **compétences**,
- **contextualiser** l'ajout et la recherche de ressources.

3.5.3.2 Un modèle d'Interconnexion de Communautés de Pratique (ICP)

L'expérimentation³⁹ du premier prototype d'un environnement support à une communauté de pratique d'enseignants nous a amené à constater qu'il était difficile de définir une seule CoP de tuteurs mais qu'il y fallait plutôt considérer un ensemble de CoPs se définissant en fonction de l'établissement de formation, de la discipline enseignée, du type d'activités pédagogiques proposé, etc. En effet, l'activité d'un tuteur peut être abordée selon de **multiples points de vues**. Par exemple, un tuteur du département informatique de l'INSA de Lyon qui encadre des projets collectifs d'étudiants apprenant le C++ se retrouve dans 4 CoPs : celle des tuteurs de l'INSA de Lyon, celle des tuteurs en informatique, celle des tuteurs enseignant le C++ et celle des tuteurs utilisant une pédagogie par projet.

Fort de ce constat, nous avons conçu un modèle permettant de représenter plusieurs CoPs et leurs interconnexions. La figure 30 décrit le modèle d'Interconnexion de Communautés de Pratique (ICP).

³⁸ Le terme de « communauté de pratique » est classiquement abrégé par CoP pour *Community of Practice*

³⁹ Expérimentation menée pendant 2 mois avec 12 tuteurs de 6 pays différents.

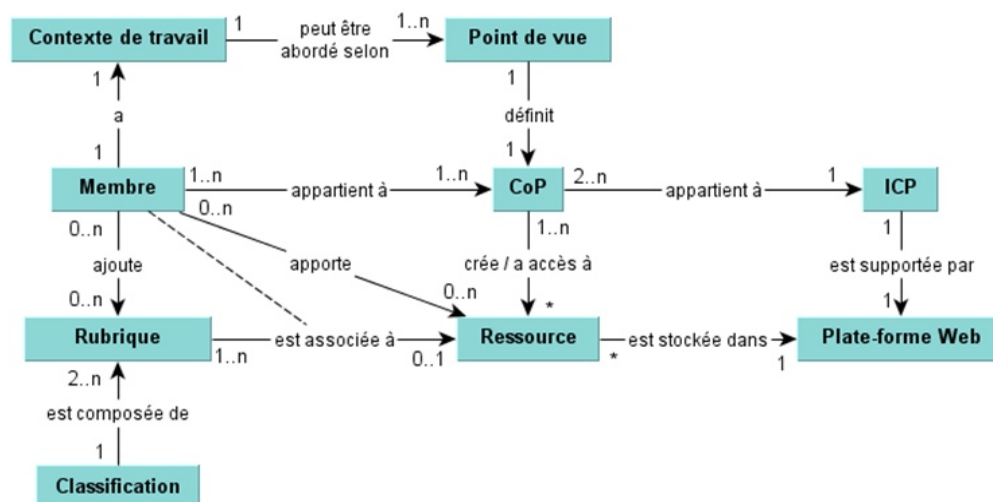


Figure 30 Modèle d'Interconnexion de Communautés de Pratique (Garrot 2008)

Les membres de l'ICP peuvent appartenir à plusieurs communautés de pratique, chacune d'entre-elles pouvant être considérée comme un point de vue sur l'activité globale. Le modèle d'ICP montre comment des ressources peuvent être associées à des rubriques selon une classification proposée en fonction de la pratique des acteurs. En l'occurrence, pour le tutorat, la partie suivante précise le mécanisme de contextualisation des ressources.

3.5.3.3 Contextualisation des ressources dans une ICP

La classification des connaissances d'une ICP pour le tutorat a été définie à partir d'un **modèle des pratiques** se déployant de façon arborescente. Le premier niveau de l'arbre correspond aux facteurs principaux qui différencient les pratiques des tuteurs (l'établissement, la formation, l'activité, ...). Chaque catégorie est ensuite divisée en sous-catégories plus précises :

- Établissement : nom de l'établissement, localisation de l'établissement, type d'établissement,
- Formation : nom de la formation, type de formation, niveau de la formation, zone géographique concernée par la formation, certification d'acquis,
- Enseignement : discipline enseignée, profil apprenant,
- Tutorat : rôles du tuteur, degré de liberté du tuteur,
- Activité : situation d'apprentissage, contexte, tâche, stratégie d'apprentissage,
- Outils : ressources pédagogiques, outils de production/diffusion/partage, outils de communication, outils de gestion du travail, outils de traçage.

Afin d'avoir une classification utilisable, nous proposons au maximum 4 niveaux dans la catégorisation (profondeur de l'arbre). La classification proposée est seulement une base de départ qui a pour vocation à être **affinée collectivement** par les membres de l'ICP qui peuvent la faire évoluer en proposant de nouvelles rubriques. En apportant des ressources (messages, documents, ...), chaque membre peut alors les associer à des rubriques pour spécifier un contexte. En effet, toute ressource d'une CoP est liée à un contexte réel et à une situation

particulière (Tillema & Orland-Barak, 2006). Les ressources produites par la communauté n'ont de sens que dans un contexte qui leur est propre. L'un des enjeux majeurs de ce travail est d'amener les acteurs à définir simplement ce contexte. La plate-forme support à une CoP en ligne doit donc soutenir l'ajout de ressources de manière contextualisée.

Les ressources de la communauté peuvent être de différentes natures. Il peut s'agir d'interactions entre pairs (discussions, réflexions, idées, etc.), de produits d'un travail collectif (outils, standards, méthodes, problèmes résolus, etc.) ou d'apports individuels (témoignages, documents, liens Web intéressants, références, etc.). La plate-forme doit donner **des moyens simples pour contextualiser toutes ces ressources** mais également fournir des fonctionnalités pour **retrouver rapidement des ressources pertinentes** par rapport à une situation rencontrée par un membre de la communauté.

La participation des membres de l'ICP ne consiste pas seulement à créer de nouvelles ressources mais aussi à créer des liens entre ces ressources. La pertinence de ces liens est estimée par les membres eux-mêmes qui doivent évaluer si une ressource peut être utile ou intéressante pour une autre CoP. C'est ainsi que de nouvelles connaissances peuvent émerger du partage d'expérience entre CoPs.

3.5.4 TE-Cap : une plate-forme de support à la capitalisation d'expériences

La plate-forme TE-Cap a été conçue⁴⁰ pour faciliter le partage de pratiques et de ressources entre tuteurs. Néanmoins, seule la classification des pratiques est spécifique au tutorat. Une grande partie de l'environnement est donc **générique** et peut être utilisée pour soutenir des communautés très différentes moyennant une modélisation précise de leurs pratiques.

Nous allons expliciter la partie de TE-Cap qui concerne l'indexation et la recherche de ressources. Ces fonctionnalités reposent sur la définition de profils d'utilisateurs pour une personnalisation et contextualisation des résultats.

3.5.4.1 Profil d'utilisateur

Chaque utilisateur de TE-Cap est amené à définir son profil selon 3 caractéristiques (figure 31) : identité (nom, prénom, ville, profession, ...), contexte de travail et thèmes d'intérêt. Les deux derniers points aident à distinguer la pratique actuelle d'un tuteur (son contexte courant) de ce qu'il a fait par le passé ou qu'il pourrait être amené à faire. Dans les deux cas, chaque tuteur remplit des champs correspondant aux catégories de la classification hiérarchique (cf. 3.5.3.3), le système en déduisant alors les CoPs auxquels il appartient. Un utilisateur peut également faire **évoluer la classification** (ajout d'une discipline, d'un type de public, ...).

⁴⁰ La conception de la plate-forme TE-Cap repose sur le CMS (*Content Management System*) opensource Joomla! TE-Cap est accessible à cette adresse : <http://liesp.insa-lyon.fr/tecap/>

Figure 31 Interface pour la définition du profil utilisateur (Garrot, 2008)

3.5.4.2 Indexation et recherche

Un composant de navigation dans la classification des pratiques de l'ICP a été conçu afin de gérer les connaissances produites par la communauté. La plateforme propose la même interface pour rechercher des **ressources** et des **profils de membres** (figure 32). Les rubriques de la classification sont représentées sous forme de bulles imbriquées que l'on peut ouvrir pour descendre dans les niveaux de la classification. Une recherche s'effectue en naviguant dans la classification, en sélectionnant des rubriques et en les glissant (par *drag & drop*) dans la partie droite de l'écran (comparable à un « panier »). Cette IHM originale a été choisie pour favoriser la navigation dans la classification et pour simplifier la sélection des rubriques de recherche.

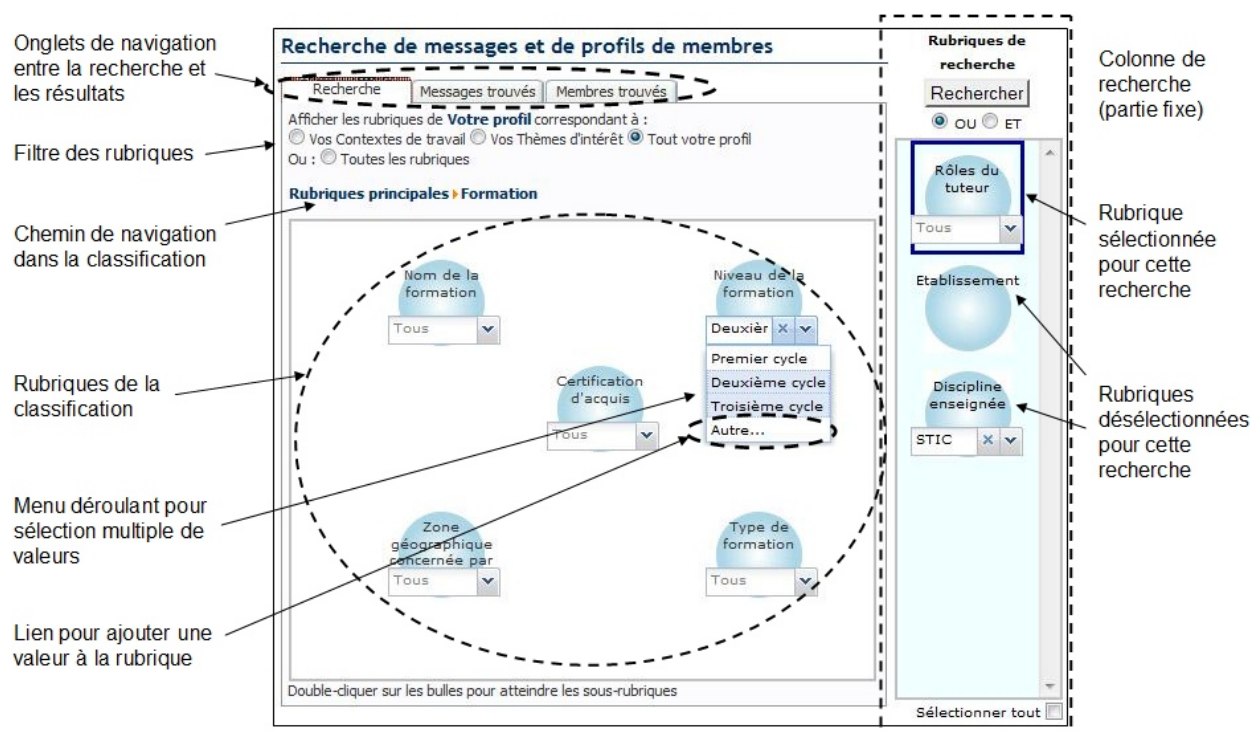


Figure 32 Interface de recherche dans TE-Cap (Garrot 2008)

L'interface d'indexation est similaire à l'interface de recherche. Après avoir ajouté une ressource ou un message, l'utilisateur est invité à choisir des rubriques pour préciser le contexte. Là encore, les utilisateurs peuvent ajouter des rubriques pour affiner la catégorisation. Cette approche favorise le **transfert de connaissances** d'une CoP à une autre (analogie, généralisation, transposition, ...).

Le nombre de rubriques étant conséquent, un filtre est appliqué par défaut pour n'afficher que celles qui correspondent au profil de l'utilisateur. Cette contextualisation facilite les recherches et les indexations. Un utilisateur se voit ainsi proposer des ressources en lien avec ses CoPs d'appartenance et il peut ajouter des ressources pour celles-ci.

3.5.5 Expérimentations et résultats

Une expérimentation de la plate-forme TE-Cap a été réalisée pendant 4 mois avec 42 utilisateurs qui se sont inscrits librement à la suite d'un appel lancé *via* différentes listes de diffusion. L'objectif était d'évaluer la plate-forme TE-Cap en tant que support à l'Interconnexion de CoPs de tuteurs. Plus précisément, l'évaluation a porté sur 3 points : l'utilité (partage d'information, évolution collective de la classification, ...), l'utilisabilité (pertinence de l'interface, apprentissage, ...) et la sociabilité (participation, engagement, ...). Trois sources de données ont été utilisées pour cette étude :

- des **traces d'utilisation** : la plate-forme est équipée d'un dispositif de recueil des actions des utilisateurs,

- un **questionnaire** : pour recueillir l'avis des utilisateurs et obtenir des explications sur l'utilisation (ou non) de la plate-forme (13 utilisateurs sur 42 ont rempli ce questionnaire),
- des **tests d'utilisabilité** : 3 tuteurs de formation en ligne sont venus au laboratoire pour utiliser la plate-forme en suivant un scénario. L'observation de ces utilisateurs apporte des informations complémentaires aux traces informatiques.

Le premier résultat de l'expérimentation est le constat d'une très **faible participation** des utilisateurs : une moyenne de 4 ou 5 visites par utilisateur et seulement 7 contributeurs (15 messages). Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette faible participation observée. Tout d'abord, certaines personnes se sont inscrites sur TE-Cap par curiosité pour découvrir un nouvel outil (raison indiquée dans le questionnaire et une dizaine de personnes ne se sont connectées qu'une seule fois). Par ailleurs, il a été observé dans de nombreuses communautés en ligne que les membres vraiment actifs étaient minoritaires. On se rapproche classiquement d'une **loi de Pareto** avec 80% des contributions apportées par 20% des utilisateurs (constat également fait par exemple par Caviale (2008) à propos d'une liste de diffusion d'enseignants). Néanmoins, les utilisateurs qui ne font que lire des messages (communément appelés *lurkers*) sont aussi des participants à part entière d'une communauté. Le fait de lire des messages peut avoir un impact sur leurs activités et ils peuvent devenir contributeurs au bout d'un certain temps. Le nombre d'inscrits à notre plate-forme était cependant trop faible et le temps de l'expérimentation trop court pour créer une dynamique. D'un point de vue sociabilité, nous n'avons pas de résultat significatif. Pour les mêmes raisons, nous n'avons pas pu évaluer l'utilité de la plate-forme sur des aspects qui auraient nécessité une plus forte activité (partage de connaissance entre CoPs). Par contre, l'**évolution de la classification** a été constatée lors du remplissage des profils par les utilisateurs. En effet, 45 rubriques ont été ajoutées à différents niveaux de la classification. Nous constatons donc une bonne **appropriation** de la classification par les utilisateurs. Enfin, d'un point de vue utilisabilité, les tests en laboratoire et les réponses au questionnaire font ressortir une **facilité d'utilisation globale** de l'interface de classement et de recherche. Son utilisation requiert une phase d'apprentissage⁴¹ (observée lors des tests d'utilisabilité et indiquée dans les questionnaires), phase incontournable pour toute interface innovante proposant de nouvelles fonctionnalités.

⁴¹ Une vidéo de démonstration durant 7 minutes donne les bases pour pouvoir utiliser la plate-forme TE-Cap.

3.5.6 Discussion et positionnement du travail

Revenons sur l'expérimentation au cours de laquelle nous n'avons pas observé l'émergence d'une communauté malgré la mise en place d'un dispositif pour la favoriser. Plusieurs raisons de cette non apparition peuvent être invoquées. Nous avons sans doute sous-estimé les verrous liés au partage de pratiques relevés lors de certains entretiens avec des tuteurs. Le métier d'enseignant est très **chronophage** et les enseignants suivent le plus souvent une logique **individualiste** par nécessité de parer au plus pressé. Nous pensons que la plate-forme peut être un vecteur pour faire évoluer ces mentalités, à condition que le gain perçu soit plus grand que le coût lié aux partages communautaires. Cette évolution ne peut se faire que sur des temps longs et en y associant un grand nombre de personnes. Le faible nombre d'inscrits dans la plate-forme (42) est sans doute une autre raison de la non émergence d'une communauté. Il y a un nombre minimum d'utilisateurs en dessous duquel une plate-forme de ce type n'est pas pleinement utile. Nous estimons qu'un nombre d'inscrits 5 fois supérieurs (>200) permettrait d'avoir une animation plus importante. Ce chiffre résulte de l'application du modèle suivant :

- 20% des inscrits sont des contributeurs réguliers et ils postent 80% des messages (loi de pareto),
- 75% des contributeurs réguliers poste un message initiatif sur une période de temps donnée (par exemple 4 mois comme dans l'expérimentation),
- chaque contributeur régulier répond dans un fil de discussion sur 10,
- chaque message est lu par 1/3 des inscrits.

Ce modèle a pour but de faire ressortir l'effet multiplicateur lié à l'augmentation du nombre d'inscrits. La simulation de ce modèle avec 42 inscrits (comme dans l'expérimentation) aboutit à un total de 14 messages écrits et 203 lectures de messages (résultats proches de ceux de l'expérimentation qui étaient de 15 messages écrits et 225 lectures). Avec 200 inscrits, nous arrivons à 188 messages et 12 500 lectures, ce qui donne déjà une bonne activité dans une communauté. Avec 500 inscrits, nous arrivons à plus de 1 000 messages écrits et plus de 170 000 lectures. Nous voyons que ces variables suivent une croissance exponentielle. De nouvelles expérimentations permettraient de valider et d'affiner cette ébauche de modèle.

La plate-forme TE-Cap a été conçue pour répondre à des besoins identifiés d'une communauté de tuteurs. Cependant, les modèles sous-jacents et la plate-forme elle-même peuvent convenir à d'autres types de communautés possédant des caractéristiques similaires. Les communautés concernées sont celles constituées d'acteurs qui ont des besoins de reconnaissance de leurs activités, de la construction d'une identité commune, de conseils, d'accompagnement et de formation initiale et/ou continue dans leur contexte de travail local et au niveau général de leur activité. Les domaines d'applications peuvent sortir du champ de

l'éducation : travail, association, loisir, ... La plate-forme peut alors apporter des réponses génériques (Lavoué & George, 2010), en particulier pour :

- offrir un espace supportant l'identité communautaire pour répondre aux besoins de construction d'une identité commune aux acteurs et de reconnaissance par les pairs,
- favoriser l'entraide et l'échange entre pairs, au sein d'une institution/entreprise et au niveau de l'activité, pour répondre aux besoins d'accompagnement et de conseils,
- favoriser la collaboration et la réflexivité pour développer des compétences et de l'expertise,
- proposer des ressources (e.g. témoignages, échanges d'expérience, documents) contextualisées (lier la ressource à son contexte) pour en garder le sens,
- favoriser la recherche contextuelle : pour fournir facilement et rapidement des ressources aux utilisateurs en rapport avec le contexte de leurs pratiques.

Le travail proposé se positionne comme une approche intermédiaire entre celles très structurées d'organisation des connaissances (taxonomie, ontologie) et celles plus communautaires n'imposant pas une structuration *a priori* (folksonomie). D'un côté, les **taxonomies et les ontologies** sont des représentations conceptuelles structurées, généralement construites par des experts du domaine concerné. Ainsi, l'ontologie nommée OMNIBUS (Mizoguchi, Hayashi & Bourdeau, 2007) modélise des théories éducatives avec plus d'un millier de concepts (sans prendre en compte l'apprentissage collaboratif). L'environnement SMARTIES, repose sur cette ontologie et a pour but d'aider des concepteurs pédagogiques à créer des scénarios. Les auteurs précisent que l'ontologie correspond à une base de connaissance d'un système expert mais que l'expertise (raisonnement, résolution de problème) est laissée à l'utilisateur (Mizoguchi, Hayashi & Bourdeau, 2010). Cette approche ne nous semble pas adaptée car trop éloignée de la pratique des enseignants. Pour résumer, les représentations taxonomiques et ontologiques nécessitent un consensus qui peut être coûteux et long à atteindre (Brooks *et al.*, 2006) et ne sont pas facilement utilisables et compréhensibles par ceux qui ne les ont pas construites.

De l'autre côté, les **folksonomies** sont des systèmes de catégorisation collaborative utilisant des mots clés, appelé *tags*, librement choisis par les utilisateurs (O'Reilly, 2005). Ce système de « *tagging* » trouve sa limite dans son manque de structure (Guy & Tonkin, 2006). L'approche proposée dans le cadre de TE-Cap combine les avantages des taxonomies et folksonomies tout en limitant leurs inconvénients respectifs. Une structuration du contexte des utilisateurs, effectuée en amont (taxonomie initiale), peut être enrichie au fur et à mesure par les utilisateurs afin d'aboutir à une catégorisation correspondant à leur pratique.

3.6 Conclusion

Ce chapitre a été consacré à nos travaux sur l'assistance aux activités d'enseignants engagés dans des formations en ligne. Nous avons ciblé sur le métier de tuteur, acteur aux multiples rôles. Deux premières pistes explorées ont montré leurs limites. La conception d'un guide interactif proposant des recommandations et la proposition d'un système conseiller nous ont fait constater deux problèmes majeurs : l'information donnée aux tuteurs n'est pas contextualisée et les expériences des tuteurs ne peuvent pas être capitalisées avec les outils proposés. Nous avons donc pris une autre voie en visant la conception d'un modèle et d'un environnement fondés sur l'entraide et la capitalisation d'expériences entre tuteurs.

Les principales contributions du projet TE-Cap peuvent être positionnées sur les 5 niveaux présentés p.56 :

- **conceptuel** : modèle d'interconnexion de communautés de pratique liant des ressources à des rubriques d'une classification,
- **infrastructure** : profil d'utilisateurs et spécification du contexte par les utilisateurs,
- **intergiciel/contextualisation** : classification hiérarchique et évolutive pour représenter les contextes des utilisateurs,
- **applicatif** : capitalisation de pratique de tuteurs par contextualisation de discussions et ressources,
- **interaction homme-machine** : interface visuelle d'indexation et de recherche de ressources.

L'originalité de l'approche tient dans l'explicitation de différents points de vue sur l'activité des acteurs. Ces points de vue sont considérés comme autant de communautés de pratique, connectées entre elles par les acteurs. La communauté globale s'organise alors selon un modèle d'interconnexion de communautés de pratiques (ICP). Les ressources de la communauté (documents, liens Web, échanges entre membres, ...) sont contextualisées par les utilisateurs qui leurs associent des rubriques organisées dans une classification évolutive. Le modèle d'ICP et la plate-forme le supportant se veulent génériques, c'est-à-dire applicable à toutes communautés d'acteurs voulant partager leurs pratiques. Nous reviendrons dans le chapitre 5 sur les perspectives ouvertes par ces travaux.

Chapitre 4

Apprentissage par une mise en contexte : instrumentation d'une méthode de création de jeux d'entreprise

*Maturité de l'homme : retrouver le sérieux
qu'il mettait au jeu, étant enfant*

Friedrich Nietzsche, philosophe (1844-1900)

Plan du chapitre 4

4.1	<i>Introduction</i>	135
4.2	<i>Cadre des recherches</i>	135
4.2.1	<i>Serious games et learning games</i>	135
4.2.2	<i>Les jeux d'entreprise à l'INSA de Lyon</i>	136
4.3	<i>Questions de recherche</i>	140
4.4	<i>Instrumentation d'une méthode de création de jeux d'entreprise : EDoS</i>	141
4.4.1	<i>Les jeux d'entreprise : des environnements complexes et coûteux à créer</i>	141
4.4.2	<i>Formalisation du processus de création d'un jeu d'entreprise</i>	142
4.4.2.1	<i>Identification des rôles</i>	143
4.4.2.2	<i>Identification des phases</i>	144
4.4.2.3	<i>Processus global de création d'un jeu d'entreprise</i>	145
4.4.3	<i>Environnement informatique pour la création de jeux d'entreprise</i>	146
4.4.3.1	<i>Définition des objectifs pédagogiques</i>	146
4.4.3.2	<i>Description du scénario ludo-pédagogique</i>	148
4.4.4	<i>Discussion et positionnement du travail</i>	152
4.5	<i>Simulateur de comportements d'apprenants : SIMCA</i>	153
4.5.1	<i>Les jeux d'entreprise : des environnements complexes à évaluer</i>	153
4.5.2	<i>Comportements et modèles de joueurs virtuels</i>	154
4.5.2.1	<i>Étude de deux jeux d'entreprise à événements</i>	154
4.5.2.2	<i>Définition de stratégies et de profils de joueurs virtuels</i>	155
4.5.3	<i>Simulateur de comportements d'apprenants</i>	156
4.5.3.1	<i>Le modèle SIMCA</i>	156
4.5.3.2	<i>Graphe d'actions</i>	158
4.5.3.3	<i>Mécanisme de décision d'un joueur virtuel</i>	159
4.5.3.4	<i>Implémentation du simulateur</i>	160
4.5.3.5	<i>Tests du prototype</i>	161
4.5.4	<i>Discussion et positionnement du travail</i>	162
4.6	<i>Conclusion</i>	164

4.1 Introduction

Jeu et éducation sont couramment associés. Le jeu est un moyen pédagogique utilisé par l'homme dès son enfance, souvent en mimant le « monde des grands ». Les **relations entre jeu et éducation** restent très fortes pendant l'école maternelle comme en témoigne l'étude de Brougère (1995). Cependant, en grandissant, l'éducation devient de moins en moins ludique, comme si le jeu était devenu trop futile pour apprendre. Le courant des *serious games* bouscule cette tendance en argumentant que le jeu demeure un moyen pédagogique pouvant s'utiliser avec profit à tout âge.

Dans nos travaux, nous intéressons à des *serious games* particuliers, les jeux d'entreprise qui utilisent des mises en contexte pour favoriser l'apprentissage de **compétences métiers**. Ce chapitre décrit le cadre des recherches avant de préciser les questions de recherche liées à l'instrumentation d'une méthode de création de jeux d'entreprise. Nous abordons en particulier une solution pour effectuer un contrôle qualité d'un jeu à l'aide d'un simulateur de comportements de joueurs.

4.2 Cadre des recherches

4.2.1 *Serious games* et *learning games*

Le terme *serious game* peut être pris comme un hyperonyme qui recouvre des réalités très différentes. Dans sa définition la plus large, les *serious games* sont des jeux utilisés dans un but **autre que le seul divertissement** : « *serious games are (digital) games used for purposes other than mere entertainment* » (Susi, Johannesson & Backlund, 2007). On perçoit dans la définition l'ambiguïté sur le fait que les *serious games* soient informatisés ou non. De notre point de vue, tout ou partie d'un *serious game* peut se dispenser d'un environnement informatique. Néanmoins, dans le cadre de nos recherches, nous nous intéressons aux *serious games* informatisés, tout en s'inspirant de mécanismes issus de jeux plateaux, de rôles ou de cartes.

Bien que pouvant paraître contradictoire, l'association de *serious* et de *game* n'est pas un oxymore car « *le contraire du jeu n'est pas le sérieux, mais la réalité* » (Freud, 1908)⁴². Un jeu a avant tout la particularité de se distinguer du réel, le joueur pouvant agir **sans craindre les conséquences** irrémédiables de ses actions. Un jeu peut donc tout à fait avoir un objectif sérieux.

Le syntagme *serious games* ne recouvre pas que des applications visant un apprentissage. Ainsi, les jeux conçus pour promouvoir un produit ou une marque (*advert games*), pour informer (*persuasive games*, par exemple le jeu pour

⁴² Cité par Gilles Brougère dans son livre « Jeu et éducation » (Brougère, 1995)

la prévention routière *Sortez-Revenez*⁴³) ou bien encore pour recruter (*recruitment games*, par exemple le jeu *America's Army*⁴⁴) sont considérés comme étant des *serious games* (ils ont bien un autre but que le simple divertissement). La catégorie de *serious games* qui nous intéresse est celle des *learning games*, et même plus précisément des *computer-based learning games* que nous définissons comme étant des environnements informatisés utilisant **des ressorts ludiques pour favoriser des apprentissages de connaissances et des constructions de compétences**.

Bien que l'engouement pour les *serious games* soit récent, l'utilisation des jeux pour enseigner est étudiée depuis de nombreuses années. Ainsi, en 1970, Abt publiait un livre intitulé « *Serious Games* », livre qui a été réédité en 1987 (Abt, 1987). Pour cet auteur, les jeux ont clairement pour avantage d'impliquer les apprenants qui passent d'un rôle passif à celui de participant. Même si les jeux peuvent paraître simples, voire parfois simplistes, les connaissances mobilisées sont bien réelles : « *the abstract representation of real life in game does not render the game any less capable of teaching « true » knowledge* » (Abt, 1987). L'**engagement des apprenants** dans le jeu conduit à de meilleurs apprentissages notamment sur la durée. C'est dans ce but que sont conçus des jeux d'entreprise à l'INSA de Lyon pour la formation initiale et continue d'ingénieurs.

4.2.2 Les jeux d'entreprise à l'INSA de Lyon

Le laboratoire LIESP (ex-ICTT) de l'INSA de Lyon possède une expérience de plus de vingt années dans la recherche liée aux jeux d'entreprise. Ce savoir-faire est né dans les années 1989-1990, avec l'inspiration de Patrick Prévôt qui conçoit un environnement d'apprentissage multimédia pour le groupe Lafarge⁴⁵ en utilisant les ressorts de la métaphore et du jeu (Prévôt, 1992). Suite à cette expérience, des travaux ont été menés sur la conception des jeux d'entreprise (Akkouche & Prévôt, 1998; Babari, Mahi & Prévôt, 2000). Ces jeux sont des *learning games* particuliers qui ont pour objectif de **former à divers aspects du fonctionnement d'une entreprise, d'un domaine commercial ou industriel par une mise en situation**. Ils utilisent des scénarios fondés sur l'action, l'émotion et la communication autour de situations métiers définies **en fonction de compétences cibles à atteindre**. Depuis 1994, une quinzaine de jeux ont été conçus sur ce principe pour répondre à la demande d'entreprises⁴⁶ ou pour des

⁴³ www.sortezrevenez.fr

⁴⁴ www.americasarmy.com/

⁴⁵ pour former des techniciens et des ingénieurs à la conduite d'unités de cuisson en cimenterie. Ce produit, nommé CECIL, a été porté en une dizaine de langues. La progression, les performances et la gestion des compétences de l'apprenant étaient gérées par un tuteur intelligent nommé Tutorin.

⁴⁶ telles que HP, Thalès, Bertin, Alstom, Sanofi, ... (certaines collaborations se traduisant par des thèses en contrat CIFRE)

besoins de formation des élèves ingénieurs de l'INSA de Lyon⁴⁷, principalement des étudiants du département Génie Industriel (plusieurs jeux sont également utilisés par d'autres écoles, formation ou départements de l'INSA de Lyon). Les jeux utilisés à l'INSA couvrent des sujets très variés : gestion des stocks (Flam), maintenance industrielle (Bivouac), négociation commerciale (Negocom), résolution collaborative de problèmes (Puissance 7), développement durable (Factory21), ...

Chaque jeu d'entreprise consiste à mettre en place des situations **immergeant les étudiants** dans un contexte proche de leur future vie professionnelle. Bien que ces situations soient simplifiées par rapport aux situations réelles (réduction des espaces, compression du temps, limitation des actions possibles...), l'essentiel conceptuel et contextuel en est gardé. Le plus souvent, les étudiants jouent des rôles au sein de différentes entreprises (qui peuvent se trouver en concurrence). Ils vivent une aventure sans risque dans laquelle ils doivent relever des défis et atteindre des objectifs concrets : diminuer des stocks, augmenter la productivité, gagner des parts de marché... Les étudiants peuvent vivre des situations qui seraient difficiles à mettre en place pour des raisons de coûts, de temps ou de sécurité (Squire & Jenkins, 2003).

Les jeux d'entreprise conçus peuvent être qualifiés de **jeux de rôle** dans la mesure où les apprenants doivent étudier un cas qui leur est présenté puis tenir le rôle d'un acteur devant agir, en concertation avec d'autres, afin de résoudre un problème ou remplir une mission. Abt dans son livre résume parfaitement les intérêts des jeux de rôle tels que nous les concevons : « *The players assume realistic roles, face problems, formulate strategies, make decisions and get fast feedback on the consequences of their action* » (Abt, 1987). Les jeux d'entreprise se positionnent clairement dans le courant de l'apprentissage situé ou contextuel (Lave & Wenger, 1991). Pour ces chercheurs, l'apprentissage est fonction de l'activité, du contexte et de la culture dans laquelle il se produit. Il existe ainsi une interdépendance forte entre apprentissage et contexte. Dans la mesure du possible, la connaissance doit être présentée dans un contexte authentique (Herrington & Oliver, 2000), c'est-à-dire dans des situations qui exigent normalement cette connaissance. Le fondement même des jeux d'entreprise se trouve bien dans cette **mise en contexte des apprentissages**. Néanmoins, la situation n'a pas forcément besoin d'être réaliste : des situations métaphoriques peuvent aussi amener les apprenants à construire des compétences. Les compétences développées sont signifiantes même dans une situation imaginaire ou décalée. C'est l'apprentissage par l'action qui est primordial. La figure 33 présente une copie d'écran du jeu *Samoulean*⁴⁸ conçu pour apprendre le *lean manufacturing* (méthode d'optimisation en production). Ce jeu utilise une situation métaphorique car il se déroule au temps des samouraïs. Par contre, les actions à réaliser sont réalistes par rapport au métier d'ingénieur.

⁴⁷ liesp.insa-lyon.fr/nosSeriousGames

⁴⁸ Maîtrise d'ouvrage : Ceforalp, maîtrise d'œuvre : INSA GI, scénarisation : P. Prévôt



Figure 33 Le jeu Samoulean

Sur certains points, les jeux d'entreprise peuvent s'apparenter aux **simulations**. En effet, les apprenants vont agir dans un environnement en fonction d'évènements qui se produisent et leurs actions vont avoir des conséquences. Cependant, une simulation intègre forcément un modèle d'une certaine réalité (avec un réalisme qui peut être plus ou moins poussé) : simulation de conduite d'un véhicule, simulateur de vol, simulation de circuits électroniques, ... Dans les cas des jeux d'entreprise, la situation choisie peut être très imagée et loin de la réalité (ville futuriste, entreprise sur une autre planète, ...). Il n'y a par forcément de modèle pour reproduire les situations de manière réaliste, le jeu reposant davantage sur une **scénarisation** prédéfinie. Nous rejoignons sur ce point Alessi et Trollip (2000) pour qui un jeu éducatif ne peut être considéré comme une simulation s'il n'est pas construit sur un modèle d'un système ou d'un phénomène du monde réel.

Les jeux d'entreprise visant l'apprentissage de **compétences**, il est important de préciser ce terme. Comme indiqué dans un rapport adressé au ministre de l'éducation (Houchot & Robine, 2007), « *une compétence repose sur la mobilisation, l'intégration, la mise en réseau d'une diversité de ressources: les ressources internes, propres à l'individu, ses connaissances, capacités, habiletés, mais aussi les ressources externes mobilisables dans l'environnement de l'individu (autres personnes, documents, outils informatiques, etc.). Cette mobilisation des ressources s'effectue dans une situation donnée, dans le but*

d'agir : la compétence est nécessairement située ; pour autant, elle s'exerce dans une diversité de situations, à travers un processus d'adaptation et pas seulement de reproduction de mécanismes ». Dans le même rapport, il est précisé que « *la notion de compétence est liée aux situations d'évaluation retenues, et ne peut être définie indépendamment de ces dernières* ». La définition synthétique de compétence que nous retenons est la suivante : « *une compétence est un ensemble organisé, cohérent et finalisé de savoir-faire, savoirs et de stratégies de raisonnement contrôlables par des résultats* » (Augereau & Risetti, 2004).

La construction de compétences est un processus complexe qui suppose chez l'apprenant un certain nombre de connaissances et de comportements à mobiliser lorsqu'il est confronté à des situations :

- Les **connaissances** se rapportent aux savoirs et savoir-faire. Ces connaissances peuvent être théoriques ou opérationnelles, générales ou spécifiques (Augereau & Risetti, 2004).
- Les **comportements** se rapportent aux savoir-être. Ce sont des habiletés transversales définies par Paquette (2002) comme des ensembles structurés d'actions intellectuelles, d'attitudes, de valeurs et de principes.

Autant l'intégration de nouvelles informations et de connaissances relève d'un processus court terme (résultat des informations reçues, de l'expérience et des capacités intrinsèques de l'apprenant), autant le développement de nouveaux comportements relève d'un processus moyen ou long terme. Ce sont les comportements qui pilotent l'utilisation des connaissances. De la qualité de ce « couple » (mobilisé dans un contexte d'apprentissage 'A') résulte l'efficacité avec laquelle un autre problème (contexte 'B') sera traité. Ce n'est qu'alors que nous pouvons parler de compétences. La figure 34 synthétise ce processus de construction de compétences. De la qualité scénaristique des **mises en situation** et des interactivités dépend la qualité de construction des compétences.

Dans notre approche des jeux d'entreprise, l'enseignant tuteur (ou animateur) tient une place cruciale. Ses interventions jalonnent les séances de jeux pour rythmer et réguler l'activité, pour analyser les événements survenant dans le jeu, pour sédimer les connaissances, faire prendre du recul, donner un retour (*feedback*), illustrer les concepts dans d'autres situations, etc. Le modèle pédagogique des jeux d'entreprise repose ainsi sur un cycle « *briefing-jeu-debriefing* ». Nous rejoignons l'idée de l'apprentissage expérientiel mis en avant par Garris, Ahlers et Driskell (2002) pour qui le **tutorat humain** (*debriefing, scaffolding*) est un soutien indispensable pour un apprentissage effectif. L'apprentissage par l'action doit être accompagné pour amener à une réflexion et à une abstraction des informations conduisant à un apprentissage. Le tuteur veille ainsi à faire le lien entre le jeu et le monde réel (transfert des connaissances).

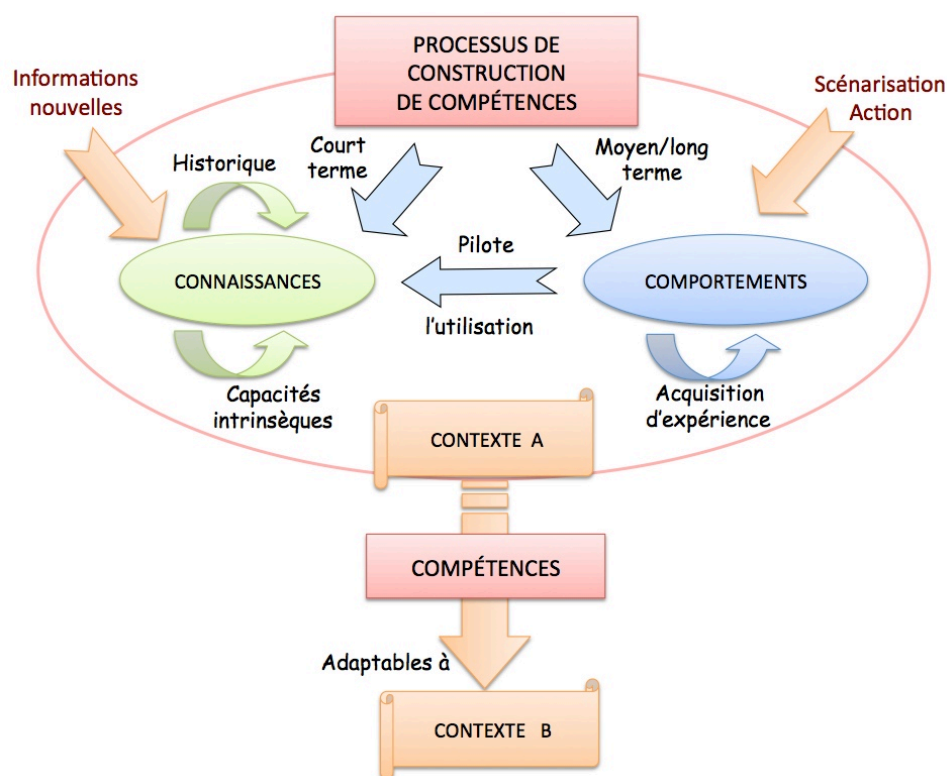


Figure 34 Processus de construction de compétences - adapté de (Prévôt, 2006)

4.3 Questions de recherche

En tant que chercheur, notre objectif est de situer le développement des jeux d'entreprise dans une démarche organisée et structurée. Le but est de définir et mettre en œuvre un socle commun susceptible d'accélérer le développement de jeux spécifiques en permettant aux auteurs de créer, affiner, étendre et contrôler la qualité des jeux sans devoir repartir de zéro à chaque fois. Notre approche est générique et vise à mettre en place un **atelier d'aide à la création** de ce type de produits pédagogiques.

Notre travail se situe dans une approche d'ingénierie des EIAH. L'ingénierie au sens strict consiste à trouver une solution à partir de connaissances existantes. Elle ne relève donc pas toujours d'un travail de recherche. Cependant la création d'un objet peut aussi avoir pour but d'étudier des problématiques spécifiques, de comprendre des phénomènes et d'élaborer de nouvelles connaissances. C'est dans ce sens qu'on parle d'ingénierie des EIAH : « *c'est en cherchant à concevoir et construire des EIAH qui permettent d'étudier des questions particulières du champ scientifique [...], dans un processus qui prend en compte toute leur complexité (et, notamment, les dimensions de l'enseignement, de l'apprentissage et de l'usage), que sont élaborées les connaissances* » (Tchounikine, 2009). Concevoir un environnement de création de jeux d'entreprise est pour nous l'occasion de repérer des invariants, de modéliser le processus de scénarisation et de proposer des solutions pour contrôler leur qualité.

La première question de recherche consiste à étudier comment guider la création de jeux d'entreprise. Cette étude nous a conduit à formaliser un **processus** de création impliquant différents acteurs et à **instrumenter** ce processus par un environnement informatique. Un des points clés de la création d'un jeu d'entreprise réside dans l'élaboration d'un scénario mettant en contexte des apprenants afin de les amener à développer des compétences particulières. La question du lien entre le scénario et les compétences est donc primordiale. L'environnement conçu propose un outil de formalisation des compétences visés (composées de connaissances et de comportements) et un éditeur de scénario explicitant les liens entre le jeu et les compétences.

La deuxième question est liée au **contrôle qualité** des EIAH conçus. Dans le cas des jeux d'entreprise, les situations ne sont pas faciles à évaluer car il existe de nombreux chemins possibles, souvent fonction des actions des apprenants. De nombreuses utilisations en situations réelles sont alors nécessaires pour avoir un retour d'usage complet. Dans nos travaux, nous avons étudié comment pouvoir tester un scénario de jeu (ou une sous-partie), avant sa réalisation informatique, en lançant des simulations avec des joueurs virtuels. Une des difficultés se trouve dans la définition de comportements réalistes pour ces joueurs virtuels. Des modèles et outils sont proposés dans ce sens.

4.4 Instrumentation d'une méthode de création de jeux d'entreprise : EDoS

4.4.1 Les jeux d'entreprise : des environnements complexes et coûteux à créer

Les *serious games* (SG) en général, et les *learning games* (LG) et jeux d'entreprise en particulier, ont des coûts de création souvent élevés. Une étude a montré que le coût de revient d'un SG varie habituellement entre 10 et 300 mille dollars (Aldrich, 2009) selon leur ampleur. Certains SG ont des budgets comparables à l'industrie du jeu vidéo, avec par exemple plus de 30 millions de dollars pour *America's Army*, un jeu en réseau massivement multi-joueurs. Le coût de création des jeux d'entreprise à l'INSA de Lyon est évalué à au moins 15 000 €⁴⁹ par heure de jeu d'apprentissage.

Au delà des contraintes budgétaires, les LG visent le plus souvent un public assez restreint en ciblant le développement de connaissances ou compétences particulières. Il n'est donc pas évident d'avoir un « retour sur investissement » et la création des LG est de ce fait risquée. Par ailleurs, trouver **l'équilibre entre les aspects ludiques et éducatifs est complexe** car il ne s'agit pas simplement « d'habiller » un scénario pédagogique avec des graphismes de jeu mais de véritablement intégrer ensemble le jeu et l'apprentissage (Szilas & Sutter Widmer, 2009). Dans des contextes scolaires, les LG jugés « trop ludiques » ont du mal à être acceptés comme support d'enseignement par les enseignants ou risquent de déconcerter les apprenants qui peuvent percevoir le jeu comme une

⁴⁹ Le coût réel est moindre, une grande partie du travail de conception et de réalisation étant effectuée par des étudiants au cours de projets pédagogiques

perte de temps. À l'inverse, si un LG n'est pas assez ludique, les apprenants peuvent se montrer déçus et risquent de ne pas s'impliquer dans le jeu.

Pour éviter la prise de risque et réduire les coûts, il est souhaitable de pouvoir **capitaliser** en reprenant certains éléments des LG qui se sont montrés performants, c'est-à-dire ayant été bien acceptés par les enseignants et les apprenants et ayant fait leur preuve en matière d'apprentissage. Malheureusement, cette capitalisation est peu supportée jusqu'à présent : la création d'un LG se fait souvent en repartant de zéro ou, dans le meilleur des cas, en reprenant l'ossature scénaristique d'un LG précédent et en changeant le contenu. Ce dernier cas pose problème quand il s'agit de construire des compétences différentes nécessitant d'autres stratégies d'apprentissage et d'autres types d'interactions. La manière de capitaliser les LG doit donc être repensée. Nous proposons dans les parties suivantes une approche pour créer des jeux d'entreprise de façon structurée tout en favorisant la capitalisation.

4.4.2 Formalisation du processus de création d'un jeu d'entreprise

Il existe de nombreuses méthodes de conception pédagogique (*instructional design* en anglais) pour guider le processus de création d'activités pédagogiques informatisées ou non. Par contre, il en existe peu de spécifiques aux *learning games*. Un modèle nommé Doddell (McMahon, 2009), pour « *Document-Oriented Design and Développement of Experiential Learning* », a récemment été conçu pour préciser les documents clés devant être produits lors de la création d'un LG. Ce modèle, qui n'est pas informatisé, a avant tout un rôle de facilitateur de communication entre acteurs et est utilisé pour former de nouveaux concepteurs. Pour créer un LG à l'heure actuelle, il est possible d'utiliser conjointement :

- des outils pour **réaliser le scénario pédagogique** (Reload⁵⁰, MOT+, ...)
- des outils auteurs pour **créer le jeu** :
 - scénarisation du jeu, par exemple avec l'outil Façade (Mateas & Stern, 2005) pour créer des scénarios interactif,
 - développement du jeu de façon WYSIWYG⁵¹, par exemple avec Uni3d⁵² ou GameMaker⁵³.

Le problème est que les outils de scénarisation pédagogique et de création de jeux ne sont pas liés et que les compétences nécessaires pour les utiliser sont très différentes (Marfisi-Schottman *et al.*, 2009). Nous pensons qu'une **méthode dédiée à la conception de LG et soutenue par un environnement informatique** serait une solution pour réduire les problèmes énumérés ci-dessus. Cependant, les LG pouvant être de nature très différentes, faire un environnement d'assistance à la création de LG générique est illusoire.

⁵⁰ éditeur graphique permettant de produire des modèles au format IMS-LD (www.reload.ac.uk/)

⁵¹ *What You See Is What You Get*

⁵² www.unity3d.com

⁵³ www.yoyogames.com/gamemaker

Dans nos travaux, nous nous attaquons spécifiquement à une méthode de création pour les jeux d'entreprise.

Afin de formaliser le processus de création d'un jeu d'entreprise, nous avons choisi d'employer la **méthode des 5M** (Hosotani, 1997). Cette méthode, couramment employée dans le domaine de la qualité et de la résolution de problème, consiste à passer en revue des familles de facteurs (appelés de manière génériques : Milieu, Méthode, Matière, Matériel, Main d'œuvre) qui expliquent un phénomène ou une situation. Voici l'analyse des 5M dans le cas de la création d'un jeu d'entreprise (Marfisi-Schottman *et al.*, 2009) :

- Main d'œuvre : les acteurs humains internes au projet qui interviennent sur les étapes de la création du jeu. Nous les décrivons par des rôles (décrits ci-après), une même personne physique pouvant endosser plusieurs rôles.
- Milieu : tous les acteurs externes au projet qui interviennent dans la création du jeu d'entreprise comme les experts du domaine (professeur, ingénieur, ...), les sous-traitants (graphistes, acteurs...) ou bien les apprenants et les tuteurs (tests et retours d'usage).
- Méthode : la séquence des étapes de création et l'ensemble des échanges entre acteurs. Cela représente le processus général qui mène à la création du jeu d'entreprise.
- Matière : documents, maquettes, fichiers exécutables, base de données et tout autre artefact utilisé directement ou indirectement comme matière pour créer le jeu d'entreprise final.
- Matériel : ensemble d'outils informatiques dont se servent les acteurs humains pour mener à bien la création du jeu d'entreprise.

Nous allons préciser successivement les rôles des acteurs (main d'œuvre et milieu) puis les phases de création d'un jeu d'entreprise (la méthode) et enfin le processus global positionnant les documents et ressources associés (la matière) et les outils informatiques (le matériel).

4.4.2.1 Identification des rôles

La création d'un jeu d'entreprise est un processus complexe de collaboration entre différents acteurs humains. Chacun doit, selon son ou ses rôles, réaliser des tâches en fonction de ses compétences et savoir-faire. Le commanditaire (**client**) spécifie ses besoins et contraintes. Le **chef de projet** identifie et distribue les tâches à l'équipe de création tout en supervisant leurs bonnes exécutions. Le **cogniticien** travaille avec un ou plusieurs **experts du domaine**, souvent désignés par le client, pour formaliser les connaissances et compétences. Ensuite, l'**expert pédagogique** rassemble ces connaissances et compétences de manière à en identifier les principales et pour définir les objectifs pédagogiques du jeu d'entreprise. Le **game designer** et l'**expert pédagogique** collaborent alors pour structurer le scénario ludo-pédagogique. Cette étape, très délicate, doit entre autres amener à définir quels ressorts de jeux utiliser pour favoriser les apprentissages visés. Le **screen**

*designer*⁵⁴ réalise ensuite les maquettes écrans en spécifiant tous les aspects visuels, auditifs et interactionnels. Cette spécification doit être très précise afin d'éviter toute incompréhension avec les **sous-traitants** impliqués dans la phase de production des ressources (graphiste, acteur, cinéaste, *sound manager*...). Enfin, les **codeurs** reprennent les maquettes et les documents spécifiés en amont, dans la phase de conception, pour développer le jeu d'entreprise.

L'environnement de création d'un jeu d'entreprise sera donc un environnement multi-acteurs (un acteur pouvant endosser plusieurs rôles parmi ceux énumérés ci-dessus) supportant leur collaboration au travers des différentes phases du projet, phases que nous décrivons ci-après.

4.4.2.2 Identification des phases

Nous découpons la création d'un jeu d'entreprise en 6 phases :

- **Phase 1 - Besoins du client** : le processus de création d'un jeu d'entreprise est déclenché par un client qui formule une demande correspondant à des besoins spécifiques. Les contraintes de temps et de coût imposées par le client sont prises en compte par le chef de projet qui a pour mission de veiller au bon déroulement des étapes de la création.
- **Phase 2 – Spécifications des objectifs pédagogiques** : cette phase consiste à formaliser les connaissances et compétences du domaine et à spécifier précisément les objectifs pédagogiques que les apprenants devront atteindre au cours du jeu d'entreprise.
- **Phase 3 – Conception** : la phase de conception consiste à définir un scénario précisant l'enchaînement des activités. À noter qu'à la fin de cette phase, l'expert pédagogique doit pouvoir tester si le scénario produit est conforme aux attentes vis à vis des objectifs pédagogiques. Nous reviendrons en détail sur ce point dans la partie 4.5.
- **Phase 4 – Réalisation** : chaque écran du jeu est maqueté. Les maquettes sont ensuite données à l'équipe de réalisation, composée de codeurs et de sous traitants externes (graphistes, acteurs, ...). Cette phase donne naissance au prototype du jeu d'entreprise.
- **Phase 5 – Test sur public cible** : le prototype rentre en phase de test sur une population cible d'apprenants et de tuteurs. Cette étape étant très consommatrice en temps et en ressources, nous souhaitons la rendre plus efficace en proposant un environnement de test qui collecte toutes les traces d'usage et en facilite leurs analyses (avec des méthodes de *data mining* par exemple). Après avoir étudié les résultats de cette phase de test, l'expert pédagogique doit remédier aux éventuels problèmes en notifiant aux acteurs concernés les changements nécessaires.
- **Phase 6 – Utilisation et maintenance** : le jeu d'entreprise rentre en phase d'exploitation. Si le tuteur ou les apprenants rencontrent des problèmes, ils doivent pouvoir en informer l'équipe de création du jeu. Des capteurs

⁵⁴ aussi dénommé *level designer* dans l'industrie du jeu vidéo car s'occupant de la création des niveaux de jeu et des « mondes » de manière plus général

informatiques sont également intégrés au jeu pour collecter les traces d'usage afin de faire ressortir des indicateurs « qualité » guidant l'amélioration du produit. Des tableaux de bord facilitent la visualisation de ces indicateurs.

Les phases se déroulent dans un ordre logique mais des retours en arrière voire des phases se déroulant en parallèle pour des parties différentes du jeu sont possibles. Le processus global est décrit dans la partie suivante.

4.4.2.3 Processus global de création d'un jeu d'entreprise

La figure 35 reprend les différentes phases décrites précédemment et positionne les différents rôles des acteurs, les principales ressources et productions, et les outils informatiques assistant les acteurs dans leurs tâches.

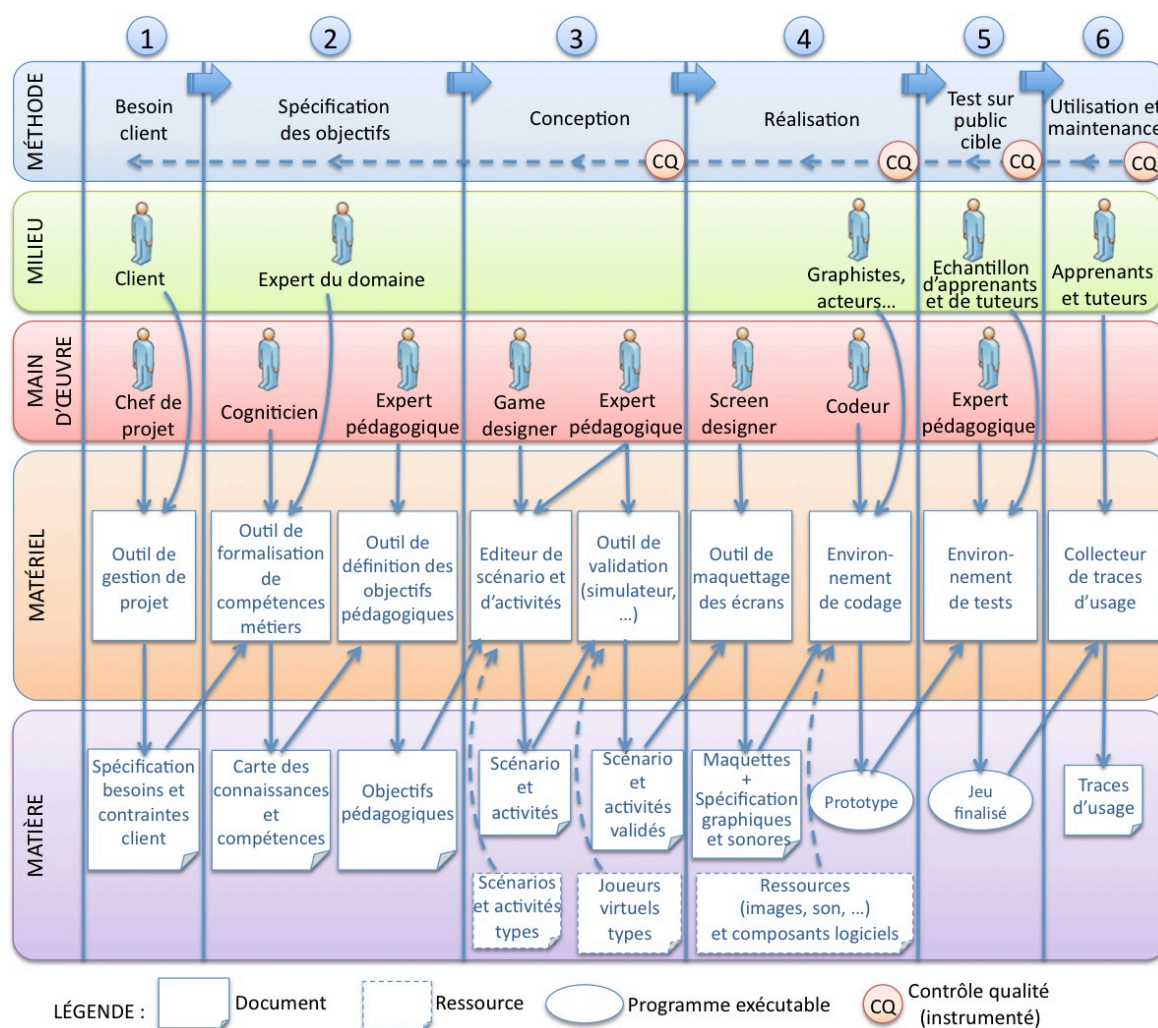


Figure 35 Processus de création d'un jeu d'entreprise

Dans un souci de lisibilité, toutes les relations ne sont pas représentées sur cette figure. Par exemple, le chef de projet intervient tout au long de la création pour contrôler les livrables et gérer les ressources. Le processus de création n'est pas aussi linéaire que le schéma peut le laisser paraître. Chaque phase est menée de façon **itérative par affinement successif**. Le retour à une

phase précédente est symbolisé par les flèches pointillées au niveau de la méthode. Ces retours sont la conséquence de tests non concluant ou de décisions prises lors d'une phase impactant des choix effectués en amont.

L'originalité de notre approche tient dans la volonté d'instrumenter une démarche qualité globale. Des **Contrôles Qualité** (notés CQ sur le schéma) sont effectués à la fin de chaque phase. Par exemple, à la fin de la phase de conception, un contrôle est réalisé pour vérifier que les choix sont cohérents par rapport aux objectifs pédagogiques visés ou par rapport au public cible. En dehors de ces contrôles ponctuels, la qualité est assurée lors de la réalisation des différentes tâches en apportant des **conseils fondés sur l'expérience**. Ces conseils consistent souvent en des heuristiques guidant les choix de conception (avec des recommandations telles que : « un message audio ne doit pas correspondre à plus de 3 ou 4 lignes écrites », « on doit retrouver toute la sémantique d'un message audio dans un message écrit à l'écran », « ne pas mettre plus de 7 réponses possibles à une question », ...).

L'objectif est de supporter ce processus de création de jeux d'entreprise par un environnement informatique global proposant des outils spécifiques pour la réalisation de chaque tâche et pour soutenir une démarche qualité.

4.4.3 Environnement informatique pour la création de jeux d'entreprise

La réalisation de l'environnement informatique support à la création de jeux d'entreprise est un projet ambitieux. Dans nos travaux actuels, nous nous concentrons sur l'instrumentation des phases de spécifications des objectifs et de conception. Nos recherches ont abouti récemment à la réalisation d'un prototype dont l'évaluation sera effectuée prochainement.

L'environnement, nommé EDoS (*Environnement for the Design of Serious games*), intègre plusieurs outils destinés à différents acteurs en fonction de leurs rôles. Nous nous concentrons essentiellement pour le moment sur le rôle d'expert pédagogique et de *game designer*. Nous décrivons dans cette partie deux outils conçus respectivement pour définir les **objectifs pédagogiques** d'un jeu et pour décrire un **scénario ludo-pédagogique**. Le jeu d'entreprise *Samoulean* sera utilisé pour illustrer nos propos. Ce jeu a été conçu avant l'existence des outils présentés mais nous effectuons une retro-ingénierie pour montrer comment sa conception aurait pu être assistée. Ceci permet également de valider nos outils sur un cas réel.

4.4.3.1 Définition des objectifs pédagogiques

Comme précisé dans la partie 4.2.2 de ce mémoire, une compétence est un ensemble organisé de connaissances et de comportements. La définition des objectifs pédagogiques d'un jeu d'entreprise consiste à lister précisément toutes les **compétences à construire**, en précisant pour chaque compétence les connaissances et comportements qui y sont rattachés. L'expert pédagogique doit préciser le niveau de compétence visé, ce qui se traduit par la définition d'un seuil à atteindre pour chaque connaissance et par un nombre de fois qu'un comportement doit être adopté par un apprenant pour être considéré acquis. Ce

niveau de compétence à atteindre doit être précisé par type de public (un jeu d'entreprise pouvant impliquer des profils d'apprenants différents). Ce modèle de structuration des compétences a été défini par Prévôt dans Tutorin (Prévôt, 1992) et a été validé lors de formations en entreprises et en écoles d'ingénieurs. Un profil d'apprenant est calculé automatiquement à l'aide d'algorithmes en fonction des connaissances maîtrisées (sur une échelle de valeur de 0 à 100%) et du nombre de fois où un apprenant a fait preuve des comportements requis. Pour chaque compétence, un état d'apprentissage peut prendre les valeurs suivantes : non vue, acquise, confirmée, incertaine, remise en cause.

Pour le jeu Samoulean, les deux premières compétences à atteindre (sur 8 au total) sont représentées dans le tableau 2. Les compétences sont notées C (*Competencies*), les Connaissances K (*Knowledge*) et les comportements B (*Behaviors*).

Tableau 2 Exemple de compétences à atteindre pour le jeu Samoulean

C₁ : Identifier et utiliser des indicateurs globaux opérationnels	Connaissances abordées : • K₁ : Démarche du diagnostic d'entreprise. (Niveau=100%) • K₂ : Correspondances I.O. / Domaines (Niveau=90%) • K₃ : Recherche des Indicateurs Opérationnels (Niveau=90%) • K₄ : Connaissance des Indicateurs Lean (Niveau=80%)
	Comportements testés : • B₂ : Avoir une démarche qualité (2 fois) • B₄ : Collecter une information utile (2 fois) • B₅ : Utiliser un outil pertinent (1 fois) • B₈ : Respecter la confidentialité des informations (1 fois)
C₂ : Savoir effectuer une analyse générale	Connaissances abordées : • K₅ : Organisation hiérarchique de l'entreprise (Niveau=70%) • K₆ : Utilisation de la matrice BCG (Niveau=100%)
	Comportements testés : • B₁ : Respecter les consignes (1 fois) • B₂ : Avoir une démarche qualité (1 fois) • B₃ : Organiser son action (2 fois) • B₄ : Collecter une information utile (5 fois) • B₅ : Utiliser un outil pertinent (2 fois) • B₆ : Ne pas déranger inutilement le personnel (1 fois) • B₇ : Avoir de l'initiative (1 fois) • B₈ : Respecter la confidentialité de l'information (1 fois)

L'outil que nous proposons donne la possibilité de lister les connaissances et les comportements et de les « affecter » à des compétences. L'instrumentation informatique de cette tâche de définition des objectifs comporte plusieurs avantages. Tout d'abord, elle donne accès à des **listes de compétences**, connaissances ou comportements déjà définies pour d'autres jeux et éventuellement de récupérer les principes des interactivités qui y sont associés. Il est aussi possible d'harmoniser les objectifs entre plusieurs jeux et de pouvoir en contrôler l'enchaînement (**interopérabilité pédagogique**). Enfin, les objectifs étant définis de manière formelle, ils peuvent être réutilisés dans les autres outils de conception du jeu, notamment pour contrôler si le scénario du jeu permet d'atteindre les objectifs visés.

La figure 36 présente une copie d'écran de l'outil conçu pour décrire les compétences visées.

Games >> Samoulean >>

General Information | Design | Production | Tests-Validation | Diffusion

Objectives | SG Models | Peda - Scenario | Screen Pages | Verification - Validation | Properties | Conditions

General Objectives: Teaching production management methodology Lean

Formation Time: 300h

Target Public: 3rd or 4nd year engineers

Competences to acquire:

Add competence | Add knowledge | Add behaviour | Save objectives

C1 - Identify and use the global indicators of a company

- K1 - Diagnose a company (Threshold=100)
- K2 - Correspondance I.O. / Domain (Threshold=90)
- K3 - Finding the operation indicators (Threshold=90)
- K4 - Lean indicators (Threshold=80)
- B2 - Quality process (2 times)
- B4 - Collect useful information (2 times)
- B5 - Use the pertinent tool (1 times)
- B6 - Respect the confidentiality of information (1 times)

C2 - Know how to do a general Lean analysis (Threshold 1)

- K5 - Hierarchically organization of the company (Threshold=72)
- K6 - BCG matrix (Threshold=100)
- B1 - Follow the instructions (1 times)
- B2 - Quality process (1 times)
- B3 - Organize one's actions (2 times)
- B4 - Collect useful information (2 times)
- B5 - Use the pertinent tool (1 times)
- B6 - Only bother people when useful (1 times)
- B7 - Take initiative (1 times)
- B8 - Respect the confidentiality of information (1 times)

C3 - Know how to do a general Lean analysis (Threshold 2)

C4 - Manage a deep investigation

C5 - Establish a sector-based diagnose to determine the operational objectives

Knowledges:

Knowledge

- K1 - Diagnose a company
- K2 - Correspondance I.O. / Domain
- K3 - Finding the operation indicators
- K4 - Lean indicators
- K5 - Hierarchically organization of the company
- K6 - BCG matrix

Add knowledge | Modify

Behaviours:

Behaviour

- B1 - Follow the instructions
- B2 - Quality process
- B3 - Organize one's actions
- B4 - Collect useful information
- B5 - Use the pertinent tool
- B6 - Only bother people when useful
- B7 - Take initiative
- B8 - Respect the confidentiality of information

Add behaviour | Search behaviour | Modify

Figure 36 Outil de définition des objectifs pédagogiques (compétences)

4.4.3.2 Description du scénario ludo-pédagogique

Comme nous l'avons déjà expliqué, la conception d'un jeu d'entreprise ne consiste pas d'un côté à réaliser le scénario pédagogique et de l'autre à réaliser le scénario de jeu. Une intégration étant nécessaire, nous optons pour un environnement supportant la conception d'une seule scénarisation mais en donnant la possibilité de la voir sous plusieurs angles :

- **Vue pédagogique** : pour préciser l'organisation des apprentissages en fonction des objectifs pédagogiques, en effectuant des liens avec les compétences pour le niveau le plus haut du scénario (modules) et avec les connaissances et comportements pour les niveaux en dessous (actes et activités).
- **Vue ludique** : pour décrire l'histoire du jeu (le script) ou le plateau de jeu (les cases, les événements, ...).
- **Vue ludo-pédagogique** : pour disposer d'une vue globale faisant ressortir les liens entre scénario pédagogique et scénario du jeu.

Au début de l'étape de scénarisation, l'expert pédagogique et le *game designer*⁵⁵ doivent choisir un type de jeu. L'objectif est de proposer des **modèles**

⁵⁵ Par la suite, nous identifierons ces 2 acteurs par « les concepteurs »

de jeux (plateau, enquêtes, aventures, puzzles, ...) avec des éditeurs et des aides adaptés à chacun. Ainsi, un éditeur d'un jeu de plateau donnera la possibilité de définir un graphe de cases, chaque case étant d'un certain type (décision, aléatoire, événement, ...). Nous nous focalisons actuellement sur les jeux de types « enquête », c'est à dire plongeant l'apprenant dans une histoire et l'amenant à résoudre un problème pour atteindre un objectif (gagner un marché, améliorer les performances d'une entreprise, créer de la valeur ajoutée, ...).

La scénarisation pédagogique d'un jeu de type enquête se réalise selon 2 axes : d'une part, l'**axe pédagogique** qui précise avec un niveau de plus en plus fin les modules, les actes et les activités et, d'autre part, l'**axe ludique**, qui précise par niveau de détail croissant les missions de l'histoire, les séquences, les écrans et les interactions. L'axe pédagogique est indépendant du thème choisi pour le jeu. Cependant, comme indiqué sur la figure 37, les 2 axes sont liés par des relations entre les modules-missions, actes-séquences et activités-écrans.

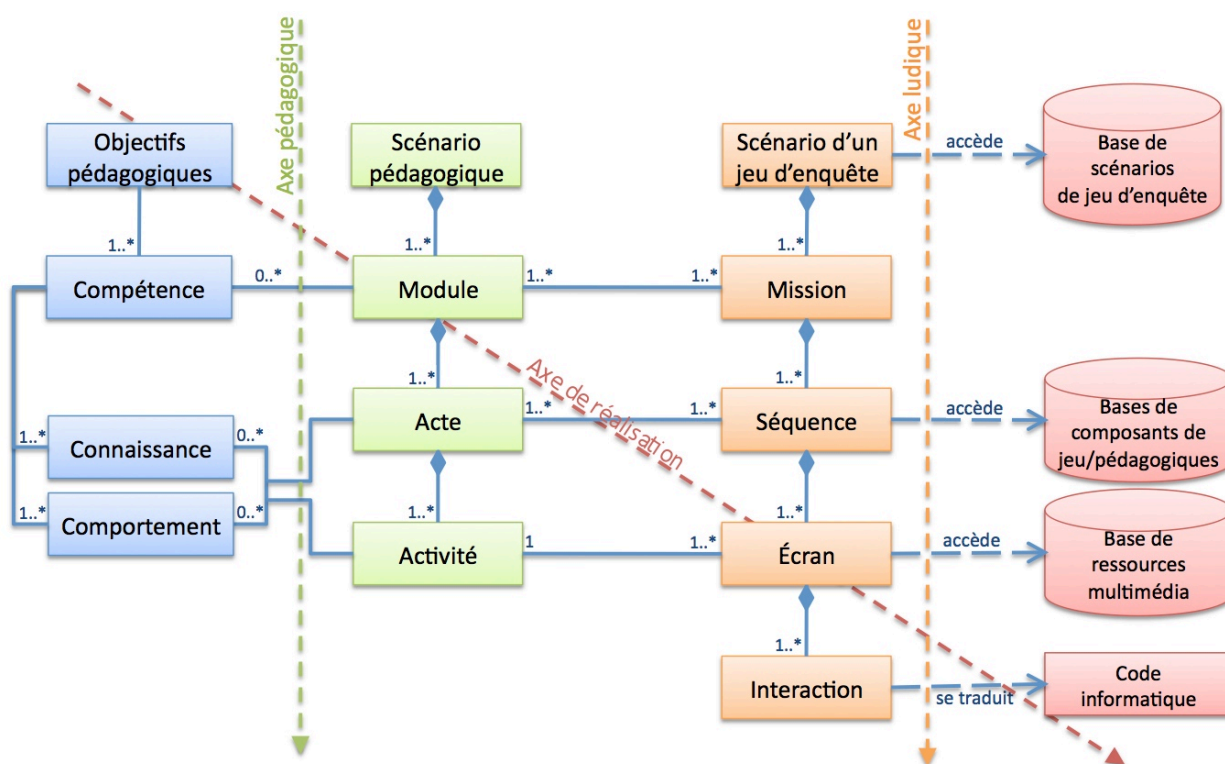


Figure 37 Modèle de scénario ludo-pédagogique pour les jeux d'enquête

La scénarisation pédagogique reprend les concepts de base définis par IMS-LD. Le scénario correspond à un *play* d'IMS-LD. Plusieurs *plays* sont possibles dans IMS-LD mais ils se déroulent en parallèles. Pour des besoins de structuration autour des compétences, nous avons introduit un niveau intermédiaire, nommé « **module** », entre le *play* et le *act*. Un module est composé d'un ensemble d'**actes** et est organisé autour de compétences métiers bien définies. Chaque acte comprend un ensemble d'**activités** qui ont un sens d'un point de vue pédagogique. Les concepts IMS-LD liés à une activité (environnement, rôle, structure, objet d'apprentissage, service) ne nous paraissent pas assez intuitifs pour la conception d'un jeu d'entreprise, particulièrement pour

un expert pédagogique novice. À ce niveau, nous proposons de décrire de façon textuelle les activités des apprenants, chaque activité étant ensuite traduite sous forme d'écrans et d'interactions dans le jeu. Les activités des enseignants sont aussi décrites (support, évaluation, ...).

La scénarisation ludique décrit le déroulement du jeu selon un découpage en 4 niveaux :

- **Mission** : correspond le plus souvent à un sous-objectif participant à l'atteinte de l'objectif global du jeu. Le découpage en mission peut se faire en fonction de différents mondes ou selon différentes quêtes. La première mission est souvent une mission de présentation (du thème général et du cas). Dans les autres missions, l'apprenant a des buts à atteindre et doit développer des compétences pour y parvenir.
- **Séquence** : désigne une série de plans (terme du vocabulaire cinématographique) qui forment une unité narrative. Une séquence correspond souvent à un découpage selon une unité de lieu ou une unité de temps (la découverte d'une entreprise, la recherche d'un indice, ...). Une séquence peut aussi être l'occasion de découvrir des notions ou des concepts⁵⁶ nécessaires pour la quête. Les séquences ne sont pas forcément organisées entre elles de façon séquentielle, différents chemins pouvant être prévus. Certaines séquences ne sont pas directement liées au jeu. Par exemple, des séquences de test permettent à l'apprenant de s'évaluer et des séquences de *briefing* et *débriefing* viennent encadrer d'autres séquences.
- **Écran** : correspond à un plan cinématographique, c'est à dire à une prise de vue (personnages, décors, ...). Il peut y avoir des effets (zoom, animation) sur un même écran. Les plans peuvent être décrits de manière textuelle ou modéliser sous forme de maquettes pour conserver le plus fidèlement possible l'idée originale des concepteurs.
- **Interaction** : correspond aux actions possibles du joueur (clic sur un objet ou sur un lien hypermédia, saisie de données, ...). Les concepteurs peuvent aussi définir des capteurs qui serviront à **tracer les activités apprenants**. Ces traces sont utiles pour mettre à jour le profil de l'apprenant et en particulier ses compétences, afin d'organiser la suite de sa trajectoire pédagogique. Ce niveau est le plus proche du développement informatique mais est indépendant du langage de programmation. Il sera repris par les développeurs qui le traduiront en code. À terme, nous prévoyons la génération automatique d'une partie du code (par exemple, une génération d'*action script flash*).

Pour répondre au besoin de capitalisation et de partage, il est possible d'accéder pendant la scénarisation à des bases de données contenant des **éléments réutilisables** (sur la partie droite de la figure 37). La réutilisation peut se faire à différents niveaux : pour reprendre une trame globale d'un scénario, pour réutiliser un composant de jeu, pour récupérer des images d'un autre jeu, ...

⁵⁶ Dans le jargon interne des jeux de l'INSA, nous parlons d'Objets Pédagogiques Multimédia (OPM) qui sont utilisables indépendamment du cas et du thème du jeu.

L'interopérabilité entre composants de jeu est la plus complexe et est actuellement étudiée dans le cadre du projet *Learning Game Factory* (LGF). Quatre connecteurs d'entrées/sorties ont été définis pour chaque composant : moissonnabilité, paramétrage, adaptation, observation (LGF, 2009). Un composant peut ainsi être retrouvé grâce à des métadonnées LOM-SG⁵⁷ particulières (Marfisi-Schottman, 2010), configuré avant son lancement, adapté de façon dynamique (pendant son exécution) et observé (traces d'exécution et variables internes). Des expérimentations sur l'interopérabilité entre composants sont en cours dans le projet LGF et les résultats seront connus au début de l'année 2011.

La figure 38 présente l'environnement de scénarisation conçu avec pour illustration l'édition du jeu Samoulean.

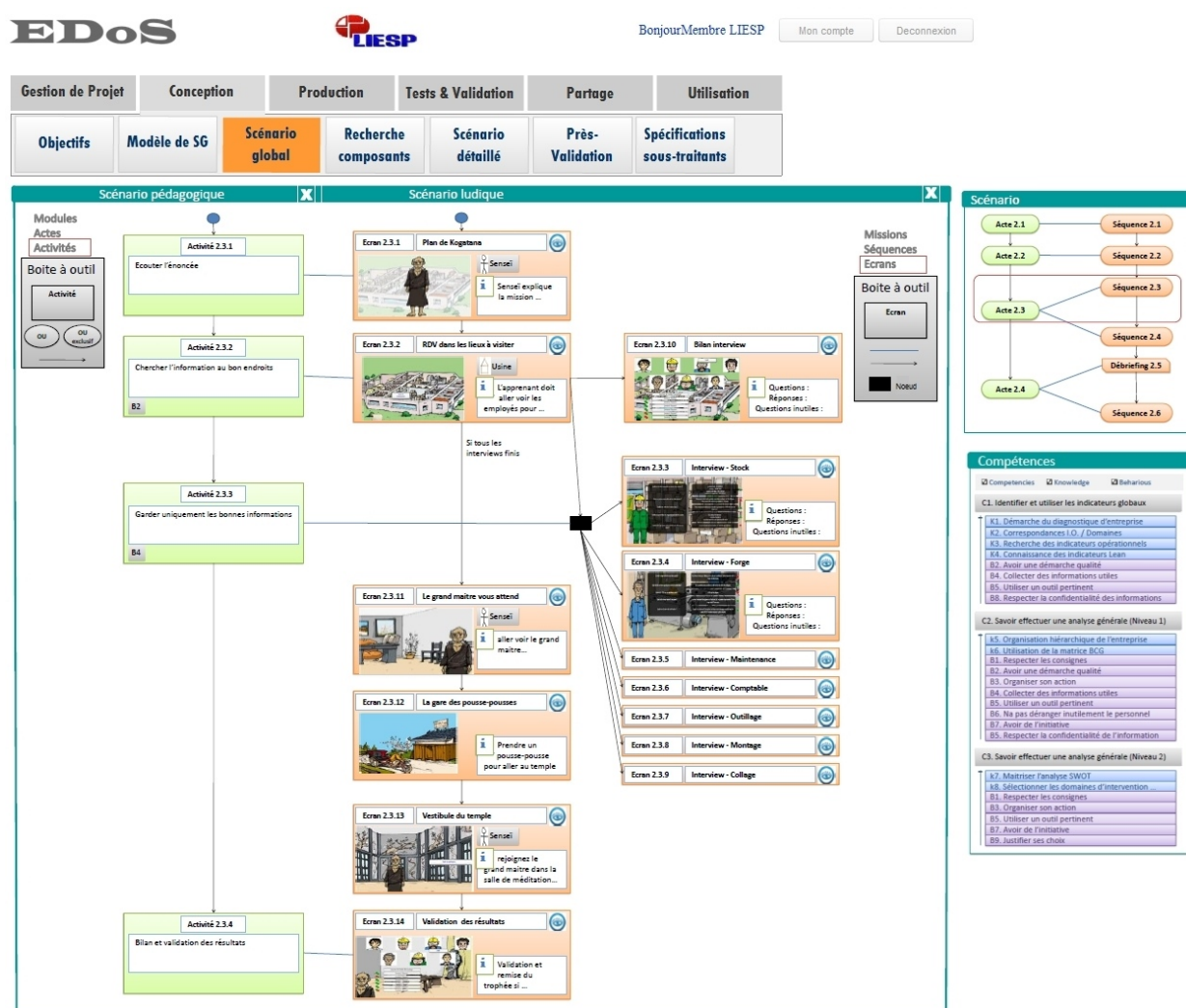


Figure 38 Outil de scénarisation (exemple du jeu Samoulean)

⁵⁷ LOM-SG est un profil d'application du LOM en cours d'élaboration dans le cadre du projet LGF

L'axe de réalisation du scénario ludo-pédagogique traverse différents niveaux sans pour autant imposer un ordre prédéfini. L'idée principale est de donner la possibilité de naviguer dans les niveaux et d'aborder la scénarisation sous les **angles complémentaires** de la pédagogie et du jeu. Des aides sont par ailleurs proposées pour faciliter la conception des scénarios. Ainsi, les connaissances et comportements qui ne sont pas encore rattachés au scénario sont mis en surbrillance pour indiquer ce manque à l'expert pédagogique.

4.4.4 Discussion et positionnement du travail

Les questions de recherche concernant la création des jeux d'entreprise nous ont amené, d'une part, à formaliser un processus complet de type *workflow* pour la création des jeux et, d'autre part, à concevoir les bases d'un environnement support à cette création. Il existe des travaux proches de nos préoccupations, travaux souvent en cours étant donné l'intérêt assez récent pour les *learning games*. En France, nous pouvons citer les travaux de Pernin et son équipe sur un environnement auteur de conception de *learning games*. Un prototype nommé **scengame** est en cours de développement en reprenant les bases d'un environnement plus général nommé *scenedit* (Emin & Pernin, 2009). Ces environnements se fondent sur un modèle nommé ISiS (Pernin, Emin & Guéraud, 2008) qui met en avant les intentions pédagogiques des enseignants. Comme dans nos travaux, l'objectif est de rendre la scénarisation plus facilement appropriable et compréhensible par des non spécialistes en langage de modélisation. *Scengame* est plus générique que notre environnement car il propose d'utiliser différents mécanismes de jeu (puzzle, jeu d'aventure, ...). Le fait d'être spécifique aux jeux d'entreprise nous donne la possibilité de proposer des aides et un support plus précis, et surtout de décrire et de prendre en compte les compétences plus finement.

À l'international, des travaux se rapprochent également des nôtres. En particulier, des chercheurs allemands travaillent actuellement sur une plate-forme nommée **StoryTec** (Mehm *et al.*, 2009) pour créer des *serious games*. Cette plate-forme est centrée sur la narration de l'histoire d'un jeu (*storytelling*). L'histoire est structurée dans un format particulier, nommé ICML⁵⁸ (Zagalo *et al.*, 2006). Ce langage permet de décrire un réseau hiérarchisé de scènes qui sont reliées par des transitions pour constituer la structure d'une histoire. À l'intérieur des scènes, différents objets peuvent être placés. L'interactivité est décrite par des *stimuli* qui correspondent à des événements extérieurs (e.g. une saisie de l'utilisateur) auxquels des actions sont associées. Une fois créé, le jeu peut être exécuté par un « contrôleur de narration » se chargeant d'interpréter un fichier ICML. Cette approche est intéressante mais la partie pédagogique n'est pas soutenue et les connaissances à enseigner ne sont pas modélisées dans le système. La plate-forme est davantage un environnement de création de jeu qui peut être utilisé par des

⁵⁸ *INSCAPE Communication Markup Language*, un langage de description d'histoires interactives conçu dans le cadre du projet européen INSCAPE (*Interactive Storytelling for Creative People*) : http://cordis.europa.eu/ist/kct/inscape_synopsis.htm

enseignants de par sa simplicité. Nous retenons néanmoins l'idée de formaliser le scénario ludique dans un **format partagé par la communauté**. Des exports depuis notre plate-forme vers le format ICML sont envisageables.

En Espagne, le *e-Learning Research Group* de l'UCM (*Complutense University of Madrid*) mène de nombreux travaux de recherche autour de la plate-forme ***e-Adventure***, une plateforme dédiée à la conception de jeux vidéo éducatif (Torrente *et al.*, 2009). Une caractéristique intéressante de cette plate-forme tient dans le fait qu'elle produit des **objets pédagogiques** qui sont intégrables dans les plates-formes de formation (LMS). Avec *e-Adventure*, il est possible de mettre les jeux créés dans des *packages* conformément au format *IMS Content Packaging* et de définir des méta-données en suivant LOM. Le résultat est un jeu packagé dans un *Learning Object* (LO) qui est partageable et intégrable dans n'importe quel LMS respectant ces normes. L'avantage est de pouvoir exécuter des jeux depuis des cours en ligne plus traditionnels et ainsi avoir une meilleure intégration des *serious games* dans les formations. Nous pensons toutefois qu'il est difficile de concilier le *packaging* d'un jeu avec la personnalisation et l'adaptation dynamique du jeu aux apprenants. Nous sommes plutôt dans une approche « composant » des *learning games*, un composant LG proposant des services (moissonnabilité, paramétrage, adaptation, observation) pour une **interopérabilité riche** avec le système qui le lance (LMS ou autre). Les expérimentations prévues prochainement, notamment dans le cadre du projet LGF, devraient valider ces possibilités d'interopérabilité.

4.5 Simulateur de comportements d'apprenants : SIMCA

4.5.1 Les jeux d'entreprise : des environnements complexes à évaluer

Un jeu d'entreprise est un environnement d'apprentissage conçu pour répondre aux objectifs et attentes d'un client (une entreprise, une école, un centre de formation, ...). La **vérification de la qualité** d'un jeu passe par des tests auprès de nombreux apprenants et tuteurs, amenant l'équipe de conception à effectuer des corrections en fonction des observations. La longueur des sessions de formation (10 à 15h dans le cas des jeux d'entreprise de l'INSA de Lyon) rend cette tâche fastidieuse. Par expérience, ce procédé aboutit à une version finalisée du jeu (d'un point de vue pédagogique) au bout de 2 ou 3 ans. Les retours d'usage entraînent des modifications portant sur les fonctionnalités, les interfaces, les interactivités, la conception du scénario, les déficits de couverture de domaine.... impliquant un remaniement profond de la structure du jeu d'entreprise qui doit repasser entre les mains des concepteurs mais aussi de l'équipe de réalisation. Ce processus est long et coûteux. De plus, le produit risque d'être décrédibilisé pendant cette phase d'évaluation, en particulier si les apprenants réalisant les « bonnes » actions (au sens des objectifs d'apprentissage) ne sont pas ceux récompensés dans le jeu.

Notre objectif est de proposer des modèles et des outils pour **tester les scénarios** des jeux d'entreprise avant leur réalisation informatique. Concrètement, nous visons la conception d'un simulateur de comportements d'apprenants pour tester les paramètres d'un jeu. Ce simulateur peut être considéré comme une plateforme de test suffisamment universelle pour expérimenter le déroulement d'un jeu avec des joueurs virtuels (aléas d'actions et d'événements) afin de juger statistiquement le jeu.

4.5.2 Comportements et modèles de joueurs virtuels

Dans ce travail, le but est de concevoir un simulateur paramétrable, facilement adaptables aux jeux d'entreprise proposant des parcours à événements. À partir de jeux existants, nous avons identifié des aspects généralisables.

4.5.2.1 Étude de deux jeux d'entreprise à événements

Pour aboutir à un modèle de simulateur, deux jeux d'entreprise ont été étudiés et analysés. Le jeu « Bivouac⁵⁹ » (dans le domaine de la maintenance industrielle) et le jeu « Garde À Vue⁶⁰ » (dans le domaine du droit) ont été choisis. Ces deux jeux sont des jeux à événements qui sont néanmoins assez différents de par leurs objectifs et les connaissances à acquérir. Cette étude contribue donc à trouver les caractéristiques souhaitables, les invariants et certains paramètres nécessaires pour concevoir un simulateur de comportements d'apprenants dans le cadre de jeux d'entreprise.

Les deux jeux sont de type plateau avec des cases définies et des événements (ayant des conséquences diverses) associés à chaque case. Pour simuler une partie de jeu avec un système informatique, il faut savoir à quelle étape est le joueur, quel est l'état de ses finances, quel est son score ou encore quels sont les objets à sa disposition. En résumé, un simulateur de joueur devrait connaître quelles sont les valeurs des variables indiquant l'état du jeu et « l'état » du joueur. Concernant l'interaction, il y a des situations où des choix sont possibles (questions à choix multiples, achats, vente, etc.). Ces choix ont bien entendu des conséquences sur la suite du jeu. Pour effectuer ces choix, un simulateur doit intégrer une stratégie de jeu, c'est-à-dire être conscient des objectifs du joueur et des attitudes à avoir pour les atteindre. Par exemple, dans le jeu Bivouac, il y a des moyens d'éviter les risques ou de diminuer les pénalités ou pertes. Les actions choisies par l'apprenant peuvent avoir des effets à court, moyen ou long terme. Ce sont également des choix stratégiques à effectuer.

⁵⁹ développé par l'INSA sur la base d'un jeu plateau conçu et commercialisé par CIPE (Centre International de la Pédagogie d'Entreprise)

⁶⁰ développé par l'INSA sur la base d'un jeu commercialisé par la société Loisible

4.5.2.2 Définition de stratégies et de profils de joueurs virtuels

La stratégie est ce qui guide le comportement d'un joueur. Chaque joueur la définit en fonction d'objectifs qu'il se fixe à un niveau global. Les variables suivantes sont celles que nous avons pu identifier comme influençant les **stratégies des joueurs**, notamment à partir d'observations d'apprenants réels utilisant des jeux d'entreprise (George, Titon & Prévôt, 2005) :

- le terme favorisé (horizon temporel long, moyen ou court),
- le type d'interaction avec les autres joueurs (compétition, collaboration ou indépendance),
- l'esprit d'aventure (explorer/découvrir ou se limiter à ce qui est connu),
- la prise de risque (maximale ou minimisation des dangers),
- l'enthousiasme (maximal, moyen ou « subir » le jeu),
- le temps/la durée à passer dans le jeu (jouer un maximum de temps ou terminer rapidement/avant les autres),
- l'envie de gagner (gagner à tout prix ou agir en kamikaze).

Certaines stratégies peuvent coexister (mais à des intensités ou des proportions différentes) alors que d'autres sont totalement opposées. En fonction des stratégies adoptées, il est possible de définir des **profils génériques de joueurs** dans les jeux d'entreprise. Le tableau 3 synthétise les profils identifiés couramment dans les sessions d'apprentissage à l'INSA.

Tableau 3 Profils types de joueurs dans les jeux d'entreprise

Stratégies de joueurs																					
Profils de joueurs	Terme			Interaction			Esprit d'Aventure			Prise de Risque			Enthousiasme			Temps/ Durée			Envie de gagner		
	long	moyen	court	compétition	collaboratif	indépendant	maximum	moyen	minimum	maximale	Moyenne	aucune/min	maximal	moyen	aucun/subir	maximum	moyen	minimal	maximale	indifférent	Aucune
Agressif			X	X					X	X			X				X		X		
Ambitieux	X			X			X					X	X				X		X		
Curieux	X				X		X			X			X			X				X	
Étourdi			X			X			X		X			X			X			X	
Fonceur			X	X					X	X			X					X	X		
Kamikaze			X			X			X	X					X		X				X
Neutre		X			X			X			X			X			X			X	
Nonchalant			X			X			X		X				X		X			X	
Pressé			X			X			X	X			X					X	X		
Prudent	X				X		X					X		X			X		X		

Voici une description plus précise des profils identifiés :

- Le joueur **agressif** est prêt à tout pour gagner. Il prend des risques s'il sait qu'il aura plus de gains et n'hésite pas à faire des coups bas à ses adversaire, à tout mettre en œuvre pour les faire perdre. Sa manière d'agir relève plutôt d'une stratégie à court terme car il se concentre sur les gains et avancements immédiats.

- Le joueur **ambitieux** (calculateur) a une stratégie à long terme. Dès le début du jeu, tout ce qu'il fait est motivé par la victoire. Il fait donc dès le début tout ce qu'il peut pour accumuler les gains, avancer et éviter les ennuis. Chacune de ses actions est réfléchie et il pense toujours aux conséquences plusieurs tours à l'avance.
- Le joueur **curieux** veut apprendre et explorer les mondes/niveaux par lesquels il n'est pas encore passé (peu importe les risques, les gains/pertes et autres objectifs). Il veut explorer le jeu et a une stratégie à long terme qui lui permettra de faire face à un maximum de situations possibles et de découvrir le plus de niveaux et de mondes dans le jeu.
- L'**étourdi** est un joueur qui a les connaissances nécessaires mais qui ne fait pas très attention à ce qu'il fait. L'étourdi ne se concentre pas beaucoup, il n'est pas très attentif et il est maladroit. En somme, il n'utilise pas ce qu'il connaît au bon moment.
- Le **fonceur** (audacieux) ne se préoccupe pas des risques. Il s'engage tête baissée et les « dangers » ne le découragent pas du moment qu'il avance dans le jeu. Il n'hésite pas à choisir les options les plus risquées.
- Le **kamikaze** fait tout ce qu'il peut pour saboter ses chances de gagner. Sa stratégie est plutôt à court terme car il cherche les sanctions, les pertes immédiates. Il est indépendant même s'il peut parfois se servir des autres pour perdre plus vite.
- Le joueur **neutre** (moyen/standard) a une stratégie à moyen terme. Il ne prend pas trop de risques mais n'est pas trop prudent non plus. Son objectif n'est pas de gagner à tout prix. Même s'il veut apprendre, il n'est pas particulièrement curieux.
- Le **nonchalant** est une personne qui n'est pas vraiment impliquée dans le jeu et fait des choix aléatoires.
- Le joueur **pressé** veut avoir le maximum de gains le plus vite possible, franchir les différentes étapes en un minimum de temps et terminer le jeu dès que possible. Il est prêt à prendre des risques et à interagir avec les autres joueurs pour avancer.
- Le joueur **prudent** est celui qui prend le minimum de risques, qui prend des mesures préventives et qui évite de s'aventurer dans des mondes inconnus ou d'aller dans des niveaux non explorés si ce n'est pas nécessaire.

4.5.3 Simulateur de comportements d'apprenants

4.5.3.1 Le modèle SIMCA

Le modèle SIMCA (SIMulateur de Comportements d'Apprenants) définit comment s'effectue la simulation de joueurs virtuels pour un jeu d'entreprise. Le simulateur est l'environnement informatique qui gère la configuration des paramètres de jeu et des joueurs virtuels (figure 39).

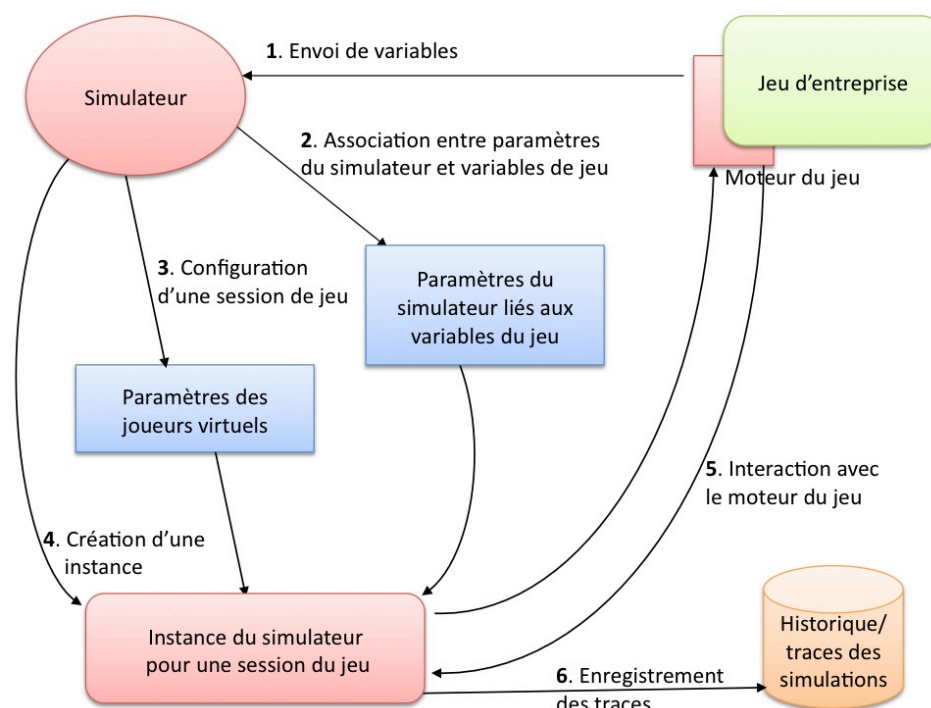


Figure 39 Le modèle SIMCA

Cet environnement sert à créer des instances de simulateur pour un jeu d'entreprise particulier. Le moteur du jeu interagit avec le simulateur chaque fois qu'un apprenant doit faire une action. Les joueurs virtuels agissent alors en fonction de leur profil de comportement.

Pour faire fonctionner le simulateur sur un jeu particulier, la liste de toutes les variables importantes du jeu (états possibles du jeu et des joueurs, représentation des actions possibles dans le jeu) doit être envoyée au simulateur (1). L'administrateur du simulateur associe alors les **paramètres du simulateur** aux variables du jeu (2). Par exemple, le paramètre « envie de gagner maximale » peut être associé à la variable « gain » du jeu en indiquant qu'il faut dans ce cas maximiser la valeur de cette variable.

Avant de lancer le simulateur, l'administrateur choisit les **paramètres des joueurs virtuels** pour une session de jeu (3). Il peut choisir parmi un ensemble de profils de joueurs existants, ceux définis dans le tableau 3 de la partie précédente : ambitieux, curieux, prudent, etc. Il peut aussi déterminer lui-même un profil particulier de joueur en paramétrant les différentes stratégies possible (interaction, esprit d'aventure, prise de risque, etc.).

Finalement, une instance du simulateur est créée en fonction des paramètres établis précédemment (4). Une session de jeu peut alors être lancée. Des messages sont échangés (5) entre le jeu (choix, événements...) et le simulateur (décisions, actions). Pendant le déroulement du jeu, le simulateur prend les décisions pour atteindre les objectifs fixés et suivre les stratégies des joueurs simulés.

Les événements et interactions sont enregistrés dans un historique (6) qui a pour objectif d'aider le concepteur à identifier les corrections nécessaires dans

le jeu avant son utilisation réelle. Plusieurs sessions peuvent successivement être lancées pour enrichir l'historique et révéler statistiquement des défauts. À noter que le modèle actuel ne prend pas en compte les interactions entre joueurs mais qu'il est possible de simuler un jeu faisant intervenir plusieurs joueurs (les liens entre joueurs s'effectuant au travers des états du jeu).

4.5.3.2 Graphe d'actions

Afin de représenter toutes les informations dont doit disposer un joueur virtuel dans sa prise de décision, un modèle de graphes d'actions a été défini. Dans ces graphes, les nœuds représentent un état particulier du monde. Quatre types de nœuds ont été choisis pour représenter les situations de jeu :

- nœuds « **Décision** » (*D-node*), le joueur doit faire un choix,
- nœuds « **Aléatoires** » (*R-node*, pour *Random*), dont l'issue est déterminée aléatoirement,
- nœuds « **Tests** » (*T-node*), dont l'issue dépend d'un test du moteur de jeu,
- nœuds « **Évènements** » (*E-node*), listant des événements modifiant des variables du jeu et des ressources du joueur (e.g. score :-50 ou temps :+10).

La figure 40 illustre une partie du graphe d'action pour le jeu Bivouac.

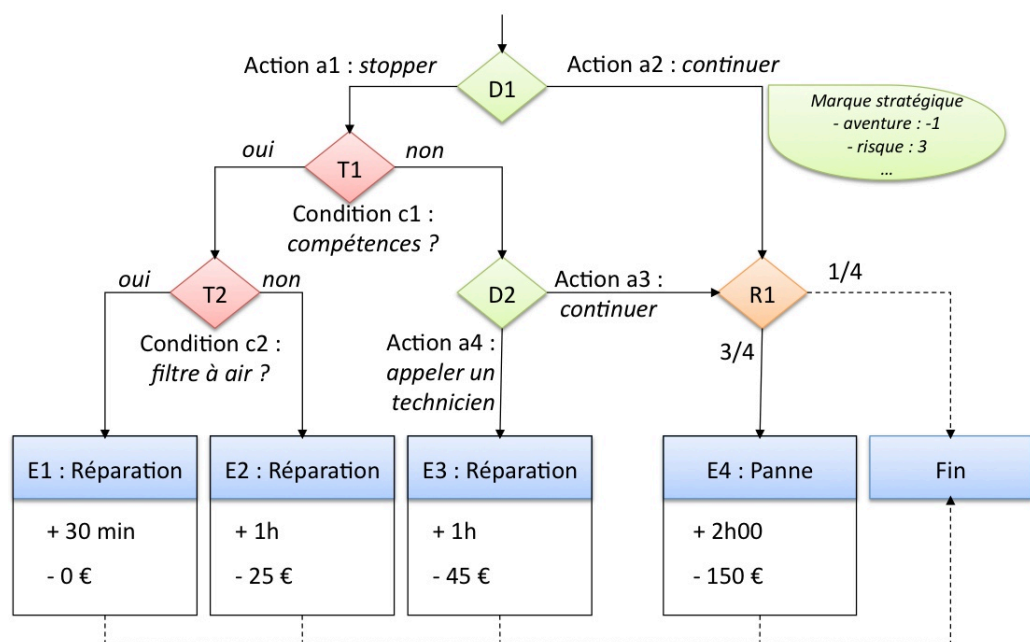


Figure 40 Exemple de graphe d'actions pour le jeu Bivouac

Ce graphe décrit de manière formelle les actions possibles lors d'une scène du jeu. Dans le cas présent, lors d'un rallye automobile, la voiture du joueur se met à ralentir, les performances diminuent fortement. On demande alors au joueur ce qu'il souhaite faire : il a le choix entre s'arrêter ou continuer (nœud D1). S'il s'arrête, on teste s'il a les compétences nécessaires pour diagnostiquer la panne (nœud T1). Si oui, le joueur voit que le filtre est encrassé et s'il en a un de

rechange (nœud T2), il peut le changer, dans le cas contraire il doit faire appel au camion d'assistance du rallye. S'il n'arrive pas à diagnostiquer la panne, il peut choisir entre continuer sa route (avec risque de panne) ou appeler le camion d'assistance (nœud D2). Dans le cas où le joueur décide de continuer, on donne 3 chances sur 4 à la possibilité d'encrasser complètement le filtre à huile (nœud R1) et donc de devoir faire appel au camion suite à une panne.

Par ailleurs, des marqueurs stratégiques sont également insérés dans ce graphe (au niveau des *D-nodes*, un exemple est donné en haut à droite de la figure 40). Ils qualifient les choix possibles par rapport aux variables stratégiques définies précédemment (i.e. risque, terme, aventure, ...). Ces marqueurs sont définis par les concepteurs du jeu, les plus à même d'évaluer des actions dont les impacts stratégiques sont subjectifs. Le joueur virtuel peut s'appuyer sur ces marqueurs pour orienter ses décisions de façon instinctive. Nous exposons dans la partie suivante le mécanisme complet de prise de décision d'un joueur virtuel.

4.5.3.3 Mécanisme de décision d'un joueur virtuel

Le mécanisme de décision d'un joueur virtuel est au centre de la simulation et détermine la qualité des comportements simulés. Lorsque le joueur virtuel doit prendre une décision, il se réfère au graphe d'actions correspondant. Les nœuds de décision lui indiquent le nombre de solutions qui lui sont offertes. Il évalue ensuite son attirance pour chaque solution. Nous choisissons de définir les comportements des joueurs virtuels selon une double attraction :

- **attraction instinctive** (orientée stratégie) : application de la stratégie favorite en analysant les marqueurs insérés dans le graphe. Cette attraction est calculée par un algorithme de comparaison simple (*matching*).
- **attraction rationnelle** (orientée objectifs) : guidée par les buts à atteindre et tenant compte des variables d'état actuel du joueur (score, argent, ...). Cette attraction est calculée en utilisant des algorithmes de parcours d'arbres.

Une pondération arbitre la décision finale. Cette pondération peut être globale ou par profil de joueur : joueurs plutôt instinctifs ou plutôt « calculateurs » (anticipant les actions à venir). Afin d'introduire de la variabilité, la décision peut être donnée avec une probabilité de choix (par ex. 75% de chances de prendre la solution A, contre 25% de chances de prendre la B).

Pour l'attraction rationnelle, les fonctions récursives suivantes ont été définies :

- attraction (D-node) = $\max(\text{attraction}(\text{succ}_i))$,
où succ_i sont les successeurs du nœud
- attraction (E-node) = $\text{utility}(\text{event}_i) [+ \text{attraction}(\text{succ})]$
où event_i sont les événements liés au nœud
et succ l'unique successeur éventuel, si cet E-node n'est pas une extrémité
- attraction (R-node) = $\sum_i \text{probability}(\text{succ}_i) * \text{attraction}(\text{succ}_i)$
où succ_i sont les successeurs du nœud
- attraction (T-node) = attraction (succ)
où succ est le successeur qui répond positivement au test

La fonction *utility* sert à déterminer l'intérêt d'un événement pour le joueur. Elle a été choisie en s'appuyant sur des concepts de la théorie des jeux (Von Neumann & Morgenstern, 1944), d'aversion aux risques (Pratt, 1964) et de la théorie des perspectives (Kahneman & Tversky, 1979). Des détails sur les choix de cette fonction sont donnés dans (Manin, George & Prévôt, 2006). Dans cette fonction, y_i sont les possibilités positives (gain) et p_i leurs probabilités, z_j sont les possibilités négatives (perte) et q_j leurs probabilités, et λ est un coefficient d'aversion au perte :

$$\text{utility}(\text{event}_i) = \sum_i p_i \sqrt{(y_i)} + \sum_j q_j \sqrt{(\lambda z_j)}$$

En intégrant ces fonctions dans notre simulateur, le joueur virtuel peut faire des choix en fonction de son profil et en s'appuyant sur un mécanisme basé sur les sciences économiques qui rendra son comportement plus réaliste (Labani, 2003).

4.5.3.4 Implémentation du simulateur

En nous inspirant des travaux de Hayes-Roth (1995) nous avons développé un joueur virtuel avec une architecture d'agent. Il est composé de trois modules (figure 41) :

- Un module de **perception**, dont le rôle est de recevoir les informations qui parviennent du moteur du jeu : événements, questions, actions des autres joueurs, etc.. S'il s'avère qu'un événement demande une réaction de la part du joueur virtuel, il peut soit communiquer directement avec le module d'action si sa réaction est de type réflexe ; soit communiquer l'information au module de décision.
- Un module de **décision**, dont le rôle est de résoudre les problèmes qui lui sont posés. Ce module implémente les fonctions définies ci-dessus.
- Un module d'**action**, qui met en application la décision du joueur virtuel. Il s'agit ici de communiquer au moteur du jeu le choix du joueur virtuel.

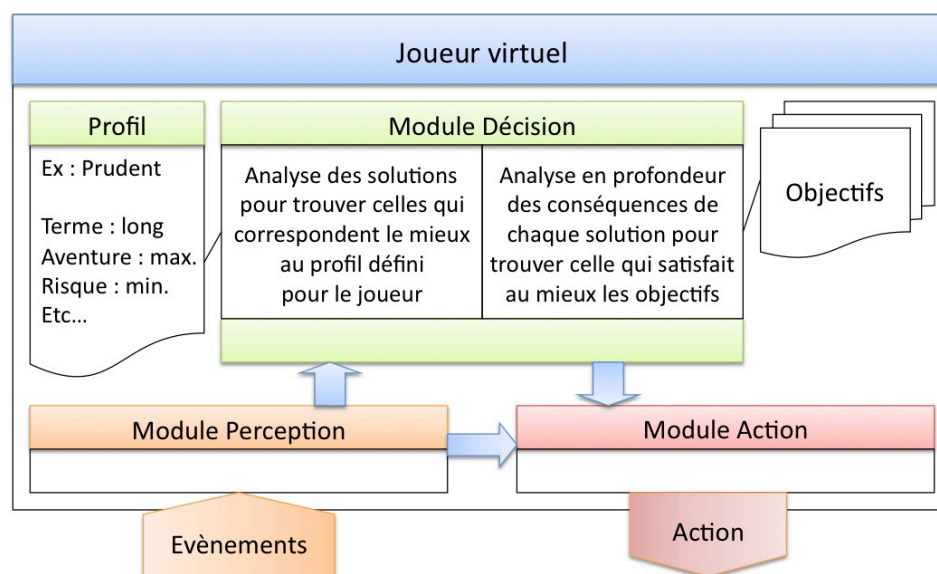


Figure 41 Modèle d'un joueur virtuel

Le simulateur a été développé en java et les données sont représentées dans des fichiers XML (profil, graphe d'actions). Il est ainsi possible de modifier très rapidement des paramètres du profil ou du graphe d'actions pour tester divers comportements du simulateur.

4.5.3.5 Tests du prototype

Le prototype a été testé avec le graphe d'actions du jeu Bivouac. Les joueurs virtuels effectuent bien les actions en conformité avec leurs profils et leurs objectifs. Les tableaux suivants ont été obtenus en **simulant le comportement des joueurs virtuels** à partir du graphe d'actions présenté sur la figure 40. On a supposé pour ces tests que les joueurs avaient les compétences nécessaires au diagnostic de la panne et avaient un filtre de rechange. Le tableau 4 montre le comportement des joueurs en fonction de leurs profils (**attraction instinctive**). Le joueur doit décider s'il veut s'arrêter ou continuer dans le rallye suite à un incident.

Tableau 4 Exemple de résultats pour l'attraction instinctive

Types de joueurs	Attraction instinctive des choix (négatif = répulsion ; positif = attirance)	
	« S'arrêter »	« Continuer »
Joueurs ambitieux ou prudent	1	-2
Joueur curieux ou neutre	0	1
Joueurs étourdi, kamikaze ou nonchalant	-1	2
Joueurs agressif, fonceur ou pressé	-3	2

Les joueurs les plus prudents sont effectivement les joueurs ambitieux et prudent et les plus prompts à continuer sont bien ceux attendus : agressif, fonceur, pressé, kamikaze et nonchalant. Ces choix dépendent directement des marqueurs

stratégiques insérés dans le graphe. Ces marqueurs peuvent être affinés pour améliorer le réalisme des comportements.

Le tableau 5 montre un deuxième test réalisé en prenant en compte cette fois l'**attraction rationnelle**. Nous avons joué sur deux paramètres qui sont la somme d'argent et le temps dont le joueur virtuel dispose.

Tableau 5 Exemple de résultats pour l'attraction rationnelle

Types de joueurs	Attraction rationnelle des choix (négatif = répulsion ; positif = attirance)	
	« S'arrêter »	« Continuer »
Cas 1 : joueur ayant 0 argent et 0 temps	-18.70	-24.44
Cas 2 : joueur ayant 100 argent et 100 temps	17.59	15.27
Cas 3 : joueur ayant 10.000 argent et 10.000 temps	199.77	199.60

Les résultats sont conformes au principe de la théorie de l'**utilité espérée**. Dans le cas 1, comme le joueur n'a ni argent ni temps, il rejette les deux solutions, mais plus nettement la seconde (continuer). Dans le deuxième cas, le joueur préfère encore la première solution (s'arrêter). Dans le cas 3, là où le joueur est le plus riche et possède le plus de temps, aucun choix ne se démarque clairement. C'est l'expression de la *diminishing marginal utility*⁶¹.

Ces deux tests illustrent le fait que notre solution aboutit à des comportements réalistes de joueurs. Comme nous l'avons précisé, la décision finale est le résultat d'une pondération entre attraction instinctive et attraction rationnelle (en les ramenant sur des échelles équivalentes). En mettant des poids identiques, les choix finaux sont cohérents pour le jeu Bivouac. Des retours d'usage du simulateur sur d'autres jeux permettront d'affiner ces poids.

4.5.4 Discussion et positionnement du travail

Les travaux sur la simulation de joueurs virtuels pour tester des jeux éducatifs sont originaux dans leur approche. Ils se rapprochent sur certains points des recherches sur les ITS (*Intelligent Tutoring System*) qui visent à concevoir des systèmes jouant le rôle des enseignants pour suivre et conseiller les apprenants. Généralement, les ITS reposent sur une triple expertise : celle du domaine à enseigner (modèle du domaine), celle de l'enseignement (modèle pédagogique) et celle des connaissances de l'apprenant (modèle de l'apprenant). Les systèmes ITS sont avant tout des simulateurs de comportements d'un enseignant. Dans certains ITS, un apprenant peut aussi être simulé par un agent informatique pour tenir le rôle de **compagnon d'apprenants** réels. Chou, Chan et Lin (2003) définissent ce *learning companion* comme un « *computer-simulated character, which has*

⁶¹ l'utilité n'est pas linéaire, mais dégressive comme le signalait Bernoulli dès 1738

human-like characteristics and plays a non-authoritative role in a social learning environment ». Même si ces agents peuvent se comporter comme des apprenants réels, leur objectif premier est pédagogique et ils sont modélisés en conséquence.

Dans nos travaux, les joueurs virtuels sont destinés à tester un jeu par la variété des comportements qu'ils incarnent. La recherche doit donc se préoccuper d'identifier cette variété de façon réaliste. Les travaux les plus proches sont ceux de Rogé et Labat (2004) ayant pour objectif de proposer une méthode pour créer des joueurs virtuels pour **remplacer des joueurs humains** dans des simulations éducatives. La solution retenue est de type système expert. Les auteurs ont défini 3 types de joueurs différents : agressif, neutre et prudent. Des tests ont montré que le joueur neutre était souvent le meilleur des 3, ceci montre la difficulté de paramétrage de ce type de simulateur. Comme dans nos travaux, le simulateur de comportements de joueur est un système que l'on peut qualifier d'épiphyte car il vient se greffer à un jeu existant sans en modifier le moteur. Par contre, dans notre cas, les joueurs virtuels ont accès à des données qu'un joueur normal n'a pas (les marqueurs stratégiques par exemple). Si le but du simulateur est seulement de tester un jeu, cela ne pose pas de problème mais s'il doit être confronté à des joueurs réels, le résultat du jeu peut être faussé. Pour utiliser SIMCA comme simulateur de co-joueur, nous devrions aussi prendre en compte des aspects temporels (c'est-à-dire le temps de réalisation des actions). Cette prise en compte aurait aussi l'avantage de pouvoir aider à estimer la durée des jeux avant leur utilisation.

Différentes pistes de recherche peuvent être envisagées pour nos travaux. Les comportements des joueurs virtuels pourraient être affinés, en particulier en autorisant des **changements de stratégies** en cours de jeu suivant les résultats obtenus, suivant les erreurs commises (apprentissage) ou suivant des émotions qui dépendraient du contexte. Pour simuler des équipes, un modèle d'interactions entre joueurs pourrait être ajouté pour prendre en compte la compétition ou la collaboration et ainsi pouvoir tester les jeux en équipe.

L'idée du simulateur pour tester les jeux d'entreprise avant leur réalisation peut être **reprise pour les EIAH en général**. Tester de façon méthodique et statistique toutes les actions possibles des apprenants est selon nous complémentaires des approches classiques consistant à observer l'usage d'un EIAH. L'avantage premier est de pouvoir réaliser des tests dès la phase de conception, révélant ainsi des défauts de structure (blocage, manque de ressources, écrans difficilement atteignables, ...). En outre, ces tests sont instantanés alors que les retours d'usage réclament des centaines d'heures. En résumé, les tests avec de vrais apprenants en situation réelle sont indispensables mais d'autres types de tests peuvent contribuer à l'amélioration globale des EIAH, raccourcissant ainsi l'atteinte des objectifs qualité.

4.6 Conclusion

Les recherches présentées dans ce chapitre visent à définir puis instrumenter un processus de création de jeux d'entreprise, des *learning games* particuliers fondés sur des mises en contexte pour favoriser le développement de compétences métier. Les objectifs sont de **réduire les temps et coûts** de création, de donner accès aux enseignants à des environnements auteurs limitant les tâches répétitives et **encourageant leur créativité**, et d'**améliorer la qualité** des jeux produits. Ces objectifs ambitieux nécessitent de passer par des étapes intermédiaires. Nous avons franchi une étape importante en décrivant précisément un processus de création multi-acteurs et en instrumentant les phases de définition des compétences métiers et de conception du scénario ludo-pédagogique. La validation technique a été faite en effectuant la rétro-ingénierie d'un jeu existant. Des expérimentations à venir avec des concepteurs donneront davantage d'informations sur l'utilité et l'utilisabilité du système. Concernant le support d'une démarche qualité, nous avons entrepris de soutenir les concepteurs de scénarios en leur fournissant des simulateurs pour réaliser des tests avec des joueurs virtuels. Un prototype a montré la faisabilité de cette approche innovante. Il nous reste à intégrer ce simulateur dans l'environnement de création et à ajouter d'autres types d'outils qualité : conseils pour la scénarisation, aide à la définition de capteurs pour tracer l'utilisation, automatisation des tests fonctionnels après réalisation, génération de tableaux de bord, ...

Les principales contributions de nos travaux peuvent être positionnées selon les niveaux définis par Hong, Suh et Kim (2009), même si nous sortons quelque peu du cadre des *context-aware systems* pour lesquels ils ont été définis :

- **conceptuel** : assistance à la création de situations d'apprentissage en contexte,
- **infrastructure** : technique de scénarisation de situations de jeu organisées autour des compétences visées,
- **intergiciel/contextualisation** : modèle de scénario ludo-pédagogique ; meta-données de composants de jeux réutilisables (LOM-SG),
- **applicatif** : atelier de création de jeux d'entreprise pour favoriser la construction de compétences métiers,
- **interaction homme-machine** : instrumentation multi-acteurs du processus de création de jeux d'entreprise.

Le travail sur l'ingénierie des jeux d'entreprise contribue également à une meilleure définition des *learning games* et à leur modélisation. Le domaine est récent mais peut s'appuyer sur les avancées du *e-learning*, notamment en termes d'interopérabilité et de définition de standards, pour proposer rapidement des solutions assurant une bonne réutilisabilité (assemblage de briques élémentaires, adaptation de scénarios, mutualisation des ressources, ...) et une interopérabilité avec les systèmes de formation (gestion globale de formations, gestion des compétences métiers, certifications, ...).

Conclusion et perspectives de recherche

Bilan des travaux et mise en perspective

L'objet principal de mes⁶² recherches est la prise en compte du contexte dans les environnements informatiques support à la formation. Les problématiques traitées concernent, d'une part, la conception de systèmes de discussions s'adaptant au contexte des apprenants et des enseignants pour faciliter leurs échanges et, d'autre part, l'assistance à la création de situations favorisant des apprentissages par des mises en contexte. Mon activité s'est organisée autour de projets de recherche dans les domaines de la formation en ligne et des *learning games*. Dans le cadre de la formation en ligne, les contributions majeures se situent au niveau de la conception de modèles prenant en compte les contextes des utilisateurs pour inciter et soutenir des communications contextuelles, c'est à dire liées à des éléments de contexte (ressources, activités, connaissances). Dans le cadre des *learning games*, les contributions principales concernent la définition d'un processus de création de jeux d'entreprise et son instrumentation informatique intégrant des contrôles qualité. Je vais maintenant mettre en perspective ces travaux en indiquant des poursuites possibles et en dégageant des applications dans des domaines autres que éducatifs.

Les travaux sur les communications contextuelles peuvent trouver des applications directes dans le **domaine de l'entreprise** (travail collaboratif à distance, gestion de projet, gestion de connaissances, ...). Le principe du forum contextuel peut s'appliquer d'une manière plus générale aux systèmes d'information (SI). Le modèle proposé est en effet générique. Il repose sur l'établissement d'un parallèle fort entre les activités réalisées par l'utilisateur (apprentissage, travail) et ses activités de discussion. En reprenant le modèle CONFOR, il est tout à fait possible de lier les documents et les ressources d'un SI à des fils de discussions. Ceci aurait l'avantage de **structurer les échanges dans les entreprises** autour des documents du SI. L'un des principaux problèmes rencontré dans les entreprises est la communication des bonnes informations aux bonnes personnes et au bon moment. Les discussions contextuelles peuvent être un complément intéressant aux outils de gestion de contenu afin de développer les interactions entre personnes et contribuer à la transformation d'informations brutes en connaissances structurées. En particulier, le modèle de contextualisation des discussions selon les connaissances (cf. partie 2.4.3.5) peut être un modèle pertinent dans une démarche de gestion de connaissances d'une entreprise. Des outils de discussions contextualisées auraient l'avantage de soulager les outils de *mail* bien souvent saturés.

Le modèle d'interconnexion de communautés de pratique (ICP) et l'environnement associé TE-Cap offrent plusieurs perspectives de recherche. Une première perspective concerne l'ajout de fonctionnalités de **personnalisation** à la

⁶² Dans ce chapitre final, le *nous de modestie* utilisé jusqu'alors laisse sa place à la première personne du singulier pour marquer le caractère plus personnel des perspectives et projets de recherche développés.

plate-forme. Il s'agirait d'identifier des profils d'utilisateurs (novice, expert, ou autres en fonction du domaine) à partir d'informations déclarées par les utilisateurs eux-mêmes (identité, compétences, ...) et à partir de traces d'utilisation traduisant leurs comportements. Ces profils pourraient servir à adapter automatiquement la plate-forme (type de données, fonctionnalités avancées, niveau de détail des informations, ...) et à proposer des ressources pertinentes (suggestions de contacts ou de documents).

Le modèle ICP est générique et instanciable à tout groupe de personnes voulant échanger en ligne sur une activité pour développer leurs compétences et leurs expertises. Là encore, des applications autres qu'éducatives sont envisageables. La plate-forme TE-Cap a été développée pour soutenir une communauté de tuteurs mais est utilisable par d'autres communautés, moyennant une **adaptation de la classification** aux pratiques de cette communauté (catégories, vocabulaire, ...). Pour faciliter cette adaptation, il serait intéressant de concevoir un système de classification semi-automatique : à partir d'une analyse automatisée du texte d'un message ou d'une ressource, le système proposerait à l'utilisateur des rubriques de classement (en laissant le choix à l'utilisateur de les accepter ou non). La classification évoluerait alors rapidement jusqu'à sa stabilisation au bout de quelques mois d'échanges. Cette évolution est un objet d'étude intéressant et serait à rapprocher de travaux sur l'explicitation du contexte dans les réseaux sociaux (Brézillon, 2005).

Nos travaux sur les processus et environnements de création de jeux d'entreprise entrent en phase d'évaluation, ce qui amènera à fixer de nouveaux objectifs en fonction des retours d'usage. Néanmoins, je peux dès à présent dégager des perspectives. La première se trouve au niveau du simulateur de comportements de joueur qui ne prend pour le moment pas en compte les aspects **collaboratifs ou compétitifs entre joueurs**. Pour les prendre en considération, le modèle SIMCA devra être complété par des modèles d'interactions entre joueurs. De nouveaux paramètres devront être introduits comme la confiance/méfiance, la sympathie/antipathie pour simuler des comportements réalistes. Avec un simulateur plus complet, il sera alors également possible d'utiliser les joueurs virtuels pour compléter des équipes d'apprenants (utile dans le cas où le nombre de joueurs minimum ne peut être atteint pour démarrer une session de jeu).

Une deuxième perspective réside dans la volonté d'ajouter des fonctionnalités dans l'environnement de création EDoS pour assister la **réutilisation de l'existant**, que ce soit en termes de scénarios ou de composants d'IHM. Dans les deux cas, le problème se situe au niveau de la cohérence à maintenir (intégration **pédagogique**, intégration **ludique** et intégration **ergonomique**). Les travaux entrepris avec l'atelier de création intégrant des conseils et des outils de tests qualité ont ouvert une voie prometteuse pour faciliter le travail des équipes de création de jeux d'entreprise. Il sera intéressant de voir comment les modèles et outils conçus pourraient être étendus pour répondre à des besoins plus larges de création de *learning games* (visant d'autres types de connaissances et utilisant d'autres types de jeu).

Programme de recherche

Cette section présente 2 axes de recherche que je compte explorer dans les années à venir. Ces 2 axes sont liés par un projet scientifique global centré sur la **contextualisation des interactions et des apprentissages**.

1^{er} axe de recherche : trace, sens et interopérabilité

Le premier axe concerne le traçage des activités des utilisateurs, la trace étant un élément important pour saisir tout contexte. Les travaux actuels dans ce domaine ont abouti à une meilleure formalisation des traces. Des verrous demeurent cependant et je compte m'attaquer à 2 verrous en particulier. Le premier concerne l'**analyse sémantique** des traces d'interactions humaines médiatisées et plus précisément dans des contextes d'apprentissage. Le deuxième verrou se trouve dans la difficulté actuelle d'**appréhender les traces de façon transversale** entre outils et oblige à trouver des solutions pour une meilleure interopérabilité entre les systèmes captant et gérant les traces. Ces questions de recherche sont instanciées au travers de 2 projets décrits ci-dessous.

Indicateurs d'interactions médiatisées s'appuyant sur des analyses sémantiques

L'analyse des traces d'interactions entre personnes a principalement été abordée de façon quantitative dans nos travaux. J'ai comme projet de recherche de compléter cette approche par des méthodes d'analyse qualitative. Il existe des solutions pour effectuer des analyses sémantiques de contenus en utilisant des techniques de **Traitement Automatique des Langues** (TAL). Ce projet nécessitant des compétences très pointues en analyse de texte, il se fera en collaboration avec le laboratoire LIDILEM (Laboratoire de linguistique et didactique des langues étrangères et maternelles). Des réunions ont déjà été effectuées et l'objectif est de co-encadrer une thèse sur ce thème. Les principaux objectifs visés sont de mesurer :

- le lien et l'apport d'un message dans une activité d'apprentissage,
- le degré de collaboration entre apprenants,
- l'impact des discussions dans la construction de connaissances.

L'une des difficultés se situe dans l'intégration de techniques d'analyse sémantique donnant des résultats satisfaisants tout en étant suffisamment simple pour être mises en œuvre dans les systèmes de formation en ligne actuels (le TAL étant souvent gros consommateur de ressources). Par ailleurs, un point marquant réside dans la **relation duale** qui existe entre le contexte d'un utilisateur et les communications médiatisées. D'une part, le contexte peut servir à mieux interpréter le contenu des discussions et, d'autre part, la compréhension du sens des messages peut aider à préciser le contexte de l'utilisateur (par exemple, en ayant des informations sur ce qu'il a prévu de faire). Un objet de recherche consistera à trouver des modèles et des solutions techniques pour tirer partie cette dualité.

Ce projet sera l'occasion d'intégrer d'autres sources que les communications dans les analyses. En effet, la communication ne représente qu'une partie des activités collectives. Je pense en particulier intégrer le traçage des **activités de production** des apprenants (les productions écrites, qu'elles soient rédigées individuellement ou collaborativement) dans les analyses. Ce traçage reprendra l'approche de traçage proposée dans TrAVis intégrant la prise en compte des interactions homme-machine (traçage du processus de production). Ce travail aboutira à la construction d'indicateurs pour amener les apprenants à avoir une approche réflexive sur leurs activités d'apprentissage collectif et pour aider les tuteurs à mieux percevoir les interactions et collaborations dans les groupes d'apprentissage. Les analyses de traces et diagnostics seront réalisés en temps réel et consultables immédiatement ou *a posteriori*. Je souhaite privilégier une approche participative, en amenant les utilisateurs à évaluer les informations fournies par les indicateurs. En effet, les utilisateurs sont les plus à même de corriger les informations non satisfaisantes, le système pouvant alors « apprendre » de ces corrections. Ce type de **partenariat homme-machine** est une solution pour construire de manière progressive des solutions adaptées, en cherchant à tirer au mieux partie des capacités perceptives et calculatoires de chacun des deux partenaires.

Étude de l'interopérabilité entre systèmes manipulant des traces

Durant ces dernières années, une avancée importante a été faite sur l'explicitation des traces en tant qu'objet dans les systèmes informatiques. De plus en plus de systèmes, et d'EIAH en particulier, produisent des traces de manière formalisées et les exploitent notamment en produisant des indicateurs à destination des utilisateurs finaux. La formalisation des traces est désormais suffisamment aboutie pour aborder les questions d'interopérabilité entre traces. Bien entendu, il est impossible de définir un format de trace universel mais il est par contre possible de définir des moyens et des techniques pour les transformer et les échanger. L'idée est de faire des ponts entre les applications qui créent et manipulent des traces afin de changer le focus des analyses possibles :

- du **micro au macro** : ne plus considérer le traçage et l'analyse d'une activité particulière avec une application informatique précise mais pouvoir prendre en compte l'utilisation de différentes applications par un même utilisateur,
- du **court terme au long terme** : pouvoir suivre les activités d'un utilisateur sur des périodes longues (plusieurs mois, voire plusieurs années) même si celui-ci décide de changer d'outils informatiques (plate-forme d'apprentissage, outils de communication, outil de navigation, ...).

L'idée principale est donc de pouvoir raisonner à un autre niveau. Par exemple, un apprenant peut réaliser des activités d'apprentissage sur une plate-forme en ligne particulière et utiliser un autre logiciel (de type CSCL) pour collaborer sur un projet avec d'autres apprenants. Rendre les traces interopérables entre ces deux environnements informatiques apportera la possibilité de créer des **indicateurs transversaux** à partir des activités individuelles et collaboratives.

Dans ce cas, les indicateurs peuvent être produits par l'un ou l'autre des systèmes ou encore par un troisième système spécialisé dans l'analyse de traces et la création d'indicateurs. Ce projet pourra s'appuyer sur des travaux ayant pris en compte le caractère distribué des systèmes d'apprentissage en ligne pour tracer les activités (Wolpers *et al.*, 2007; Butoianu, Vidal & Broisin, 2009).

Les verrous scientifiques se situent à la fois à un niveau **conceptuel** pour la transformation des traces (verrou pluridisciplinaire) et à un niveau **technique** pour l'échange d'informations entre systèmes. Lever ces verrous fait partie des objectifs actuels du projet « personnalisation des EIAH » du cluster ISLE, avec la création d'un démonstrateur d'interopérabilité entre traces. Dans ce cadre, une collaboration est en cours avec l'équipe Syscom de Chambéry sur un projet nommé FATMA⁶³ (*Forum Analysis for Tutoring Mediated and Assisted*). Cette équipe a conçu un outil nommé CARTE (*Collection, activity Analysis and Regulation based on Traces Enriched*) qui analyse et structure automatiquement des traces d'utilisation au cours d'une activité d'apprentissage (Courtin, 2010). L'objectif est de coupler TrAVis et CARTE afin de fournir de nouveaux indicateurs à partir de l'analyse de traces provenant de sources différentes. Dans un premier temps, des passerelles seront développées afin pouvoir **transférer** (exporter/importer) les modèles de traces d'un outil à l'autre et **fusionner** (coupler) les modèles de traces des deux outils dans le but d'enrichir les informations. Dans un deuxième temps, l'analyse et la visualisation des traces fusionnées seront étudiées, en particulier pour construire, à l'aide de TrAVis et CARTE, des indicateurs d'interaction qu'aucun des deux outils **ne peut construire seul**. Par exemple, Travis fournira des traces de communications médiatisées à l'outil CARTE qui pourra alors repérer des séquences particulières dans ces traces à l'aide de règles à définir. Les séquences repérées seront alors renvoyées à l'outil TrAVis pour une restitution visuelle.

Cette interopérabilité entre systèmes à base de traces doit s'accompagner d'une réflexion sur la mise à disposition d'**outils d'édition d'indicateurs** pour les utilisateurs finaux. Ces outils d'édition devront être simples et ergonomiques pour permettre aux utilisateurs de combiner ou de créer de nouveaux indicateurs en fonction de leurs besoins. En effet, d'une part, il est très difficile d'identifier les besoins des utilisateurs avant la mise à disposition d'un système et, d'autre part, les utilisateurs sont demandeurs d'une certaine liberté dans l'exploitation des traces. Cette idée peut se traduire par le concept de **maniabilité**, les utilisateurs finaux devant pouvoir instrumentaliser les outils de gestion de traces en fonction de leurs objectifs. Les apprenants et les enseignants deviennent ainsi des acteurs à part entière de la transformation des traces. Une approche de type *widgets* paramétrables sur le web peut être une solution efficace pour ces outils d'édition. Dans cette optique, je pense qu'il est utile de se rapprocher des plates-formes éducatives largement déployées (comme *moodle* ou *dokeos*) mais aussi des plates-

⁶³ Ce action est financée dans le cadre du PPF Apprentice

formes web non éducatives (comme des environnements support de réseaux sociaux) pour y intégrer des composants de gestion de traces et de création d'indicateurs. C'est le passage nécessaire pour avoir des usages significatifs et des évaluations à grandes échelles.

2^{ème} axe de recherche : méthodes, modèles et outils pour l'apprentissage en contexte

Le deuxième axe de mon programme de recherche vise à apporter des réponses sur le plan des méthodes, modèles et outils pour la création de dispositifs support à des apprentissages contextualisés. Un objectif est d'aboutir à des contextualisations plus riches par l'utilisation d'interactions homme-machine innovantes (réalité mixte). Un autre point concerne la proposition d'une approche dirigée par les modèles pour la création de *learning games*. Deux projets visant des avancées sur ces points sont décrits ci-dessous.

Usage de la réalité mixte pour améliorer la contextualisation des apprentissages

La création de jeux d'entreprise a pour objectif de favoriser des apprentissages par des mises en contexte. Il serait utile de créer des situations **plus proches du réel** notamment pour l'acquisition de compétences métiers fortement liées au terrain (par exemple des gestes techniques ou des procédures à exécuter dans des environnements complexes impossibles à simuler). Pour y parvenir, une solution est de dépasser l'utilisation classique de l'ordinateur et d'exploiter des techniques de **réalités mixtes**. La « réalité mixte » désigne un *continuum* qui relie les mondes physique et numérique. Le terme de Réalité Mixte (RM) regroupe schématiquement deux composantes (Milgram & Kishino, 1994) :

- la Réalité Augmentée (RA) où l'on est dans le monde réel et où le virtuel vient ponctuellement enrichir le réel (par exemple en incrustant des informations sur le pare-brise d'une voiture),
- la Virtualité Augmentée (VA) où, à l'opposé, on est dans un monde virtuel et on enrichit celui-ci avec des objets du réel (par exemple pour manipuler des objets du monde virtuel avec des objets réels, nommés alors interfaces tangibles).

Le fait d'ajouter à des objets réels des informations non perceptibles naturellement est d'un intérêt certain pour des situations de formation. Il existe des études dans ce sens, comme celle de Stedmon et Stone (2001) qui montre qu'en **augmentant des artefacts physiques** avec des informations qui y sont associées, cela facilitait la compréhension de concepts techniques. Plus récemment, Yin (2010) a étudié comment des artefacts physiques (des machines industrielles ou des ordinateurs) pouvaient être augmentés avec des données numériques pour favoriser un **apprentissage juste à temps** afin d'effectuer une tâche de maintenance ou de dépannage.

La réalité mixte semble donc tout à fait adaptée pour des apprentissages de gestes, d'actions et d'opérations, notamment sur le terrain et en situation de mobilité. Même s'il est encore trop tôt pour tirer des conclusions sur l'efficacité pédagogiques de ces systèmes de RM (Anastassova *et al.*, 2007), les

apprentissages visés semblent relever plutôt du court terme. Pour dépasser ces apprentissages court terme il convient de mettre en place des scénarios pédagogiques plus élaborées. En couplant la RM et les *learning games*, il est possible de combiner les **aspects motivants et situés** de la RM et les aspects **ludiques et scénarisés** des *learnings games*. C'est dans ce sens qu'a été lancé le projet SEGAREM (SErious Game et Réalité Mixte), projet accepté dans cadre de l'appel « *serious gaming* » du volet numérique du plan de relance économique du ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi. Ce projet, dont je suis le responsable scientifique, a débuté en 2010 et va durer 3 ans. Les verrous scientifiques du projet SEGAREM se situent essentiellement à deux niveaux :

- Le premier niveau concerne la **méta-modélisation des éléments des scénarios** pour définir un modèle générique adaptable et réutilisable de *learning games* utilisant de la réalité mixte. Ce méta-modèle assurera la flexibilité et l'évolutivité des systèmes développés et sera utilisé pour construire une base de *patterns* de scénarios. Chaque *pattern* décrit des actions au sens large et doit pouvoir être adapté à des situations particulières. Ce travail s'appuiera sur les modèles élaborés dans le projet LGF pour des *learning games* « classiques ».
- Le deuxième niveau concerne la **modélisation des objets de la réalité mixte**. Il s'agit de définir un modèle de représentation prenant en compte les dimensions spatiales et temporelles nécessaires à la modélisation des objets et des interactions qu'ils peuvent supporter. L'objectif est de construire un système donnant la possibilité de choisir si un objet (ou un outil) est virtuel ou réel dans une situation particulière (même moteur informatique et choix des vues et des interactivités). Cela nécessite de concevoir une architecture qui facilite le passage de l'un à l'autre et qui supporte des interactions de différentes natures.

Les expérimentations qui seront menées dans le cadre de ce projet auront pour objectif d'analyser les **facteurs de succès** et les **limites** pour la conception et l'usage de *learning games* utilisant des techniques de réalité mixte (identification de bonnes pratiques, adéquation entre type d'interaction et type d'apprentissage).

Au-delà de la réalité mixte, d'autres types d'interactions seraient pertinents à étudier dans le cadre des *learning games*. Je pense notamment aux jeux de rôle en ligne massivement multi-joueurs (MMORPG en anglais pour *massively multiplayer online role-playing game*). Ces « mondes persistants » semblent appropriés pour inciter les apprenants à analyser des situations avec différents points de vue.

Vers une création de *learning games* dirigée par les modèles

Les *learnings games* sont des applications informatiques complexes dans le sens où leur conception doit être abordée sous **différents angles** (pédagogique, ludique, scénaristique, interactionnel, ...). Il existe une approche qui a fait ses preuves pour la conception et la réalisation d'applications complexes : l'**Ingénierie Dirigée par les Modèles** (IDM) (Schmidt, 2006). Cette approche vise à déplacer la complexité de réalisation des applications logicielles, de

l'écriture du code du logiciel (la programmation) vers la spécification de l'application (la modélisation). L'IDM se fonde sur la spécification abstraite d'une application (indépendante de toute mise en œuvre) pour produire automatiquement, en totalité ou en partie, le code de cette application. Pour passer de cette spécification abstraite au code, l'approche repose sur des modèles qui subissent des transformations successives. Avec l'IDM, les modèles sont ainsi **productifs**, et non plus seulement descriptifs ou contemplatifs, grâce aux transformations possibles entre eux. Pour cela, il est indispensable de décrire les modèles avec des langages, ces langages étant définis par des méta-modèles.

L'IDM est actuellement considérée comme pertinente pour le développement des EIAH (Choquet, 2007). Dans le cas des *learning games*, je trouve particulièrement intéressante l'IDM pour l'« *appréhension des applications selon différents points de vues tout en intégrant comme fondamental la composition et mise en cohérence de ces perspectives* » (Bézivin et al., 2004). Voici une liste non exhaustive de modèles à articuler dans une approche IDM des jeux d'entreprise :

- modèle de compétences : formalise les objectifs d'apprentissage (en termes de compétences mais aussi de connaissances et comportements),
- modèle de contexte : décrit l'activité, les acteurs, le lieu, les outils, les objets
- modèle de scénario : intègre plusieurs autres modèles entremêlés (modèle du scénario d'apprentissage, modèle du scénario du jeu),
- modèle IHM : décrit les interactions de l'utilisateur avec l'application,
- modèle d'utilisation : formalise les traces d'utilisation (à définir dès la phase de conception, incontournable dans une **approche qualité**),
- modèle informatique : est créé pour une plate-forme spécifique et utilisé pour générer une partie du code.

L'**articulation de ces modèles** est un verrou scientifique auquel je compte m'attaquer. Même si l'IDM vise l'automatisation des transformations entre modèles, je pense qu'il sera nécessaire de passer par des étapes intermédiaires avec des transformations semi automatiques. La place de l'humain sera à bien définir si l'on veut garder l'aspect **créatif** des jeux et laisser une **liberté** aux auteurs.

Conclusion

Mon objectif est de fédérer à moyen terme une équipe de recherche autour de la thématique centrale de la contextualisation des interactions et des apprentissages, avec pour champ d'étude privilégié les *learning games*. Les projets de recherche développés ci-dessus seront menés en **synergie** pour répondre à des questions d'ordre méthodologique (comment faire ? comment valider ?), conceptuel (modèles, processus, formalismes) et technique (architecture, environnement, interopérabilité). Les compétences des membres de l'équipe devront être complémentaires (EIAH, IHM, génie logiciel, ingénierie des connaissances) et des collaborations seront entretenues avec d'autres chercheurs pour renforcer le caractère pluri-disciplinaire des travaux (information et communication, sciences cognitives, sciences de l'éducation).

Annexes : sélection de publications

Bridging the Gap between Human Communication and Distance-Learning Activities

102 George

Chapter V

Bridging the Gap between Human Communications and Distance-Learning Activities

Sébastien George, INSA, Lyon, France

Abstract

This chapter introduces context-aware computer-mediated communication for distance learning systems. It argues that linking deeply communication to learning activities offers an interesting approach to develop the efficiency of systems in facilitating and increasing discussions between learners. To make this link, the author bases his work on various theories, such as communication theories, situated cognition theory, and activity theory. This theoretical study leads to research issues concerning a contextual forum model. The description of the computing implementation of this model aims at giving researchers some possible uses and

George S., Bridging the Gap Between Human Communications and Distance Learning Activities, book chapter in « *Cognitively Informed Systems: Utilizing Practical Approaches to Enrich Information Presentation and Transfer* », Eshaa M. Alkhalifa (Ed.), Idea Group Publishing, 2006, ISBN 1-59140-843-1, p. 102-116

recommendations in dealing with context-sensitive communication tools. Finally, the chapter mentions futures trends and suggests emerging research opportunities within the field of communication services that are able to adapt dynamically to the user's activity.

Introduction

In a distance-learning context, the emergence of learners' communities has a favourable impact on learning conditions. Indeed, in a socioconstructivist approach (Doise & Mugny, 1984), interactions between learners play a dynamic role to individual learning. However, distance discussion tools are not always really suitable for the emergence of learners' communities. Some works have highlighted that these phenomena are too rare in distance-learning environments (Gommer & Visser, 2001; Hotte & Pierre, 2002).

Forum tools currently used in online educational platforms are mostly unspecific to educational situations (George & Hotte, 2003). The discussion activities are not linked to the learning activities; consequently, this does not encourage the learners to use them for communication. Current distance-learning systems do not respect human communication process that is an "in-context" process (Jakobson, 1960). Our main idea is then to make communication more immediate during learning activities. The aim of this chapter is to describe the conception of forum models and tools that are specific to distance-learning systems. The research question lies in determining how to link discussion activities to learning activities by the mean of well-suited computer tools. On the whole, the work concerns the design of human communication systems that attempt to respect human thought process. We totally agree with the paradigm of "cognitively informed systems," which defines systems that utilize, as a basis for their design, some form of cognitive findings to enhance the effectiveness of the systems in achieving their targets. For the design of our communication system, some results from communication theories, situated cognition theory, and activity theory are used to develop the efficiency of the system in facilitating and increasing discussions between learners. These theoretical considerations guide the system design toward a more effective presentation of discussions.

The chapter concerns the design of forum models and tools which aim at promoting text-based asynchronous discussions during learning activities that are not collaborative a priori. During individual learning activities, to only

provide usual communication tools is not always sufficient to create interactions between learners and favour the construction of collective knowledge. Usual communication tools could be appropriate if a collective learning activity is set up, during a project-based learning, for example (George & Leroux, 2001). Nevertheless, in distance education, all learning activities cannot be collaborative, and the approach presented in the chapter aims at encouraging interactions during individual activities that do not commit learners to a forced collaboration.

We propose a forum model, named CONFOR (CONtextual FORum), which is based on two special features: contextual view and structuring. The contextual view of the forum, always visible, allows the learner to focus on pertinent discussions, that is, on messages that correspond to his/her activity. Contextualization is common in annotation systems but not in forum tools. Adding this feature to forums, the intention is to closely link communications to learning activities. To provide this contextual view, the discussions need to be structured. We suggest in this research two means of structuring: according to (1) the content structure of a course and to (2) the cognitive structure of a course.

This chapter starts with a discussion about some theories we rely on. This first part leads to the research issues. Then, two ways to structure contextual forums are detailed before proposing an approach to integrate them. Finally, we give some results of an experiment and we mention lines of future trends.

Theories, Background and Research Issues

This section presents a literature review to support our position. We conclude this section by stating our research issues.

Theories of Communication

Numerous theories of communication have been developed. The aim of this part is not to make a complete state of the art of these theories but to underline some aspects especially of interesting for the research.

According to the model of Jakobson (1960), all acts of communication, be they written or oral, are contingent on six constituent elements: Addresser, Mes-

sage, Context, Contact, Code, and Addressee. The “context” element particularly interests us because it defines the frame of the message reference, that is, the ground on which a communication can occur. This referential function emphasizes that communication is always dealing with something contextual. Indeed, “When humans talk with humans, they are able to use implicit situational information, or context, to increase the conversational bandwidth. Unfortunately, this ability to convey ideas does not transfer well to humans interacting with computers” (Abowd & Dey, 1999, p. 1). This notion of context is rarely explicit during mediated communications, except by the addresser of the message. One of our goals is to contextualize communication in e-learning situations, that is, to link discussions to context of discussions.

Situated Action Theory

Works on communication theories can be complete with some other works dealing with situated actions (Lave, 1988; Suchman, 1987). The term “situated action” underlies the idea that each action closely depends on material and social circumstances in which it occurs. Situated action theory introduces an interesting idea: action is not the execution of a ready-conceived plan, but it is the user’s adaptation to the context. Applying situated action theory to computer mediated communication, Mantovani (1996) concludes that users are social actors with their own aims and autonomy in situations, and it is technology that must adapt to them. In this sense, “the most effective way of clarifying the meaning of messages is to relate them to a shared context” (Riva, 2001, p. 217).

Thus, by extension, communication is a situated activity (Lambert, 1992). The situated actions theory pointed out the fact that communications should occur during the action, at the time when the user needs it. So if a user can’t communicate easily in action, s/he will not do it. Our work aims at facilitating communication in action.

Activity Theory

Another theory can throw light on the issues: the activity theory (Leontiev, 1978). This theory, based on the initial ideas of Vygotsky, emphasises how knowledge is “socially constructed.” In this way, activities are integrated in a social matrix composed by persons. Basing on this theory, Engeström (1987)

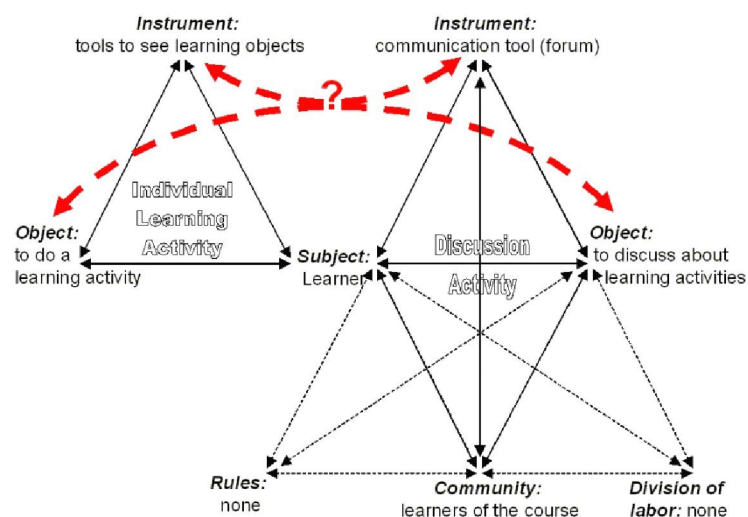
has suggested a framework for a collective activity. His popular representation of activity theory adds to the triangle subject-object-artifact (Vygotsky, 1978) another level containing rules, community, and division of labor. Thus, the first relational triangle -- the subject who achieves an object by using instruments (e.g., computer tools) — is then widened to show that a subject is not lonely but is a part of a community.

The activity theory is not only useful to describe humans' behaviour during collective activities but also makes it possible to conceptualise collective learning. Thus, these principles can offer a framework to analyse and conceive educational environments (Lewis, 1997; Roschelle, 1998). The next section will come back to the utility of this approach to better understand communication activities during individual learning activities.

Research Issues

We can use the representation of human activity of Engeström (1987) to illustrate the two activities that interest us in this research: individual learning activity and discussion activity (Figure 1).

Figure 1. Linking learning activity and discussion activity through activity theory



We remind the reader that we focus our work on learning activities that are a priori defined to be individual but with possible and desirable communications between learners. Figure 1 shows that, currently in this situation, learning activities and discussion activities are not linked. On the one hand, the learner uses different tools to see learning objects in order to do a particular learning activity (small triangle on the left part of Figure 1). On the other hand, the learner can use communication tools (as forum) to discuss with other learners of the course (big triangle on the right part of Figure 1). In our case, the community does not have imposed communication rules or recommendation to divide the labour. Within this configuration, the only link between learning and discussion activities is the learner. To see the emergence of a community, it supposes that learners have the capacity to link themselves the two activities. We have symbolized by a question mark the point that seems important to us and that is currently missing. It could be seen as a synchronisation point between learning and discussion activities. In other words, we aim at studying communication artefacts as integrated and inseparable components in human learning activity. How to merge the two triangles together?

Starting from these considerations, the work consists in finding a solution to deeply integrate communication into distance learners' activities. Learning activities are taken in a broad sense, such as reading an electronic document, doing an exercise, or using a simulation. On the one hand, we want to make communication more **situated** in distance-learning system and, on the other hand, we aim at defining more explicitly the **context** of each discussion.

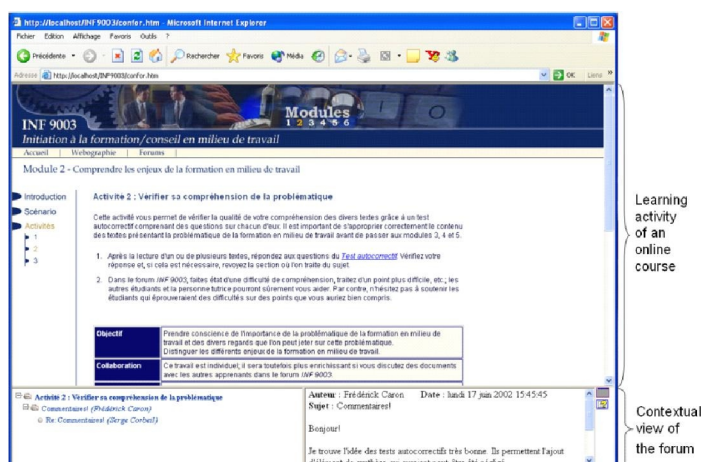
We focus on one kind of communication tools in distance-learning systems: forums, which are tools for asynchronous communications. The research question lies in determining a model of contextual forum and to develop computer tools based on this model. Currently, we have studied two means to contextualise discussions, which are described in the following section.

Work on Contextual Forum

In this section, we discuss two kinds of contextual forums structuring studied in our work. The first one is based on educational scenarios and the second one is a knowledge-based forum structure. We propose then a solution to integrate these two approaches. Finally, we mention current results of our research on contextual forums.

108 George

Figure 2. Screen shot of CONFOR

Learning
activity
of an
online
courseContextual
view of
the forum

Contextual Forum Based on Educational Scenarios

In the first approach of forum structuring, each forum thread is linked to an item of the content navigation of an online course. For that, educational content may be sequenced for the learner: “the branching and flow of that content may be described by a predefined set of activities, typically defined at design time” (Dodds, 2003, p. 13). In the model we propose (George & Hotte, 2003) each root message of the forum is a reference to a learning activity. Thus, a reference could be, for example, the title of a course chapter or the number of an exercise. The forum is then hierarchically structured according to learning activities, by reference to the course structure. According to contextualization seen above, the opening of an educational object leads to the opening of a forum partial view corresponding to the activity in progress. With these references, the goal is to focus learners’ exchanges on learning objects.

The interface of the CONFOR tool is shown in Figure 2. The upper part of the window contains a learning activity of an online course. Under this course is the contextual view of the forum, which is automatically updated depending on the upper part. For instance, in Figure 2, a learner carries out the activity 2.2 of the module 2 of his/her course and s/he sees, at the same time, the messages of the forum that correspond to this activity (messages under the reference “activity 2.2”). This contextual view of the forum is a part of a unique global forum. This should be noted that this global forum can be displayed in a global view (to see

the entire tree of messages). In both views — contextual or global — the left part of the forum displays the list of the message titles and the references names. When the user clicks on a message title, the content of the message is displayed on the right part of CONFOR. The forum can be resized or put in an “always on top” window.

In order to provide the contextual display of the forum, we have to define references in connection with the online course structure. In this model, references contained in the forum are linked to the learning activities structure. So references are dependent on the educational scenario designed by the author of the course. The question is then to determine how to add these references before the course starts. A solution is to give the possibility of manually inserting references. For that, we propose a designer interface in CONFOR allowing this manual definition of references. Each reference is defined by a name and a link. The name will appear in the forum and the link is the reference to the educational object or to the learning activity (e.g., an URL). Moreover, references are linked together in a hierarchical manner. Nevertheless, this manual definition of references can become a hard work if the course is large. For this reason, we also suggest an automatic procedure to add references in the forum. For instance, an automatic import procedure has been done for educational scenarios described with SCORM (Sharable Content Object Reference Model).

Knowledge-Based Contextual Forum

From the precedent work, an issue emerges: it would be a good idea to propose a different structuring of forum, by defining references in connection with knowledge dealt in online courses. From a first experiment of CONFOR (cf. the last part of this section), we observed that two messages could be situated in two different threads even though these messages dealt with the same content or with the same knowledge. So the goal became to design a structuring model based on knowledge representation while keeping the contextual view of the forum.

We studied various taxonomies which make it possible to describe knowledge elements approached in learning documents. In particular, taxonomies used by libraries have been examined. Among those, we chose the Dewey Decimal Classification (DDC) because it is flexible, simple to use and allows a classification of knowledge sufficiently fine for our work. The DDC is a

knowledge organisation method which is used worldwide. It is universal because it uses numerical indexes to classify documents and, thanks to its international standardized notation, it is alphabet and language independent.

We chose to use the DDC in conjunction with the Learning Object Metadata (LOM) (IEEE, 2002). In online education, the metadata are used to describe courses and learning objects. They include a number of descriptors which are defined according to a standard, so these courses and learning objects are more easily accessible and usable: interoperable, reusable, long lasting, adaptable (Downes, 2001). LOM contains nine categories in order to describe educational resources, but according to our objectives, the ninth category, named “classification,” is the category that particularly interests us for contextual forum. This field ensures the classification and indexing of educational objects according to knowledge taxonomies such as the DDC.

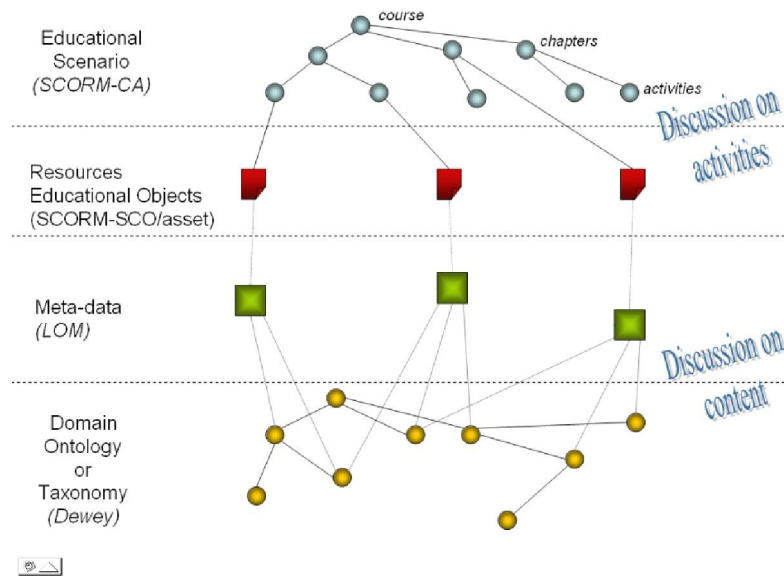
However, providing metadata is not always easy work for some authors of learning objects. From their point of view, this work requiring a literature study, which is not always in their field of competences, is tiresome and nonproductive. We believe that it will be one of the major problems for the development of educational objects. However, we take as a working hypothesis that to use CONFOR, each learning object will be well documented and described with LOM. If this work is not done by authors, information specialists could do it.

Then we suggest a model of knowledge-based forum. In this model, the topics are organised according to a structure defined by the knowledge tackled in a course. With the attribute “classification” of the LOM description of each educational object, the knowledge elements being consulted at a time can be identified. Therefore, a forum function can show in a contextual way all the topics corresponding to these knowledge elements (George, 2004). The learner may then consult, share, and interact with other learners about the knowledge of the course. An advantage of this mechanism is that two students who work on two different learning objects will be able to meet on the same thread to discuss a common knowledge item.

Toward an Integrated Approach of Contextual Forum

Our current research concerns the integration of the two models presented above. Actually, using a singular approach has some limitations. In the first approach, contextual forum based on educational scenarios, some messages

Figure 3. An integrated model of contextual forum



could be situated in different threads even though these messages dealt with the same content. In the second approach, knowledge-based contextual forum, general discussions about learning activities have no place in the knowledge structure.

The idea of integration consists of showing the learners a discussion thread corresponding to the current activity (e.g., to discuss about the organisation inside the course) and also the discussion threads corresponding to knowledge at stake at a time (in order to discuss the content). Figure 2 represents a model that takes into account these two levels of contextual discussions.

In this model, an educational object — or a resource — is referenced as an object of an educational scenario (in the upper part of Figure 3) and this object also deals with several knowledge elements described in its metadata (in the lower part of Figure 3). Knowledge elements could be defined by an ontology of a particular field or by a taxonomy such as Dewey (DDC). Always in this model, each circle is then a discussion topic inside the forum. So when a learner opens an educational object, the contextual forum displays automatically the activity topic and all the knowledge topics linked to the resource.

Current Results

An assessment has been carried out at the Tele-university of Quebec to evaluate the contextual forum. CONFOR was assessed within an introductory course on “training in the workplace” offered to students registered in an undergraduate certificate program in business-oriented computer sciences. The CONFOR version used for this experiment was the first version, with the forum structure only based on educational scenarios. Nevertheless, this experiment provides interesting information.

The experiment lasted 8 months and about 70 students took the course. During the evaluation, two different tutors supervised the students. The goal of the assessment was to study the use of CONFOR. More specifically, we wanted to test the utility and usability of the forum contextual display. For the purposes of the assessment, we used questionnaires, interviews, and regular observations coupled with computer traces analysis. It should be pointed out that the course used to assess CONFOR was newly offered by the Tele-university. For this reason, we will not directly compare the use of CONFOR with that of other forums used at the Tele-university, too many parameters being different.

The questionnaire responses indicate that the students are quite appreciative of the reference-based structure of the forum. Similarly, even if a global view of forum was provided, they favour the forum’s contextual display (4.5 more messages opened in the contextual view than in the global view). Furthermore, the contextual view favours the sending of messages (7.5 more messages sent in the contextual view than in the global view). The results also indicate that CONFOR helps students in finding messages relevant to their activities, that is, messages useful for the learning activity they are engaged in. Finally, students found that the forum fostered the organisation of discussions. Since forums are also an important tool for e-learning tutors, we conducted semistructured interviews with them to obtain information on their use of CONFOR. Tutors found the interface simple and intuitive to use. Concerning utility, tutors appreciated having the forum and the course on the same page. They appreciated the ease of locating new messages, which facilitated their monitoring activities.

At this point, we can thus conclude that contextualisation of discussions for learning activities is appreciated. Users also seem to appreciate the fact that communication and learning are integrated into a single space. Having access to the opinions of others, as they carry out their learning activities, motivates

students to locate discussions that help them to understand and to build their knowledge. From this point of view, we can contend that this kind of forum has a positive effect on learning.

Conclusion and Future Trends

There is an increasing need for context-aware services and applications that are able to adapt dynamically to the user's activity. Dey (2000) states that "A system is context-aware if it uses context to provide relevant information and/or services to the user, where relevancy depends on the user's task" (p. 6). In other words, context-sensitive applications are those that respond to changes in their environment. Some research studies have been done in this direction, for example, in the field of mobile and ubiquitous computing. The general aim is to make information more relevant to the situation in which it is being used. Mechanisms to provide context-sensitive help are common examples.

We introduce in this chapter a new idea that consists of defining a context-driven support communication. Our research aims at proposing specific forum models and tools for online education. The work led to the idea of contextual display of forum messages. We suggest two versions of contextualisation. The first one is based on a forum structuring according to online course structures. Some results of an experiment led us to study another forum structuring, by taking into account the cognitive structure of a course. The result is a discussion tool that displays to the learner an "activity topic" and several "knowledge topics" linked to the learning resource that is open. Currently, the context is limited to the activity in progress and to concepts studied at a time. We wish to extend the notion of context, taking into account more parameters such as a learner's history or learner's goals. Then, we could use this information to better adapt displayed topics to each user. For example, carrying out the same activity, two learners would see different and specific discussions topics according to their past actions and to their personal characteristics.

We can also mention some limits of contextual communication tools. As pointed by Dimitracopoulou and Petrou (2005) and take up by Gao, Baylor, and Shen (2005), "the problem with the systems that contain embedded communication tools is that discussions are usually fragmented by artefacts, which causes learners to lose a holistic view of the discussion and the relationships between different aspects of the artefact" (p. 76). In our case, we try to reduce this effect

by also providing a global view of forum discussions. We believe that in developing contextual communication tools, it should be suitable to give several ways to enter and to read the discussions.

Furthermore, we only study at this time a context-sensitive asynchronous system but we want to extend the mechanism to synchronous discussions (“contextual chat”). A future trend will be to no longer see forum or chat tools simply as a communication tools, but also as tools helping to put users in touch with others. These kinds of context-aware communication tools will bring users together depending on their interests, motives, or needs.

Finally, we do not believe in completely generic context-sensitive applications. Context-gathering mechanisms could not be totally generic. In the case presented in this chapter, the context-gathering mechanism is adapted to the e-learning situation even if the global model is generic. We could easily adapt it to a computer-supported cooperative work system, for example, but the sensors would not be the same. Context-driven support communication will be really pertinent only if situations are well defined and if users’ activities are circumscribed.

References

- Abowd, G. D., & Dey, A. K. (1999). Towards a better understanding of context and context-awareness. In *Panel at the 1st International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing, HUC’99, Karlsruhe, Germany* (pp. 304-307). Berlin: Springer.
- Dey, A. K. (2000). *Providing architectural support for building context-aware applications*. Unpublished Computer Science thesis, Georgia Institute of Technology, Atlanta.
- Dimitracopoulou, A., & Petrou, A. (2005). Advanced collaborative distance learning systems for young students: Design issues and current trends on new cognitive and metacognitive tools. *THEMES in Education, International Journal* (in press).
- Dodds, P. (2003, October 22). *The SCORM Content Aggregation Model, version 1.3*. Report of the Advanced Distributed Learning Initiative.
- Doise, W., & Mugny, G. (1984). *The social development of the intellect*. New York: Pergamon Press.

- Downes, S. (2001). Learning objects: Resources for distance education worldwide. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 2(1). Retrieved from www.irrodl.org/content/v2.1/downes.html
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- Gao, H., Baylor, A. L., & Shen, E. (2005). Designer support for online collaboration and knowledge construction. *Educational Technology & Society*, 8(1), 69-79.
- George, S. (2004). Contextualizing discussions in distance learning systems. *Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2004)*, Joensuu, Finland.
- George, S., & Hotte, R. (2003). A contextual forum for online learning. *Proceedings of the International Conference on Open and Online Learning (ICOOL 2003)*, University of Mauritius, Reduit.
- George, S., & Leroux, P. (2001). Project-based learning as a basis for a CSCL environment: An example in educational robotics. *Proceedings of the First European Conference on Computer-Supported Collaborative Learning (Euro-CSCL 2001)*, Maastricht, The Netherlands.
- Gommer, L., & Visser, G. (2001). Implementation of a digital learning environment: The real results. *Proceedings of the World Conference on the WWW and Internet (WebNet 2001)*, Orlando, FL.
- Hotte, R., & Pierre, S. (2002). Leadership and conflict management support in a cooperative telelearning environment. *The International Journal of E-learning (IJEL)*, 1(2), 46-59.
- IEEE. (2002, June 22). *Draft standard for learning object metadata*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
- Jakobson, R. (1960). Closing statement: Linguistics and poetics. In T. A. Sebeok (Ed.), *Style in Language* (pp. 350-377). Cambridge, MA: MIT Press.
- Lambert, B. L. (1992). *A connectionist model of message design*. Unpublished Philosophy in Speech Communication thesis, University of Illinois, Urbana-Champaign.
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

116 George

- Leontiev, A. N. (1978). *Activity, consciousness, and personality*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Lewis, R. (1997). An activity theory framework to explore distributed communities. *Journal of Computer Assisted Learning*, 13(4), 210–218.
- Mantovani, G. (1996). Social context in HCI: A new framework for mental models, cooperation and communication. *Cognitive Science*, 20, 237–296.
- Riva, G. (2001). Communicating in CMC: Making order out of miscommunication. In L. Anolli, R. Ciceri, & G. Riva (Eds.), *Say not to say: New perspectives on miscommunication* (pp. 203–233). Amsterdam: IOS Press.
- Roschelle, J. (1998). Activity theory: A foundation for designing learning technology? *Journal of the Learning Sciences*, 7(2), 241–255.
- Suchman, L. A. (1987). *Plans and situated actions*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of highest psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Supporting the Interconnection of Communities of Practice

International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies, 5(2), 37-57, April-June 2010 37

Supporting the Interconnection of Communities of Practice: The Example of TE-Cap 2

Élise Lavoué, Université de Lyon, France

Sébastien George, Université de Lyon, France

ABSTRACT

In this paper, a general model for the Interconnection of Communities of Practice (ICP) is proposed. This model creates links between local Communities of Practice (CoPs) and global Communities of Practice on the Web. To hit the target platform specifications to support an ICP are first of all proposed, soon after the TE-Cap 2 (Tutoring Experience Capitalisation) platform for an ICP of tutors is made up to support people working on it. This platform allows the capitalisation of tutors' contextualised knowledge by making it easily retrievable from all the tutors in their daily practice. At last a descriptive investigation over a four-month period and forty-two users registered on the platform is conducted. Results presented in this paper concern the usability of the platform and the relevance of the model with regard to tutors' needs.

Keywords: Collaborative Computing, Knowledge Modelling and Sharing, Online Communities, Social Learning Techniques, Tutors, Web-based User Interfaces

INTRODUCTION

With the use of Information and Communication Technologies (ICT) in education, new roles and professional figures have appeared, particularly the tutor. Tutors usually monitor learners' activities and assess them. They need training and advice to become a tutor and to be helped in all the roles that are assigned to them. However, there is a lack of training and assistance tools. Tutors compensate for this lack by participating in Communities of Practice (CoPs) within their institutions. At this local level, they have many contextual exchanges to, for example, solve

problems or help each other. These exchanges are computer mediated at a very minimal degree, and any knowledge generated in the process is not, or is very rarely, capitalised upon. On another hand web technologies (e.g., forums, blogs, wikis) have enabled the emergence of online CoPs of tutors. At this general level, tutors discuss more general subjects which do not necessarily help them solve the problems encountered in their daily practice. Furthermore, knowledge does amass but in a relatively unstructured and uncontextualised manner. It is with this background that our research work aims to develop a platform that: (1) makes a link between these two types of CoP by putting tutors, working in the same areas, in touch with

DOI: 10.4018/jwl.2010040103

Lavoué E., George S. Supporting the Interconnection of Communities of Practice: The example of TE-Cap 2, *International Journal of Web-based Learning and Teaching Technologies (IJWLTT)*, Vol. 5, n°2, 2010, p. 37-57

Sébastien George

HDR en informatique / 2010

Institut National des Sciences Appliquées de Lyon

each other; and (2) capitalises on the value of all produced knowledge by contextualising it, so as to make it accessible and reusable by tutors in their working contexts.

We first recall the concept of a Community of Practice (CoP) and, more precisely, of an online CoP. To situate our work, we examine existing tools that have been proposed to support CoPs of tutors at a local level within their own educational institutions, or at a global level in the form of widely distributed online CoPs. We then propose a model of Interconnection of CoPs (ICP) which considers tutors to be the links between existing local and global CoPs of tutors. We have deduced specifications for a platform to support such an ICP. The TE-Cap 2 platform, based on these specifications, is described. TE-Cap 2 has been offered to tutors from different disciplines and different countries over a four-month period. We then present the results and an analysis of the use of the platform.

LITERATURE REVIEW

Many skills are required to be a tutor, generally classifiable into four categories: pedagogical, communicational, disciplinary expertise and technological (Thorpe, 2002; Denis et al., 2004; Banks et al., 2004). However, tutors are asked, 'to run before they can walk' (Bennett & Marsh, 2002) because most of them do not have these skills on which to lean, and there is no training which attempts to help tutors develop the required competence (McPherson & Nunes, 2004). Training methods remain specific to each campus (Denis, 2003; Class & Schneider, 2004) and therefore can be quite isolated and rather ad hoc. Furthermore, few tools have been developed to answer these particular training needs and those that exist do so in a very limited way. Indeed, there are currently few assistance systems for tutors (Dufresne et al., 2003) or only specific prototypes (Garrot et al., 2006). Research work based on data mining techniques predicts students' results (Romero & Ventura, 2007) and locates relevant information for tutors. However, results rest on elementary rules

of association which do not reflect the reality of educational practice and are applicable only to simple exercises. They do not help tutors who do not really know what they have to do and the best ways to go about it (Casey et al., 2005).

Tutors compensate for this lack of training and formal help by participating in Communities of Practice (CoPs) which emerge inside institutions and more generally on the Web. CoPs gather tutors together in an informal way (Lave & Wenger, 1991) because of the fact that they have common practices, interests and purposes (i.e. to share ideas and experiences, build common tools, and develop relations between peers) (Wenger, 1998; Koh & Kim, 2004). Members exchange information, help each other develop their skills and expertise and solve problems in an innovative way (Pan & Leidner, 2003; Snyder et al., 2004). They develop a community identity around shared knowledge, common approaches and established practices and create a shared directory of common resources.

CoPs appear at various levels: at the local level of educational institutions and at a global level on the Web, in the form of widely distributed communities of tutors from various institutions. In educational institutions, tutors have many face-to-face exchanges to solve very contextual problems. For example, tutors discuss specific lessons, students or scenarios; they give feedback on courses to make them evolve and ask for advice and explanations on the relevant means of intervening with learners. But all these discussions pass unmediated by computer; they are mainly verbal and take place, for example, during coffee breaks. Thus the knowledge created is not, or is rarely, capitalised upon. Furthermore, tutors usually prepare their own educational material for their students (Casey et al., 2005). This fact implies that there is no tracking of their work (decisions taken, events that occurred, configuration or customisation of scenarios, quality of the knowledge building process, etc.). Some CoPs are supported by learning environments offered by universities (Lefoe et al., 2002; Sherer et al., 2003). These environments provide resource directories and communication tools so as to create relations

between tutors of the institution and to make the CoP grow. These CoPs have already emerged independently of the technology supporting them since members already know or convene during meetings. These environments are thus not designed to create relations between tutors from different institutions and to capitalise on their knowledge in a contextualised way. They are not necessary for the emergence and the life of the CoP, they offer only supplementary tools.

Web technologies (e.g., forums, blogs, wikis) have enabled the emergence of online CoPs (Daele, 2005; Cuthell, 2008; Pashnyak & Dennen, 2007) of tutors and teachers from different institutions. In these CoPs, tutors discuss general subjects such as answers to give to students, the best ways to monitor and assess them, how to adapt and design learning courses, when to intervene at the right time and in an adapted way and how to react effectively if a student is in trouble. At this global level, the use of technology does allow the accumulation of exchanges, but they are relatively unstructured and not contextualised. In fact, these CoPs are usually not supported by specific environments; i.e. mailing lists are mainly used to receive information without having to produce it (Caviale, 2008). Blogs are mainly used to share stories, experiences and opinions and rarely to get in touch with other persons (Pashnyak & Dennen, 2007). Web tools such as blogs, mailing lists, chat and email, only allow for discussion without building concrete knowledge. Only forums bring a slightly higher degree of explicit emergence, thanks to the spatial representation as discussion threads which highlights relations between messages, however, knowledge thus created is not reusable since no contextual information is assigned to it.

Numerous works aim to answer the specific needs of online CoPs by supplying tutors with tools to support specific activities. Some tools work through member participation and sociability, for example by offering a virtual 'home' like the Tapped In environment (Schlager & Fusco, 2004), others by supporting collaboration between members like CoPe_it! (Karacapilidis & Tzagarakis, 2007). Other tools favour

the creation of contextualised resources and contextual search facilities such as the Inquiry Learning Forum (IFL) (Barab *et al.*, 2001) and the learning environment doceNet (Brito Mirian *et al.*, 2006). However, all these environments either favour sociability (engaging members to participate) to the detriment of the reification of the produced resources, or they favour the accumulation and indexation of contextualised resources, but to the detriment of sociability and member participation. There are some new approaches which try to adapt a more Web 2.0 type approach to sharing and networking, for example the Cloudworks system (Conole *et al.*, 2008). However, these environments are not designed to simultaneously support CoPs' activities both in the local context of members' practice (i.e. their own schools, educational departments or institutions) and at the global level of a widely distributed community in various institutions.

As a result, tutors from different educational institutions can have similar practices without being necessarily aware of it, mainly due to the fact that they do not belong to the same institutions. If they do not belong to online CoPs, they will not interact and talk about their practices but will, nevertheless, develop their own practices, each one reinventing what has certainly already occurred somewhere else. If they do participate in online CoPs, they can have exchanges with others, although the knowledge generated loses its sense, being detached as it is from any context. Furthermore, in online CoPs tutors discuss general subjects and do not solve problems which occur in their daily practice, inside the local level of their institution. Our work aims to provide local CoPs of tutors from various institutions with a unique Web platform which will support their exchanges and which will also capitalise on these exchanges by placing them in the associated context (e.g., the concerned institution, the type of activity, the type of students). As a first stage in addressing this aim, we propose in the next part a model of ICP supporting links between CoPs centred on the same general activity, in our case working as a tutor in higher education.

MODEL OF THE INTERCONNECTION OF COMMUNITIES OF PRACTICE

Definition of an ICP

Brown and Duguid (1991) brought the notion of 'communities-of-communities' to develop innovation within organisations, considering that the productions of separate communities can be increased by exchanges among these communities. The concept of Constellation of Communities of Practice (CCP) (Wenger, 1998) resumes this idea by directing it on practices, explaining that some organisations are too wide to be considered as CoPs. The advantage of defining several communities around shared practices is to create more knowledge and to develop more interactions than in a global community (Pan & Leidner, 2003). This concept implies considering the boundaries of CoPs as places for knowledge creation. The relations between communities can be supported by 'boundary objects' (Star & Griesemer, 1989) and by 'brokering'. 'Boundary objects' are products of reification and they constitute the resource repertory shared by all the communities. 'Brokers' belong to multiple communities and have a role of knowledge import-export between these communities. The meetings on the boundaries of CoPs arouse interactions between members. According to Ziovas and Grigoriadou (2007), the combination of brokering as a product of participation and the boundary objects as a product of reification is an effective way to create relations between CoPs.

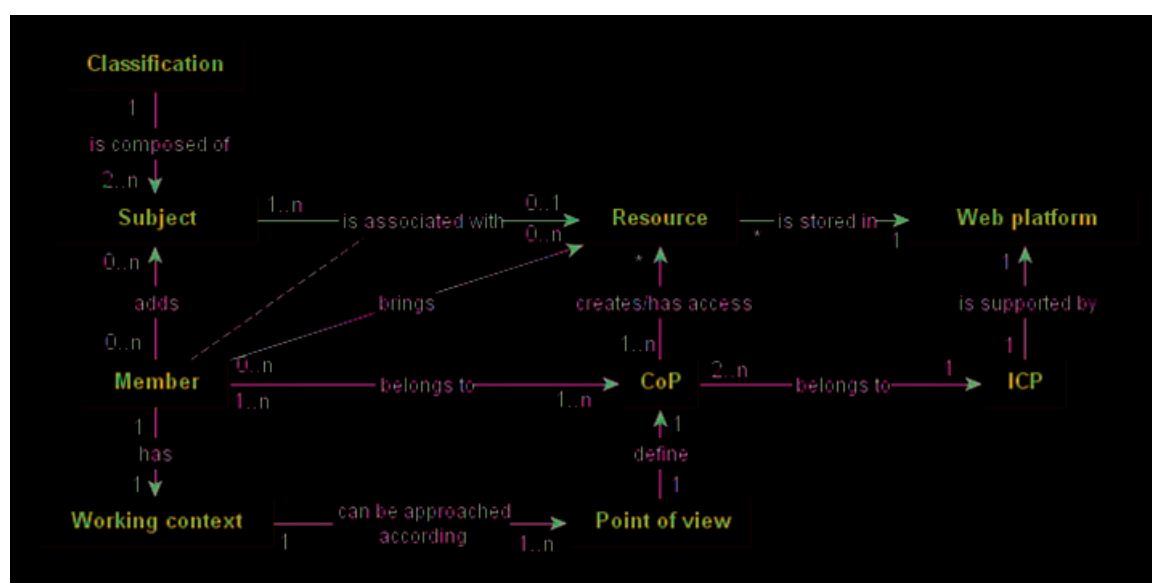
In the case of informal professions, such as tutoring, it is difficult to define exactly the field of practice of the actors. Actors' activities can be seen as a set of different practices which are similar in some points. For example, tutors' roles can be different as their interventions could be punctual or long-lasting; the learning session could be computer mediated or not and the learners' activity could be individual or collective. But some roles are shared by some of these contexts. We propose that this group of actors should be seen not as an endogenous

entity defined by a field of practice, but rather as a set of CoPs supported by a Web platform where individual members, acting as nodes of interconnected practices, are the connection points (see Figure 1). We suggest developing this concept of ICP, as an extension of the model of CCP. This model aims to connect existing local CoPs of actors (e.g., within an educational institution), who are engaging in the same general activity (i.e., tutoring). This model also proposes active support for the dissemination of knowledge from CoP to CoP.

Figure 1 shows the general model of ICP that we will now go on to explain. At an individual level, an activity can be approached according to multiple points of view depending on the actor's working context. In the ICP model, a CoP is defined by a field of practice, corresponding to the elementary level of actors' practice. In this way, the CoPs to which the ICP members belong are defined by their working context. At a general level, an ICP is composed of all the CoPs defined by all the actors who participate in the Web platform. We could see it as a network of CoPs of actors practicing a same activity, brought together on the same platform; a group which can be approached from multiple points of view and accessed through multiple entry points. The ICP members bring resources that are stored in a database according to a hierarchical classification. As we explain in the next section, this classification is composed of subjects based on a model of actors' practices. In the case of tutoring, resources correspond to explicit knowledge (documents and Web links) and tacit knowledge shared among members (e.g. exchanges of experience, stories and discussions).

For example (see Figure 2), Tutor 1, working in the industrial engineering department of University A in France who is monitoring a collective project about maintenance can belong to five different CoPs: tutors who monitor collective activities, tutors who are interested in maintenance, tutors who monitor educational projects, tutors of the industrial engineering department and tutors of University A. Tutor 2 from another educational institution, for

Figure 1. General model of ICP



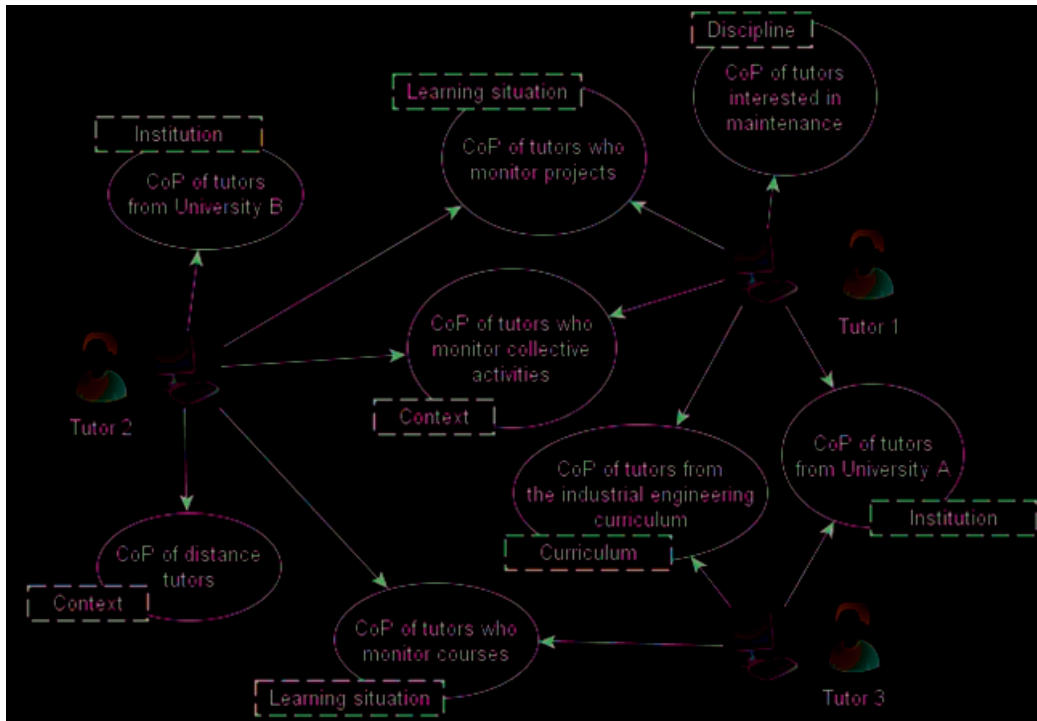
example University B in Canada, can belong to several CoPs, some of which Tutor 1 may also belong to. These two tutors, from different countries, will be put in touch since their working context can be approached according to several similar points of view, which imply that they belong to the same CoPs. Tutor 3 will be put in touch with both Tutor 1 and Tutor 2, because he belongs to the same educational institution and the same department as Tutor 1 and because he monitors the same type of activity as Tutor 2.

Therefore, this example illustrates the fact that tutors are the nodes of ICP. In this example, tutors' activity can be approached from several points of view: the context of the activity (collective, distance), the learning situation (project based learning, courses), the discipline (maintenance), the curriculum (industrial engineering) and the educational institution (Universities A and B). These points of view are categories of CoPs.

The model of ICP does not correspond to the model of CCP defined by Wenger (1998). It could be seen as an extension of this model in the sense that the conditions for its existence are less restricting:

- Contrary to a CCP, the CoPs of an ICP do not share historic roots on which the mutual engagement of the members could base itself. The ICP members do not know apart the platform on which they join. This difference is fundamental because it raises the difficulty of bringing persons who do not know each other to interact, what requires supporting a high level of sociability on the platform.
- In a CCP, the CoPs have interconnected projects which connect them whereas an ICP consists of actors practicing the same general activity who want to exchange their practices with others, the community emerging by 'propagation'. It is important to make the actors aware that they have close practices which they can share so that members are interested in the practices of the others.
- Contrary to a CCP, the ICP members do not necessarily belong to the same institution. Since we aim to support exchanges in members' local working contexts as well as at the general level of the activity, it is necessary to have actors from various institutions.

Figure 2. Tutors as nodes of ICP



- The CoPs of a CCP are in close proximity to each other, in particular geographically, whereas an ICP is constituted of persons who meet on a Web platform and can thus be from all over the world. Therefore, this model does not include geographical proximity.

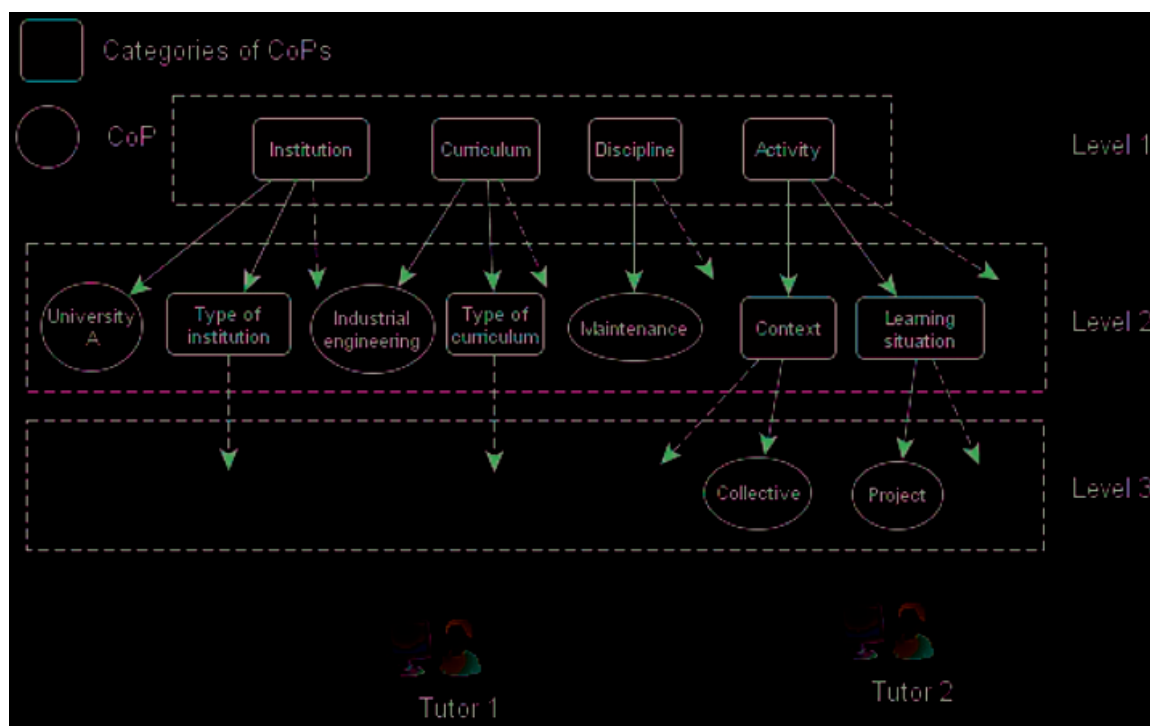
KNOWLEDGE CREATION AND DISSEMINATION

As we briefly explained previously, the ICP resources are stored in a database according to a hierarchical classification composed of subjects based on a model of actors' practices. As a result of a previous study on tutors' practices and needs (Garrot, 2008), we built a model that defines four levels of tutors' practices. The first level corresponds to the main factors that differentiate actors' practices and which define the main categories of CoP. Each category is divided into subcategories and so on. The terminal nodes

correspond to modifications or additions made by the ICP members themselves. The resources are classified according to these categories of CoPs. Tutors only have access to the resources of the CoPs to which they belong.

Figure 3 illustrates a part of the hierarchical classification used to store tutors' resources which is divided into three levels. The first level is composed of four categories of CoPs named 'Institution', 'Curriculum', 'Discipline' and 'Activity'. Each one is then divided into subcategories ('Type of institution', 'Type of curriculum', 'Context', 'Learning situation') or CoPs ('University A', 'Industrial Engineering', 'Maintenance', 'Collective', 'Project'). These categories of CoPs and CoPs are those identified in the previous example (see Figure 2). If we use this example, Tutor 1 has access to the resources of all the CoPs; Tutor 2 only has access to the resources of the CoP of tutors who monitor collective activities and the

Figure 3. Categories of CoPs and CoPs of tutors distributed in three levels



resources of the CoP of tutors who monitor educational projects.

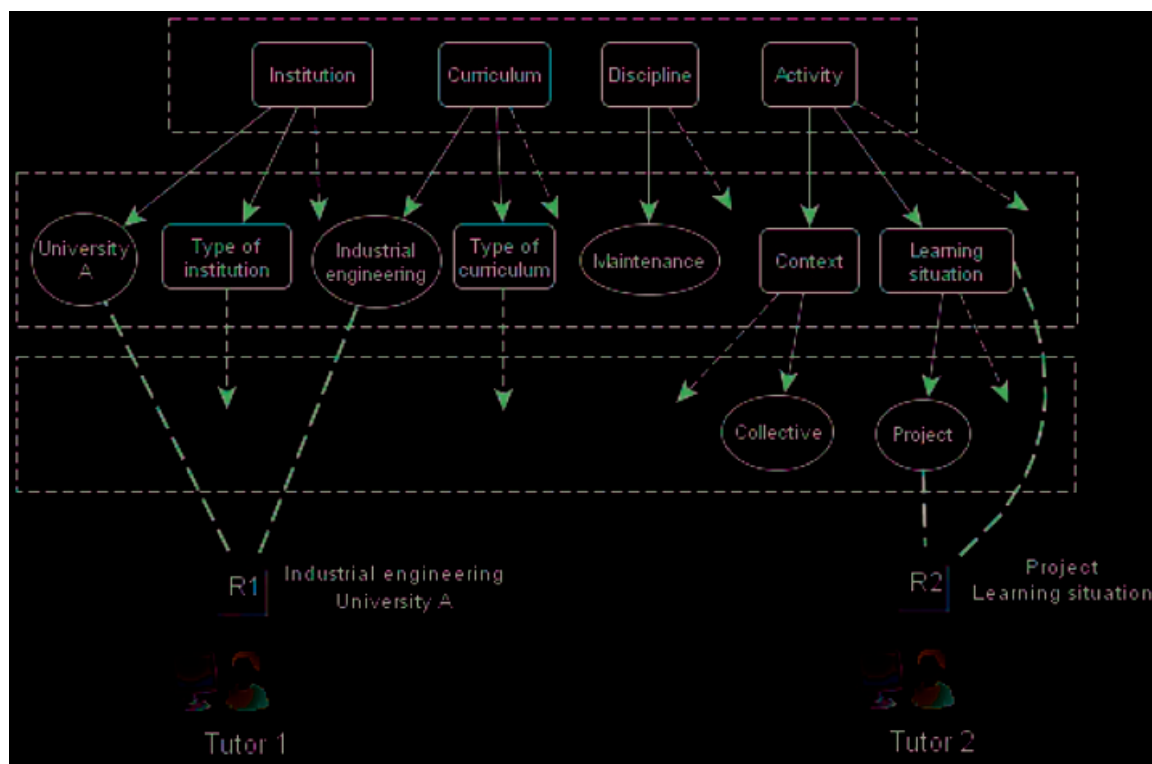
ICP members decide that a particular resource belongs to a CoP by associating the name of the CoP (subject in the lowest level of the classification) with the resource. Child CoPs (a hierarchically lower level CoPs) inherit all the resources of a category of CoPs, meaning that all the resources bound to a category of CoPs are accessible to the child CoPs of this category. Therefore, members can associate names of categories of CoPs (subjects at higher levels in the classification) so as to generalise this resource to several CoPs. When they find a resource (result of a search), members can also associate new subjects with this resource so as to spread it to new CoPs. They can either associate the name of a CoP to spread the resource to only a single CoP, or associate it with the name of a category of CoPs to spread the resource to all child CoPs. So, ICP members' participation not only consists of creating new resources but also of creating links between these resources according to their relevance

to the CoPs. This relevance is estimated by members themselves who consider a resource to be useful or interesting for a CoP.

If we use the previous example of tutoring in an industrial engineering department (see Figure 4), Tutor 1 can consider that the resource R1 of the CoP centred on the industrial engineering department will be interesting for the CoP centred on the institution INSA Lyon. He thus spreads the resource R1 of the first CoP to the second one by associating the subject 'INSA Lyon' (name of the CoP of the tutors of the INSA Lyon) with it. As another example, Tutor 2 can decide to generalise the resource R2 of the CoP centred on projects in all the types of learning situations, by associating the subject 'Learning Situation' (name of a category of CoPs) with it. All the CoPs centred on a type of learning situation then inherit from it.

The model of ICP thus relies on the Web 2.0 approach, with an informal building of knowledge and links between this knowledge by users themselves. The Web platform which supports the ICP is based on the participation of

Figure 4. Spreading a resource from one CoP to another and from one level to another



members who have several roles, as illustrated by Figure 1 showing the general model of ICP:

- They develop the resource classification by proposing new subjects.
- They feed the ICP shared directory by proposing new resources: messages, documents and Web links.
- They associate subjects with resources to give a context and to disseminate it to CoPs.

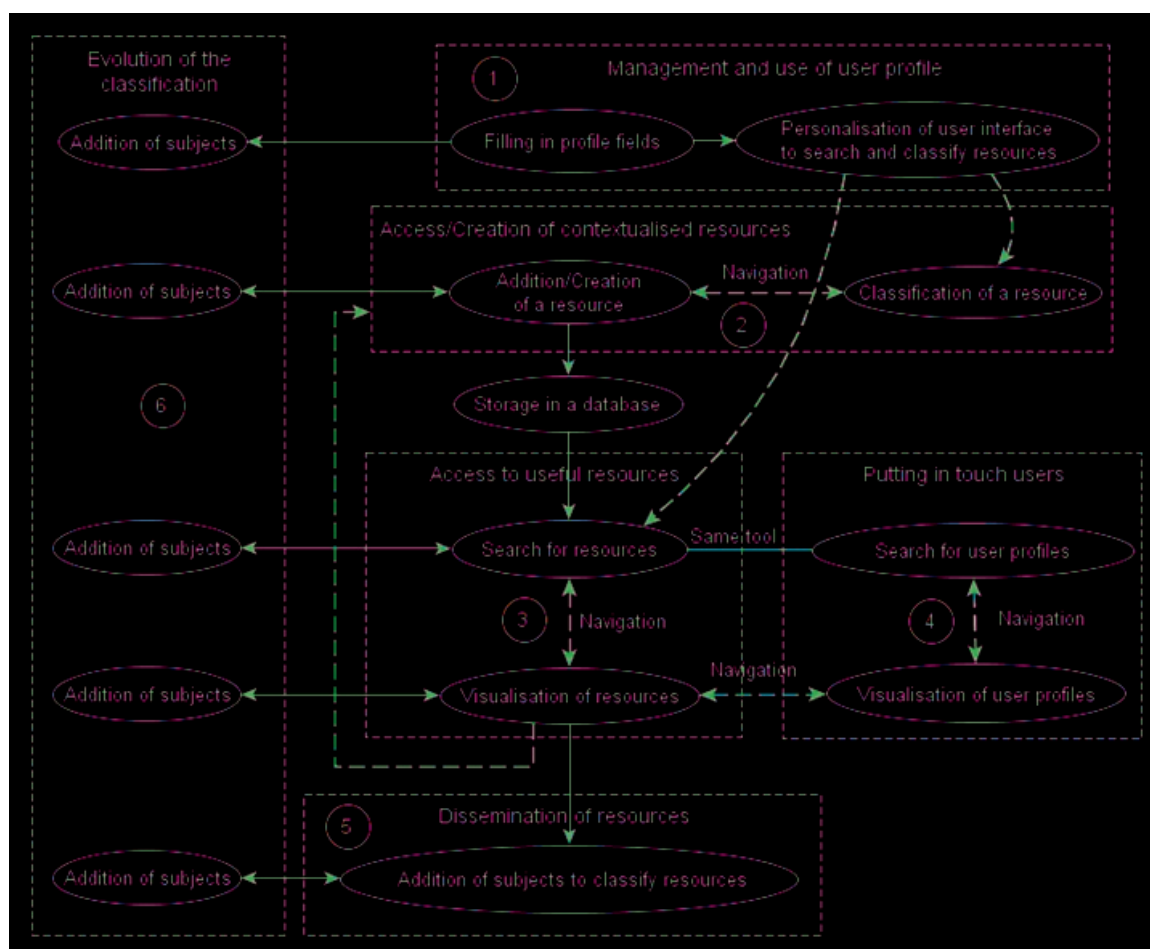
To sum up the ICP principle: a resource can be born at any level, and then spread to other levels. A resource can also concern only a precise point of view concerning a precise context of practice and thus not spread to another CoP. The supply of a resource to a CoP can lead to a debate on this resource and possibly to the creation of new resources for this CoP. Events reported in a precise context can lead to experience sharing (solutions, cases, scenarios), being used as a base to generate rules or recom-

mendations which become global knowledge within the ICP.

SPECIFICATIONS AND TE-CAP 2 PLATFORM

The specifications detailed below were applied to develop the TE-Cap 2 (Tutoring Experience Capitalisation) platform. This platform aims to support tutors in sharing experience and practice and using and building on this shared knowledge in a working context. According to a co-adaptive design approach (Lavoué et al., in press), the development of the TE-Cap 2 platform was based on a first prototype named TE-Cap developed in a previous development cycle. This first prototype offered few functionalities: perception and sharing among the community, personal space within the community portal, knowledge capitalisation. We conducted a pilot study that involved the participation of 12 tutors from six countries during a two-month period. The interpretation of the results,

Figure 5. Specifications of a platform for supporting an ICP



detailed in (Lavoué et al., in press), gave more information to determine the functionalities for the final platform TE-Cap 2.

The conception of the platform TE-Cap 2 relies on the Content Management System (CMS) open source Joomla! We opted for this CMS from among a comprehensive list of existing CMS¹ and because on the one hand, Joomla! proposes basic functionalities such as the management of articles, documents and users and, on the other hand, its functionalities are based on independent components so the evolution capacities and the modularity of TE-Cap are largely facilitated. We modified some components and developed others so as to answer the needs, identified previously.

SPECIFICATIONS

The model of ICP requires support within a specific Web platform (see Figure 5, each number corresponding to each point enumerated below):

- (1) To manage and to take into account the user profile (working context and interests).
- (2) To support the addition and the creation of contextualised resources by users who associate subjects with resources.
- (3) To facilitate access to useful resources for users by favouring searches which link with their working context and by sending information directly 'at' the users.
- (4) To facilitate interaction between users so as to bring them into communication and

to highlight their contributions and their areas of expertise.

- (5) To operate the dissemination of resources from one CoP to another and from one level of practice to another, by facilitating the association of subjects with resources by users.
- (6) To enable the evolution of the resource classification by facilitating the addition of new subjects by users.

One of the most important specifications is that users can actively trigger the evolution of the resource classification by their participation in the platform, which will lead to a shared classification system using a common vocabulary moving gradually closer to the tutors' practices. For that purpose, the interface must give, at any time and for any user activity in the platform, the possibility of adding a new subject to the classification, whether it is when completing their profile or when classifying, searching or consulting a resource. The used subjects are recorded which allows, for example, the deletion of those considered useless; unused subjects, likewise, will be deleted. The fact that they were unused will be taken to mean that they were not adapted to the actors' field of practice or not located at the appropriate level of the classification. Deletions can be made by the administrator or be automatic (deletion if the subject is not used during a given time). This evolution of subjects is necessary so that the classification made a priori will become closer to the reality of tutors' practices and also so that it will follow the evolution of tutors' uses and practices. It also provides an important focus to ensure coherence among all the CoPs forming the ICP, offering a common identity to all the members and facilitating a feeling of membership.

The TE-Cap 2 Platform

The specifications outlined above were used to develop the TE-Cap 2 platform for an ICP

of tutors. In this section, we present the main functionalities and interfaces of this platform.

Management of User Profile

Figure 6 illustrates the user profile edition through the example of filling the tab 'Activities' corresponding to the user's 'Working context'. Tutors define their profile by completing several fields. These fields correspond to the last categories of CoPs of the hierarchical classification. Values given to fields define CoPs and imply tutors' membership of these CoPs. Users can also propose new values so as to define new CoPs and cause the classification to evolve. If users do not complete a field, we suppose that they belong to none of the CoPs of this category, meaning that this category of CoPs does not interest them or that they have not seen its interest yet.

The profile is composed of three main tabs:

- Identity profile: address, postal code, city, country, phone number, fax number, website.
- Working context: all the CoPs in which tutors have a central role (directly bound to their working context). This tab is composed of six sub-tabs, each proposing multi-select fields: Institution (name, country, and type), Course (name, type, level, and certification), Teaching (discipline and learners' profile), Tutoring (roles and degrees of freedom), Activities (learning situation, context, task and approach) and Tools (educational material, communication tools, collaboration tools, tracing tools, work management tools and use of tools). These categories of CoPs have been identified in a model of tutors' practices (Garrot, 2008) and are the subjects of the penultimate level of the hierarchical classification. Figure 6 illustrates the link between the model of ICP (see Figures 2 and 3) and the TE-Cap 2 platform: Tutor 1 indicates his membership to the CoPs centred on collective activities and on project

Figure 6. User profile editing: example of the tab named 'Activities' in tab named 'Working context'

based learning situations by completing the fields 'Context' ('Contexte' on Figure 6) and 'Learning Situation' ('Situation d'apprentissage' on Figure 6). Furthermore, Tutor 1 indicates the types of learning tasks he monitors and the educational strategies he applies. In this way, he can participate in the CoPs centred on these practices and have access to their resources.

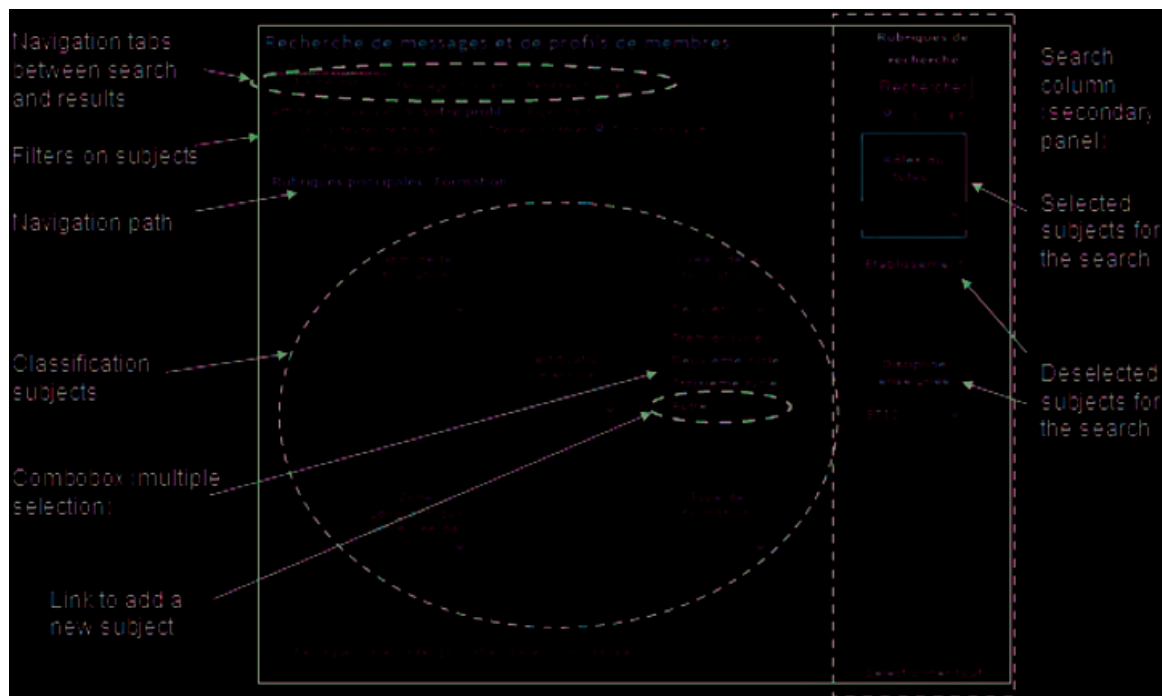
- Secondary interests: all the CoPs in which tutors have a peripheral role or interest (not directly bound to their working context). This tab is composed of the same six sub-tabs as the previous tab, with some supplementary sub-tabs which do not directly concern tutors' working contexts. We think that this is an essential point so that resources spread from CoP to CoP. If tutors only join the CoPs which correspond to their precise working context, then they have no access to other resources able to interest them. These sub-tabs, we believe, play the valuable role of allowing tutors to realise that other people share

similar practices or experiences. From an individual point of view, this 'discovery' of experiences can be useful to tutors in their work trajectory or for moving into another activity.

The platform offers a list of ICP member profiles. Each profile can be called up in more detail. Creating relations between tutors and bringing them into contact with each other is a crucial point of the platform because most of the ICP members do not know each other apart from the platform. It is therefore advisable to convey to every user that others share similar practices or practices which can interest them. Filling in the profile in a relevant way is then important for tutors who wish to be contacted by other tutors.

The user profile is also used to personalise the classification and search interfaces with regard to tutors' working contexts and their other interests. We present these interfaces in the following sections.

Figure 7. Interface for searching for resources and member profiles



A Contextual Search for Relevant Resources

The interface to search for messages and tutor profiles, illustrated in Figure 7, rests on the resources classification built for the ICP. The platform proposes the same interface to search for resources as for member profiles. In this way users can, at every search, consult the profiles of found members and ‘discover’ people who have similar interests or who offer relevant expertise. The distinction of both tabs ‘Found Messages’ and ‘Found Members’ allows the exposition of all the types of results found for a same search by separating them.

A main panel (at the centre of the screenshot) composed of three tabs allows easy and fast navigation between the results of the search and the classification and for the dynamic modification of the search subjects. The tab ‘Search’ allows the user to navigate within the classification and to select search subjects. These subjects are represented in the form of bubbles, to bring conviviality and attractiveness to the interface.

Users can navigate within the classification by double-clicking on a bubble which explodes into bubbles representing the sub-subjects. When reaching the last level (corresponding to the CoPs), subjects are represented in the form of a combo box allowing for multiple selection. Users can return to a superior level thanks to the navigation path.

A secondary panel (on the right of the screenshot), named ‘search column’, allows users to store subjects chosen for the search. The subjects in this panel are always visible when users navigate in the tabs of the main panel and from one request to another one. To make a search, it is necessary to ‘move’ bubbles from the main panel to the secondary panel by a drag and drop. Once in the search column, users can deselect or select a subject (so as to refine or to widen the search), delete a subject by sliding the bubble outside the column and move bubbles inside the column to choose a preferred order. This principle of category selection can be compared to carts on commercial sites. This original human computer interaction has been

chosen to favour navigation within the classification and to simplify the selection of items.

One of the crucial points of the platform is to bring users to quickly see its usefulness in their daily practice. For that purpose, it is important that they can have access as quickly as possible to the relevant resources for them. For that purpose, two means are used (see Figure 7):

- A link between the search interface and the profile allows users to only see the subjects from the classification which concerns them and which interests them according to their profile. So users only have access to the resources of the CoPs to which they declare they belong, and can create resources only for these CoPs. The more fields users complete in their profile, the more subjects they see and the more access they have to resources. But this principle has limits: too many subjects reduce the relevance of the information obtained. This principle thus entices members to auto-regulate their profiles.
- Users have the possibility, according to their aim when connecting to the platform, of applying a filter to display only those subjects bound to their working context or to their secondary interests on the classification interface. We distinguish several use cases:
 - In their daily practice, users need to have fast access to the resources of the CoPs in which they have a central role. For that purpose, it is advisable to offer them at first only the subjects which concern their direct working context, this being the most efficient.
 - If users do not find the information they are looking for in their direct working context, they must be able to extend the search to the other subjects of interest bound to their activity. They can thus find interesting 'unexpected' resources, which they can bring to CoPs in which they have a central role.

Creation of Contextualised Resources

A message is written according to the following principle: users classify the message according to its context (bound subjects) at the same time as they write it. This principle aims to lead them to reflect upon the experience as they relate. To facilitate this action, an interface in the form of tabs (see Figure 8) ensures an easy and simultaneous navigation between the writing of the message and the classification of this message. Messages are written in a tab named 'Writing' containing a title, the indication of a call for help or not, the scope of the message (public or private), the body of the message and a possible link to a downloadable document. The other tab named 'Classification' displays the same interface as for the search (see Figure 7). The selected subjects in the classification column are then associated with the message, meaning that this resource belongs to the CoPs or categories of CoPs.

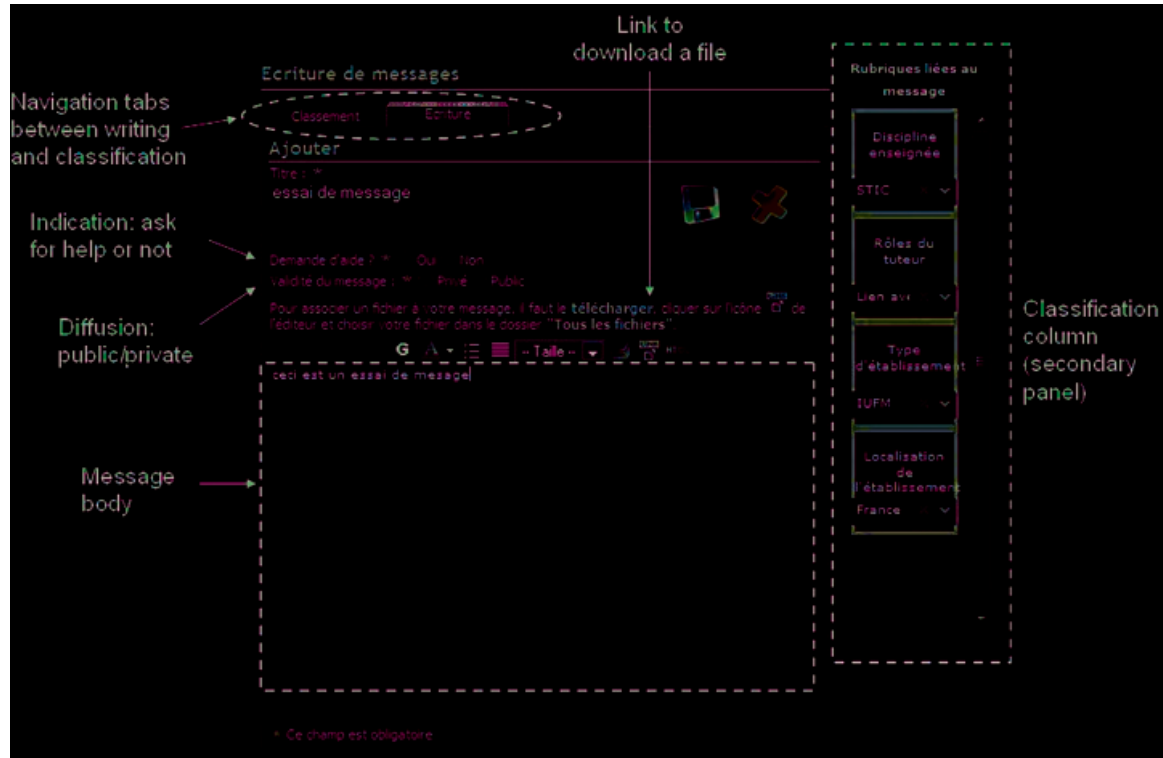
This interface provides tutors with the means to modify the associated subjects during the editing of their message. Tutors can navigate between the writing and classification interfaces to find relevant subjects and so to clarify the message context at the same time as the thought which they are expressing becomes clearer. By formulating their experiences, even without the intention of diffusing them to others, CoP members are brought to reflect on these experiences, to learn from this process and so to improve their practice (Barak, 2006). As for the search, they also have the opportunity to add new values to subjects if the existing ones are unsuitable for them.

Spread of Discussion Threads

When visualising a discussion thread, tutors can:

- See general information: title, author and date. In particular, this information allows users to identify the messages contributors

Figure 8. Interface for writing and classifying messages



and to detect tutors' expertise and competencies in a field.

- Add the discussion to their favourites, subscribe to a RSS (Really Simple Syndication) feed (shows last comments) or subscribe to the discussion to receive answers by email. These functionalities aim to facilitate tutor participation, by sending the information directly to their workstation. They can quickly negotiate the sorting to keep only discussions which interest them, and to consult them on the platform. They are not then obliged to connect to the platform to see if there are new messages or comments.
- See the subjects associated with the discussion thread, be they by the thread's author or by other tutors. These subjects represent the discussion context and indicate the CoPs and the categories of CoP to which they belong. Tutors can monitor and regulate the association of subjects to a discussion, the author of the initiating message having the right to remove subjects which they consider irrelevant for this discussion.
- Associate the discussion with new subjects so as to spread the resource from one CoP to another and from one level to another. The movement from one CoP to another can provoke reactions in the new CoP and thus new messages. By clicking the link 'Add a subject', a pop-up window displays the classification interface (see Figure 7) but only regarding those subjects selected in the user profile.

Comparison between TE-Cap 2 and other classification tools

The tool presented above is based on a structured and evolutionary method of knowledge classification. So as to validate this work, we have made a comparison with other existing knowledge classification methods, such as taxonomy, ontology and folksonomy (Garrot, 2008). On the one hand, taxonomies and ontolo-

gies are structured conceptual representations on which many knowledge organisation systems rely. However, these models require a consensus which can be expensive and long to reach and are not easily useful and comprehensible by those who did not build them, especially for novices in the domain. Furthermore, these knowledge representations are not able to evolve in time. On the other hand, folksonomies rely on the community activity: users can associate tags with a resource to enrich its description although this system of 'tagging' lacks structuring. TE-Cap 2 offers a combination of the structuring of taxonomies and the community effect of folksonomies and the conviviality, attractiveness and simplicity of use necessary for a community environment such as defined by the Web 2.0 principle (O'Reilly, 2005). Furthermore, it allows a personalisation with a presentation of the fields completed in the profile only and with a filtering of the subjects by working context or secondary subjects of interest.

DESCRIPTIVE INVESTIGATION: RESULTS AND ANALYSIS

Context and Aims

We carried out a descriptive investigation, which attempted to gather evidence to support the usability of the TE-Cap 2 platform. A previous study of the prototype TE-Cap (Garrot et al., 2009) involved the participation of 12 tutors who belong to an existing CoP of tutors (named t@d). They used the prototype TE-Cap during a two-month period and tried to integrate it into their practice. We observed a rather low participation (Lavoué et al., in press) and we think that there were not enough members in the community to generate high levels of interactions between tutors. It implies that there is a minimal size required for the community to engender the emergence of rich interactions. That is why in the study of TE-Cap 2 we invited as many tutors as possible, from different institutions and communities, to register on the platform. Furthermore, during the first investigation, all the tutors were from different institutions so

they could not exchange about concrete problems which they encounter in their day-to-day practice. We think that it is from the sharing of these very contextual concerns that wider and more global exchanges in a CoP of tutors can arise. In the study of TE-Cap 2 we invited tutors from the same institutions to participate so that there is this first level of exchanges.

In concrete terms, this investigation began on 25 February 2008 and finished on 5 July 2008. Our role consisted of encouraging registered tutors to participate by sending out regular newsletters (six newsletters were sent during this period). The Web address of TE-Cap 2 was disseminated among several communities of tutors (ATIEF, t@d, PALETTE) and to virtual campuses (VCiel, FORSE, E-Miage, Télug, Master UTICEF, did@cTIC, FLE). Registration was free and we spread the address widely to recruit a maximal number of users. We also sent an email to the users of the first prototype TE-Cap. We wanted to develop the community around this existing core, hoping that they would feel involved in this study and that they would encourage new users to participate. Discussion threads created during the first study were kept to be used as a base for new discussions. To help in the understanding of how the platform works, we posted online demonstration videos: one general and three specific (to do a search, to write a message and to complete the profile).

This study aimed to validate the TE-Cap 2 platform as a support for the ICP of tutors. We wanted to determine the response to the identified specifications. We defined the following criteria from the works of Preece (2001) and Koh and Kim (2004), adapting them to our aims:

- Sociability: people (number of participants among members, member profiles, emergence of roles and feeling of identity or membership), purpose (peoples' level of engagement and exchange intensity, quality and depth). The period of study was too short and participation too low to be able to evaluate the building of policies by the community.

- Knowledge sharing and creation: resource creation and visualisation (number of messages written and visualised, members searched), way of classifying and searching for resources (used, proposed, missing subjects and classification coherence and evolution), content of shared and visualised resources (nature of messages), level of resource sharing (level and content of the exchanges between tutors from the same institution, various institutions, evolution of the subjects associated with a message).
- Usability and utility: the ability to respond to the communication needs of tutors (adequacy and relevance of the communication tools, relevance of the information in the profile), the ease of use (global satisfaction and general quality of the interface, ease, difficulties and quality of the interface for every functionality), the efficiency (efficiency of the classification and search tools, quality of found information, quality and relevance of the structural organisation and the regulation of subjects).

Results come from three types of data:

- Use tracks: a specific tool was used to collect the use tracks according to the evaluation criteria (e.g., connections, posted messages, used and proposed subjects).
- Questionnaire: this was posted online on the platform to collect users' opinions and explanations regarding the used or unused functionalities. Among the 42 registered users of TE-Cap 2, 13 filled in the questionnaire (30 questions), so bringing significant results. The questionnaire is detailed in Garrot (2008).
- Usability test: we asked three tutors to use the platform by following a scenario (Garrot, 2008). The observation brought us an extra means to explain the results concerning the platform usability and, more specifically, its interface. For this test, the tutors had no help and did not watch the demonstration videos.

Results

Regarding **sociability**, 42 people, from different francophone countries (31 from France; the others from Senegal, Algeria, Tunisia, Italy, Canada, Brazil, Togo and Belgium), registered on TE-Cap 2, which demonstrates the interest in this kind of platform. Among the 42 registered members, only seven wrote messages on the platform (with a total of 15 messages) but 27 users read discussion threads. This low activity can be explained by the fact that no tutor took on a leader role in the community life, inciting members to participate. We did not want to play this role since we aimed to observe the emergence of natural roles. But it would be necessary to define one or several coordinators who would encourage participation among the registered members. We also notice that some users do not practice tutoring themselves, but are interested in this activity, and have therefore registered on the platform (three users filled in their interests in their profile entirely, but not their working contexts). We think that these people were interested in reading the messages but were unable to relate themselves to tutoring experiences and practices. According to questionnaires, people registered on TE-Cap 2 both to share experiences and practices and also to discover a new tool. The first reason corresponds with what the platform intends to offer but we would have hoped that these persons would participate more. The second reason implies a rather passive attitude and is certainly the cause of the lack of engagement in the community. Nevertheless, lurkers can also be considered as participants in a CoP platform. This group of people can become resource producers after a period of time. Also, the activity of reading is in itself also an important part in a CoP development.

In spite of the low activity, we notice that the quality and the relevance of discussion threads were good with regard to the tutoring activity. We observed that when a discussion was started, answers (two at least) were written in every case. A discussion was composed on average of four to eight messages, which testifies to a rather

important depth in the exchanges. Concerning message quality, we notice that they are all concerned with tutoring and that the answers are relevant with regard to the discussion. Every discussion forms a coherent thread with, for several messages, the contribution of Web links pointing at interesting outside resources with regard to the discussion. Another positive point is that the subjects of the classification, bound to the tutoring activity, tend to bring a feeling of identity and membership to the community. Indeed, six tutors answered positively on this point (against one negatively). However, the six non-responses led us to suppose that the study period was too short to significantly estimate this point. The last point concerns newsletters: by studying user connection tracks, we observed four important connection peaks corresponding with the sending of newsletters. We conclude that this functionality is important to provoke activity among the registered members.

Regarding the **knowledge sharing and creation activity**, among the 42 registered members, only seven wrote messages on the platform (with a total of 15 messages) but 27 users read discussion threads (with a total of 225 readings). Only two discussions were started, but there were also reactions to discussions resulting from the first study. Concerning the search for resources, the community activity was more important (37 searches) but they were made by a minority of users (only six). There were 175 connections to the platform, which is rather low for a period of more than four months. There was an average of four or five visits per user, with an important heterogeneity (from only one visit to 22). We mainly interested ourselves in understanding the reasons for this low activity on TE-Cap 2. We suppose that there were not enough messages on the platform to provide tutors with an interest in searching something. Furthermore, the tutors were not interested enough in the others (almost half of the users never chose to view a profile). We think that the number of tutors in the community was too limited so tutors did not use it to look for persons they wanted to get in touch with. It would be necessary, on the one hand,

to motivate more registered tutors to participate and, on the other hand, to encourage tutors from various institutions to register on TE-Cap 2 by increasing advertising of the platform.

Concerning the messages classification, three or four subjects were associated with them. For every message, a new subject was proposed, which allows us to suppose that this functionality is essential. We also notice that a rather large number of items (45) were added when completing the user profile, which involves a significant evolution of the classification and thus an appropriation by users. All the new subjects proposed are values given to user profile fields and therefore they all correspond to the lowest level of the classification. They are bound to 10 subjects (categories of CoPs) and especially to institutions and course names. The added values are coherent with the corresponding subject in the profile. However, we observed no evolution (addition or deletion) of the subjects associated with a discussion thread. It is not a surprising result since the duration of the study was too short and the number of messages too low to observe the spread of a discussion from one CoP to another, or from one level to another. However, the platform does answer existing tutor needs: tutors look for information or practice sharing as much at the local level of their course (eight answers to the questionnaire) as at a more general level such as tutors' roles (12 answers), technical and educational tools and resources (12 answers), learners (10 answers) or learning scenarios (eight answers).

Regarding the **usability and utility** of the platform, users were satisfied with the navigation in the platform, the overall ease of use and the general quality of the interface (answers to the questionnaire). According to the questionnaire responses, the platform utility is considered good. We think that this positive feedback springs from the fact that tutors wish for and need online spaces to exchange practices and experiences (expectations exposed in the questionnaire), and that any initiative in this sense will be welcome. Nevertheless, the answers to the questionnaire mainly demonstrate

a lack of time among the registered tutors. Participation in the community will always be a lower priority than tutoring or teaching. But a surprising result is that the tutors did not take up useful functionalities such as RSS feeds (two respondents had used them against nine who had not) and subscriptions to discussions (six subscriptions by four distinct users). We make the hypothesis that they do not know or are not used to these functionalities or that they did not see them. It would thus be necessary to highlight these functionalities so that users save time when accessing interesting information.

Concerning the classification and search tool, usability tests highlighted that its interfaces are very easy to use and efficient. But the use of these interfaces requires a learning step, which is normal for an innovative interface which proposes new functionalities. Furthermore, users of the study did not see some innovative functionalities. One respondent's answer to the questionnaire confirms this point: "*According to your questions I perceive the potential of the platform*". So the help available from the videos is insufficient or not adapted (usability tests and use track analysis highlight the fact that when users connect to the platform, they do not watch the videos or just glance at them). Furthermore, some users (23) did not complete or use their profile, which leads us to suppose that they did not see its purpose or did not take the time (it requires 5–10 minutes). The most important reason however, must be the fact that users did not understand the link between the profile and the proposed classification. Therefore, it would be necessary to explain this link better, so that they can see its relevance to their day-to-day practice (i.e. to filter subjects proposed for a search, according to their working context or interests). We observed during usability tests that some users had difficulties in understanding and/or in choosing some of the values in the profile. It is always difficult to have a consensus on the subjects of a classification, it is thus normal that some subjects are not understood by some users and this point highlights the importance of allowing users to make the classification evolve.

DISCUSSION

In this paper, we have shown that the general model of ICP can be implemented in the form of the TE-Cap 2 platform. We have explained the way this platform responds to the demands of the general model. Furthermore, the results of the study show that this platform achieves what it has been designed to and answers some existing tutors' needs. Indeed, numerous tutors joined the platform; they declared their interest in this type of platform to discuss subjects bound to their institution as well as subjects bound to the activity of tutoring generally. Furthermore all discussions were relevant with regard to this activity. However, the utility of the platform has not been demonstrated in this research and the evaluation of the platform being used by tutors in their daily practice has not been carried out. We strongly believe that it is important to allow the classification of the resources to evolve, as has been observed in this study. However, essential functionalities have not been used, such as the addition of new subjects to discussion threads so as to spread them to new CoPs. This type of functionality is interesting only if the platform is used by a lot of people and over a long period of time. It would be interesting to conduct a new study with an already formed community, having some leaders to animate discussions. It would also be necessary to help users easily understand how the platform works so as to make them see all of its potential. An improvement could thus be the addition of contextual help or a software companion. From this starting point, we would be able to really estimate if this platform is useful.

CONCLUSION

In this paper, we proposed a model of ICP to support local CoPs of tutors who practice a same general activity to create relations and to share experiences. This model aims to bring together different local CoPs and global CoPs of tutors and to capitalise on all their knowledge in a contextualised way. We validated the

implementation of this model by developing the TE-Cap 2 platform. This platform gives access as quickly as possible to the relevant resources (discussion threads and members' profile) to tutors with regards to their working context. In this way, tutors can, for example, discuss lessons and solve problems with the help of tutors from other institutions who have similar practices. We finally conducted a descriptive investigation of this platform over a period of approximately four months with tutors from various institutions, disciplines and countries. Results show that the platform is usable, although all the possibilities offered by the innovative interface were not used.

The aim of this study was not to observe the emergence of a CoP because it was unachievable in only four months. So to observe such emergence, we plan to conduct another type of study, across a long-term period and with the addition of a software companion to facilitate the understanding of the innovative interface. It would also be interesting to address another community than that of tutors or teachers who often tend towards rather individualistic professional behaviour and who are not always used to sharing and helping each other. Indeed it would certainly be necessary for their professional mentality to take an evolutionary leap before offering them this kind of platform again. Another perspective would be to use the TE-Cap 2 platform in another context; for example as a training tool for trainee teachers, asking them to use it to discuss teaching practices.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank tutors and colleagues for their participation in the study of the TE-Cap 2 platform.

REFERENCES

- Banks, S., Denis, B., Fors, U., & Pirotte, S. (2004). Staff development and e-tutors training. In *Proceedings of the Networked Learning Conference*, Lancaster, UK (pp. 97-102).
- Barab, S., MaKinster, J., Moore, J., Cunningham, D., & ILF Design Team. (2001). Designing and building an online community: The struggle to support sociability in the Inquiry Learning Forum. *Educational Technology Research and Development*, 49(4), 71-96. doi:10.1007/BF02504948
- Barak, M. (2006). Instructional principles for fostering learning with ICT: teachers' perspectives as learners and instructors. *Education and Information Technologies*, 11(2), 121-135. doi:10.1007/s11134-006-7362-9
- Bennett, S., & Marsh, D. (2002). Are We Expecting Online Tutors to Run Before They Can Walk? *Innovations in Education and Teaching International*, 39(1), 14-20. doi:10.1080/13558000110097055
- Brito Mírian, C. A., da Nóbrega, G. M., & de Oliveira, K. M. (2006). Integrating Instructional Material and Teaching Experience into a Teachers Collaborative Learning Environment. In *Proceedings of the First European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2006)*, Crete, Greece (pp. 458-463). Berlin: Springer.
- Brown, J. S., & Duguid, P. (1991). Organizational learning and communities of practice. *Organization Science*, 2(1), 40-57. doi:10.1287/orsc.2.1.40
- Casey, J., Brosnan, K., & Greller, W. (2005). Prospects for Using Learning Objects and Learning Design as Staff Development Tools in Higher Education. In *Proceedings of the IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2005)*, Porto, Portugal (pp. 96-104).
- Caviale, O. (2008). Analyse d'une liste de discussion d'enseignants. Un reflet des normes personnelles ou institutionnelles? In *Proceedings of the Journées Communication et Apprentissage Instrumentés en Réseau (JOCAIR)*, Amiens, France (pp. 137-148).
- Class, B., & Schneider, D. (2004). Tutorat, socio-constructivisme et capitalisation des connaissances dans un portail communautaire utilisé en éducation à distance. *Colloque Eifad (Ecole d'Ingénierie de la Formation à Distance)*. Retrieved November 16, 2009, from http://www.cned.fr/colloqueeifad/Documents/Class_Schneider.pdf
- Conole, G., Culver, J., Williams, P., Cross, S., Clark, P., & Brasher, A. (2008). Social networking for learning design. In *Proceedings of ascilite 2008 conference* (pp. 187-196). Melbourne, Australia: Cloudworks.
- Cuthell, J. P. (2008). The role of a web-based community in teacher professional development. *International Journal of Web Based Communities*, 4(2), 115-139. doi:10.1504/IJWBC.2008.017668

- Daele, A. (2005). Développement professionnel des enseignants dans un contexte de participation à une communauté virtuelle: une étude exploratoire. In *Proceedings of the Symposium SYMFONIC, SYMposium, FOrmation et Nouveaux Instruments de Communication*. Retrieved November 16, 2009, from <http://www.dep.u-picardie.fr/sidir/articles/daele.htm>
- Denis, B. (2003). Quels rôles et quelle formation pour les tuteurs intervenant dans des dispositifs de formation à distance ? *Distances et savoirs*, 1(1), 19-46.
- Denis, B., Watland, P., Pirotte, S., & Verday, N. (2004). Roles and Competencies of the e-Tutor (LearnNet project). In *Proceedings of the Networked Learning Conference*, UK. Retrieved November 16, 2009, from http://www.networkedlearningconference.org.uk/past/nlc2004/proceedings/symposia/symposium6/denis_et_al.htm
- Dufresne, A., Basque, J., Paquette, G., Léonard, M., Lundgren-Cayrol, K., & Prom Tep, S. (2003). Vers un modèle générique d'assistance aux acteurs du téléapprentissage. *Revue STICEF*, 10, 57-88.
- Garrot, E. (2008). *Plate-forme support à l'Interconnexion de Communautés de Pratique (ICP). Application au tutorat avec TE-Cap*. Unpublished doctoral dissertation, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Lyon, France.
- Garrot, E., George, S., & Prévôt, P. (2006). Design of an Assistance Tool to Support the Tutor in the Setting-up of Learning Situations. In *Proceedings of the 17th Information Resources Management Association International Conference (IRMA 2006)*, Washington, DC (pp. 424-427).
- Garrot, E., George, S., & Prévôt, P. (2009). Supporting a Virtual Community of Tutors in Experience Capitalizing. *International Journal of Web Based Communities*, 5(3), 407-427. doi:10.1504/IJWBC.2009.025216
- Karacapilidis, N., & Tzagarakis, M. (2007). Web-based collaboration and decision making support: A multi-disciplinary approach. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*, 2(4), 12-23.
- Koh, J., & Kim, Y. (2004). Knowledge sharing in virtual communities: an e-business perspective. *Expert Systems with Applications*, 26(2), 155-166. doi:10.1016/S0957-4174(03)00116-7
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated Learning. Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Lavoué, E., George, S., & Prévôt, P. (in press). Development of an Assistance Environment for Tutors Based on a Co-Adaptive Design Approach. [BIT]. *Behaviour & Information Technology*.
- Lefoe, G., Hedberg, J., & Gunn, C. (2002). The Changing Role of Tutors: Forming a Community of Practice in a Distributed Learning Environment. In *Proceedings of the International Conference on Computers in Education (ICCE'02)*, Auckland, NZ (pp. 729-733).
- McPherson, M., & Nunes, M. (2004). The Role of Tutors as an Integral Part of Online Learning Support. *European Journal of Open, Distance and E-Learning*, 1. Retrieved November 16, 2009, from http://www.eurodl.org/materials/contrib/2004/Maggie_MsP.html
- O'Reilly, T. (2005). What Is Web 2.0: Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software. *O'Reilly Media*. Retrieved November 16, 2009, from <http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html>
- Pan, S., & Leidner, D. (2003). Bridging Communities of Practice with Information Technology in Pursuit of Global Knowledge Sharing. *The Journal of Strategic Information Systems*, 12, 71-88. doi:10.1016/S0963-8687(02)00023-9
- Pashnyak, T. G., & Dennen, V. P. (2007). What and Why do Classroom Teachers Blog? In *Proceedings of the IADIS Web Based Communities Conference*, Salamanca, Spain (pp. 172-178).
- Preece, J. (2001). Sociability and usability in online communities: Determining and measuring success. *Behaviour & Information Technology*, 20(5), 347-356. doi:10.1080/01449290110084683
- Romero, C., & Ventura, S. (2007). Educational data mining: A survey from 1995 to 2005. *Expert Systems with Applications*, 33(1), 135-146. doi:10.1016/j.eswa.2006.04.005
- Schlager, M., & Fusco, J. (2004). Teacher professional development, technology, and communities of practice: Are we putting the cart before the horse? In Barab, S., Kling, R., & Gray, J. (Eds.), *Designing for virtual communities in the service of learning* (pp. 120-153). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sherer, P. D., Shea, T. P., & Kristensen, E. (2003). Online Communities of Practice: A Catalyst for Faculty Development. *Innovative Higher Education*, 27(3), 183-194. doi:10.1023/A:1022355226924

- Snyder, W. M., Wenger, E., & de Sousa, B. X. (2004). Communities of Practice in Government: Leveraging Knowledge for Performance. *Public Management*, 32(4), 17-21.
- Star, S. L., & Griesemer, J. R. (1989). Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. *Social Studies of Science*, 19(3), 387-420. doi:10.1177/030631289019003001
- Thorpe, M. (2002). Rethinking Learner Support: the challenge of collaborative online learning. *Open Learning*, 17(2), 105-119. doi:10.1080/02680510220146887
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Ziovas, S., & Grigoriadou, M. (2007). Boundary Crossing and Knowledge Sharing in a Web-Based Community. In *Proceedings of the IADIS Web Based Communities Conference*, Salamanca, Spain (pp. 248-256).

ENDNOTE

- ¹ <http://cmsmatrix.org/>

Élise Lavoué (Garrot) is an Associate Professor in Information Systems in the IAE de Lyon, one of the most important French University centres for teaching and research in management. She is a member of the SICOMOR (Information Systems: Communication, Management and Organisation) Research Group, in the MAGELLAN Research Team. She received an Industrial Engineering degree in 2005 and a Doctoral Thesis in Computer Science in 2008 from the INSA Lyon (National Institute of Applied Sciences, Engineering University), France. There she developed the TE-Cap environment to connect communities of Practice of tutors in university. She joined the IAE de Lyon in 2009. Her research interests include tools to support virtual communities of practice, collaborative information systems, collective knowledge management and assistance to human tutoring.

Sébastien George is an Associate Professor in the Department of Computer Science, INSA Lyon (National Institute of Applied Sciences, Engineering University in France). He is a member of the LIESP Research Laboratory (informatics and information systems for the enterprise and production systems). He received his Doctoral Thesis from the University of Maine in France in 2001. There he designed and developed an environment dedicated to distant project-based learning. Then he did a postdoctoral fellowship at the TeleUniversity of Quebec in Canada. He joined INSA Lyon in 2002. His major fields of interest are computer supported collaborative learning, computer mediated communication, assistance to human tutoring in distance education and serious gaming.

Using Virtual Learners' Behaviours to Help the Development of Educational Business Games

Using Virtual Learners' Behaviours to Help the Development of Educational Business Games

Nicolas Manin, Sébastien George, and Patrick Prévôt

ICTT Research Laboratory, INSA de Lyon
21 avenue Jean Capelle, 69621 Villeurbanne Cedex, France
Nicolas.Manin@laposte.net
{Sebastien.George, Patrick.Prevot}@insa-lyon.fr

Abstract. Educational business games can be of a great help for initial and continuous learning, in the engineering field among others. These games have as major asset the possibility for learners to intervene or act as they wish. Nevertheless, there are numerous possible paths in such games. Designing the appropriate game structure and defining the optimum parameters so as to achieve the pedagogical objectives of business games are not straightforward. Presently, only users feedback allows the adjustments required and the appropriate structure modification needs to be identified. Waiting for feedback may take months and leave users a negative appreciation of the product. In this project, our aim is to conceive a “Simulator of Learners’ Behaviour” to ensure the pedagogical quality of educational games. In order to provide realistic players’ behaviours, mathematical and economical methods are used.

1 Introduction

During the designing of a computer environment for educational purposes, it is impossible to consider all the possibilities of learners’ behaviours. Educational games are so complex that adjusting and finalising them are particularly difficult. It is thus interesting to possess a system that simulates learners’ behaviour so as to statistically evaluate the performance of a game without having to wait for an extensive user feedback that could take several months. The objective of this research work is to design a generic simulator of learners’ behaviour that can be instantiated for different business games.

In this paper, we shall firstly present educational business game principles and the context of our work. We shall then define virtual learners and a method to simulate real learners’ behaviour by using metadata and mathematical methods. At last, we suggest a model named SIMCA which can be adapted to several games, and describe its framework and its functioning.

2 Educational Business Games

Educational business games are pedagogical applications that teach people several aspects of the functioning of a company, of a business or industry. During the past

Manin N., George S., Prévôt P., Virtual Learners Behaviours in Educational Business Games, European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL2006), *Lecture Notes in Computer Science*, Innovative Approaches for Learning and Knowledge Sharing, W. Neidj and K. Tochtermann (Eds.), Springer Berlin / Heidelberg, ISBN 978-3-540-45777-0, Vol. 4227, 2006, p. 287-301

fifteen years, the ICTT laboratory of the *INSA de Lyon* has gathered a lot of experience in the designing of business games [1], [2], [3]. Most of these environments have been developed as group projects by 4th year students (master level) of the Industrial Engineering department under the supervision of research lecturers of the laboratory. These business games have then been used for training in this department and others at INSA. The ICTT laboratory can thus directly gather a large quantity of feedback.

The use of educational business games make up a relevant training method for engineering students. The objective of these games is to establish a virtual environment in which we can artificially recreate on a smaller scale (time, space and actions) the conditions that allow learners to find themselves in a context similar to the situations they will face in their professional life. Business games cover a wide range of subjects (finance, commerce, industrial maintenance, collaborative problem solving...). As a variant of role-playing games, business games confront learner groups, usually associated to different companies, to each other. Endowed with specific powers or skills (tools, competences, protections...), players must take up the challenge and attain goals such as decreasing the stock level, increasing productivity, winning market shares, etc.

2.1 Educational Business Games Models

As researchers, one of our objectives is to situate the development of business games in an organized and structured approach. The goal is to define a common root that make it possible to speed up the development of specific games and at the same time benefit from a common infrastructure that allows designers to create, refine and extend these games without having to start from scratch each time. Our approach is generic and aims at the identification of invariants in order to define a design technology which creates a genuine workshop for configuration and as development help for this type of pedagogical products. The identification of invariants has led us to elaborate the following models: the conceptual, the dynamic, the pedagogical and the computer models.

The Conceptual Model. It is based on three fundamental elements in the game structuring:

- the attractor (i.e. “educational bait”): a challenge that must be taken up by the learner,
- the case: real-life contextual situation (defining the rules, environment ...),
- cognitive places: knowledge, concepts, know-how, behaviour, competences... which are objects of the training. The learner is not necessarily conscious of these places but he is compelled to pass these places to take up the challenge proposed to him;

The Dynamic Model. It consists in cutting up the scenario into phases:

- discovery phase,
- analysis and diagnosis phase,
- strategy construction phase,
- decision-making and implementation phase,
- assessment and evaluation phase;

The Pedagogical Model. It integrates the animator role as from the original design of the game:

- briefing sessions, to start the game or phases,
- debriefing and sharing sessions for analysis,
- multimedia sessions that alternate the conceptual and action sections;

The Computer Model. It is based on a multi-agent approach for the following reasons:

- In multi-agent systems, as in games, acts are the structuring elements of the system,
- The cooperative aspects of educational business games dictate a distributed vision,
- Business games must be able to adapt themselves to modifications to the structure or environment brought about by the author.

2.2 Research Issues on Business Game Designing

During the designing of an educational business game, it is impossible to predict all the possibilities in learners' behaviour (navigation, activity choice, answers given to questions, course or route taken...). The richness of this type of educational games makes their realisation difficult (in terms of parameters, game structure, need for interaction...). The only way of creating such a game is to make actual learners test the game and then correct it according to feedback. From experience, we know that this process takes about two years to achieve a finalised version of the game (from a pedagogical point of view). This long testing time causes the loss of product credibility. This happens particularly if the learners having the "appropriate behaviour" (in terms of learning objectives) are not the ones who are rewarded...

Our research objective is thus to suggest models and tools for testing the games prior to their use. To sum up, we aim at designing a simulator of learners' behaviour to test the game's parameters. This simulator can be considered as a test bed sufficiently universal to test thoroughly the game progress with virtual learners (with random actions and events) so as to statistically evaluate how far the pedagogical objectives have been achieved. This solution will be used in conjunction with the user-centered and participatory design approaches. So the final solution will be a sort of hybrid approach that involves both virtual players and working with real users.

The closest work on which we can base ourselves are about virtual players [4], [5] and companions [6], [7], [8]. As in these works, we must define players'/learners' behaviour and a mechanism to retrieve information about what happens all through the game session so that the simulator can act consequently. However, the needs of our learners' behaviour simulator are quite different. In particular, we do not want to create a simulator dedicated to a specific game but to design a simulator for a class of business games.

2.3 Study of Two Business Games

To come up with a model for the simulator, two educational business games have been studied and analysed. The "maintenance game" (in the field of industrial maintenance) and the game called "Garde à Vue" (French for "police custody" – concerning the law

field) have been chosen. These two games, both event-based, are nevertheless different enough in their objectives and the knowledge to acquire. This study has contributed to our researches on desired features, the constants and some of the parameters necessary to design a learners' behaviour simulator for educational business games.

These two games are board games with well-defined steps or "squares" and events (with various consequences) that take place at each step. At any moment, in order to play, one must be able to know his or her location (which step he/she is at), his or her game score or the amount of money he or she has, or the available objects or accessories. Hence, the simulator must be aware of the values of variables that indicate the status of the game and that of the player/learner. As for interaction, there are situations where choices are possible (multiple-choice questions, purchases, sales, etc.). These choices of course have an impact on the rest of the game. To be able to make these choices, the simulator must include a game strategy. That is, he must know the player's objectives and the types of player behaviour to obtain these objectives. For example, in the two games considered, there are means of avoiding risks and decreasing losses or sanctions. There are also actions that have long-term or short-term effects. In the two games, there are both random stages/steps and default ones. In these cases, the simulator passively undergoes what happens to it and is not given any choice. The values of variables and the rest of the game change subsequently.

3 Defining Virtual Learners

The objective is to define virtual learners able to take decisions in business games like human learners. In this part, we will present how to simulate their behaviour, with the combination of two methods: one based on the strategic sense of the game actions, and the other based on the game events and their influence on the objectives.

3.1 Strategies-Based Behaviour

We have defined a method to simulate learners' behaviour using game strategies and player profiles. We explain these strategies and profiles below before discussing how behaviours are simulated.

Game Strategies. Strategies are used to annotate actions of the games with behaviour criteria. We have been able to identify the following strategies partly by observing the use of educational business games by actual learners. Some can coexist (but at different intensities or proportions) while others are totally opposed one to another.

- favoured *term* (long, medium or short),
- type of *interaction* with the other players (competition, collaboration...),
- need for *adventure* (explore – active , discover – passive...),
- *risk taking* (maximum, average or minimum),
- *enthusiasm* (maximum, average, minimum – “endure” the game),
- *time* spent on the game/*duration* of the game (playing for the longest time or trying to end the game before the other players),
- *desire to win* (winning at all cost or doing everything to lose).

Player Profiles. In business games, some players seem to use similar strategies in the way of solving problems: some are careful while others take more risks; some are more helpful than others, etc. Such behaviours are characteristic of some well-known profiles:

- the *aggressive* player can do anything in order to win the game;
- the *ambitious/calculating* player. Everything he does is motivated by victory;
- the *curious/inquisitive* player wants to learn and to explore the game levels;
- the *careless/thoughtless* player is one who has the necessary knowledge but who does not pay much attention to what he does;
- the *go-ahead/audacious* player does not have a strategy and does not care about risks;
- the *kamikaze* player does all he can to sabotage his chances of winning;
- the *neutral/average/standard* player does not take lots of risks but is not excessively cautious;
- the *nonchalant* player is not really a type of user but is rather a type of behaviour that we want to simulate. It can be that of a person who is not much involved in the game and who will make random choices or that of a program module that needs to test a game's reactions;
- the *hurried* player wants to have the maximum gains as quickly as possible;
- the *cautious* player is the one who takes the minimum risks.

Simulating Behaviour. Each virtual learner has a player's profile, and each game action is annotated with strategic marks. During the game, when a virtual player must choose between different actions, strategic marks of each solution are compared with the strategic preferences of his profile. Then, he can choose the action which is the most similar to his profile. For instance, a cautious-defined virtual player will choose safety actions, while an aggressive-defined opponent will choose instead hazardous actions. This is a method of behaviour simulation that can lead to varied, realistic behaviours. However, it implies that each action of the game has a strategic sense.

The quality of the simulated behaviours depends on the quality of the actions marks. Defining them is a difficult task, because the strategic value of an action can be differently interpreted by people. Therefore, these marks are also the expression of their creator's own judgment, thus the decision of virtual players could not be entirely objective. Another problem is that the strategic value of an action cannot be judged alone, but the whole context and its consequences must be considered. For example, an action is dangerous when it can lead to bad situations. If there is no bad situation, then the same action should no more be considered dangerous. Details on the simulation of behaviours can be found in the article George *et al.* [9].

3.2 Events-Based Behaviour

It appears that this strategic-based behaviour is centered on the learner's psychology. Virtual players take decision following their psychological preferences, in a reactive process that isn't directly linked with the winning conditions. Do aggressive-defined

Table 1. This table matches game strategies and player profiles. The parameters on the horizontal axis represent the strategies and the standard profiles are on the vertical axis. The sections marked with a cross specify the strategies corresponding to each learner or player type.

Player profiles	Player strategies														
	Term			Interaction			Need for adventure			Risk-taking			Enthusiasm		
	long	middle	short	competition	collaboration	independent	maximum	average	minimum	maximum	average	minimum	maximum	average	minimum
Aggressive			X	X					X	X			X		
Ambitious	X			X			X					X	X		
Curious	X				X		X			X			X		
Careless			X			X			X	X			X		
Go-ahead			X	X					X	X			X		
Kamikaze			X			X			X	X				X	
Neutral		X			X			X			X		X		
Nonchalant			X			X			X		X			X	
Hurried			X			X			X	X			X		
Cautious	X				X		X				X		X		

virtual players must have a suicidal behaviour in their actions, while sometimes the danger is so evident for human learners? Since the virtual learners are also players, they have to pay attention to game objectives.

Freud used to distinguish instinct and reason in the human psychology. For philosopher Bergson, in 1907, instinct and the intelligence represent two solutions of the same problem. We have thought about reproducing this duality in the decision making, providing virtual players instinctive (strategies-based) and rational (events-based) decision units.

Some Theoretical Concepts of Decision. To define a player's behaviour centered on the game events, we have looked at mathematical and economical works, such the Game Theory of John von Neumann and Oskar Morgenstern [10] or the Prospect Theory of Daniel Kahneman and Amos Tversky [11]. We will present here some concepts used in these famous theories that should serve to simulate the virtual player's decision-making process.

Utility Function. In most games, in order to win, the players have to maximize the values of specific resources (e.g. score, money), and/or to minimize other values (e.g. time). While attempting to achieve game objectives, players are attracted by positive events that tend to maximize or minimize their resources. So the evaluation of the variation of a resource in a game event can be expressed in term of attraction or repulsion, like the strategic preferences: this is the utility function. We will use specific utility functions to simulate players' choice between several solutions.

Expected Value. If X is a discrete random variable which can take $x_1, x_2, \dots$ values with $p_1, p_2, \dots$ associated probabilities, the formula of the expected value of X is:

$$E(X) = \sum_i p_i (x_i) . \quad (1)$$

Using this mathematical formula as a utility formula is a very simple method to have objective and evaluated comparisons of game solutions. For example, if a virtual player's objective is to maximize the gain, he calculates the expected value of gain of each solution, and then chooses the solution with the highest value.

However, using the expected value as the utility function is not a sufficient solution. The simulated behaviours are different from that observed on real players – what about the popularity of national lotteries in spite of negative expected gain values? Worst, they can lead to paradoxes, such as the Saint Petersburg's paradox.

The Diminishing Marginal Utility. The mathematician Daniel Bernoulli solved the Saint Petersburg's paradox by introducing psychology parameters. In this theory, the attraction for a gain is not only linked to its value, but also to its utility for the receiver according to his/her initial resources (i.e. the marginal utility). For example, 10 € have more utility for a player who has 10 € than for a player who has 1000 €. In the first case, the 10 € gain represents a 100% gain, and in the second one, only a 1% gain. The more resource someone has, the less s/he feels utility to have more: this is the diminishing marginal utility.

Risk Aversion. When someone plays a double-or-quits game, this player must choose between an assured gain and a lottery with the same expected value of gain. Experience shows that, in the majority of cases, he keeps the guaranteed gain: this is risk-aversion.

Introducing risk aversion to virtual player's profile will be a medium of giving them more realistic behaviour. To simulate the risk aversion, economics use convex functions such as the logarithmic function; however, since it is defined only for positive numbers, we can use another function, like the square root. So we modify the expected value formula to obtain the following utility formula:

$$U(X) = \sum_i p_i \sqrt{x_i} . \quad (2)$$

The utility of a 100 € gain X_1 is $U(X_1) = \sqrt{100} \approx 10$, whereas the utility of the gain X_2 of the corresponding double-or-quits lottery $L = \{(\frac{1}{2}; 200); (\frac{1}{2}; 0)\}$ is $U(X_2) = \frac{1}{2} \sqrt{200} + \frac{1}{2} \sqrt{0} \approx 7.071$. So the certain gain is more attractive for a risk-averse person.

Loss Aversion. It is a psychological concept which explains that loss-averse people are more sensible to a loss than to a gain, even if they have the same value. Like the risk aversion, adding loss aversion in the mechanism of decision-making is an opportunity to make virtual players' behaviour more realistic. To simulate it in the virtual players' decision, we use the following utility formula that inserts a multiplier coefficient to all losses' values:

$$U(X) = \sum_i p_i (y_i) + \sum_j q_j (\lambda z_j) . \quad (3)$$

The y_i are the positive values (gain) and p_i their probabilities, and the z_j are negative values (loss) and q_j their probabilities. λ is the loss aversion coefficient: $\lambda > 1$ for a loss aversion, $\lambda = 1$ for a loss neutrality, and $0 < \lambda < 1$ for a loss attraction.

Simulating Behaviour. All of these concepts could be used to simulate human players' behaviours. We combine each one of them in an ultimate utility function that will be used to calculate attraction/repulsion of game events. In this function, y_i are the positive values (gain) and p_i their probabilities, the z_j are negative values (loss) and q_j their probabilities, and λ is the loss aversion coefficient.

$$U(X) = \sum_i p_i \sqrt[y_i]{y_i} + \sum_j q_j \sqrt[\lambda z_j]{\lambda z_j} . \quad (4)$$

3.3 Coordinating Decisions

Virtual players, with both instinctive and rational decision units, dispose of two distinct solutions for the same problem. Decisions can be compatible, but they can also be opposite. Thus, players need an arbitration process to choose only one solution.

To avoid this problem, each decision unit won't provide only the most attractive solution, but the list of all solutions and their probabilities of choice, depending on their attraction or repulsion for the player. Then, an arbitration unit combines the two probabilities of each solution in a unique probability. An advantage of this probabilistic method is to define varied behaviours.

4 The SIMCA Model

We have defined a method to simulate virtual learners' behaviours for business games. Now, in this part, we describe the global functioning of the simulator. The designed model is named SIMCA ("*SIMulateur du Comportement d'Apprenants*") which means "simulator of learners' behaviour".

4.1 Global Functioning of a Simulation

The simulator is composed of an inference engine that contains functioning rules and parameters that describe behaviour characteristics of virtual players. Business games on which we experiment the simulator have a game engine separated from the graphical interface. In this way, the simulator does not use Human Computer Interface of business games but intercepts the messages coming from the game engine and sends some commands and actions directly. The global functioning of the SIMCA model is depicted in figure 1.

To use the simulator on a particular business game, the game administrator has to list all the important data of the game that will be used by the virtual learners (variables representing choices, game states, scores and players progress). This list is then given (1) to the simulator administrator who associates the parameters of the simulator with the game variables (2).

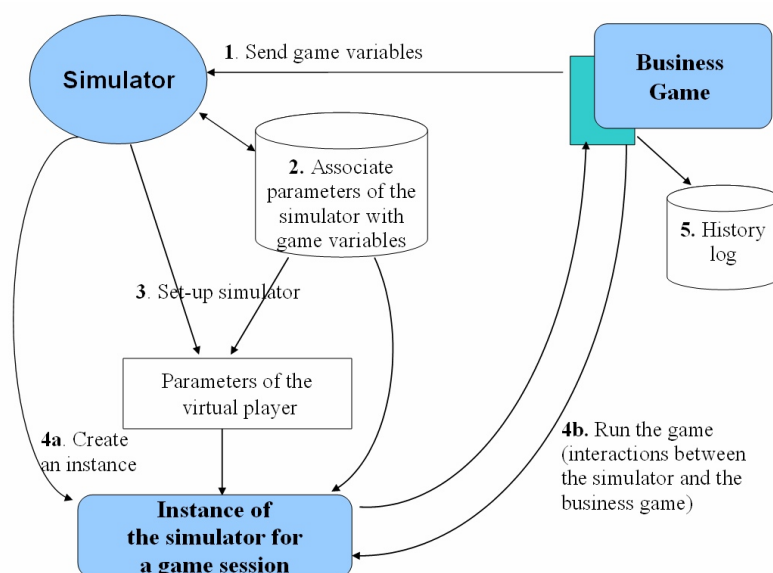


Fig. 1. The SIMCA Model

Before launching the simulator, the administrator chooses the parameters of the virtual player for a game session (3). He can choose among a set of existing players' profiles, those defined in the table 1, or specify a particular player profile by configuring the different strategies (interaction, need for adventure, risk-taking, etc...). He also defines the player's objectives policy.

Finally, an instance of the simulator is created from the game information and for a virtual player profile (4a). A game session could then be run. Some messages are then exchanged (4b) between the game (choices, events ...) and the simulator (decisions, actions ...). During the session, the simulator engine will interact with the virtual players when they will have to take decisions in order to reach the set goals and to follow their strategies.

Exchanged events are recorded in a history log (5) that aims to help the game designer to identify necessary modifications before the use of the game in real situation with learners. It should be noticed that the actual model does not take the interaction between learners into account.

4.2 Virtual Learners in the SIMCA Model

Virtual players are an essential component of the SIMCA model. We have previously defined their theoretical decision-making process. In this part, we describe how to integrate them and their decision process within the SIMCA architecture.

Metadata and Graphs of Actions. In the Game Theory, game trees are graphs in which nodes represent the situations, and edges the different moves. Decision takers use them, starting from the present situation (root), to choose the actions that can lead them to the best future situation. We want to use similar structures to represent the game metadata used by the virtual players.

We define graphs of actions as structures that contain both the strategy-related and event-related marks. Nodes and edges can be of different nature. There are four different kinds of nodes:

- *Decision nodes* (D-nodes) represent a decision situation, and signify a choice for the player. Their out edges represent all different possible actions. Each one is annotated with strategic marks related to the players' list of strategies (cf. part 3.1).
- *Events nodes* (E-nodes) contain a list of events in relation to objectives, in term of gain or loss (e.g. score: -50, time: +10). According to his objectives, the paths leading to some E-nodes will attract or repulse the player. They have no or only one out edge.
- *Random nodes* (R-nodes) represent a randomly-determined fork, for example a lottery. Their out edges correspond to the universe of possibilities, and each one has a probability.
- *Tests nodes* (T-nodes) represent a game or player's condition-determined fork. Their out edges correspond to the different possibilities of satisfaction of the condition, and each one has a list of conditions.

These graphs have an entrance node, always a decision node, since it represents the initial decision situation. The exits of graph are the events-nodes, as they are the final consequences of the chosen actions, but not all of them are exits.

One advantage of using graphs of actions is that virtual players take decisions with the metadata they contain. So a simulation can be run without the finished game, just with the data files of its graphs. That can be useful to test the game parameters before or during the implementation. Another advantage is that the game structure can be easily changed, just by replacing a graph file by another.

Virtual Learners' Decision. The decision-making process is the key of the simulation because it reflects the quality of the simulated behaviour. Each virtual learner has:

- a strategic profile: aggressive, ambitious, curious, careless..., or cautious.
- a list of objectives, in the form of a list of weighted resources/objectives, indicating their priority. Virtual players seek to maximize resources with positive weight (e.g. score), according to their value, and to minimize resources with negative weight (e.g. time). They are neutral to resources with null weight; this can be interesting to test only specific objectives of the game.

The virtual player evaluates the solutions of a problem starting from the D-node root of the corresponding graph of actions. $\text{Attraction}()$ is the function that calculates the attraction of an action, node or event. The repulsion corresponds to a negative value of attraction. We say that the attraction of an action (a D-node's out edge) is equal to the attraction of the successor node. There is now two distinct evaluations of the solution, leading to two distinct decision attractions.

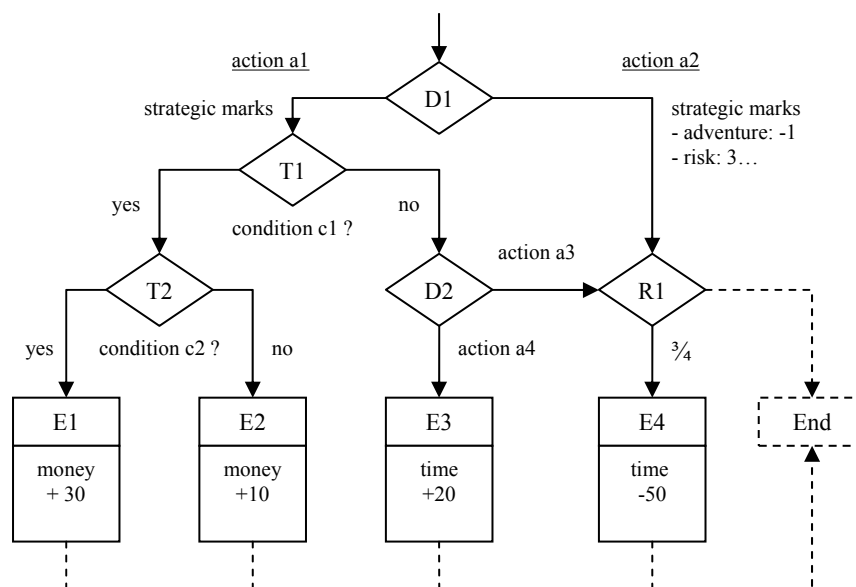


Fig. 2. An example of graph of actions. The virtual player who uses this graph is in a decision situation represented by the D1 decision node, where he can choose between the “a1” and the “a2” action. The first action leads to the T1 node and the other one will lead to the R1 node. D2 is another decision node, with “c” and “d” possible actions. T1 and T2 are test nodes representing respectively conditions “c1” and “c2”. R1 is a random node; $\frac{3}{4}$ is an example of probability leading to E4 node. E1, E2, E3 and E4 are events nodes, with examples of events.

Instinctive Attractions. To express instinctive attractions, the virtual players use a simple comparison algorithm of the strategic marks. The marks of the starting D-node’s out edges (i.e. possible actions) are all compared with the player’s strategic preferences. If the strategy of the mark matches with the player profile, then the attraction will be positive; otherwise, it will be negative. All marks are compared one by one, and the sum of the attraction gives a global attraction value.

Rational Attractions. To express rational attractions, virtual players use a path graph algorithm. The attraction of an event is calculated using a utility function as previously defined. If the graph contains cycles, i.e. a situation leading to a previous one, then the algorithm could run in an infinite time. So it is important to define a limited number of covered nodes. We define the following recursive algorithm:

- attraction (E-node) = $\sum_i \text{utility}(\text{event}_i) + \text{attraction}(\text{succ})$, where event_i are the E-node’s events.
- attraction (R-node) = $\sum_i \text{probability}(\text{succ}_i) * \text{attraction}(\text{succ}_i)$, where succ_i are the R-node’s successors.
- attraction (T-node) = attraction (succ_i), where succ_i is the T-node’s successor who completes all conditions of the node’s out edge.
- attraction (D-node) = $\max(\text{attraction}(\text{succ}_i))$, where succ_i are the D-node’s successors.

For example, from the node D1 in figure 2, the two possible solutions are the actions “a1” and “a2”. If the conditions “c1” and “c2” are both completed, then the attraction of “a1” is : attraction (T1) = attraction (T2) = attraction (E1) = utility (money, +30); and the attraction of “a2” is : attraction (A1) = $\frac{3}{4}$ attraction (E4) = $\frac{3}{4}$ utility (time, -50).

The Choice of a Solution. After 1) the strategic marks comparison and 2) the graph exploring, each algorithm gives to virtual players an evaluation of each solution, such as this example list (independent of the fig. 2):

Solution “A”: attraction = 0; solution “B”: attraction = 15; solution “C”: attraction = -5; solution “D”: attraction = 25; solution “E”: attraction = 10

What does the attraction mean in this example? The B, D and E solution, with positive attractions values are attractable for the players; the A solution, with null value is neutral; the C solution, with negative value, is repulsive. In this case, the choice of the solution will concern the first three ones. If there are no positive values, virtual players will choose between the neutral solutions. And if there are no null values, they will choose between the repulsive solutions.

The easiest way to select a solution is to choose the one with the highest attraction value, because it is the “best” (or at least the worst) one. But there are opportunities to build a more varied behaviour. For example, we can add a probability to each solution depending on its attraction value. So in the precedent example, the “D”, “B” and “E” solutions would have respectively 50%, 30% and 20% chance of being chosen, according to their attraction of 25, 15 and 10. The other solutions would have a 0% chance.

When the virtual player selects a solution, the simulator informs the game of the chosen action, the information is saved in the game log file, and the game session continues.

4.3 Implementation and Uses

We have developed a prototype of simulator using java language, and XML data files, one for each graph of actions of the game. They are represented in XML, because it is an easy way to describe the graph structure. The game administrator uses an editor to create the graphs easily. The simulator administrator has then to reference the files, so that the simulator engine can find the graph corresponding to each decision situation. For example, he associates a graph to a board case of the game.

There is also one data file that contains all player profiles. The simulator administrator uses it to initialize the virtual players before the start of the game session.

Creating Graphs of Actions. Below is an example of an XML file that represents a graph of actions. The XML syntax is adapted to our process algorithm.

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<graph>
  <Dnode name="D1">
    <outEdge name="Action1">
      <strategy name="risk">2</strategy>
      <!-- other strategic marks -->
      <succ type="Tnode ">T1</succ>
    </outEdge>
  </Dnode>
</graph>
```

```

    </outEdge>
    <!-- other out edges -->
  </Dnode>

  <Rnode name="R1">
    <outEdge>
      <proba num="2" den="3"/>
      <succ type="Enode">E1</succ>
    </outEdge>
    <!-- other edges -->
  </Rnode>

  <Enode name="E1">
    <event name="money">-15</event>
    <!-- other events -->
    <outEdge>
      <succ type="END">END</succ>
    </outEdge>
  </Enode>

  <Tnode name="T1">
    <outEdge>
      <test type="">
        <object>time</object>
        <value>100</value>
      </test>
      <!-- other tests -->
      <succ type="Rnode">R1</succ>
    </outEdge>
    <!-- other out edges -->
  </Tnode>

  <!-- other nodes -->

</graph>

```

List of Player's Profiles. Example of the XML file that contains the list of player's profiles.

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<profiles>
  <profile>
    <name>Aggressive</name>
    <strategies>
      <strategy id="risk">3</strategy>
      <!-- other strategies -->
    </strategies>
  </profile>
  <!-- other profiles -->
</profiles>

```

5 Conclusion

The development of business games is delicate and limits very often their use. We have proposed in this article the base of a simulation model of learners' behaviour aiming at favouring the testing of business games in compressed time. This model, named SIMCA, is based on the definition of players' profile types and game metadata (graphs of actions), which ensures tests as comprehensive as possible. Technologies used allow an easy set-up of the simulator despite the existing differences in the development of business games. The SIMCA model leads to the implementation of a prototype that will be tested soon on two business games.

There are many futures directions of this work. First, in an incremental development approach, the actual model could be improved so as to refine interactions between learners. In the same direction, we aim at simulating more realistic behaviours by adding for example the change of strategies during a game session. Furthermore, the simulator runs currently in compressed time, which allows fast virtual testing. A real time mode could be added in order to simulate virtual players that can be able to play with or against human players.

Finally, this work is part of a global study on an integrated environment for the design of business games. Beyond the testing environment, future work will concern a complete software suite for the development and configuration of educational business games.

References

1. Akkouche I., & Prévôt P.: Cooperative distance learning-sessions management: A transportation model application to Role Distribution. IEPM'97: International Conference on Industrial Engineering and Production Management, Lyon, France (1997) 166-174
2. David B., Gibaud O., Roland J.-P., Tarpin-Bernard F., & Vial C.: Cooperative learning Systems: Extension of the micro-world concept. Telecommunications for Education and Training, Prague (1997) 48-54
3. Babari M., Mahi A., & Prévôt P. : Approche générique pour la conception et l'ingénierie de jeux d'entreprise multimédias coopératifs - Cas du jeu de la maintenance multimédia. Colloque international TICE 2000, Troyes, France (2000) 377-384
4. Bouzouane A., Dionne C., Stiharu-Alexe I., & Gagné D. : Jeu de rôle virtuel à base d'agents intelligents. 6ème journées Francophones d'Intelligence Artificielle et Systèmes Multi-Agents (JFIADSMA 98), Pont-à-Mousson, France (1998) Hermès, 147-161
5. Roge O., & Labat J.M.: Integration of Virtual Players into a Pedagogical Simulator. Computer Aided Learning In Engineering Education (CALIE 2004), Grenoble, France (2004) 227-232
6. Gazzaniga G., Morrone G., Ovcin E., & Scarafiotti A.: The "virtual" companion: a "real" help for educational hypermedia. International Conference on Educational Use of Technologies (ICEUT 2000), Beijing, China (2000) 363-366
7. Zapata-Rivera J.D., & Greer J.: Exploring Various Guidance Mechanisms to Support Interaction with Inspectable Learner Models. Sixth International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS 2002), Biarritz, France, (2002) 442-452.

8. Burleson W.: Affective Learning Companions. Doctoral consortium in conjunction with the 7th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS 2004), Maceio, Brasil (2004)
9. George, S., Titon, D., Prévôt, P. : Simulateur de comportements d'apprenants dans le cadre de jeux d'entreprise. Conference Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain, Montpellier, France (2005) 389-394
10. Von Neumann, J., & Morgenstern, O.: Theory of Games and Economic Behavior. Princeton University Press (1944)
11. Kahneman, D., & Tversky, A.: Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, 47 (1979) 263-291

Bibliographie

- ABOWD G. & DEY A. (1999). Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing (HUC 99). Karlsruhe, Germany, Berlin: Springer, p. 304-307.
- ABT C.C. (1987). *Serious games*. University Press of America, 176 p.
- AKKOUCHE I. & PRÉVÔT P. (1998). Conception et génération de jeux d'entreprise. Colloque Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTICF'98). Rouen, France.
- ALDRICH C. (2009). *The Complete Guide to Simulations and Serious Games: How the Most Valuable Content Will be Created in the Age Beyond Gutenberg to Google*. John Wiley and Sons, 578 p.
- ALESSI S. & TROLLIP S. (2000). *Multimedia for learning, Methods and Development*. Allyn & Bacon, 3ème édition, 580 p.
- AMGHAR Y. (2006). E-Tutor Findings. Final Report of the E-tutor Project, INSA de Lyon. 82 p.
- ANASTASSOVA M., BURKHARDT J., MÉGARD C. & EHANNO P. (2007). L'ergonomie de la réalité augmentée pour l'apprentissage : une revue. *Le travail humain*, vol. 70, n°2, p. 97-125.
- AROYO L., MIZOGUCHI R. & TZOLOV C. (2003). OntoAIMS: Ontological approach to courseware authoring. International Conference on Computers in Education (ICCE2003). Wanchai, HongKong, p. 1011-1014.
- AUGEREAU P.J. & RISETTI A. (2004). Un même mot, des démarches multiples... Dans : *Gestion des compétences - Levier de la performance*, Les dossiers du pôle productique Rhône-Alpes, n°76, p. 6-8.
- BABARI M., MAHI A. & PRÉVÔT P. (2000). Approche générique pour la conception et l'ingénierie de jeux d'entreprise multimédias coopératifs - Cas du jeu de la maintenance multimédia. Colloque international TICE 2000. Troyes, France, p. 377-384.
- BALACHEFF N. (2002). Apprentissage, éducation et formation. Rapport du réseau thématique pluridisciplinaire STIC, RTP39, CNRS. 5 p.
- BELLAMY R. & WOOLSEY K. (1998). Learning conversations. *ACM SIGCHI Bulletin*, vol. 30, n°2, p. 108-112.
- BENNETT S. & MARSH D. (2002). Are We Expecting Online Tutors to Run Before They Can Walk? *Innovations in Education and Teaching International*, vol. 39, n°1, p. 14-20.
- BÉZIVIN J., BLAY M., BOUZHEGOUB M., ESTUBLIER J., FAVRE J., GÉRARD S. & JÉZÉQUEL J. (2004). Rapport de Synthèse de l'AS CNRS sur le MDA (Model Driven Architecture). Rapport de l'action spécifique MDA. 16 p.
- BOURRIQUEN B., DAVID J.P., GARROT E., GEORGE S., GODINET H., MEDÉLEZ E. & METZ S. (2006). Caractérisation des Situations d'Apprentissage Collectives et Instrumentées dans le supérieur. 8ème Biennale de l'éducation et de la formation. Lyon, France.
- BOUZEGHOUB A., DO K. & LECOCQ C. (2007). A Situation-Based Delivery of Learning Resources in Pervasive Learning. European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2007). Springer, LNCS 4753, p. 450-456.
- BRATITSIS T. & DIMITRACOPOULOU A. (2006). Monitoring and Analyzing Group Interactions in Asynchronous Discussions with the DIAS System. 12th International Workshop on Groupware, GRIWG2006. Medina Del Campo, Spain, Springer, LNCS, p. 54-61.

- BRÉZILLON P. (2005). Role of context in social networks. Florida Artificial Intelligence Research Society Conference (FLAIRS 2005). Clearwater Beach, Florida, USA, American Association for Artificial Intelligence, p. 20-25.
- BROISIN J. & VIDAL P. (2007). Une approche conduite par les modèles pour le traçage des activités des utilisateurs dans des EIAH hétérogènes. *Revue STICEF, Numéro spécial Analyses des traces d'utilisation dans les EIAH*, vol. 14, p. 457-490.
- BROOKS C., BATEMAN S., LIU W., MCCALLA G., GREER J., GASEVIC D., EAP T., RICHARDS G., HAMMOUDA K., SHEHATA S., KAMEL M., KARRAY F. & JOVANOVIC J. (2006). Issues and directions with educational metadata. Third Annual International Scientific Conference of the Learning Object Repository Research Network. Montreal, Canada.
- BROOKS C., PANESAR R. & GREER J. (2006). Awareness and Collaboration in the iHelp Courses Content Management System. European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2006). Crete, Greece, Springer, LNCS 4227, p. 34-44.
- BROUGÈRE G. (1995). *Jeu et éducation*. Editions L'Harmattan, 287 p.
- BROWN J.S., COLLINS A. & DUGUID P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Research*, vol. 18, n°1, p. 32-42.
- BROWN J.S. & DUGUID P. (1991). Organizational learning and communities of practice. *Organization Science*, vol. 2, n°1, p. 40-57.
- BRUILLARD É. (2010). CALICO Communautés d'apprentissage en ligne, instrumentation, collaboration. Rapport de recherche, ENS Cachan. Disponible sur : <<http://www.stef.ens-cachan.fr/calico/calico.htm>>, 162 p.
- BUTOIANU V., VIDAL P. & BROISIN J. (2009). An adaptative framework for tracking web-based learning environments. Workshop at Informatik 2009: Exploitation of Usage and Attention Metadata (EUAM 2009). Lübeck, Germany, p. 1634-1644.
- CALVARY G., COUTAZ J. & THEVENIN D. (2001). A Unifying Reference Framework for the Development of Plastic User Interfaces. *Dans : Engineering for Human-Computer Interaction*, p. 173-192.
- CARON P., LE PALLEC X., KADDOUCI S. & RITAINE F. (2008). Expérimentations d'apprentissage pervasif, juste à temps, en situation de travail. Workshop sur les Environnements Mobiles et Apprentissage Pervasif (EMAP'08). Paris, France.
- CAVIALE O. (2008). Analyse d'une liste de discussion d'enseignants. Un reflet des normes personnelles ou institutionnelles ? Amiens, p. 137-148.
- CHAARI T., LAFOREST F. & FLORY A. (2005). Adaptation des applications au contexte en utilisant les services WEB. Deuxièmes Journées Francophones: Mobilité et Ubiquité (UbiMob 2005). Grenoble, France.
- CHANIER T., BETBEDER M., CIEKANSKI M., LAMY M. & REFFAY C. (2010). MULCE : échanges de corpus d'apprentissage multimodaux. Workshop Psychologie et Apprentissage. 8 p.
- CHARLIER B. & PERAYA D. (2002). *Technologie et innovation en pédagogie : Dispositifs innovants de formation pour l'enseignement supérieur*. Bruxelles, De Boeck. Série Perspectives en éducation et formation, 229 p.
- CHEN G. & KOTZ D. (2000). A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research. Technical Report, Dartmouth College. Disponible sur : <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=867843>> (consulté le 9 Juin 2010).

- CHOQUET C. (2007). Ingénierie et réingénierie des EIAH, l'approche REDiM. Habilitation à diriger des recherches, Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine. 179 p.
- CHOQUET C. & IKSAL S. (2007). Modeling tracks for the model driven reengineering of a TEL System. *International Journal of Interactive Learning Research*, vol. 18, n°2, p. 161-84.
- CHOU C., CHAN T. & LIN C. (2003). Redefining the learning companion: the past, present, and future of educational agents. *Computers & Education*, vol. 40, n°3, p. 255-269.
- CLASS B. & SCHNEIDER D. (2004). Tutorat, socio-constructivisme et capitalisation des connaissances dans un portail communautaire utilisé en éducation à distance. Colloque Eifad (Ecole d'Ingénierie de la Formation à Distance) sur l'industrialisation du tutorat en formation à distance. Poitiers.
- COLLECTIF AS PLATE-FORME. (2005). Contributions de l'Action Spécifique « Conception d'une Plate-forme pour la recherche en EIAH » à l'ingénierie des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. *Revue Sciences et Techniques de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, vol. 12, p. 343-360.
- COURTIN C. (2010). CARTE: An Observation Station to Regulate Activity in a Learning Context. *Dans : Learning and Instruction in the Digital Age*, Springer, p. 207-224.
- DE LIÈVRE B., DEPOVER C. & DILLENBOURG P. (2005). Quelle place accorder au tuteur système et au tuteur humain dans un processus d'industrialisation ? *Revue Distances et savoirs*, vol. 3, n°2, p. 157-182.
- DEJEAN-THIRCUIR C. & MANGENOT F. (2006). Les échanges en ligne dans l'apprentissage et la formation. Colloque le Français dans le monde, recherches et applications. Paris, CLE International, p. 5-13.
- DELIUM C. (2003). OSCAR, un environnement de communication médiatisée structurée par les actes de langages. Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2003). Strasbourg, p. 127-138.
- DELOZANNE É., GRUGEON B. & JACOBONI P. (2002). Analyses de l'activité et IHM pour l'éducation. Conférence sur l'Interaction Homme-Machine (IHM 2002). Poitiers, France, p. 25-32.
- DENIS B. (2003). Quels rôles et quelle formation pour les tuteurs intervenant dans des dispositifs de formation à distance ? *Distances et savoirs*, vol. 1, n°1, p. 19-46.
- DENIS B., WATLAND P., PIROTTE S. & VERDAY N. (2004). Roles and Competencies of the e-Tutor. Network Learning Conference. England, UK.
- DESJARDINS C. (2002). Vers une méthodologie d'analyse des construits cognitifs collaboratifs produits dans les forums électroniques textuels asynchrones. Thèse en communication, Montréal, Canada, Université de Montréal, 340 p.
- DESPRÉS C. & COFFINET T. (2004). Reflet, un miroir sur la formation. Colloque Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE 2004). Compiègne, France, p. 19-24.
- DEY A. (2001). Understanding and Using Context. *Personal Ubiquitous Computing*, Springer Verlag, London, vol. 5, n°1, p. 4-7.
- DICTIONNAIRE LAROUSSE. (2010). Dictionnaire français Larousse [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.larousse.fr/>> (consulté le 28 Mai 2010).

- DICTIONNAIRE PETIT ROBERT. (2010). *Le nouveau Petit Robert de la langue française*. LeRobert, 2838 p.
- DIMITRACOPOULOU A. & BRUILLARD É. (2006). Enrichir les interfaces de forums par la visualisation d'analyses automatiques des interactions et du contenu. *Revue Sciences et Techniques de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, vol. 13, p. 345-397.
- DIMITRACOPOULOU A. & PETROU A. (2003). Advanced collaborative distance learning systems for young students: Design issues and current trends on new cognitive and metacognitive tools. *Themes in Education international Journal*, vol. 4, p. 214-297.
- DJOUAD T., SETTOUTI L.S., PRIÉ Y., REFFAY C. & MILLE A. (2010). Un Système à Base de Traces pour la modélisation et l'élaboration d'indicateurs d'activités éducatives individuelles et collectives. Mise à l'épreuve sur Moodle. *Revue Technique et Science Informatiques (TSI)*, p. 721-741.
- DODDS P. & THROPP S. (2004a). SCORM Content Aggregation Model, version 1.3.1. Disponible sur : <<http://www.adlnet.org/>>, 261 p.
- DODDS P. & THROPP S. (2004b). SCORM Run-Time Environment version 1.3.1. Disponible sur : <<http://www.adlnet.org/>>, 209 p.
- DOURISH P. & BELLOTTI V. (1992). Awareness and Coordination in Shared Work Spaces. Conference on Computer-supported cooperative work. Toronto, Canada, ACM, p. 107-114.
- DOWNES S. (2001). Learning Objects: Resources For Distance Education Worldwide. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, vol. 2, n°1. Disponible sur <<http://www.irrodl.org>>.
- DUFRESNE A., BASQUE J., PAQUETTE G., LÉONARD M., LUNDGREN-CAYROL K. & PROM TEP S. (2003). Vers un modèle générique d'assistance aux acteurs du téléapprentissage. *Revue Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, vol. 10, p. 57-88.
- DYKE G., LUND K. & GIRARDOT J. (2009). Tatiana: an environment to support the CSCL analysis process. 9th international conference on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL 2009). Rhodes, Greece, International Society of the Learning Sciences, p. 58-67.
- E-GUIDE. (2006). e-Guide tool [en ligne]. Disponible sur : <<http://etutor-info.insa-lyon.fr/projets/etutor/e-package/>> (consulté le 15 Avril 2010).
- E-TUTOR. (2004). Innovative e-learning methodology for tutors in multi-cultural, collaborative and synchronous context [en ligne]. Disponible sur : <<http://etutor-info.insa-lyon.fr/>> (consulté le 15 Avril 2010).
- EMIN V. & PERNIN J.P. (2009). ScenEdit: A Goal-Oriented Tool to Design Learning Scenarios. International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2009). Los Alamitos, CA, USA, IEEE Computer Society, p. 736-737.
- FAERBER R. (2004). Caractérisation des situations d'apprentissage en groupe. *Revue Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, numéro spécial Ontologies pour les EIAH, vol. 11, p. 297-331.
- FREUD S. (1908). *La création littéraire et le rêve éveillé*. Paris, Gallimard. Série Essais de psychanalyse appliquée, 254 p.

- GAGNÉ G., SPRENGER-CHAROLLES L., LAZURE R. & ROPÉ F. (1989). *Recherches en didactique et acquisition du français langue maternelle*. Bruxelles, De Boeck-Université, 200 p.
- GAO H., BAYLOR A.L. & SHEN E. (2005). Designer Support for Online Collaboration and Knowledge Construction. *Educational Technology & Society*, vol. 8, n°1, p. 69-79.
- GARLATTI S. & PETER Y. (2009). Mobile Learning. Introduction to the thematic school on Mobile Learning. Brest, France.
- GARRIS R., AHLERS R. & DRISKELL J. (2002). Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & Gaming*, vol. 33, n°4, p. 441-467.
- GARROT E. (2005). Modélisation du tutorat en ligne et conception d'un système d'aide à la préparation de situations d'apprentissage. Rapport de Master Recherche en informatique, INSA de Lyon. 36 p.
- GARROT E. (2008). Plate-forme support à l'Interconnexion de Communautés de Pratique (ICP). Application au tutorat avec TE-Cap. Thèse en informatique, INSA de Lyon, 309 p.
- GARROT E., GEORGE S. & PRÉVÔT P. (2006). A System to Support Tutors in Adapting Distance Learning Situations to Students. 2nd International Conference on Web Information Systems (WEBIST 2006). Setúbal, Portugal, p. 261-267.
- GARROT E., GEORGE S. & PRÉVÔT P. (2007). TE-Cap : une plate-forme support au partage et à la capitalisation d'expériences entre tuteurs. Conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2007). Lausanne, Suisse, p. 185-196.
- GEORGE S. (2001). Apprentissage collectif à distance. SPLACH : un environnement informatique support d'une pédagogie de projet. Thèse en informatique, Le Mans, France, Université du Maine, 354 p.
- GEORGE S. (2003a). Computer supported educational robotics projects in a distance context. International Conference on Engineering Education. Valencia, Espagne, p. 159-168.
- GEORGE S. (2003b). Analyse automatique de conversations textuelles synchrones d'apprenants pour la détermination de comportements sociaux. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, numéro spécial « technologies et formation à distance », vol. 10, p. 165-193.
- GEORGE S. (2003c). Forum contextuel structuré: une étude pour le téléenseignement. 15ème Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine (IHM 2003). Caen, France, ACM series, p. 104-111.
- GEORGE S. (2004). Contextualizing Discussions in Distance Learning Systems. Fourth International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2004). Joensuu, Finland, IEEE, p. 226-230.
- GEORGE S. & DERYCKE A. (2006). *Conceptions et usages des plates-formes de formation*. Numéro spécial de la revue Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF), INRP, 378 p.
- GEORGE S. & LEKIRA A. (2009). MeCoCo: A Context-Aware System for Mediated Communications. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, vol. 3, n°3, p. 26-33.
- GEORGE S., PRÉVÔT P., AMGHAR Y. & PIERSON J.M. (2004). Complexité des situations pédagogiques e-learning dans un contexte multi-culturel, collaboratif et synchrone. *International Journal of Information Sciences for Decision Making (ISDM)*, vol. 18, p. 1-10.

- GEORGE S., TITON D. & PRÉVÔT P. (2005). Simulateur de comportements d'apprenants dans le cadre de jeux d'entreprise. Conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2005). Montpellier, France, p. 389-394.
- GETTLIFFE-GRANT N. (2003). Représentations et construction des connaissances sur support électronique : l'apprentissage du français langue seconde par les forums de discussions électroniques. *Revue Apprentissage des langues et systèmes d'information et de communication (ALSIC)*, vol. 6, n°1, p. 65-107.
- GIGUET E., LUCAS N., BRUILLARD É. & BLONDER F. (2009). The Calico Platform: Multilingual Monitoring of Online Discussions. Workshop CSCL 2009 on Interaction Analysis and Visualization for Asynchronous Communication: Analysis Methods, Tools, and Research Questions. Rhodes, Greece, p. 1-6.
- GODINET H. & CARON C. (2003). L'accompagnement du processus d'apprentissage dans le campus numérique FORSE : modalités et outils. Conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2003). Strasbourg, France, p. 223-234.
- GOMMER L. & VISSER G. (2001). Implementation of a digital learning environment: The real results. Worl Conference on the WWW and Internet (WebNet 2001). Orlando, Florida, USA, AACE, p. 433-438.
- GRAND DICTIONNAIRE TERMINOLOGIQUE. (2010). Le grand dictionnaire terminologique de l'office québécois de la langue française [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.granddictionnaire.com>> (consulté le 17 Mai 2010).
- GRANDBASTIEN M. & LABAT J.M. (2006). *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain*. Hermès, Lavoisier. Série Cognition et traitement de l'information, 384 p.
- GUÉRAUD V., LEJEUNE A., ADAM J.M., DUBOIS M. & MANDRAN N. (2009). Supervising Distant Simulation-Based Practical Work: Environment and Experimentation. 4th European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2009). Nice, France, Lecture Notes in Computer Science 5794, p. 602-608.
- GUÉRAUD V., MICHELET S. & ADAM J.M. (2007). Suivi de classe à distance : propositions génériques et expérimentation en électricité. Conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2007). Lausanne, Suisse, p. 167-178.
- GUIR R. (1996). Nouvelles compétences des formateurs et nouvelles technologies. *Éducation permanente*, vol. 127, p. 61-72.
- GUTWIN C., STARK G. & GREENBERG S. (1995). Support for Workspace Awareness in Educational Groupware. Conference on Computer Supported Collaborative Learning. Bloomington, Indiana, USA, ACM, p. 147-156.
- GUY M. & TONKIN E. (2006). Folksonomies: Tidying up Tags? D-Lib Magazine, vol. 12, n°1 [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.dlib.org/dlib/january06/guy/01guy.html>> (consulté le 20 Janvier 2010).
- HAYASHI Y., IKEDA M. & MIZOGUCHI R. (2004). A design environment to articulate design intention of learning contents. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning*, vol. 14, n°3, p. 276-296.
- HAYES-ROTH B. (1995). An architecture for adaptive intelligent systems. *Artificial Intelligence : special issue on agents and interactivity*, vol. 72, n°1-2, p. 329-365.

- HENRI F., PERAYA D. & CHARLIER B. (2007). La recherche sur les forums de discussion en milieu éducatif : critères de qualité et qualité des pratiques. *Revue Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, vol. 14, p. 155-192.
- HERRING S. (2004). Computer-mediated discourse analysis: An approach to researching online behavior. *Dans : Designing for Virtual Communities in the Service of Learning*, New York, Cambridge University Press, p. 338-376.
- HERRINGTON J. & OLIVER R. (2000). An instructional design framework for authentic learning environments. *Educational Technology Research and Development*, vol. 48, n°3, p. 23-48.
- HEWITT J. (2001). Beyond Threaded Discourse. *International Journal of Educational Telecommunications*, vol. 7, n°3, p. 207-221.
- HODGINS W. & DUVAL E. (2002). Draft Standard for Learning Object Metadata. Disponible sur : <<http://ltsc.ieee.org/wg12/>>, 44 p.
- HONG J., SUH E. & KIM S. (2009). Context-aware systems: A literature review and classification. *Expert Systems with Applications*, vol. 36, n°4, p. 8509-8522.
- HOSOTANI K. (1997). *Le guide qualité de résolution de problème - le secret de l'efficacité japonaise*. Dunod, 192 p.
- HOTTE R. (1998). Modélisation d'un système d'aide multiexpert pour l'apprentissage coopératif à distance. Thèse en nouvelles technologies de l'information et de la communication appliquée à la formation, Université Paris 7, 272 p.
- HOTTE R. & BESANÇON V. (2007). Guide d'orientation pour la scénarisation du tutorat en ligne [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.profetic.org/dossiers/spip.php?rubrique118>>.
- HOTTE R. & CONTAMINES J. (2007). Communautés de pratique : auteures et utilisatrices des banques de ressources éducatives. *Dans : Environnements informatisés et ressources numériques pour l'apprentissage. Conception et usages, regards croisés*, Paris, Hermès/Lavoisier, Baron, M., Guin, D. & Trouche, L. (Eds.), p. 669-682.
- HOTTE R. & LEROUX P. (2003). Technologies et formation à distance. *Revue Sciences et Techniques de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, vol. 10, p. 9-28.
- HOTTE R. & PIERRE S. (2002). Leadership and Conflict Management Support in a Cooperative Telelearning Environment. *The International a Journal of E-learning (IJEL)*, vol. 1, n°2, p. 46-59.
- HOUCROT A. & ROBINE F. (2007). Les livrets de compétences : nouveaux outils pour l'évaluation des acquis. Rapport à monsieur le ministre de l'Éducation nationale, Rapport - n° 2007- 048, Education Nationale. 61 p.
- IMS. (2003). IMS Learning Design Information Model version 1.0. [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.imsglobal.org/learningdesign/index.html>>.
- JACQUINOT G. (1993). Apprivoiser la distance et supprimer l'absence ? Ou les défis de la formation à distance. *Revue française de pédagogie*, , n°102, p. 55-67.
- JAKOBSON R. (1960). Closing Statement: Linguistics and Poetics. *Dans : Style in Language*, Cambridge, M.I.T. Press, p. 350-377.
- JERMANN P. & DILLENBOURG P. (2008). Group mirrors to support interaction regulation in collaborative problem solving. *Computers & Education*, vol. 51, n°1, p. 279-296.

- KAHNEMAN D. & TVERSKY A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica, Journal of the Econometric Society*, vol. 47, n°2, p. 263–291.
- KEPKA L., HERAUD J., FRANCE L., MARTY J. & CARRON T. (2007). Activity visualization and regulation in a virtual classroom. 10th IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education. Beijing, China, ACTA Press, p. 507-510.
- LABBANI O. (2003). Comparaison des théories des jeux pour l'étude du comportement d'agents. Mémoire de DEA en informatique, Université des Sciences et Technologies de Lille, France. 88 p.
- LAFLAQUIÈRE J., PRIÉ Y. & MILLE A. (2008). Ingénierie des traces numériques d'interaction comme inscriptions de connaissances. 19es Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances (IC 2008). Nancy, France, p. 183-195.
- LAMBERT B.L. (1992). A Connectionist Model of Message Design. Thèse en en communication, Urbana, Illinois, USA, University of Illinois, 182 p.
- LANCIERI L. (2005). *Interactions humaines dans les réseaux*. Hermes Science Publications, 208 p.
- LAVE J. (1988). *Cognition in Practice: Mind, Mathematics and Culture in Everyday Life*. Cambridge University Press, 232 p.
- LAVE J. & WENGER E. (1991). *Situated Learning. Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press, 138 p.
- LAVIROTTE S., LINGRAND D. & TIGLI J. (2005). Définition du contexte: fonctions de coût et méthodes de sélection. Deuxièmes Journées Francophones: Mobilité et Ubiquité (UbiMob 2005). Grenoble, France, p. 9-12.
- LAVOUÉ E. & GEORGE S. (2010). Supporting the Interconnection of Communities of Practice: The example of TE-Cap 2. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies (IJWLTT)*, vol. 5, n°2, p. 37-57.
- LAVOUÉ E., GEORGE S. & PRÉVÔT P. (2010). Development of an Assistance Environment for Tutors Based on a Co-Adaptive Design Approach. *Behaviour & Information Technology (BIT)*, vol. 29, (in press).
- LEAHY D., HOLMES B., DOLAN D. & WARD A. (2005). Requesting Feedback in Multicultural Collaborative Synchronous Environments: Guidelines for International Tutors. Poskole 2005: Czech International Conference for Computers in Education. Moninec, Czech Republic.
- LENTELL H. (2003). The Importance of the Tutor in Open and Distance Learning. *Dans : Rethinking Learner Support In Distance Education*, London, RoutledgeFalmer, Mills, A. & Tait, R. (Eds.), p. 64-76.
- LEROUX P. (1997). Roboteach : un assistant pédagogique logiciel dédié à l'alphabétisation en technologie. 5ème Colloque International sur la Robotique Pédagogique. Montréal, Canada, p. 45-63.
- LEROUX P. & VIVET M. (1996). De la modélisation d'un processus de coopération à la conception de systèmes coopératifs d'apprentissage. Third International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS'96). Montréal, Canada, Springer Verlag, p. 197-205.

- LETSI. (2009). Assumptions Document SCORM 2.0. Project Report, LETSI (Learning Education Training Systems Interoperability). Disponible sur : <https://letsi.org/images/letsi_media/SCORM_2_0_Assumptions_2009Feb09.pdf>, 10 p.
- LGF. (2009). Format standard d'un composant LGF. Document interne au projet LGF. 12 p.
- LINARD M. (2001). Des TIC pour apprendre : repères pour une intégration [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.cafepedagogique.org/disci/pratiques/2.php>> (consulté le 7 Avril 2010).
- LOOI C. (2001). Supporting Conversations and Learning in Online Chat. Artificial Intelligence in Education (AIED 2001). San Antonio, Texas, USA, IOS Press, p. 142-153.
- MANGENOT F. (2007). Analyser les interactions pédagogiques en ligne, pourquoi, comment ? Dans : *La langue du cyberspace : de la diversité aux normes*, Paris, p. 105-120.
- MANIN N., GEORGE S. & PRÉVÔT P. (2006). Virtual Learners Behaviours in Educational Business Games. European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL2006). Crete, Greece, Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin / Heidelberg, p. 287-301.
- MANTOVANI G. (1996). Social context in HCI: A new framework for mental models, cooperation and communication. *Cognitive Science*, vol. 20, p. 237-296.
- MARFISI-SCHOTTMAN I. (2010). Environnement informatique pour la conception, la production et le suivi de Serious Games. Rencontre Jeunes Chercheurs – Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (RCJ-EIAH 2010). Lyon, France, p. 53-58.
- MARFISI-SCHOTTMAN I., SGHAIER A., GEORGE S., TARPIN-BERNARD F. & PRÉVÔT P. (2009). Towards Industrialized Conception and Production of Serious Games. International Conference on Technology and Education (ICTE 2009). Paris, France, p. 1016-1020.
- MARTEL C., VIGNOLLET L., FERRARIS C. & DURAND G. (2006). LDL: a Language to Model Collaborative Learning Activities. World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications (EdMedia). Chesapeake, VA, AACE, p. 838-844.
- MATEAS M. & STERN A. (2005). Structuring content in the Facade interactive drama architecture. Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment. AAAI Press, p. 93-98.
- MAY M. (2009). Using Tracking Data as Reflexive Tools to Support Tutors and Learners in Distance Learning Situations: an Application to Computer-Mediated Communications. Thèse en informatique, INSA de Lyon, 273 p.
- MAY M., GEORGE S. & PRÉVÔT P. (2007). Communication in Web-based Learning Environments: For Better Collecting and Exploiting Learners' Tracking Data. 4th IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2007). Algarve, Portugal, p. 219-226.
- MAY M., GEORGE S. & PRÉVÔT P. (2008a). Tracer, analyser et visualiser les activités de communications médiatisées des apprenants. Journées Communication et Apprentissage Instrumentées en Réseau (JOCAIR). Amiens, France, p. 251-263.
- MAY M., GEORGE S. & PRÉVÔT P. (2008b). A Closer Look at Tracking Human & Computer Interactions in Web-Based Communications. *International Journal of Interactive Technology and Smart Education*, vol. 5, n°3, p. 170-188.

- MAZZA R. & BOTTURI L. (2007). Monitoring an Online Course with the GISMO Tool: A Case Study. *International Journal of Interactive Learning Research*, vol. 18, n°1, p. 251-265.
- MAZZA R. & DIMITROVA V. (2007). CourseVis: A graphical student monitoring tool for supporting instructors in web-based distance courses. *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 65, n°2, p. 125-139.
- MCMAHON M. (2009). Using the DODDEL model to teach serious game design to novice designers. 26th conference Ascilite. Auckland, New Zealand, p. 646-653.
- MCPHERSON M. & NUNES M. (2004). The Role of Tutors as an Integral Part of Online Learning Support. *European Journal of Open, Distance and E-Learning (EURODL)*, vol. 1. Disponible sur : <<http://www.eurodl.org/>>.
- MEHM F., GÖBEL S., RADKE S. & STEINMETZ R. (2009). Authoring Environment for Story-based Digital Educational Games. 1st International Open Workshop on Intelligent Personalization and Adaptation in Digital Educational Games. Graz, Austria, p. 113-124.
- MICHEL C., GEORGE S. & GARROT E. (2007). Activités collectives et instrumentation : étude de pratiques dans l'enseignement supérieur. *Revue Distances et Savoirs*, vol. 5, n°4, p. 527-546.
- MICHEL J. (2007). Théories de la communication. Support du cours, Saint Etienne, Université Jean Monnet. 68 p.
- MIKIC F. & ANIDO L. (2006). M-learning Standardization: Concepts and New Ideas about Learner Profile. Dans : *Education for the 21st Century – Impact of ICT and Digital Resources*, p. 375-379.
- MILGRAM P. & KISHINO F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, vol. E77-D, n°12, p. 1321-1329.
- MIZOGUCHI R., HAYASHI Y. & BOURDEAU J. (2007). Inside Theory-Aware and Standards-Compliant Authoring System. Fifth International Workshop on Ontologies and Semantic Web for E-Learning (SWEL'07). Marina del Rey, CA, USA, p. 1-18.
- MIZOGUCHI R., HAYASHI Y. & BOURDEAU J. (2010). Ontology-Based Formal Modeling of the Pedagogical World: Tutor Modeling. Dans : *Advances in Intelligent Tutoring Systems*, Springer, vol. 308, p. 229-247.
- O'MALLEY C., VAVOULA G., GLEW J., TAYLOR J., SHARPLES M., LEFRERE P., LONSDALE P., NAISMITH L. & WAYCOTT J. (2005). Guidelines for Learning/Teaching/Tutoring in a Mobile Environment, Pedagogical Methodologies and Paradigms. Rapport du projet Mobilelearn. 82 p.
- O'REILLY T. (2005). What Is Web 2.0: Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software [en ligne]. Disponible sur : <<http://oreilly.com/web2/archive/what-is-web-20.html>> (consulté le 13 Juillet 2010).
- OXFORD AMERICAN DICTIONARY. (2005). *The new Oxford American dictionary*. New York, USA, Oxford University Press, 2nd ed., 2096 p.
- PACURAR-GIACOMINI E. (2002). Assistance automatique aux apprenants dans le cadre d'activités collectives à distance. Mémoire de DEA, Le Mans, LIUM. 56 p.

- PAN S. & LEIDNER D. (2003). Bridging Communities of Practice with Information Technology in Pursuit of Global Knowledge Sharing. *Journal of Strategic Information Systems*, vol. 12, n°1, p. 71-88.
- PAQUETTE G. (2002). *Modélisation des connaissances et des compétences*. Sainte-Foy, Presse de l'Université du Québec, 388 p.
- PAQUETTE G., CREVIER F. & AUBIN C. (1997). Méthode d'ingénierie d'un système d'apprentissage (MISA). *Revue Informations In Cognito*, vol. 8, p. 37-52.
- PERAYA D. & OTT D. (2001). La communication éducative médiatisée. Contribution à l'élaboration d'un cadre théorique. Rapport du projet FNRS "Technology tools and form of pedagogical communication". Disponible sur : <<http://tecfa.unige.ch/tecfa/research/poschiavo/rapports/theorie.pdf>> (consulté le 26 Février 2010), 9 p.
- PERNIN J.P. (2004). LOM, SCORM et IMS-Learning Design : ressources, activités et scénarios. Transcription de la communication orale de Jean-Philippe Pernin du 16 novembre 2004, Lyon, ENSSIB. Disponible sur : <<http://www.enssib.fr/bibliotheque-numerique/>>.
- PERNIN J.P., EMIN V. & GUÉRAUD V. (2008). ISiS: An Intention-Oriented Model to Help Teachers in Learning Scenarios Design. European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL2006). Maastricht, The Netherlands, Lecture Notes in Computer Science 5192, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 338-343.
- PERNIN J.P. & GODINET H. (2008). Rapport final du Projet ACTEURS TICE, Activités Collectives et Tutorat dans l'Enseignement Universitaire : Réalités, Scénarios et usages des TICE. Projet ACI Terrains, Techniques, Théories, Lyon, INRP. 90 p.
- PHAM-NGUYEN C. (2010). Conception d'un système d'apprentissage et de travail pervasif fondé sur un modèle de scénario. Thèse en informatique, Brest, France, Telecom Bretagne - Université de Bretagne-Sud, 258 p.
- POWER M. (2002). Générations d'enseignement à distance, technologies éducatives et médiatisation de l'enseignement supérieur. *Revue de l'éducation à distance*, vol. 17, n°2, p. 57-68.
- PRATT J.W. (1964). Risk Aversion in the Small and in the Large. *Econometrica*, vol. 32, n°1-2, p. 122-136.
- PRÉVÔT P. (1992). TUTORIN, méthode pour la gestion de compétences métiers. Rapport du projet de recherche Tutorin, INSA de Lyon. 57 p.
- PRÉVÔT P. (2006). Jeux d'entreprise et formation professionnelle. Quatrième École Thématique du CNRS sur les EIAH, Simulation, réalités virtuelles et augmentées pour les apprentissages professionnels. La Grande Motte, France. Disponible sur : <<http://www.lirmm.fr/eiah2006/cours/cours4.2.pdf>> (consulté le 12 Décembre 2009).
- REFFAY C. & CHANIER T. (2002). Social network analysis used for modelling collaboration in Distance Learning groups. Intelligent Tutoring System (ITS 2002). Biarritz and San Sebastian, p. 31-40.
- REFFAY C., CHANIER T., NORAS M. & BETBEDER M. (2008). Contribution à la structuration de corpus d'apprentissage pour un meilleur partage en recherche. *Revue Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, vol. 15, p. 185-220.
- REY G. (2005). Contexte en Interaction Homme-Machine : le contexteur. Thèse en informatique, Grenoble, France, Université Joseph Fourier, 186 p.

- REYES P. (2005). Structural Awareness in Mediated Conversations for Collaborative Learning Environments. Thèse en informatique, Le Mans, France, Université du Maine, 168 p.
- RIVA G. (2001). Communicating in CMC: Making Order Out of Miscommunication. *Dans : Say not to Say: New perspectives on miscommunication*, Amsterdam, IOS Press, p. 203-233.
- RODET J. (2010). T@d, la communauté de pratiques des tuteurs à distance [en ligne]. Disponible sur : <<http://blogdetad.blogspot.com/>> (consulté le 4 Mai 2010).
- ROGALSKI J. (1998). Concepts et méthodes d'analyse des processus de coopération. *Dans : Communications interactives dans les groupes de travail*, Nancy, Presses Universitaires de Nancy, p. 27-58.
- ROGÉ O. & LABAT J.M. (2004). Integration of Virtual Players into a Pedagogical Simulator. International Conference on Computer Aided Learning in Engineering Education (CALIE04). Grenoble, France, p. 227-232.
- SCHMIDT D.C. (2006). Model-driven engineering. *IEEE computer*, vol. 39, n°2, p. 25–31.
- SETTOUTI L.S., PRIÉ Y., CHAMPIN P., MARTY J. & MILLE A. (2009). A Trace-Based Systems Framework : Models, Languages and Semantics. Rapport Scientific Commons. Disponible sur : <<http://hal.inria.fr/inria-00363260/en/>> (consulté le 24 Mars 2010).
- SETTOUTI L.S., PRIÉ Y., MARTY J.C. & MILLE A. (2007). Vers des Systèmes à Base de Traces modélisées pour les EIAH. Rapport de recherche RR-LIRIS-2007-016, Lyon, LIRIS. Disponible sur : <<http://liris.cnrs.fr/Documents/Liris-2882.pdf>> (consulté le 17 Septembre 2009).
- SIDIR M., BRUILLARD É. & BARON G.L. (2005). Actes du colloque Symfonic : Symposium, formation et nouveaux instruments de communication, Amiens, France [en ligne]. Disponible sur : <<http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/03/58/30/HTML/>> (consulté le 28 Avril 2010).
- SOLLER A., MARTINEZ A., JERMANN P. & MUEHLENBROCK M. (2005). From Mirroring to Guiding: A Review of State of the Art Technology for Supporting Collaborative Learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 15, n°4, p. 261–290.
- SQUIRE K. & JENKINS H. (2003). Harnessing the power of games in education. *Insight*, vol. 3, n°1, p. 5-33.
- STEDMON A.W. & STONE R.J. (2001). Re-viewing reality: human factors of synthetic training environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 55, n°4, p. 675-698.
- STRANG T. & LINNHOFF-POPIEN C. (2004). A Context Modeling Survey. 1st International Workshop on Advanced Context Modelling, Reasoning and Management (UbiComp). Nottingham, UK, p. 34-41.
- SUCHMAN L. (1987). *Plans and Situated Actions: the Problem of Human-Machine Communication*. Cambridge University Press, 220 p.
- SUSI T., JOHANNESSON M. & BACKLUND P. (2007). Serious games – An overview. Technical Report, University of Skövde, Sweden, School of Humanities and Informatics. 28 p.
- SZILAS N. & SUTTER WIDMER D. (2009). Mieux comprendre la notion d'intégration entre l'apprentissage et le jeu. Atelier Serious Games, Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2009). Le Mans, France, p. 27-40.

- TCHOUNIKINE P. (2009). Précis de recherche en Ingénierie des EIAH. Disponible sur : <http://membres-liglab.imag.fr/tchounikine/Precis.html> (consulté le 24 Mars 2010), 111 p.
- TEPLOVS C. (2010). Visualization of Knowledge Spaces to Enable Concurrent, Embedded and Transformative Input to Knowledge Building Processes. Thèse en philosophie, Toronto, Canada, University of Toronto, 193 p.
- TILLEMA H. & ORLAND-BARAK L. (2006). Constructing knowledge in professional conversations: The role of beliefs on knowledge and knowing. *Learning and Instruction*, vol. 16, n°6, p. 592-608.
- TORRENTE J., MORENO-GER P., MARTÍNEZ-ORTIZ I. & FERN B. (2009). Integration and Deployment of Educational Games in e-Learning Environments: The Learning Object Model Meets Educational Gaming. *Educational Technology & Society*, vol. 12, n°4, p. 359-371.
- VIVET M. (1989). *Actes du premier congrès francophone de robotique pédagogique*. Université du Maine, 206 p.
- VON NEUMANN J. & MORGENSTERN O. (1944). *Theory Of Games And Economic Behavior*. Princeton University Press, 665 p.
- WENGER E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge University Press, 336 p.
- WOLPERS M., NAJJAR J., VERBERT K. & DUVAL E. (2007). Tracking Actual Usage: the Attention Metadata Approach. *International Journal on Educational Technology and Society*, vol. 10, n°3, p. 106-121.
- YIN C. (2010). SAMCCO: un Système d'Apprentissage Mobile Contextuel et Collaboratif dans des Situations Professionnelles. Thèse en informatique, Lyon, France, Ecole Centrale de Lyon, 235 p.
- ZAGALO N., GÖBEL S., TORRES A., MALKEWITZ R. & BRANCO V. (2006). INSCAPE: Emotion Expression and Experience in an Authoring Environment. International Conference on Technologies for Interactive Digital Storytelling and Entertainment (TIDSE 2006). Darmstadt, Germany, p. 219-230.