

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ferhat Abbas de Sétif - UFAS (Algérie)

Thèse

Présentée à la Faculté des Sciences

Département d'informatique

En vue de l'obtention du diplôme de

Doctorat en Sciences

Option : Informatique

Par

HARBOUCHE Khadidja

Thème

**Environnement numérique de travail à base
d'agents intelligents pour l'apprentissage coopératif
sur le web**

Soutenue le : 24 /02/2013 devant la commission d'examen :

Président M. BENMOHAMED Prof., Université de Constantine

Examineurs A. BILAMI Prof., Université de Batna

A. MOUSSAOUI Prof., Université de Sétif

M. ALIOUAT MC., Université de Sétif

Rapporteur M. DJOUDI MC., Université de Poitiers

Remerciements

Je ne saurais commencer sans dire ce que doit cette thèse à Monsieur Mahieddine DJOUDI que je tiens à remercier chaleureusement, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour les précieux conseils qu'il n'a cessé de me prodiguer, pour la liberté de recherche qu'il a bien voulu me laisser, et surtout pour la patience dont il a fait preuve envers moi tout au long de la réalisation de cette thèse.

Toute ma gratitude et ma reconnaissance au Dr. Mohamed BENMOHAMED, Professeur en informatique à l'université de Constantine, pour l'honneur qu'il me fait en présidant mon jury de thèse.

J'exprime toute ma gratitude aux Docteurs A. BILAMI, Professeur en informatique à l'université de Batna, A MOUSSAOUI, Professeur en informatique à l'université de Sétif, et M. ALLIOUAT, Maître de conférences en Informatique à l'université de Sétif, pour avoir bien voulu juger ce travail et faire partie de mon jury de thèse.

Je témoigne également toute ma reconnaissance aux docteurs Mohamed BENSEGHIR, Professeur didacticien à l'université de Sétif, et Toufik SAMAI, Maître de conférences en psychologie de l'éducation à l'université de Sétif, pour la lecture du manuscrit, sa correction et la validation de certains points pédagogiques, ainsi qu'au Docteur Saâd HAROUS, Maître de Conférences en informatique à l'université d'Al-Ain aux Emirats Arabes Unies, pour toutes les aides qu'il m'a apporté.

Je remercie également Dr. Y. SALEM, Dr. Ch. KHENTOUT, Dr. L. DOUIDI, Mme N. ZERGUINE et Mme F. HAROUN pour leur aide précieuse et leurs encouragements. Sans oublier tous les enseignants et tous mes étudiants ingénieurs du département informatique de l'université de Sétif qui ont participé aux différentes enquêtes menées pour enrichir cette thèse. Enfin, mes remerciements vont également à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

A mon défunt père

A ma mère

A toute ma famille

A Amina

Résumé

Avec l'explosion de l'Internet et le développement de la technologie du web, c'est le savoir constamment actualisé qui va vers l'apprenant. Par ailleurs, l'intégration de l'informatique et des télécommunications a profondément changé la problématique de la mise en œuvre des systèmes pour l'apprentissage. Aujourd'hui, l'ordinateur est devenu un simple élément d'un système plus complexe impliquant la coopération de divers systèmes mais dont l'informatique constitue le dénominateur commun.

Dans un Environnement Numérique de Travail (ENT) destiné à l'apprentissage, la complexité du pilotage de l'apprentissage humain est telle qu'il est nécessaire de dépasser les modèles artificiels autonomes des agents au profit de modèles de coopérations d'agents humains et artificiels pour réaliser ce pilotage.

La mise en œuvre de tels environnements est rendue possible par le développement de l'Internet, l'apparition des plateformes d'apprentissage coopératif assisté par ordinateur et les systèmes multi-agents, mais elle soulève des problèmes nouveaux de coopération et de communication. Parmi les problèmes, on peut relever les protocoles de communication entre agents de diverses espèces, le contenu des interactions entre agents informatiques et agents didactiques humains (enseignant, tuteur, formateur, expert, etc.), les critères de passage de relais entre agents artificiels et agents humains, les caractéristiques d'interfaces lorsque de multiples agents doivent collaborer ou coopérer.

Nous visons, entre autres, la conception et la mise en œuvre d'un environnement numérique de travail à base d'agents pour l'apprentissage coopératif/collaboratif sur le Web. Pour sa conception, nous prenons en compte l'ensemble des composants qui interviennent dans le processus d'interaction et de coopération. L'architecture proposée doit permettre à plusieurs agents, humains ou artificiels, d'interagir collectivement et intelligemment avec l'environnement pour l'accomplissement des tâches aux services des apprenants.

Mots clés : Environnements Numériques de Travail, agents intelligents, systèmes multi-agents, agents artificiels, apprentissage coopératif, situations d'apprentissage, communication interpersonnelle, ENT, EIAH, SMA, CSCL

Abstract

With the explosion of the Internet and the development of the Web technology, the knowledge constantly updated goes towards the learner. Besides, the integration of the computing and the telecommunications has profoundly changed the implementation problem of the learning systems. Nowadays, the computer becomes a simple element of a more complex system involving the cooperation of diverse systems where computing constitutes the common denominator.

In a Digital Working Environment (DWE) intended for the training, the complexity of the piloting of the human learning is such as it is necessary to exceed the autonomous artificial models of the agents for the benefit of human and artificial agents cooperation models to realize this piloting.

The implementation of such environments is made possible by the development of the Internet, the appearance of the computer-aided cooperative learning platforms and the multi-agents systems, but it raises new problems of cooperation and communication. Among these problems, we can find the protocols of communication between agents of diverse kinds, the contents of the interactions between computing agents and human didactic agents (teacher, tutor, trainer, expert, etc.), the criteria of relay passage between artificial agents and human agents, the characteristics of interfaces when multiple agents have to collaborate or cooperate.

Among our objects we aim at the conception and at the implementation of an agent based digital working environment for the cooperative / collaborative learning on the Web. To conceive this environment, we take into account all the components which intervene in the process of interaction and cooperation. The proposed architecture has to allow several agents, human beings or artificial, to interact collectively and intelligently with the environment for the fulfillment of the tasks to the services of the learners.

Keywords: Digital Work Environment, Intelligent agents, Multi-agents systems, artificial agents, cooperative learning, learning situation, interpersonal communication, DWE, MAS, CSCL

ملخص

مع تعاظم الإنترنت و تطور تكنولوجيا الويب، أصبح بإمكان المتعلم الولوج إلى المعرفة المتحينة باستمرار. فضلا عن ذلك، غيرت عملية إدماج الإعلام الآلي و الاتصال، إشكالية تطبيق أنظمة التعليم بعمق. إذ أصبح الحاسوب في أيامنا هذه جزءا بسيطا من نظام معقد ينطوي على تعاون أنظمة مختلفة تشكل المعلوماتية المقام المشترك لها.

إن القيادة المعقدة للتعلم البشري عبر المحيط الرقمي الموجه للتكوين، تلزمتنا لتجاوز نماذج الأعوان الاصطناعية الذاتية لفائدة نماذج تعاونية للأعوان البشرية و الاصطناعية بهدف تحقيق هاته القيادة. تشغيل هذا النوع من الوسائط أصبح ممكنا بفضل تطوير الإنترنت، بروز قواعد التعلم التعاوني بمساعدة الكمبيوتر و كذا الأنظمة متعددة الأعوان؛ لكنه يثير مشاكل جديدة للتعاون و الاتصال منها: قواعد الاتصال بين مختلف الأعوان، محتوى التفاعلات بين الأعوان الاصطناعية و الأعوان التعليمية البشرية (المعلم، الممهل، الخبير...)، معايير التناوب بين الأعوان الاصطناعية و البشرية، خصائص الواجهات عندما يضطر عدد من الأعوان إلى التعاون و العمل الجماعي.

من بين الأهداف التي نرمي إليها تصميم و إنجاز محيطا رقميا للعمل على أساس الأعوان الاصطناعية من أجل تعلم تعاوني على الإنترنت. لتصميم هذا المحيط، أخذنا بعين الاعتبار كل العناصر التي تتدخل في عملية التفاعل والتعاون. يوجب على النظام المقترح تمكين العديد من العملاء، البشرية أو الاصطناعية، من التعامل جماعيا و بذكاء مع البيئة بغية إنجاز المهام التي تخدم المتعلمين.

مفاتيح: محيط رقمي للعمل، الأعوان الذكية، أنظمة متعددة الأعوان، أعوان اصطناعية،

التعلم التعاوني، وضعية التعلم، اتصالات شخصية

Table des matières

TABLE DES MATIERES.....	1
LISTE DES FIGURES.....	5
LISTE DES TABLES.....	9
INTRODUCTION GENERALE.....	10
INTRODUCTION.....	10
MOTIVATIONS.....	11
CONTRIBUTIONS.....	13
ORGANISATION DE LA THESE.....	14
CHAPITRE 1 : L'APPRENTISSAGE, DE L'IDEOLOGIE PEDAGOGIQUE A L'APPORT TECHNOLOGIQUE.....	17
1.1 INTRODUCTION.....	17
1.2 LES THEORIES D' APPRENTISSAGE.....	18
1.3 L' APPRENTISSAGE COOPERATIF/ COLLABORATIF.....	21
1.3.1 <i>Cooperation vs. collaboration.....</i>	21
1.3.2 <i>Apprentissage coopératif et collaboratif.....</i>	22
1.4 LA PEDAGOGIE ACTIVE.....	25
1.4.1 <i>Apprentissage par problème.....</i>	25
1.4.2 <i>La pédagogie de projet.....</i>	25
1.4.3 <i>Le coaching pédagogique.....</i>	26
1.5 L' APPRENTISSAGE COOPERATIF.....	27
1.5.1 <i>Origine et évolution.....</i>	27
1.5.2 <i>Méthodes d'apprentissage coopératif.....</i>	29
1.5.3 <i>Techniques de discussion dans le groupe.....</i>	33
1.6 LES ORIENTATIONS ACTUELLES.....	35
1.6.1 <i>Introduction.....</i>	35
1.6.2 <i>Le travail coopératif assisté par ordinateur.....</i>	35

1.6.3	<i>L'apprentissage coopératif assisté par ordinateur</i>	36
1.5.4	<i>L'apprentissage collaboratif/coopératif sur le web</i>	37
1.7	LA DEMARCHE SMA EN APPRENTISSAGE	39
1.7.1	<i>L'intelligence Artificielle Distribuée (IAD)</i>	39
1.7.2	<i>Le paradigme Agent ?</i>	40
1.7.3	<i>Critique des systèmes existants</i>	47
1.8	CONCLUSION	51
1.9	REFERENCES	52
CHAPITRE 2 : LES ENVIRONNEMENTS D'APPRENTISSAGE - ENQUETE D'OPINION A L'UFAS		
2.1	INTRODUCTION	56
2.2	L'APPRENTISSAGE : ENTRE LOGIQUE ET CHAOS	56
2.3	METHODES PEDAGOGIQUES	58
2.3.1	<i>Introduction</i>	58
2.3.2	<i>Méthode et outils</i>	59
2.4	ETUDE STATISTIQUE DES DONNEES RECUEILLIES	51
2.4.1	<i>Modalités d'apprentissage</i>	63
2.4.2	<i>Modalité de guidage et d'interaction</i>	68
2.4.3	<i>Outils d'évaluation</i>	72
2.4.4	<i>Avis divers</i>	73
2.5	CONCLUSION	75
2.6	REFERENCES	75
CHAPITRE 3 : ENVIRONNEMENT NUMERIQUE DE TRAVAIL POUR UN APPRENTISSAGE COOPERATIF SUR LE WEB (ACTEURS ET CONTEXTE DE MEDIATION)		
3.1	INTRODUCTION	76
3.2	APPROCHE DE CONCEPTION	77
3.3	ARCHITECTURE DU SYSTEME	79
3.4	MODELISATION PEDAGOGIQUE	80
3.4.1	<i>La pyramide pédagogique</i>	80
3.4.2	<i>Les relations</i>	85
3.4.3	<i>Les interactions</i>	86
3.4.4	<i>Le contexte de médiation (environnement d'apprentissage coopératif)</i>	87

3.5 STRUCTURATION DE L' APPRENTISSAGE COOPERATIF	90
3.6 LA BASE DE DONNEES	94
3.6.1 Le MCD	95
3.6.2 Le MLD	96
3.6.3 Le MPD	100
3.7 CONCLUSION	103
3.8 REFERENCES.....	103
CHAPITRE 4 : ENVIRONNEMENT DYNAMIQUE POUR UN APPRENTISSAGE COOPERATIF (LES AGENTS ARTIFICIELS).....	105
4.1 INTRODUCTION	105
4.2 QUELLE METHODOLOGIE ?	106
4.2.1 Pourquoi une méthodologie?.....	106
4.2.2 Les méthodes de conception des systèmes multi-agents	107
4.2.3 La méthodologie Prometheus.....	110
4.3 SPECIFICATION, ANALYSE ET CONCEPTION	112
4.3.1 Spécification et analyse des besoins	112
4.3.2 La conception architecturale	120
4.4 CONCLUSION	125
4.5 REFERENCES.....	126
CHAPITRE 5 : AGENTS INTELLIGENTS SUPPORT A LA CONCEPTION DU SYSTEME D' APPRENTISSAGE.....	127
5.1 INTRODUCTION	127
5.2 LES CAPACITES DES AGENTS	127
5.3 ARCHITECTURE INTERNE DE L' AGENT PROFILER	131
5.3.1 La communication H-H/ H-M: Les actes de langage	131
5.3.2 Le système d'analyse du processus d'interaction de Bales.....	133
5.3.3 Analyse du comportement de l'aprenant	135
5.4 IMPLEMENTATION	146
5.4.1 Comparaison des différentes plate-formes SMA.....	146
5.4.2 Le choix de l'environnement de développement JADE.....	148
5.4.3 La communication Machine-Machine « M-M »	149
5.4.4 Les agents JADE sous le web.....	150

5.4.5 Cycle de vie des agents	151
5.5 CONCLUSION	152
5.6 RÉFÉRENCES.....	153
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	154
BILAN DES TRAVAUX ET APPORTS DE LA THESE	154
INTERET DU PROJET.....	157
CONCLUSION	158
PERSPECTIVES.....	159
BIBLIOGRAPHIE	161
LISTE DES PUBLICATIONS PERSONNELLES	168
PUBLICATIONS DANS DES REVUES INTERNATIONALES	168
COMMUNICATIONS DANS DES CONFÉRENCES INTERNATIONALES.....	168
COMMUNICATIONS DANS DES CONGRÈS NATIONAUX (AVEC COMITÉ DE LECTURE).....	169
ANNEXES.....	170
ANNEXE 1 : PARTIE DU CODE SOURCE DU SYSTEME ET CAPTURES D'ÉCRANS	170
ANNEXE 2 : QUESTIONNAIRES ET EVALUATION	180
ANNEXE 3 : FIGURES ET TABLES DE LA CONCEPTION.....	187
ANNEXE 4 : LISTE DES ACRONYMES.....	205

Liste des figures

Figure 0.1. <i>Organisation des chapitres</i>	16
Figure 1.1. <i>Comparatif des deux approches empiriste et cognitiviste</i>	20
Figure 1.2. <i>Coopération, collaboration et co-action</i>	22
Figure 1.3. <i>Comparatif des deux apprentissages coopératif et collaboratif</i>	24
Figure 1.4. <i>Un agent dans son environnement</i>	41
Figure 1.5. <i>Communication par partage d'information</i>	45
Figure 1.6. <i>Communication par envoi de message</i>	45
Figure 2.1. <i>Schéma synoptique d'une situation d'apprentissage</i>	59
Figure 2.2. <i>Sommaire des questions proposées aux apprenants et enseignants</i>	60
Figure 2.3. <i>Sommaire des questions proposées aux apprenants</i>	61
Figure 2.4. <i>Sommaire des questions posées uniquement à l'enseignant</i>	61
Figure 2.5. <i>Console R2.5.1</i>	62
Figure 2.6. <i>Modalité d'apprentissage "Côté Apprenant"</i>	64
Figure 2.7. <i>AVIS sur les modalités d'apprentissage "Côté Apprenant"</i>	65
Figure 2.8. <i>AVIS sur les modalités d'apprentissage "Côté Enseignant"</i>	66
Figure 2.9. <i>Supervision des travaux de groupes "Côté Enseignant"</i>	67
Figure 2.10 <i>Typologies d'explication des exercices "Côté Apprenant"</i>	68
Figure 2.11 <i>Typologies d'explication des exercices "Côté Enseignant"</i>	69
Figure 2.12 <i>Typologies d'explication du cours "Côté Apprenant"</i>	69

Figure 2.13 <i>Typologies d'explication du cours "Côté Enseignant</i>	70
Figure 2.14. <i>Moment d'intervention de l'enseignant</i>	71
Figure 2.15 <i>Avis de l'apprenant sur la disponibilité de l'enseignant</i>	72
Figure 2.16 <i>Modalité d'évaluation "Côté Apprenant</i>	72
Figure 2.17 <i>Modalité d'évaluation "Côté Enseignant »</i>	73
Figure 2.18 <i>Relation tâches affectées à l'enseignant et son rendement</i>	74
Figure 2.19 <i>Choix du délégué du groupe "Côté Apprenant</i>	74
Figure 3.1. <i>Structure du système</i>	80
Figure 3.2. <i>Les modèles pédagogiques</i>	81
Figure 3.3. <i>Les types d'interactions</i>	86
Figure 3.4. <i>Illustration du travail coopératif en utilisant le diagramme de PERT</i>	91
Figure 3.5. <i>Illustration par un automate d'états fini des états d'une session de collaboration</i> ...	92
Figure 3.6. <i>Structure de l'apprentissage collaboratif/coopératif</i>	94
Figure 3.7. <i>Le modèle Conceptuel de Données « MCD »</i>	99
Figure 3.8. <i>Le MPD « Partie Coopération/Collaboration imposée »</i>	101
Figure 3.9. <i>Le MPD « Partie travail individuel/collaboration désirée »</i>	102
Figure 4.1. <i>Méthodologies orientées agents</i>	108
Figure 4.2. <i>Vue d'ensemble de la méthodologie Prometheus</i>	111
Figure 4.3. <i>Diagramme des buts du système</i>	115
Figure 4.4. <i>Diagrammes des rôles (Fonctionnalités)</i>	119
Figure 4.5. <i>Diagramme de couplage de données</i>	120
Figure 4.6. <i>Diagramme de couplage Agent/Rôle</i>	121
Figure 4.7. <i>Diagramme de séquences « Scénario résolution exercice assisté »</i>	122

Figure 4.8. <i>Diagramme de séquences « Scénario session de collaboration »</i>	123
Figure 4.9. <i>Vue globale du système</i>	124
Figure 5.1 <i>Diagramme de vue de l'agent Collaborateur</i>	128
Figure 5.2 <i>Diagramme de vue de l'agent Profiler</i>	129
Figure 5.3 <i>Diagramme de vue de l'agent Coopérant</i>	129
Figure 5.4 <i>Diagramme de vue de l'agent Communicateur</i>	130
Figure 5.5 <i>Diagramme de vue de l'agent Gestionnaire cours</i>	130
Figure 5.6 <i>Diagramme de vue de l'agent Interface.</i>	131
Figure 5.7 <i>Diagramme de vue de l'agent Opérateur</i>	131
Figure 5.8 <i>Schéma des Actes de Langage</i>	135
Figure 5.9 <i>Correspondance Actes/Problèmes</i>	136
Figure 5.10 <i>Sauvegarde des actes : Tables de la base de données concernées</i>	137
Figure 5.11 <i>Aperçu synoptique d'un système flou</i>	138
Figure 5.12 <i>Variables linguistiques « Orientation »</i>	140
Figure 5.13 <i>Variables linguistiques « Décision »</i>	142
Figure 5.14 <i>Variables linguistiques « Collaboration »</i>	143
Figure 5.15 <i>L'environnement JADE</i>	149
Figure 5.16 <i>Les réceptacles JADE</i>	150
Figure 5.17 <i>Agent sur le Web</i>	151
Figure 5.18 <i>Cycle de vie des agents JADE</i>	152
Figure A1.1 <i>Capture d'écran « session cours »</i>	177
Figure A1.2 <i>Capture d'écran « Résolution exercice assisté »</i>	177
Figure A1.3 <i>Capture d'écran « session de collaboration »</i>	178

Figure A1.4 Captures d'écrans Catégorisation « Avant et après la demande »	178
Figure A1.5 Captures d'écrans « Connexion application/ Connexion chat ».....	179
Figure A2.1 Résultat Possession d'un ordinateur	189
Figure A2.2 Résultat Moyens de connexion à Internet	190
Figure A2.3 Fréquence de connexion à Internet par semaine	191
Figure A2.4 Moment de connexion à Internet dans la journée	192
Figure A2.5 Préférences des apprenants « Moyens de communication »	193
Figure A2.6 Avis des apprenants sur le rôle de l'Internet	194
Figure A2.7 Avis sur l'apport de l'Internet au processus d'apprentissage.....	195
Figure A3.1 Le MPD global	203
Figure A3.2 Modèle de P.V de session de collaboration.....	204

Liste des tables

Table 1.1. <i>Méthodes d'apprentissage coopératif</i>	32
Table 1.2. <i>Techniques de discussion dans le groupe</i>	34
Table 1.3. <i>Taxonomie spatiotemporelle d'un collecticiel</i>	36
Table 3.1. <i>Les relations bipolaires</i>	86
Table 3.2. <i>Les modèles de communication</i>	90
Table 4.1. <i>Caractéristiques des méthodologies Agent</i>	110
Table 4.2. <i>Fonctionnalités du système</i>	118
Table 5.1. <i>Grille d'analyse Bales / en ligne</i>	134
Table 5.2. <i>Grille des résultats de comparaison des outils</i>	147
Table A3.1. <i>Dictionnaire de données</i>	202

Introduction générale

Introduction

Le vingtième siècle a vu un changement important dans la réflexion en éducation. Les pédagogues, ou du moins leur majorité, s'intéressent beaucoup plus à l'**apprentissage** qu'à l'enseignement dans son sens classique. La notion d'apprentissage nous envoie à l'acquisition de capacités concrètes et pratiques ; alors que la notion d'enseignement nous rappelle l'acquisition générale de connaissances théoriques pures.

Les situations d'apprentissage induisent des interactions de la part des apprenants dans la réalisation de tâches nécessitant la mise en œuvre des connaissances que nous souhaitons voir acquérir. La connaissance s'acquiert en venant se greffer sur un système de connaissances déjà disponibles chez l'apprenant situé dans ce que Vygotsky en psychologie de développement a appelé " la Zone Proximale de Développement ZPD" (Vivet, 1993). Cet aspect est essentiel pour souligner l'importance au plan pédagogique de la notion de " progression " qui renvoie au planning des activités d'apprentissage allant du simple au complexe. Mais il justifie aussi l'importance du travail en groupe d'apprenants de niveaux comparables "**coopération/collaboration**" n'ayant pas le même système de connaissances mais un recouvrement suffisant des ZPD pour que, ce que A sait et que B ne sait pas, puisse être acquis par B si A le lui transmet.

L'acquisition de connaissances nouvelles se fait, donc, dans le cadre d'une interaction entre l'apprenant, d'une part, et un système "embarquant" les connaissances à acquérir (Gerbault, Portine, 2001), d'autre part. Un système embarquant la connaissance, peut être aussi bien un humain (un enseignant "sachant", un co-

apprenant (camarade de classe) "sachant") qu'un dispositif dans lequel cette connaissance est médiatisée (Vivet, 1993). La connaissance n'a de sens que si elle est socialisée (Margarida, 2003), susceptible de permettre l'échange entre humains. Les recherches contemporaines effectuées en matière de psychopédagogie et de psychologie de développement (J. Piaget, J. Dewey, L. Vygotsky ...) ont pu révéler l'importance de l'engagement actif de la part des apprenants afin de construire leur propre connaissance, les processus de verbalisation, d'explicitation, de formulation, de motivation sont essentiels dans toute activité d'apprentissage cognitif.

Cette orientation nouvelle en matière d'éducation et de formation a trouvé un champ d'application dans les développements des réseaux informatiques et l'apparition d'Internet comme moyen de diffusion et de propagation de l'information (Jacques et al. 2001). L'apparition des TICE (Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education) avec l'explosion des ressources informatiques et télématiques constituent, là aussi, une possibilité pour concevoir un enseignement centré davantage sur l'apprenant.

Motivations

La coordination des activités d'apprentissage, dans le processus d'acquisition de connaissances, est semblable "à une activité brownienne". Ceci est, probablement dû à la complexité des systèmes d'apprentissage, la pluridisciplinarité du domaine, la spécificité socioculturelle des apprenants tel que l'isolement sociologique, ou à n'importe quelle autre raison liée à l'aspect distanciel du processus d'apprentissage.

Le développement des accès distants, l'accroissement des contraintes organisationnelles que nécessitent la mise en place et la gestion de structures lourdes de formation, et le manque de moyens humains et financiers ont poussé et favorisé l'innovation en matière de méthodes d'apprentissage. Ces méthodes intègrent de différentes manières les Technologies de l'Information et de la Communication «TIC» sous la désignation des Nouvelles Technologies Educatives «NTE». Malheureusement les modèles les plus couramment utilisés pour la mise à distance

des formations proposent des activités d'apprentissage qui se limitent le plus souvent à la consultation, en ligne, de cours et à la réalisation à domicile de devoirs à rendre, corrigés ensuite par des « tuteurs correcteurs » avant d'être retournés à l'apprenant.

Il nous semble pertinent de s'interroger sur les modèles d'apprentissage à distance pour pouvoir proposer le matériel pédagogique adéquat. Ces modèles relèvent généralement des expériences, des préférences des apprenants et des enseignants ainsi que les approches pédagogiques existantes.

Il nous faut, d'une part, définir un système d'apprentissage capable de représenter des connaissances, de raisonner, de planifier des actions afin de résoudre des problèmes complexes et obtenir des résultats comparables à ce que feraient des êtres humains dans des situations similaires, mais sans forcément utiliser les mêmes moyens.

Et, d'autre part, aider l'enseignant dépassé et surchargé par la multiplicité des tâches qui lui sont confiées et contraint d'assister l'apprenant qui a besoin d'un suivi et une communication synchrone avec son enseignant. Ce dernier ne peut être en contact synchrone avec chaque apprenant à part « problème de disponibilité et de partage entre plusieurs apprenants à la fois » doit faire recours à la machine pour le substituer.

Une des principales caractéristiques de la connaissance est, d'une part, qu'elle ne fonctionne pas de façon isolée, mais qu'elle existe au sein d'un ensemble d'autres connaissances organisées en un système et, d'autre part, que son utilisation dépend de méthodes qui ne sont pas en général de simples algorithmes. La problématique que nous proposons peut trouver un appui naturel pour sa mise en œuvre logicielle dans les développements actuels des technologies « agent », technologies particulièrement pertinente lorsque des critères comme la distance et la coopération entre entités distinctes sont à prendre en considération : vu la complexité du système à réaliser il nous faut le découper en petites entités intelligentes qui agissent dans un environnement et interagissent fortement pour produire un tout intelligent. Ces entités intelligentes sont des « **Agents intelligents** ».

Dans cet environnement numérique des agents de différentes espèces « humains et artificiels », de différents niveaux, ayant des expertises différentes, et des objectifs différents » doivent interagir. Son usage doit être à fortiori personnalisé. Nous parlons alors d'**environnement numérique de travail**. C'est un dispositif personnalisé et personnalisable permettant à chaque utilisateur d'avoir accès, de manière simple et à travers les réseaux, aux outils de communication, services et ressources numériques dont il a besoin pour son activité.

La mise en œuvre d'un tel environnement est rendue possible avec l'explosion de l'Internet et le développement de la technologie du **Web** où l'apprentissage coopératif tient une place de plus en plus importante.

Contributions

De manière plus générale, notre thématique de recherche touche à des communautés d'ores et déjà organisées comme les communautés CSCL (Computer-Supported Collaborative Learning) et ITS (Intelligent Tutoring Systems) regroupées au sein de la communauté EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain) (Jhonston, 1997) (Tchounikine, 2002). L'utilisation de paradigmes informatiques comme les agents et les systèmes multi-agents « SMA » nous plonge au cœur de la communauté AIED (Artificial Intelligence in Education).

L'approche méthodologique choisie vise à apporter une réponse aux différents éléments de problématique dégagés plus haut et à remplir nos objectifs de recherche. Deux soucis cruciaux s'imposent:

- Définir l'environnement de travail des agents humains "acteurs" et artificiels et déployer des moyens et/ou ressources pédagogiques, sociaux, administratifs, épistémologiques ... similaires ou proches de ceux déployés dans une situation d'enseignement en présentiel tout en autorisant plus de souplesse par rapport aux contraintes de temps et d'espace.

- Concevoir un SMA, qui inclut des agents artificiels jouant plusieurs rôles: **assistant** de l'enseignant, **substitut** de l'enseignant, **sous-traitant** de l'enseignant, **délégué** de l'enseignant, **animateur**, **profiler**, **coordonnateur** de travaux, **coopérateur** et **négociateur**.

Trois types de coopération doivent être soulignés : *la coopération humaine-humaine, la coopération humaine-artificielle et la coopération artificielle-artificielle.*

Nous avons procédé à une étude bibliographique afin de mieux nous familiariser avec les concepts d'apprentissage individuel, coopération, et collaboration.

Organisation de la thèse

La présente thèse est composée de cinq chapitres et quatre annexes. Elle est traitée selon deux axes complémentaires :

Pour comprendre les situations d'apprentissage, il nous faut explorer le premier axe en profondeur. Cet axe met l'accent sur l'aspect pédagogique essentiel pour la conception d'un dispositif d'apprentissage coopératif. Les deux chapitres présentés, dans ce contexte, partent de ce qui est littérature et état de l'art sur l'apprentissage et arrivent à une étude statistique faite sur une enquête d'opinion d'un échantillon d'enseignants et d'apprenants de l'Université Ferhat Abbas de Sétif - UFAS. Une vue panoramique sur les situations d'apprentissage, un bref survol de l'apprentissage coopératif sur le web et la démarche Systèmes Multi-agents -SMA- en apprentissage sont donnés. Cette première partie constitue une base sur laquelle nous bâtissons notre environnement d'apprentissage coopératif.

Le deuxième axe est notre principal pôle d'intérêt. Les trois chapitres qui le composent permettent de concevoir l'environnement dans lequel évoluent les agents artificiels en partant d'un modèle pédagogique proposé. Deux méthodologies de conception sont choisies et définies : l'une pour concevoir le blackboard et l'autre pour concevoir le Système Multi-Agents (SMA). Cette partie traite le sujet proprement dit. Elle permet d'attirer l'attention sur la question de la pertinence de l'usage de la technologie agent dans les situations d'apprentissage et là nous donnons une

conception détaillée de notre environnement dynamique. C'est une activité de création et tout comme l'œuvre de l'architecte doit être validée avant construction du point de vue de la sécurité, des équilibres entre vie quotidienne, vie professionnelle, transports,... l'environnement d'apprentissage et les activités qui s'y déroulent doivent être validées par didacticiens, psychopédagogues, enseignants et apprenants. Ensuite alors commencent les premières réalisations (le maçon) qui font l'objet du cinquième chapitre qui permet de traiter la validation des propositions.

Enfin nous présenterons les quatre annexes: dans la première nous éditerons une partie du code source du système et présenterons quelques captures d'écran du système proposé, la deuxième contient les questionnaires établis pour les enquêtes d'opinion à l'UFAS qui ont permis de souligner certaines difficultés rencontrés par les différents acteurs pédagogiques, les choix didactiques faits lors d'une situation d'apprentissage, l'usage de l'internet et la validation du système proposé ainsi que la fiche d'évaluation d'une session d'apprentissage collaboratif.

La troisième annexe représente une partie des diagrammes issus de la conception et la dernière annexe un glossaire des termes déployés dans la présente thèse.

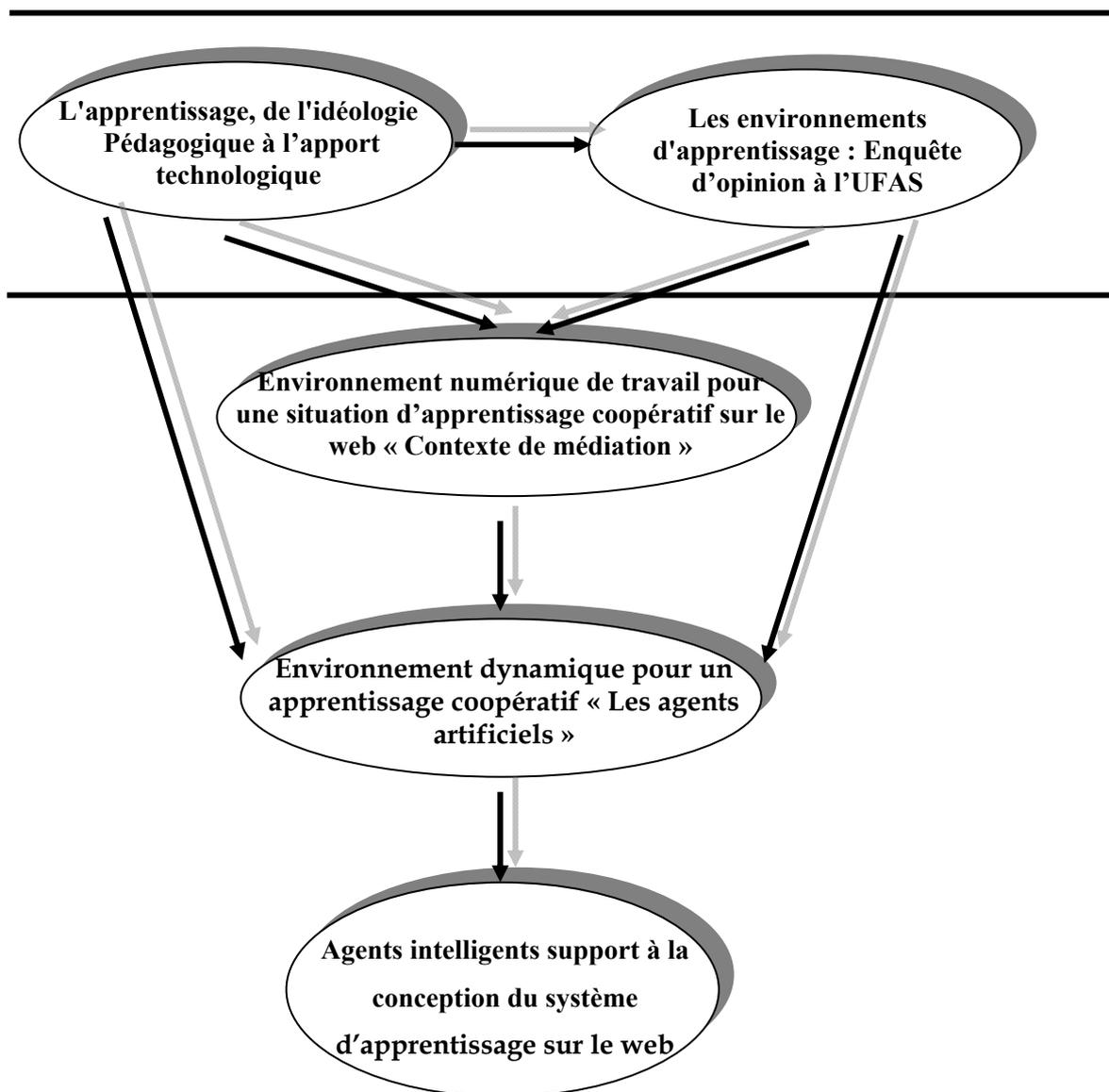


Figure 0.1. *Organisation des chapitres*

Chapitre 1 : L'apprentissage, de l'idéologie pédagogique à l'apport technologique

1.1 Introduction

Nous abordons ici l'**apprentissage**. D'emblée, deux questions se posent et s'opposent. Qu'est ce que l'apprentissage ? Est-ce que ce n'est pas un sujet trop vaste que de traiter de l'apprentissage ?

La première question a une portée culturelle, psychologique et biologique. Pour certains chercheurs tel que Clause (Clause, 1967), l'apprentissage est l'acquisition de nouveaux *savoirs* et *savoir-faire*, c'est-à-dire le processus d'acquisition de *connaissances*, *compétences*, *attitudes* ou *valeurs*, par *l'étude*, *l'expérience* ou *l'enseignement* ; tout ceci par l'interaction avec un milieu déterminé. Ils trouvent que tous les organismes pluricellulaires, tels que les humains, sont capables d'apprendre et de se souvenir. De leur part, Deldime et Demoulin (Deldime, Demoulin, 1992) estiment que l'apprentissage est en premier lieu une acquisition et en deuxième lieu une rétention. D'autres chercheurs trouvent que l'apprentissage consiste à acquérir ou à modifier une représentation de l'environnement, ainsi, tout n'est pas fixé dès le départ. Chacun d'entre nous est le produit de son hérédité et de son milieu. On peut donc dire que *inné* et *acquis* sont intriqués, pour constituer l'expérience du dit apprentissage.

La deuxième question porte sur l'ampleur de l'apprentissage. Oui, l'apprentissage est un sujet vaste avec diverses facettes, qu'on ne pourra épuiser en une thèse.

1.2 Les théories d'apprentissage

Les théories d'apprentissage sont classifiées en deux grandes approches : empiristes et cognitivistes.

- Parmi les théories empiristes nous avons : l'associationnisme (essais-erreurs, contiguïté par répétition de stimulus-réponse, renforcement d'effet-contiguïté), le connexionnisme, le conditionnement classique, et le behaviorisme. Toutes les théories behavioristes sont d'ordre associationniste qui insistent sur le rapport stimulus-réponse.
- Les approches développementales cognitives incluent, entre autres, l'approche historico-culturelle de Vygotsky, l'apprentissage par la découverte et l'apprentissage significatif relatif à Ausubel (Ausubel, 1978).

La figure 1.1 représente un bref comparatif des deux approches empiristes et cognitivistes (Gauthier, Tardif, 1996).

Il n'y a pas lieu d'entrer ici dans le détail de ces théories. Pour fonder l'ensemble de cette thèse, il paraît essentiel cependant de rappeler quelques principes directeurs essentiels sous tendus par exemple par les théories behavioristes, cognitivistes et constructivistes (Charette, Kaszap, 2009).

- *Le behaviorisme* s'intéresse au comportement. Quand on parle de comportement, on sous-entend n'importe quel mouvement, activité ou démonstration observable et mesurable d'une organisation. Selon certains behavioristes, les moyens qui expliquent l'amélioration progressive des formations sont : essais; intentions (planification en termes de mécanismes de SR -Stimulus/Réponse); récompenses; punition.
- *Pour les cognitivistes*, on sous-entend par «apprentissage» un processus mental, biologique et culturel progressif dans le temps, qui inclut plus ou moins toute activité **collaborative** dans un contexte éducatif. L'acquisition de connaissances nouvelles se fait dans le cadre d'une **interaction** entre

l'apprenant et un système «embarquant» les connaissances à acquérir (Gerbault, Portine, 2001). Un système embarquant les connaissances peut être aussi bien un humain «un enseignant, un co-apprenant (camarade de classe) » qu'un dispositif dans lequel cette connaissance est médiatisée. La connaissance n'a de sens que si elle est socialisée, susceptible de permettre l'échange entre humains (Margarida, 2003). Piaget¹ trouve que l'apprenant construit le savoir par **son activité et par l'interaction avec l'autrui** et ce par le principe majeur du rapport « assimilation -accommodation » (Piaget, 1950).

- Les *socio-constructivistes*, souligne la **coopération sociale**. Cette manière de la création (**coopération**) permet d'apprendre comment développer plusieurs fonctions intellectuelles : une attention volontaire; mémoire logique; l'abstraction; compétence à comparer et différencier. La connaissance s'acquiert en venant se greffer sur un système de connaissances déjà disponibles chez l'apprenant. L'élément de connaissance nouveau, pour être acquis, doit se situer dans ce que Vygotsky a appelé "la Zone Proximale de Développement" ou ZPD (Vivet, 1993). Cet aspect est essentiel pour souligner l'importance au plan pédagogique des notions de "progression" (renvoyant au planning des activités d'apprentissage). Mais il justifie aussi l'importance du travail en groupe d'apprenants "de niveaux comparables" n'ayant pas le même système de connaissances mais un recouvrement suffisant des ZPD pour que, ce que A sait et que B ne sait pas, puisse être acquis par B si A le lui explique. La connaissance n'a de sens que si elle est socialisée, susceptible de permettre l'échange entre humains. Les processus de verbalisation, d'explicitation, de formulation, de compréhension, d'analyse et de synthèse sont essentiels au plan cognitif comme l'a bien révélé Bloom (Bloom, 1956).

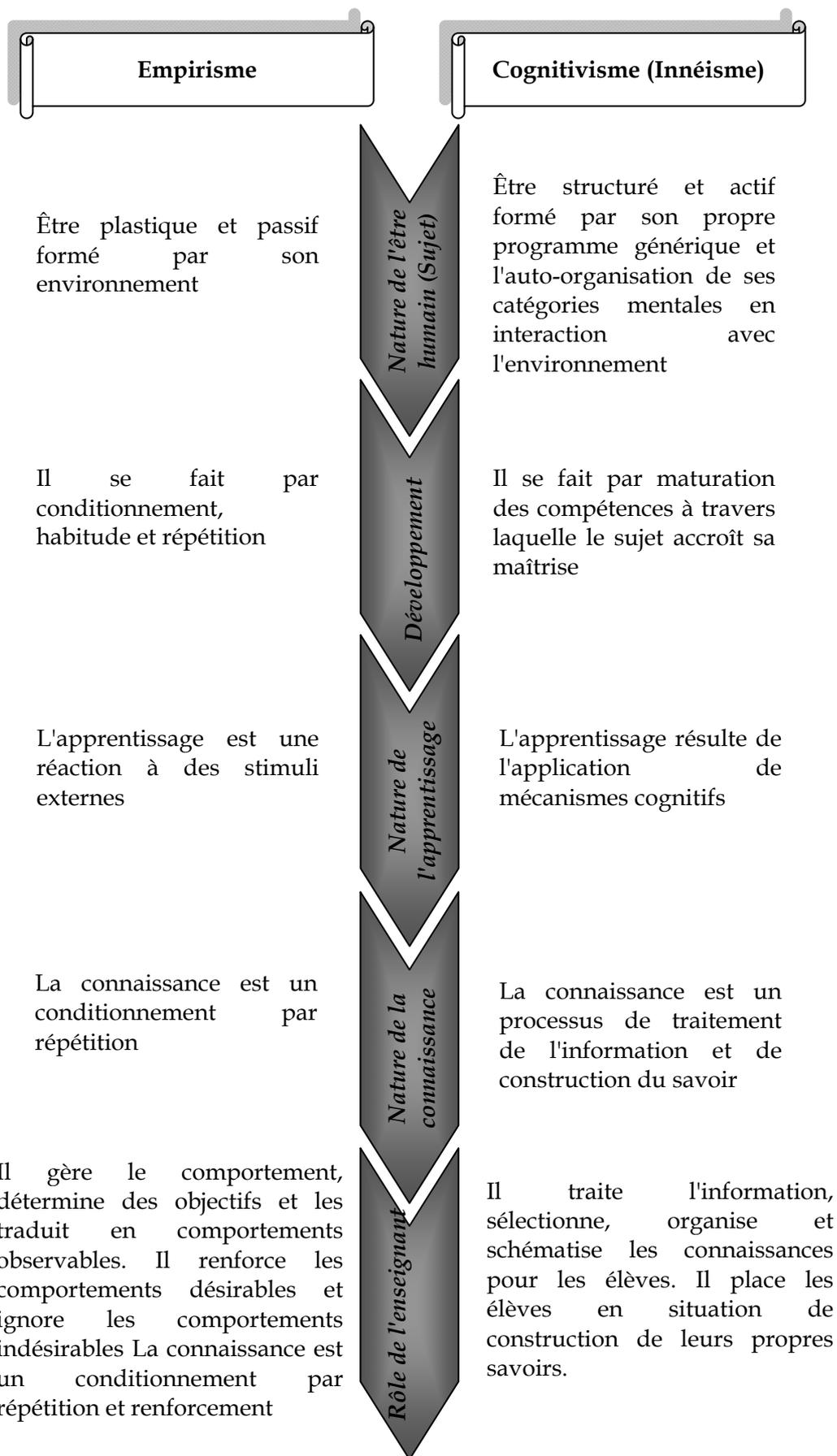


Figure 1.1. Comparatif des deux approches empiriste et cognitiviste

1.3 L'apprentissage coopératif/collaboratif

1.3.1 Coopération vs. Collaboration

Ces deux termes sont parfois utilisés de façon interchangeable. Selon (Dillenbourg et al., 1996): "*Cooperation & collaboration do not differ in terms of whether or not the task is distributed, but by virtue of the way in which it is divided; in cooperation the task is split (hierarchically) into independent subtasks; in collaboration cognitive processes may be (hierarchically) divided into intertwined layers. In cooperation, coordination is only required when assembling partial results, while collaboration is << ...a coordinated, synchronous activity that is the result of a continued attempt to construct and maintain a shared conception of a problem>>*".

➔ Une situation est qualifiée de collaborative s'il existe une symétrie dans l'interaction "action, connaissance, degré d'expertise similaire mais des points de vue différents", des buts communs et un degré de vision du travail. Les interactions collaboratives se caractérisent par une interactivité, un synchronisme et une négociation. Le processus collaboratif se compose de : une induction, une charge cognitive, un conflit, une internalisation, une auto-explication et une appropriation. La collaboration est un travail en commun, entre plusieurs personnes, qui génère la création d'une œuvre commune.

➔ La coopération décrit des systèmes composés de différentes combinaisons d'agents appliqués à différentes situations de résolution de problèmes. Dans une situation coopérative l'œuvre est divisée de telle sorte que chaque personne est responsable d'une portion du travail. Il y a coopération dans un groupe lorsque tous ses membres coordonnent leurs actions pour atteindre un but commun en se partageant les différentes tâches et rôles nécessaires à sa réalisation, à travers des séquences coordonnées et dépendant de la tâche collective à réaliser. On associe intuitivement la coopération avec une modalité asynchrone des interactions.

Pour conclure, on peut dire que la division du travail, quand on est dans une situation collaborative, est *horizontale*, les rôles sont intriqués et instables. La division du travail coopératif est verticale, en sous tâches indépendantes au début.

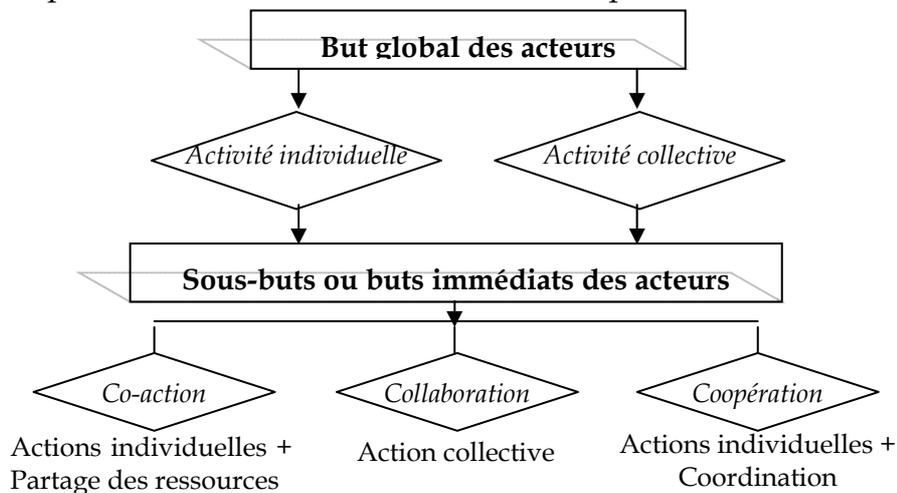


Figure 1.2 *Coopération, collaboration et coaction (Barthe, Quéinnec, 1999)*

1.3.2 Apprentissage coopératif et collaboratif :

Dans un apprentissage traditionnel, la plupart des échanges entre apprenants et enseignant prennent la forme maïeutique "suite de questions/réponses". L'enseignant est le seul à poser les questions connaissant déjà les réponses. Certains apprenants monopolisent la conversation, les autres ont rarement l'occasion de s'exprimer. Le résultat est piètre dans l'apprentissage.

L'apprentissage collaboratif se concrétise le plus souvent par un travail d'équipe. Cette dernière étant perçue comme un groupe de personnes interagissant afin de se donner ou d'accomplir une cible commune, laquelle implique une répartition de tâches et la convergence des efforts des membres de l'équipe.

L'apprentissage coopératif est une activité d'apprentissage en groupe, organisé de façon à ce que l'apprentissage soit dépendant de l'échange d'informations socialement structuré qui s'effectue entre les apprenants du groupe. C'est également une activité dans laquelle l'apprenant est responsable de son propre apprentissage et motivé pour participer à l'apprentissage des autres. La figure 1.3 permet de dresser un comparatif récapitulatif entre l'apprentissage collaboratif et l'apprentissage coopératif (Karsenti, Larose, 2001).

Apprentissage coopératif

Le but se traduit dans des objectifs de formation formulés par le formateur. Il se reporte à l'apprentissage d'un contenu défini, au développement de l'autonomie, à la préparation à la coopération

Le but est commun est le même pour tous. Il est atteint collectivement par la réalisation d'activités structurées et de tâches prédéterminées.

Le contenu est structuré et préparé par le formateur. Les apprenants se l'approprient en réalisant une tâche de groupe.

Le formateur contrôle l'apprentissage pour palier le manque d'autonomie.

L'apprentissage se fait en équipe. Le travail réalisé par l'équipe est une œuvre collective

La structure de l'activité pédagogique est imposée. L'exploration et la découverte du contenu sont guidées par le formateur selon la structure imposée.

Apprentissage collaboratif

L'apprenant définit son but et ses objectifs personnels. Il donne un sens à sa formation. Ses objectifs incluent le développement de ses stratégies d'apprentissage et de ses habiletés de collaboration.

Le but est partagé par le groupe d'apprentissage. Chacun y souscrit et travaille à l'atteindre dans la perspective de ses intérêts.

Le contenu est un objet à explorer. L'apprenant l'explore pour en comprendre la structure et en fait une appropriation personnelle. Cette démarche se fait individuellement et en groupe.

Le contrôle de l'apprentissage est laissé à l'apprenant en tenant compte de sa maturité. Le formateur encourage le fonctionnement autonome de l'apprenant et du groupe.

L'apprentissage résulte du travail individuel soutenu par des activités de groupe. L'apprenant partage des ressources avec le groupe et utilise le travail réalisé en groupe pour apprendre.

La structure de l'activité pédagogique est ouverte. Le parcours d'exploration et de découverte est libre.

But de la formation

Atteinte du But

Le Contenu

Contrôle et autonomie connaissance

Formule pédagogique

Activité pédagogique

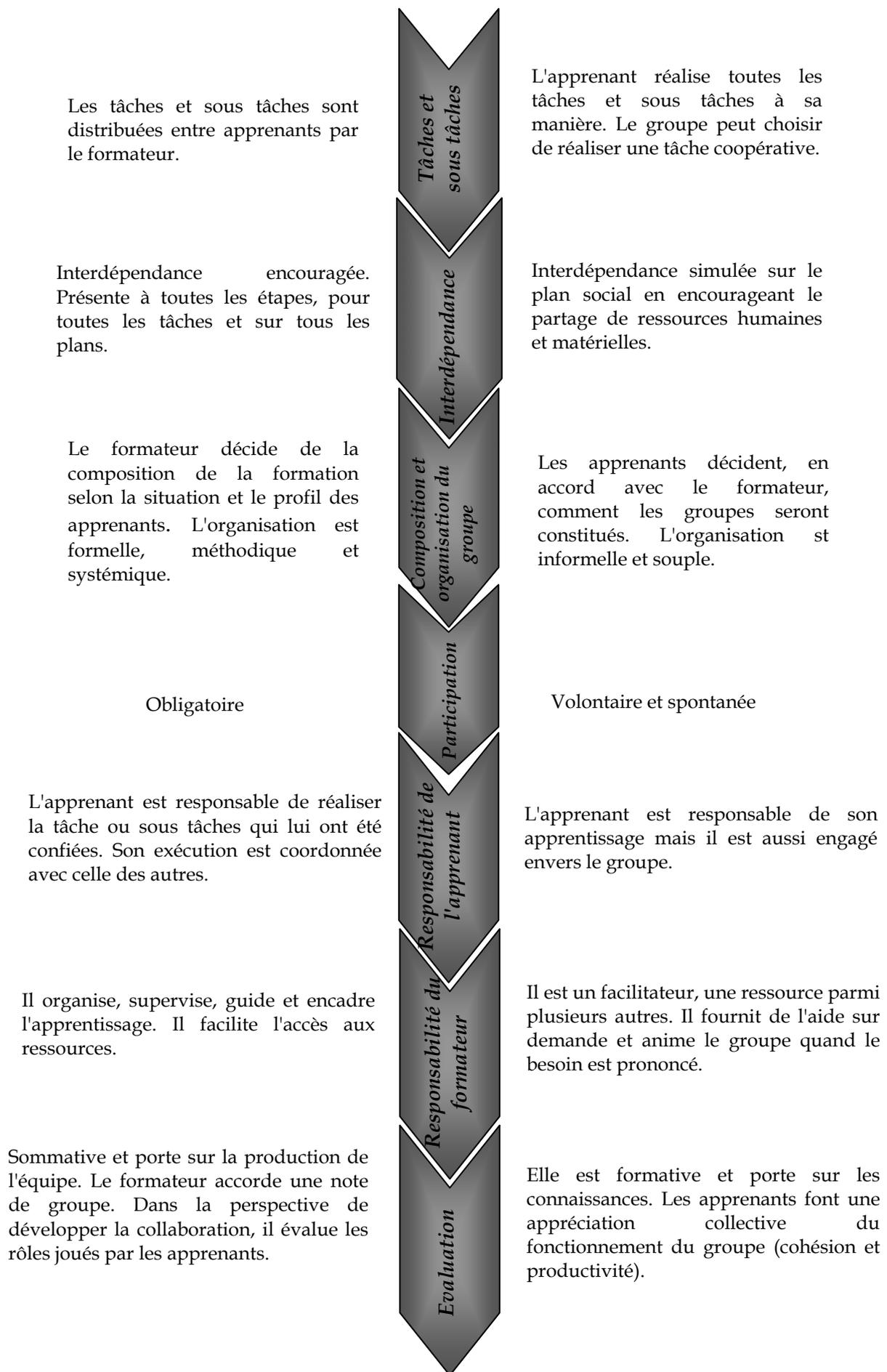


Figure 1.3 Comparatif des deux apprentissages coopératif/collaboratif

1.4 La pédagogie active

Issue de la psychologie constructiviste, la pédagogie active¹ a pour objectif de rendre l'apprenant acteur de ses apprentissages, afin qu'il construise ses savoirs à travers des situations de recherche. Aujourd'hui, on a tendance à classer abusivement sous l'expression *méthodes actives* toutes les méthodes qui **impliquent réellement l'élève** par des exercices ou des mises en situation.

1.4.1 Apprentissage par problèmes

Dans l'Apprentissage Par Problèmes (APP) (en anglais Problem-Based Learning, PBL), les apprenants, regroupés par équipes, travaillent ensemble à résoudre un problème généralement proposé par l'enseignant, problème pour lequel ils n'ont reçu aucune formation particulière, de façon à faire des apprentissages de contenu et de savoir-faire, à découvrir des notions nouvelles de façon active en y étant poussé par les nécessités du problème soumis (Partoune, 2002). La tâche de l'équipe est habituellement d'expliquer les phénomènes sous-jacents au problème et de tenter de le résoudre dans un processus non linéaire. La démarche est guidée par l'enseignant qui joue un rôle de facilitateur. La motivation des apprenants se focalise dans ce cas sur la résolution du problème soumis.

La taille d'un problème peut être très variable, d'une séance de quelques heures jusqu'à un projet sur un semestre, voire sur une scolarité de plusieurs années.

1.4.2 La pédagogie de projet

La pédagogie de projet (Bensalem, 2010) est une pratique de la pédagogie active qui fait passer des apprentissages à travers la réalisation d'une production concrète (exposé, maquette).

¹ <http://www.pedagogie-active.fr/thematique/index.html>

Le projet peut être individuel ou collectif. C'est une "*entreprise qui permet à un collectif d'élèves de réaliser une production concrète, socialisable, en intégrant des savoirs nouveaux.*" (Bensalem, 2010)

1.4.3 Le coaching pédagogique

Le coaching pédagogique est une forme de pédagogie, différente de celles pratiquées couramment dans le cadre de la salle de classe ou de l'amphi. En effet plutôt, que d'attribuer à l'enseignant un rôle magistral de transmission d'un savoir, elle lui donne un rôle d'accompagnateur de l'apprenant, non seulement dans l'acquisition de savoirs au sens classique, mais aussi de compétences collectives et d'un développement personnel (Bricage, 2007). Ce dernier peut notamment comporter :

- un développement cognitif, par exemple l'acquisition de nouvelles représentations, de nouvelles manières de construire les connaissances.
- un développement de la personne sociale, par exemple dans la construction d'une identité professionnelle, de savoirs-être en situation
- un développement de la personne affective, notamment de la confiance en soi
- il peut aussi s'articuler avec la construction d'objectifs de vie professionnelle (voire personnelle).

Le coaching pédagogique peut être l'accompagnement d'un apprenant individuel, mais aussi d'une équipe d'apprenants, voire d'une classe. L'intervenant s'appelle rarement coach, mais plutôt tuteur, pilote de projet, parrain, moniteur, conseiller ou professeur ...

Le coaching pédagogique s'inspire du coaching, mais il s'en distingue par certains aspects :

- le coach n'est pas un spécialiste formé à la psychologie, il assume avant tout un rôle à vocation pédagogique. Il peut-être un enseignant, un professionnel ou un pair (un autre étudiant formé pour cela).

- contrairement au coach classique (sport, entreprise) il est souvent en situation d'encadrement et surtout dans un deuxième temps, d'évaluation du travail fourni, souvent par une note.

Le coaching pédagogique est pratiqué dans des activités comme l'apprentissage par projet ou l'apprentissage par problèmes. Bien que de plus en plus pratiqué comme démarche pédagogique, il est souvent mal reconnu par rapport aux méthodes d'enseignement magistrales classiques.

1.5 L'apprentissage coopératif

L'apprentissage coopératif (AC) est une méthode éducative assez proche des pédagogies de groupes mais qui, d'un pays à l'autre ou même d'un auteur à l'autre, peut être pensée de manière différente.

1.5.1 Origine et évolution

Selon Alain Baudrit (Baudrit, 2005), même si l'apprentissage coopératif se retrouve des deux côtés de l'Atlantique à partir des années 60, une différence importante apparaît dès le départ : aux États-Unis, la coopération se veut souvent « compétitive » (compétition entre les groupes), alors que cette dimension n'existe pas et n'est pas souhaitée en Europe.

a/ Vue européenne

En *Ukraine*, Makarenko dirige la colonie Gorki dans laquelle « il essaie de mettre en œuvre une pédagogie en accord avec la société socialiste, c'est-à-dire fondée sur l'appartenance collective et le travail productif collectif ».

Pour le *Suisse* Ferrière, « le groupe est de nature à favoriser l'éducation morale des enfants ».

L'épistémologue *suisse* Jean Piaget, notamment à travers *La formation du jugement moral chez l'enfant* qui plaidera pour une morale autonome dont le principe réside

dans la solidarité et l'autonomie de la conscience., Jean Piaget, là considéré comme psychologue, voire psychopédagogue écrira « la coopération est promue au rang de facteur essentiel du progrès intellectuel » et rapprochera coopération et égalité d'une part, coopération et progressivité des situations pour la mettre en œuvre, d'autre part.

Célestin Freinet empruntera l'idée de coopération à Barthélémy Profit lui-même s'étant inspiré des coopératives ouvrières en *France*, des coopératives de consommation en *Angleterre* et des sociétés paysannes en *Allemagne*. Transféré à l'école, le même principe devrait permettre de postuler que « l'enfant développera au maximum sa personnalité au sein d'une communauté rationnelle qu'il sert et qui lui sert ».

Pour Alain Baudrit (Baudrit, 2005), la notion de coopération semble d'ailleurs avoir été davantage appropriée par Piaget que par Vygotsky en dépit de ce qui a pu être écrit à ce sujet. Pour le premier en effet, la coopération n'intervient dans la genèse de la pensée que dans un second temps, lorsque l'enfant est capable d'appréhender un point de vue autre que le sien. C'est la raison pour laquelle il est parfois reproché à Piaget une approche très individuelle du développement de l'enfant.

b/ Vue américaine « Les Etats Unis d'Amérique »

Du côté américain, l'idée de coopération remonterait aux années 1960-1970. Avec des auteurs comme Deutsch à l'origine de la théorie de l'interdépendance sociale pour laquelle devraient exister des situations coopératives et des situations compétitives, les secondes développant des oppositions interindividuelles, chacun faisant obstacle aux progressions des autres.

Entre coopération et compétition, Coleman développera le modèle de la coopération compétitive qui présenterait une certaine supériorité par rapport à la coopération simple. Cette idée sera discutée abondamment par la suite par Slavin et Johnson à l'intérieur d'une société américaine dont la compétition constitue un paradigme dominant.

Dewey « considère l'école comme une communauté de vie à l'intérieur de laquelle les élèves sont amenés à coopérer, les conduisant à l'habitude de réfléchir de façon critique sur l'expérience vécue dans un cadre de vie communautaire démocratique ».

Les américains trouvent que l'AC est supérieur au travail individuel lorsqu'il est question d'acquisitions scolaires, d'apprentissage à l'école.

1.5.2 Méthodes d'apprentissage coopératif

La table 1.1 récapitule les plus importantes méthodes d'apprentissage coopératif.

Méthode	Résumé	Description
<i>Student Teams- Achievement Divisions (STAD)</i>	<i>Méthode d'apprentissage coopératif portant sur des groupes d'apprenants hétérogènes. Elle lie reconnaissance globale de l'équipe et responsabilité du groupe avec un apprentissage individuel.</i>	Dans STAD (Slavin, 1997):
		<p>1. Les étudiants sont assignés à des équipes d'étude de quatre membres de niveaux différents.</p> <p>L'enseignant présente au début son cours, ensuite il présente le travail que doit réaliser chaque équipe pour s'assurer que tous les membres de l'équipe ont compris la leçon.</p> <p>Enfin, chaque étudiant prend un quiz individuel sur la matière enseignée.</p> <p>2. Le score du questionnaire (quiz) de chaque étudiant est comparé à ses scores antérieures, la note est attribuée selon le degré d'avancement (ou de progression) de l'apprenant. Ces notes sont alors additionnées pour former la note de l'équipe. Les équipes qui obéissent à certains critères sont récompensées.</p>
		Dans une méthode liée à STAD, appelée Teams-Games-Tournaments (TGT) (O'Mahony, 2006) les étudiants jouent des jeux avec les membres des autres équipes pour ajouter des points à la note de leur équipe.
		STAD et TGT ont été utilisés dans la didactique des mathématiques, les langues, les sciences sociales ... et ont été utilisés dans différents paliers d'enseignement (du secondaire à l'université).
		La méthode STAD est plus appropriée pour

		enseigner des matières bien définies avec des réponses exactes et uniques, telles que les calculs et applications mathématiques, l'utilisation de la langue, la géographie et sciences exactes. Cependant, elle peut facilement être adaptée à des matières moins bien définies en fusionnant plus d'évaluations ouvertes, comme les essais (Balfakih, 2003).
Cooperative Integrated Reading and Composition (CIRC)	<i>Programme pour l'apprentissage de la lecture et l'écriture dans les paliers d'enseignement primaire avancés; les étudiants travaillent dans des équipes de travail coopératif de quatre (04) membres.</i>	<p>CIRC est un programme pour apprendre la lecture et l'écriture dans les paliers d'enseignement primaire avancés (Jhonson, Jhonson, Stanne, 2000).</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Les apprenants sont assignés à des équipes d'apprentissage coopératif à quatre membres. 2. Ils s'engagent dans une série d'activités mutuelles : la lecture réciproque, résumé des histoires l'un à l'autre, écrivent des réponses aux histoires, font la dictée, corrigent l'orthographe et le vocabulaire, tirent les idées principales d'une histoire et autres techniques de compréhension. 3. Pendant les périodes de la littérature, les étudiants s'engagent dans l'écriture d'articles littéraires, la révision et l'édition du travail de chacun et la préparation pour la publication de livres d'équipe. <p>Trois études menées sur le programme CIRC ont constaté des effets positifs sur les compétences de lecture des apprenants, ainsi que des scores améliorés sur des lectures et des tests de langue standards (Jhonson, Jhonson et Stanne, 2000)</p>
Jigsaw³	<i>Modèle d'apprentissage coopératif dans lequel les étudiants sont assignés à des groupes de travail de six (06) membres; la matière académique est divisée en sections, traitées</i>	<p>Dans Jigsaw (OCDE, 2010) :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. les étudiants sont assignés à des équipes de six membres qui travaillent sur des matières universitaires divisées en sections. Par exemple, une biographie pourrait être divisée en : jeunesse, premières réalisations, échecs majeurs, vieillesse et impact sur l'histoire. 2. Chaque membre de l'équipe lit sa section. 3. Les membres des autres équipes qui ont étudié les mêmes sections se réunissent dans des groupes d'experts pour discuter leurs sections. 4. Les étudiants retournent à leurs équipes et prennent le rôle d'enseignants pour

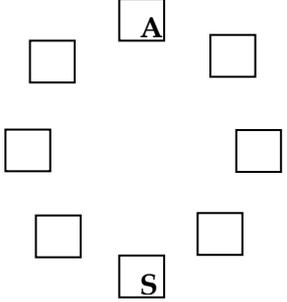
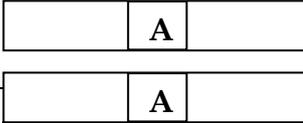
	<p><i>individuellement par les membres.</i></p>	<p>expliquer leur section à leurs coéquipiers.</p> <p>5. Du moment que la seule manière pour les étudiants d'apprendre des sections autres que leurs propres sections est d'écouter soigneusement leurs coéquipiers, ils se trouvent motivés pour soutenir et montrer leur intérêt au travail de chacun.</p> <p>Dans une version modifiée de cette approche, appelée Jigsaw II (Slavin, 1997) :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. les étudiants travaillent dans des équipes de quatre à cinq membres, comme dans STAD. 2. Au lieu qu'on assigne à chaque étudiant une section unique, tous les étudiants lisent un texte commun (chapitre de livre, un fait divers, ou une biographie). Cependant, chaque étudiant reçoit un thème sur lequel il devient expert. 3. Les étudiants avec les mêmes thèmes se réunissent dans des groupes d'experts pour discuter leur sujet, ensuite ils retournent à leurs équipes pour enseigner ce qu'ils ont appris à leurs coéquipiers. 4. Les étudiants prennent des quizz individuels, qui aboutissent au score final de l'équipe, comme dans STAD.
<p>Learning Together</p>	<p><i>Modèle d'apprentissage coopératif dans lequel les apprenants sont assignés à des groupes de travail hétérogènes de quatre (04) ou cinq (05) membres</i></p>	<p>Learning Together est un modèle d'apprentissage coopératif développé par David Johnson et Roger Johnson (OCDE, 2010).</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Les apprenants sont assignés à des groupes de travail hétérogènes de quatre à cinq membres. 2. Les groupes sont chargés de travaux à parachever seuls et reçoivent la récompense selon le résultat obtenu par le groupe. 3. Cette méthode souligne des activités de développement de l'esprit d'équipe avant que les étudiants ne commencent à travailler ensemble et des discussions régulières dans les groupes sur comment bien travailler ensemble doivent être menées.
<p>Group Investigation</p>	<p><i>Modèle d'apprentissage coopératif dans lequel les étudiants</i></p>	<p>Group Investigation (Sharan et Sharan, 1989) est un plan d'organisation générale d'une classe dans lequel :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Les étudiants travaillent en petits groupes. 2. Ils apprennent en utilisant : l'enquête

	<p>travaillent dans des petits groupes utilisant l'enquête coopérative, discussion en groupe, projets ainsi que planification coopérative et exposé leurs résultats à la classe entière.</p>	<p>coopérative, la discussion de groupe et la planification coopérative et les projets.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Dans cette méthode, les étudiants forment leurs propres groupes de deux à six membres. 4. Après avoir choisi des sous-sujets d'une unité que la classe entière étudie, les groupes divisent leurs sous-sujets en tâches individuelles et réalisent les activités nécessaires pour préparer les rapports de groupe. 5. Chaque groupe fait alors une présentation ou un affichage pour communiquer ses résultats à la classe entière.
<p>Cooperative Scripting</p>	<p>Une méthode d'apprentissage dans laquelle les étudiants travaillent en binôme ; chaque membre (et à tour de rôle) résume oralement une section de la matière étudiée.</p>	<p>Cooperative Scripting : Beaucoup d'étudiants trouvent qu'il est utile de se réunir avec des camarades de classe pour discuter une matière qu'ils ont lue ou ont entendue en classe. Une formalisation de cette ancienne pratique a été l'objet de recherches menées en 1985 par Dansereau et ses collègues (Slavin, 1995). Dans cette recherche :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Les étudiants forment des binômes. 2. Les membres du binôme (et à tour de rôle) récapitulent les sections de la matière enseignée l'un pour l'autre. Tandis qu'un étudiant récapitule, l'autre écoute et corrige n'importe quelles erreurs ou omissions. Ensuite les deux étudiants changent de rôles, continus de cette manière jusqu'à ce qu'ils aient couvert toute la matière à apprendre. <p>Une série d'études sur cette méthode de coopérative Scripting ont constaté que les étudiants qui étudient de cette manière apprennent et retiennent mieux que les étudiants qui récapitulent tout seuls ou qui lisent simplement la matière enseignée (Newbern, Dansereau, Patterson et Wallace, 1994).</p>

Table 1.1 Méthodes d'apprentissage coopératif

1.5.3 Techniques de discussion dans le groupe

Il existe plusieurs façons de disposer les différents membres d'un groupe lors d'une session de travail collaboratif. Ces différentes techniques (on ne citera que les plus connus) sont décrites dans la table 1.2 (Deldime et Demoulin, 1992) :

Libellé	Les participants	Rôles	Autres
<p>La table ronde ou Discussion en cercle</p> 	<p>20 au maximum</p>	<p>L'animateur A :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Soulève le problème - invite son voisin de droite à parler en premier lieu - La parole revient à l'animateur une fois le tour de table terminé <p>Chaque membre ayant donné son opinion invite son voisin de droite à faire de même</p> <p>La secrétaire S prend note en fin de tour et présente les conclusions dégagées</p>	<p>- Méthode imaginée par E..C. LINDEMAN²</p> <p>- Pas de sous groupes</p> <p>- Neutralise l'influence de l'animateur</p>
 <p>Le triangle</p>	<p>Grand</p>	<p>Animateur = Leader</p> <p>Chaque membre peut voir chaque membre et communiquer avec lui</p>	<p>/</p>
<p>Le front à front</p> 	<p>Diviser en 2 sous groupes</p>	<p>- Deux leaders</p> <p>- Chacun se place au centre de chaque</p>	<p>- Les participants se divisent en deux sous-groupes dans</p>

² E.C. Lindeman : Pr. A l'institut de travail social de New York

		sous-groupe	<p>une discussion d'intérêts opposés</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plus d'affrontements que de communications
Le PHILLIPS 6/6	<i>Sous groupes de 6 « On peut l'augmenter à 8 »</i>	<p>L'animateur du groupe global:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Présente le sujet général - Evoque les sous problèmes soumis à la discussion <p>Le président de chaque sous groupe présente les réalisations de son groupe</p> <p>Chaque membre exprime son point de vue pendant 1 minute</p> <p>Le secrétaire inscrit les idées retenues dans un tableau</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La discussion dure 6 minutes (on peut l'augmenter à 8) pour chaque sous groupe
Le brainstorming « Assaut d'idées »	<i>8 à 12 membres</i>	<p>L'animateur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Présente la méthode, les règles et la question - Remet à chaque participant un compte rendu <p>Chaque membre présente son idée qui est considérée comme bonne même si elle paraît absurde</p> <p>Les observateurs prennent notes</p>	<ul style="list-style-type: none"> - On appelle période active ou nœud du brainstorming la période dans laquelle on cherche le maximum de solutions. Elle dure entre 1h et 1h 30. - L'animateur et les observateurs se réunissent une autre fois afin de dépouiller leurs notes, préparer un compte rendu.

Table 1.2 Techniques de discussion dans le groupe

1.6 Les orientations actuelles

1.6.1 Introduction

Au début des années 1980, La notion de Communication Médiée par Ordinateur (CMO) ou *Computer Mediated Communication* est apparue pour désigner l'ensemble des modalités de communication s'effectuant via la machine. L'apparition de ce concept s'accompagnait d'une tendance croissante à reconsidérer l'ordinateur comme un "médium" plutôt que comme un "outil". Aujourd'hui, le terme de CMO recouvre une réalité vaste et complexe, tant du point de vue des paradigmes que des technologies impliquées. Elle s'attache de plus en plus aux interactions existantes au sein de la triade humain-machine-humain.

La part croissante de la dimension sociale dans les interactions que la machine entend prendre en charge, dans les domaines du travail comme dans celui de l'apprentissage assisté par ordinateur a conduit logiquement à prendre en compte la dimension langagière des échanges. Les travaux sur le langage comme médium essentiel de la coopération, inspirés de la **théorie des actes de langage** d'Austin, ont été largement repris par la CMO, et plus particulièrement par le Travail Coopératif Assisté par Ordinateur (TCAO), de l'anglais *Computer Supported Collaborative Work* (CSCW).

1.6.2 Le Travail Coopératif Assisté par Ordinateur

Le Travail Coopératif Assisté par Ordinateur (TCAO) est un carrefour disciplinaire qui mobilise l'anthropologie, la didactique, la psychologie, l'informatique voire l'économie pour comprendre le fonctionnement des groupes humains en situation de coopération. L'objectif du TCAO est de trouver les moyens par lesquels les collecticiels sont susceptibles d'améliorer la communication entre les individus dans le cadre du travail, tout en mesurant leur impact sur le comportement des groupes.

Ce positionnement théorique distingue le TCAO du collecticiel, ou synergiciel (en anglais *groupware*), qui est lui la concrétisation technologique des directions scientifiques fournies par le TCAO. D'après une définition proposée par l'AFCE¹, un

collecticiel est un "ensemble de techniques et de méthodes qui contribue à la réalisation d'un objectif commun à plusieurs acteurs, séparés ou réunis par le temps et l'espace, à l'aide de tout dispositif interactif faisant appel à l'informatique, aux télécommunications et aux méthodes de conduite de groupe". Autrement dit, il s'agit d'un logiciel permettant à un groupe d'utilisateurs de travailler en collaboration sur un même projet sans être nécessairement réunis, de manière synchrone ou asynchrone, comme le représente bien la matrice suivante:

	Même moment	Moment différent
Même endroit	<i>Interaction face à face</i> Groupes de décision, <i>brainstorming</i> , ...	<i>Tâches continues</i> Gestion de projets, workflow, ...
Endroit différent	<i>Interaction à distance</i> Editeurs partagés, vidéo-conférence, ...	<i>Communication + coordination</i> Email, forums, planification, ...

Table 1.3 Taxonomie spatiotemporelle d'un collecticiel (Tolosa et al., 2009)

Ces systèmes sont par ailleurs définis par trois espaces fonctionnels. Les espaces de production, de coordination (fournissant une vue dynamique des interactions), et de communication (le support des échanges) donnent respectivement lieu à trois grands domaines d'application : l'édition partagée, le *workflow* et le *mediaspace*.

1.6.3 L'Apprentissage Coopératif Assisté par Ordinateur

L'Apprentissage Coopératif Assisté par Ordinateur (ACAO), de l'anglais *Computer Supported Collaborative Learning CSCL*, est en grande partie issu des recherches sur le TCAO. Alors que le TCAO se concentre sur les techniques de communication, l'ACAO se porte plus sur le contenu de ces communications. L'ACAO est basé sur le principe que les apprenants sont des agents actifs cherchant et construisant un savoir dans un contexte défini. L'ACAO vise alors à fournir un environnement favorisant cette démarche.

L'état de l'art actuel montre une forte concentration sur les techniques de médiation et sur l'application des théories plus que sur l'ajout d'une "intelligence" (sous forme

d'agents ou autre) augmentant le processus d'apprentissage (Poulain et Ripoche, 2002). Ainsi, beaucoup de travaux portent sur les outils de médiation et sur la façon de les utiliser (doit-on laisser l'apprenant libre ou doit-il être guidé? comment gérer l'interaction entre l'enseignant et les apprenants? ...). Le problème de ce qui doit être pris en charge par la machine est aussi largement étudié. Par ce dernier point nous entendons les connaissances ou processus, tels que le guidage lors de la résolution de problème ou encore la disponibilité et l'organisation des connaissances sur un sujet, que la machine devra pouvoir décharger de l'apprenant (Strijbos, 2011).

Les architectures actuelles sont donc plus des "bases de données" interactives pouvant être maniées à la fois par des apprenants et par un enseignant que de réels systèmes prenant en charge une partie du processus d'apprentissage (par là nous entendons aussi bien l'enseignement, le "management" et la gestion des tâches d'apprentissage du côté de l'apprenant).

1.6.4 L'apprentissage collaboratif/coopératif sur le web

Peu de temps après les premiers pas de l'informatique, l'ordinateur a été envisagé comme moyen de communication à grande échelle. Depuis la création de ce qui deviendra Internet (ARPAnet³) jusqu'à aujourd'hui, d'énormes avancées ont été faites dans le domaine de la communication médiée par la machine. En ligne et en réseau, grâce au web, tout peut être relié à tout, et à tous ceux que l'on choisit. **Le web** contribue à faire évoluer les relations humaines dans le sens de la concertation, de la construction et du partage, et tisser des correspondances propices au développement de chacun et de la communauté.

La sphère de l'éducation a la part belle sur la Toile et montre sa rigueur pour mener à bien sa mission d'éveil des esprits. L'apprentissage à distance, en ligne et en réseau est

³ ARPANET = Advanced Research Project Agency NETWORK : Ancêtre de l'Internet, il relia en 1969, 4 noeuds: UCLA, Standford, Santa Barbara et Utah

particulièrement approprié à délivrer, à un grand nombre de personnes, les savoirs qui doivent être répétés souvent. Et c'est dans un intérêt collectif que ces formations initiales et palliatives sont prises en charge au niveau social et communautaire. L'utilisation des outils statistiques met fin à la subjectivité et contribue à améliorer la qualité des formations. Elle permet aux concepteurs de cours en ligne de connaître le comportement réel des étudiants et de pouvoir ainsi viser avec succès certains objectifs : augmenter l'implication, l'intérêt et attirer plus d'apprenants.

Le développement des accès distants, l'accroissement des contraintes organisationnelles que nécessitent la mise en place et la gestion de structures lourdes de formation, et le manque de moyens humains et financiers ont poussé et favorisé l'innovation en matière de méthodes d'apprentissage. Ces méthodes intègrent de différentes manières les Technologies de l'Information et de la Communication «TIC».

Plus connu sous la désignation de Nouvelles Technologies Educatives, les apports des outils technologiques se situent à plusieurs niveaux dans le domaine éducatif en particulier dans les méthodes d'apprentissage, la recherche d'information et l'accès aux sources documentaires.

Actuellement, l'introduction de technologies nouvelles - particulièrement le courrier électronique, la vidéoconférence, le web ...- a conduit à des améliorations dans la vitesse et l'efficacité du processus de communication ainsi que dans la recherche d'informations en direct. Il est possible de supporter tous les aspects du processus éducatif en temps réel, du moins à un certain degré, y compris l'enregistrement de traces et la gestion, la mise à disposition du matériel didactique, l'accomplissement du travail pratique via des logiciels de simulation, l'évaluation de l'apprentissage et enfin la facilitation de la communication à la fois comme support académique et socioculturel (Villon, 2003).

1.7 La démarche SMA en apprentissage

La complexité du pilotage de l'apprentissage humain est tel qu'il est nécessaire de dépasser les modèles artificiels autonomes des agents au profit de modèles de coopérations d'agents humains et artificiels pour réaliser ce pilotage. S'appuyant sur l'expérience accumulée dans le domaine du ACAO (CSCL pour le sigle anglais), des recherches s'intéressent au support de la coopération pour le travail et la formation et donc au support d'une activité sociale. Souvent construits autour d'architectures multi-agents, ces environnements définissent le rôle de chaque participant du groupe de formation, lui offrent l'accès et la gestion de ressources de communication synchrones et asynchrones.

1.7.1 L'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD)

L'un des objectifs de l'Intelligence Artificielle (IA) est la définition de systèmes capables de représenter des connaissances, de raisonner, de planifier des actions afin de résoudre des problèmes pouvant être très complexes. Elle cherche à obtenir des résultats comparables à ce que feraient des êtres humains dans des cas similaires, mais sans forcément utiliser les mêmes moyens.

Pour résoudre certaines tâches simples, il est tout à fait possible de considérer un système dit intelligent qui agit seul dans son environnement. Mais dans les cas réels avec un système qui n'est plus seul à agir sur l'environnement. Les effets de ses actions peuvent alors se trouver combinées à celles d'autres entités avec des phénomènes d'influence (Pearl et Boi, 2000). Il est parfois possible d'étendre le principe du système intelligent unique afin de pouvoir traiter ces problèmes. Cependant, un tel système devient finalement très complexe, car il doit gérer les connaissances provenant de divers champs d'expertise et/ou se représenter son environnement de façon globale. Au lieu de compliquer cet agent unique, il est aussi possible de construire un système à base d'entités plus simples où chacune s'occupe d'une partie du problème, tout en ayant au final une complexité globale moindre. Certains problèmes peuvent par exemple être décomposés en terme d'espace où

chaque entité est chargée de travailler sur un sous-espace éventuellement localisé, en terme de points de vue, de fonctionnalités ou encore en terme de domaines d'expertise où chaque entité possède sa propre spécialité.

C'est donc avec ces motivations que sont apparues au début des années 1970, les approches visant à distribuer l'intelligence artificielle (Reddy, Erman, 1976).

Avec l'arrivée de la programmation objet, le nombre croissant d'architectures matérielles, de systèmes et de langages, permettant d'effectuer des calculs en parallèle et avec l'interconnexion des machines au travers des réseaux informatiques, sont apparus trois axes de distribution de l'intelligence artificielle (Labidi, Lejouad, 2007) :

- Le premier axe, l'Intelligence Artificielle Parallèle (IAP) vise la parallélisation des approches existantes en IA.
- Le second axe, la Résolution Distribuée de Problèmes (RDP), vise la décomposition de problèmes entre un certain nombre de modules spécialisés qui coopèrent en partageant leurs connaissances et qui concourent chacun à la résolution.
- Le troisième axe concerne les *Systemes Multi-Agents* (SMA) (Ferber, 1995), (Demazeau, Briot, 2001) et (Luck, McBurney et Preist, 2003). Il considère que de petites entités interagissant fortement peuvent produire un tout intelligent amenant finalement à une vue sociale de l'IA. C'est alors qu'est apparu le terme agent, afin de qualifier les entités considérées dans cette approche.

1.7.2 Le paradigme agent ?

a/ Définition:

Depuis, son apparition, le terme agent a connu de multiples définitions et nombreux sont les travaux utilisant une approche dite agent pour résoudre des problèmes divers. Certains définissent l'*agent* comme un système informatique situé dans un certain *environnement*, capable d'exercer de façon *autonome* des *actions* sur cet environnement en vue d'atteindre ses objectifs.

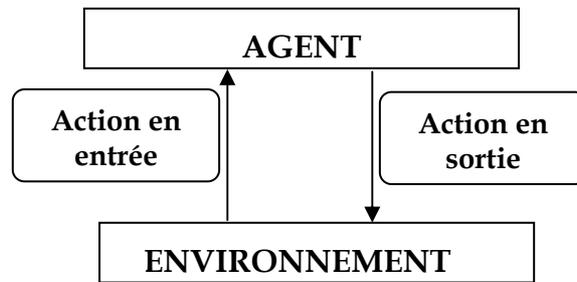


Figure 1.4 *Un agent dans son environnement*

Un agent se caractérise par les propriétés suivantes :

- *autonomie* : un agent possède un état interne (non accessible aux autres) en fonction duquel il entreprend des actions sans intervention d’humains ou d’autres agents.
- *réactivité* : un agent perçoit des stimuli provenant de son environnement et réagit en fonction de ceux-ci ;
- *capacité à agir* : un agent est mû par un certain nombre d’objectifs qui guident ses actions, il ne répond pas simplement aux sollicitations de son environnement.
- *sociabilité* : un agent communique avec d’autres agents ou des humains et peut se trouver engagé dans des transactions sociales (négocier ou coopérer pour résoudre un problème) afin de remplir ses objectifs.

b/ La notion d’agent par rapport à celle d’objet :

Plusieurs chercheurs définissent la notion d’agent par rapport à celle d’objet (Odell, Parunak, Bauer, 2001), arguant du fait que la maîtrise d’une nouvelle technologie ou d’un nouveau concept est facilitée par une référence à des technologies ou concepts voisins et d’ores et déjà maîtrisés.

Les objets sont définis comme étant des entités informatiques qui *encapsulent* un état. Ils sont capables d’accomplir des actions, ou *méthodes* dans cet état, et communiquent par échange de messages. Bien qu’il existe plusieurs similitudes entre les agents et les objets, plusieurs aspects les différencient, citons :

Le degré d’autonomie : La propriété la plus caractéristique des objets est le principe d’encapsulation, l’idée selon laquelle les objets contrôlent leur propre état interne. Dans ce sens, un objet peut être considéré comme ayant une autonomie sur son état.

Mais un objet n'a pas de contrôle sur son comportement : si une méthode m est rendue accessible aux autres objets, alors ceux-ci peuvent les invoquer chaque fois qu'ils le veulent. En d'autres termes, une fois qu'un objet a rendu une méthode publique, il n'a plus de contrôle sur l'exécution ou la non exécution de cette méthode. Les agents, quant à eux, n'invoquent pas des méthodes mais adressent des requêtes pour l'exécution des actions. Si un agent i demande à un autre agent j d'exécuter une action a , j exécutera l'action ou ne l'exécutera pas. On voit donc que dans le cas des objets, la décision d'exécuter l'action appartient à l'objet qui invoque la méthode alors que pour les agents, cette décision revient à celui qui reçoit la requête.

Caractéristiques de réactivité, de dynamisme et de sociabilité : Bien qu'on puisse essayer de construire des objets disposant de ces propriétés, celles-ci ne sont pas des standards de la programmation orientée objet (POO).

Les agents sont censés avoir chacun leur fil d'exécution (thread): Dans le modèle objet standard, il existe un fil d'exécution unique pour tout le système, bien que l'on voie apparaître du parallélisme dans la POO avec des langages comme Java, qui offre la possibilité de lancer plusieurs fils d'exécution en même temps. Il faut noter une évolution dans la communauté des adeptes de la POO vers la notion d'*objet actif*. Un objet actif est un objet possédant son propre fil d'exécution. Les objets actifs sont généralement autonomes, c'est-à-dire qu'ils peuvent exhiber un comportement sans avoir été sollicités par un autre objet. On présente, donc, les *agents comme une extension d'objets actifs* possédant une prise d'initiative (la capacité à initier des actions sans intervention externe) et un libre arbitre (la capacité à refuser ou à modifier une requête externe). On définit un agent comme un objet qui peut prendre des initiatives (*an object that can say 'go'...*) et refuser de répondre à une sollicitation (*... and 'no'*).

c/ Les agents intelligents:

D'une manière générale, ce type d'agents selon les communautés suit un cycle *Perception Action* comme le montre la Figure 1.4. On dit aussi que ces agents sont intentionnels car ils possèdent des buts et des plans explicites leurs permettant d'accomplir leurs buts.

- *Les buts* : Certains chercheurs définissent *un but* comme étant le résultat de ce qu'un décideur souhaiterait obtenir (Pasquier, Brézillon, Pomerol, 2003).
- *Les plans* : étant donné un but et un état courant, il s'agit de trouver une séquence d'actions qui permettent d'aller de l'état courant au but.

L'agent cognitif peut mettre à jour ses connaissances, en fonction, d'une part de l'interaction avec les autres agents et d'autre part à l'environnement. Ceci suppose des communications inter agents. Il est donc nécessaire de développer des théories dans le domaine de la communication mais aussi des protocoles de coopération entre les agents.

L'agent intelligent, contrairement à l'agent réactif, a la capacité :

- de raisonner sur des représentations du monde,
- de mémoriser des situations et de les analyser,
- de prévoir des réactions possibles à toute action,
- d'en tirer des conduites pour les évènements futurs et donc de planifier son propre comportement (Ferber, 1995).

Une approche emblématique est celle initiée dans les années 80 (Bratman, 1987) qui propose une architecture basée sur trois attitudes : *Belief, Desire, Intention* (BDI). Elle fait depuis l'objet de nombreux travaux (Kumar, Shapiro, 1994), (Rao, Georgeff, 1995) (Busetta, Ramamohanarao, 1998), (D'Inverno, Luck, 1996).

- Le concept *Belief* correspond à la représentation de l'état interne de l'agent. Il est actualisé à chaque instant en fonction de l'état de l'environnement.
- *Desire*, correspond aux objectifs fixés par l'état interne de l'agent.
- *Intention*, correspond aux buts en cours d'achèvement.

d/ Les Systèmes Multi Agents (SMA)

Un Système Multi Agents (SMA), en anglais Multi Agent System MAS :

- est un système qui se compose d'un ensemble d'entités spécialisé coopérant pour le compte d'une application globale (fonction globale où but commun).
- est composé d'un ensemble d'objets situés dans un environnement (espace). Parmi ces objets certains sont des agents, d'autres sont des objets passifs qui peuvent être utilisés, détruites ou modifiés par des agents.
- décrit un ensemble de relations entre, agents-objets passifs-agents.
- met en œuvre des agents homogènes est hétérogènes ayant des buts communs ou distincts.
- est un système distribué composé d'un ensemble d'agents qui interagissent le plus souvent, selon un mode de coopération, de concurrence ou de coexistence.

Il se caractérise par :

Un environnement : Un environnement est un espace représentant le monde dans lequel les agents évoluent. On distingue généralement entre les agents qui sont les entités actives, et les objets passifs qui se situent dans l'environnement.

Une interaction : L'interaction est au centre de la problématique SMA. Elle est définie, comme étant une mise en relation dynamique de deux ou plusieurs agents par le biais d'un ensemble d'actions réciproques. Les interactions s'expriment aussi à partir d'une série d'actions dont les conséquences exercent une influence sur le comportement futur des agents.

Une communication : La communication permet aux agents d'envoyer les messages et de les comprendre. On peut distinguer deux mécanismes largement utilisés pour réaliser la communication inter agents :

Communication par partage d'information : elle consiste à définir une structure de données commune à tous les agents. Cette structure de données constitue le seul moyen de communication entre agents. C'est une communication implicite.

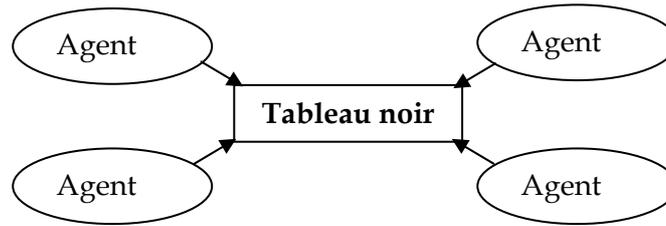


Figure 1.5 *Communication par partage d'information*

Communication par envoi de message : c'est une communication explicite. L'expéditeur est connu et connaît parfois le récepteur. Elle est représentée par la figure qui suit.

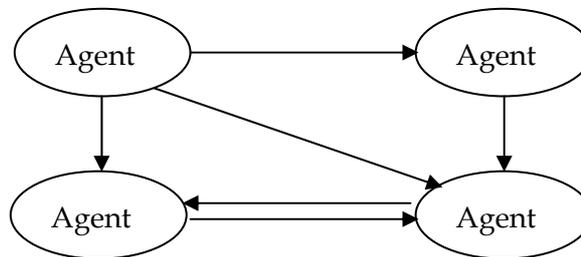


Figure 1.6 *Communication par envoi de message*

Une coopération : La coopération est une caractéristique de très importante des SMA. En effet une résolution distribuée d'un problème ou le partage des tâches et des résultats est le résultat de l'interaction coopérative entre les déferents agents qui disposent d'un ensemble de caractéristiques qui les rendent coopératifs.

e/ Evolution des agents intelligents sur le web :

L'homme inventa l'ordinateur avec un fantasme: pouvoir communiquer librement et intelligemment avec la machine. En 1950, Alan TURING mit l'hypothèse de l'existence dans un futur proche d'une relation dialectique Homme-Machine renforcée. Ce dialogue avec une machine cachée aux yeux de l'être humain, et qui lui donnera l'impression de parler à un autre humain est à l'origine des recherches menées en Intelligence Artificielle « IA ». L'informatique s'efforce dès lors, d'intégrer les formes de connaissances et de raisonnement déductif pour que l'homme n'arrivera plus à distinguer la nature réelle de la nature artificielle de son interlocuteur.

Le problème majeur est : est-il possible de concevoir des machines équipées d'un certain degré de «personnalité» ?

Selon, le philosophe américain Searle (Searle, 1990) dans sa proposition du "Chinese Room ou Salon Chinois", si nous supposons qu'un ordinateur peut reproduire le comportement d'un individu qui est de langue maternelle chinoise, cela ne signifie pas, à partir d'un point de vue cognitif, que l'ordinateur est identique à cette personne - même si l'ordinateur peut imiter parfaitement le comportement de la personne. Par conséquent, la question n'est pas de savoir si une machine peut être parfaite pour tromper les humains avec lesquels elle mène le dialogue. Il suffit une machine qui peut apprendre grâce aux informations ce que l'interlocuteur humain lui offre.

En 1966 Joseph Weizenbaum créa ELIZA⁴, le premier logiciel capable de communiquer avec l'homme (Weizenbaum, 1966). Plus récemment, les «agents intelligents» (ou «robots logiciels») ont vu le jour, capables de communiquer et dialoguer sur divers sujets et domaines (Ong Sing, 2008), ces systèmes étayent le concept de la Personnalité Virtuelle « Virtual Personality » - un préalable à toute machine qui a la prétention de simuler la pensée humaine. Mikhaïl Gorbatchev, Dante Alighieri, Jésus-Christ et Jhon Lennon⁵ (Ong Sing, 2008) ont été «interprétés» par ces agents. La dialectique et le mutualisme entre les humains et les machines deviennent total: non pas parce que l'homme est trompé, ou simplement parce que la machine peut présenter un comportement humain, mais surtout parce que la machine, au moyen de sa personnalité virtuelle, peut interpréter et apprendre ce que l'interlocuteur tente de communiquer.

En d'autres termes, le dialogue devient une sorte de "jeu d'interview", c'est à dire une conversation sous forme d'une suite de "questions/réponses ". En outre, un agent

⁴ Travail dans le cadre du projet MAC: Programme de recherche du MIT sponsorisé par l'Advanced Research Projects Agency, du département de la défense. Contrat n° Nonr-4102(01). <http://www.csee.umbc.edu/courses/331/papers/eliza.html>

intelligent aura tendance à s'adapter aux questions de l'intervieweur, et au changement de son humeur perçu par un changement du ton de la conversation (amical, formel, agressif). De cette façon, la machine peut présenter une personnalité très proche de celle d'un être humain.

1.7.3 Critique des systèmes existants

a/ Introduction

Face à la généralisation des technologies de l'information et de la communication, et devant l'importance du travail collaboratif dans les configurations actuelles des entreprises, les recherches destinées à améliorer la médiation des collectifs humains sont amenées à se développer.

Dans ce cadre, les systèmes multi-agents, de par leur distributivité et leur autonomie, offrent des solutions prometteuses, comme le montrent les recherches menées dans les domaines du TCAO et de l'ACAO.

Toutefois une panoplie de questions reste posée : les enseignants du futur seront-ils virtuels ? Peut-on parler, d'un bouleversement dans les habitudes et dans les approches pédagogiques ? Quels peuvent être les problèmes associés à l'usage des nouvelles technologies pour l'apprentissage ? L'enseignant doit-il se sentir frustré et, donc, rejeter l'utilisation de ces nouvelles technologies ?

Cette section ne suffira bien évidemment pas à répondre à ces questions, il n'est pas de notre ressort, en tant qu'informaticiens, de traiter ce point. Notre objectif ici est plutôt de donner un aperçu des possibilités offertes par les agents artificiels dans les technologies du e-learning (convolution des TICE et de l'EAD).

⁵ The John Lennon artificial intelligence project 2007. <http://triumphpc.com/john-lennon-project/index2.shtml>

b/ Quelques projets existants

CSCL « Computer Supported Collaborative Learning »: CSCL est un projet (en cours) lancé en 2008 par le laboratoire MeTAH⁶ « Modèles et Technologies pour l'Apprentissage Humain » de l'université de Grenoble. Il est lié à l'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur, et s'intéresse aux :

1. scénarii d'apprentissage collaboratif et particulièrement aux sujets de flexibilité permettant aux enseignants de concevoir des scripts flexibles.
2. l'auto-organisation des apprenants
3. communication
4. ingénierie de la connaissance

Le projet APPARENT: APPARENT « Analyse des Pratiques des Professeurs / Apprenants et des Représentations dans les Environnements Numériques de Travail » s'appuie sur deux conventions passées avec les académies de Grenoble et de Clermont-Ferrand (Drissi, 2009). Ce projet est le prolongement de la recherche OUVRE⁷ « Observation des Usages des environnements et des Ressources numériques pour l'Education » initiée en 2006 au sein d'EduCTice⁸ « Education, technologies de l'information et de la communication ». Il s'inscrit dans un réseau de recherche, qui regroupe des chercheurs en sciences humaines et sociales appartenant à différents laboratoires (CIVIIC⁹, CREAD¹⁰, ELICO¹¹). L'objectif de ce réseau est de permettre la mutualisation et la confrontation des méthodologies et des résultats de recherche pour l'observation des usages des TIC « Technologies de l'Information et de la Communication » en éducation et formation (particulièrement les usages des ENT - Environnement Numérique de Travail- au plan national). APPARENT est en relation

⁶ metah.imag.fr

⁷ <http://eductice.ens-lyon.fr/EduCTice/recherche/archives/usages/ouvre/ouvre>

⁸ <http://eductice.ens-lyon.fr/EduCTice>

⁹ Laboratoire Civiic - Université de Rouen www.univ-rouen.fr/civiic/

¹⁰ CREAD - Université Rennes 2 www.univ-rennes2.fr/cread

¹¹ elico.univ-lyon1.fr/laboratoire-2

avec le service de Veille Scientifique et Technique (VST¹²) de l'INRP¹³ (Institut Français de l'Éducation) avec des partenaires universitaires (e-DIADEM¹⁴ « Évaluation des Dispositifs d'Apprentissage et D'Enseignement Médiatisés » - ELICO).

Projet Alter Ego: Ce projet concerne également l'ACAO dans un collectif de 250 à 500 personnes. L'utilisation d'agents à la fois représentants, d'archives et assistants (appelés "Alter Egos") a pour but d'engager les étudiants dans un processus actif d'apprentissage en leur laissant l'initiative et en les amenant à faire appel au collectif autant que possible (Berthet et al., 2006).

Le projet Baghera: Baghera (du laboratoire Leibniz¹⁵ - IMAG) est un environnement informatique d'enseignement et d'apprentissage à distance dédié à des activités de géométrie (Pesty, Webber, Balacheff, 2003). Au plan technologique, les concepts et les méthodes de l'approche multi-agents sont exploitées pour la conception d'environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH) vus comme une communauté éducative composée d'agents humains et non-humains qui coopèrent et travaillent ensemble pour l'éducation des élèves.

Le projet Croisières: **CROISIERES**¹⁶ est une méthode d'apprentissage du Français sur Internet conçue par une équipe pluridisciplinaire sous la responsabilité du CNED (Centre National d'Enseignement à Distance). Suite à un appel d'offre du Ministère des Affaires Étrangères, et en relation avec des auteurs pédagogues (tels que des chercheurs du département de didactique du FLE -Français Langue Etrangère- de l'Université du Maine) et une société d'infographistes, le CNED et le LIUM¹⁷ « Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine, le Mans » ont travaillé en 1999

¹² <http://ife.ens-lyon.fr/vst/>

¹³ www.inrp.fr/

¹⁴ <http://www.enssib.fr/recherche/les-equipes-de-recherche>

¹⁵ <http://www-leibniz.imag.fr/leibniz/index.php>

¹⁶ <http://www-info.univ-lemans.fr/~deutsch/ProjetCroisieres/PresentationCroisieres.html>

¹⁷ <http://www-lium.univ-lemans.fr>

à la conception et à la réalisation des ressources de formation composant l'environnement Croisières : 24 modules d'une vingtaine de pages chacun permettant à l'apprenant d'atteindre un niveau de survie en français. Ce projet a permis d'offrir un cadre de travail aux recherches sur le tutorat en ligne : Modélisation des rôles et fonctions du tuteur dans un dispositif de formation à distance et mise en œuvre des outils correspondant à ces besoins dans l'environnement Croisières ; Définition d'Agents d'Assistance à l'Apprentissage ou agents informatiques dédiés à l'accompagnement de l'apprenant et de l'enseignant dans un dispositif d'apprentissage à distance « ACube¹⁸ -Apprentissage Assistance Agent » ; Etude en réelle grandeur les aspects métaphoriques, communicationnels, organisationnels, pédagogiques, économiques et informatiques ...

Projet Do-I-Care: Ce projet de TCAO a pour objectif de faciliter le traitement d'informations provenant du Web au sein d'un collectif. Le concept est qu'une recherche effectuée par l'un de membres pourra ensuite servir aux autres si l'information est pertinente. Les agents entrant en jeu dans ce système ont donc pour but de déterminer l'intérêt des informations pour leur utilisateur et de faciliter la collaboration entre membres du collectif (Starr, Ackerman et Pazzani, 1996).

c/ Critique des projets existants

La comparaison des différents environnements pédagogiques de la section précédente le montre très clairement :

- ✓ on ne peut dire qu'un environnement est meilleur que les autres. Ils diffèrent à plusieurs égards et parfois un petit détail peut influencer le choix dans un contexte particulier.
- ✓ L'approche systémique nous éclaire en général sur les difficultés rencontrées lors des processus d'analyse de ces phénomènes complexes.

¹⁸ <http://www-info.univ-lemans.fr/~deutsch/ProjetACube/PresentationACube.html>

- ✓ la plupart de ces projets est en cours de réalisation, l'impact cognitif, social, pédagogique, psychologique et économique n'a pas été mesuré. Seuls les systèmes commercialisables et diffusables sont testés et validés par des usagers de grands nombres.
- ✓ La plupart des recherches évoquées ne s'appuient sur aucune réelle ressource éducative et n'impliquent pas encore de réelles communautés d'apprenants/formateurs.
- ✓ elles négligent, à ce stade du développement, l'étude des structures dialogiques propres à l'apprentissage collaboratif entre humains, la nécessaire acquisition par les utilisateurs d'une véritable culture d'auto apprentissage leur permettant de planifier leurs apprentissages, de savoir gérer l'utilisation des ressources éducatives existantes.

1.8 Conclusion

Dans ce chapitre, on a essayé de survoler les différentes approches de l'apprentissage et de présenter une vue panoramique de l'apprentissage collaboratif et coopératif sous deux angles complémentaires : psychopédagogique et technologique.

Un rappel succinct du paradigme agent a permis de présenter les systèmes multi-agents et leur principe de mise en œuvre dans les systèmes interactifs d'apprentissage humains. Il a permis de développer les perspectives offertes par l'utilisation d'une telle technologie, tout en exposants les principales difficultés qui subsistent.

Les systèmes multi-agents forment une technologie innovante et émergente qui possède un fort potentiel pour la réalisation de systèmes d'apprentissage. Le déploiement d'un tel système doit se faire suite à une étude minutieuse pour dégager les difficultés rencontrées lors d'un processus d'apprentissage.

1.9 Références

- Ausubel, D., Novak, J., Hanesian, H. (1978) "Educational Psychology: A Cognitive View (2nd Ed.)." New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Balfakih , N., M., A. (2003). "The effectiveness of student team-achievement division (STAD) for teaching high school chemistry in the United Arab Emirates" *International Journal of Science Education* , VOL. 25, NO. 5, 605-624 ISSN 0950-0693 print/ISSN 1464-5289 online # 2003 Taylor & Francis Ltd http://ipac.kacst.edu.sa/eDoc/2006/161313_1.pdf
- Baudrit, A. (2005). « L'apprentissage coopératif. Origines et évolutions d'une méthode pédagogique » Bruxelles : De Boeck & Larcier s.a., 2005. - 160 p. (Pédagogies en développement)
- Barthe, B., Quéinnec, Y. (1999). « Terminologie et perspectives d'analyse du travail collectif en ergonomie », *L'année psychologique*, Université Toulouse II, pp. 663-686
- Bensalem, Dj. (2010). « En quoi la pédagogie de projet permet-elle de donner du sens à l'enseignement du français ? », dans *Synergies Algérie*, n° 9, 2010, p. 75-82
- Berthet, A., Hugot, C., Kizirian, V., Sampsonis, B., Waendendries, M. (2006). « Alter Ego; Methode De Francais ; Niveau A1 ; Livre De L'Eleve », Edition Hachette FLE, collection Alter Ego, pp. 192
- Bloom, B. (1956). « Taxonomy of educational objectives » traduit en 1975 « Taxonomie des objectifs pédagogiques : Domaine cognitif », Presses de l'Université du Québec
- Bratman, M.E. (1987) « Intentions, Plans, and Practical Reason » Harvard University Press, Cambridge,
- Bricage, P., et al. (2007). « Systémique & accompagnement », 155 pages, AFSCET, Pau.
- Busetta, Ramamohanarao, (1998) "An architecture for mobile BDI agents" ACM, New-York USA ISBN:0-89791-969-6 publié par the Association for Computing Machinery
- Charrette, E., kaszap, M. (2009). « Les Théories D'apprentissage De L'associationnisme Au Cognitivism En Passant Par Le Behaviorisme » Les Théories Et Les Théoriciens Université Laval, Canada <http://www.fse.ulaval.ca/chrd/theories.app/theorie.htm>
- Clause, A. (1967). "Initiation aux sciences de l'éducation", Paris Colin-Bourrelrier
- D'Inverno, M., Luck, M. (1996) « Understanding autonomous interaction » W. Wahlster, editor, proceedings of the 12th European conference on artificial intelligence, pp. 529-533.

- Deldime, R. Demoulin, R. (1992). "Introduction à la psychopédagogie", Bruxelles DeBoeck
- Demazeau, Y., Briot, J.P. (2001) "Principes et architecture des systèmes multi-agents » Ed. Lavoisier
- Dillenbourg, P., Baker, M., Blaye, A., O'Malley, C. (1996). "The evolution of research on collaborative learning", dans E. Spada & P. Reiman (Eds) Learning in Humans and Machine: Towards an interdisciplinary learning science. Pp. 189-211, Oxford: Elsevier.
- Drissi, S. (2009). « Analyse des Pratiques des Professeurs/Apprenants et des Représentations dans les Environnements Numériques de Travail », Action APPARENT. <http://apprentissage.inrp.fr/apprentice/projets/actions-projets-2009/apparent>
- Faerber, R. (2002) « Le groupe d'apprentissage en formation à distance : ses caractéristiques dans un environnement virtuel ». In: Larose F & Karsenti T. (CRP Editions), pp : 99-128. Sherbrooke University
- Ferber, J. (1995) « Les systèmes multi agents » IIA, Ed. InterEditions Paris
- Gauthier A., Tardif J. (1996). « La pédagogie, théories et pratiques de l'antiquité à nos jours ».
- Gentner, D. (2010). "Psychology in Cognitive Science: 1978–2038." Topics in Cognitive Science 2 (3): pp. 328-344.
- Gerbault, J., Portine, H. (2001) " Environnement virtuel en contextes collaboratifs et non collaboratifs préalables à une analyse des stratégies d'élucidations du sens", Colloques Usages des Nouvelles Technologies et Enseignement des Langues Etrangères UNTELE, UTC, France, vol. 2, pp. 23-30
- Johnson, D., W., Johnson, R., T., Stanne, M., B. (2000). "Cooperative Learning Methods: A Meta-Analysis", Cooperative Learning Methods EXHIBIT, University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota (USA)
- Karsenti, Th., Larose, F. (2001). « Les TIC ... au cœur des pédagogies universitaires : Diversité des enjeux pédagogiques et administratifs », Presses de l'Université du Québec Sainte-Foy (Québec) Canada
- Kumar, D., Shapiro, S. C. (1994) "Acting in service of inference (and vice versa)." Dankel, II, D. D., ed., Proceedings of the Seventh Florida Artificial Intelligence Research Symposium, 207–211. St. Petersburg, FL: The Florida AI Research Society.
- Labidi, S., Lejouad, W. (2007) "De l'intelligence artificielle distribuée aux systèmes multi-agents" inria-00074668, version 1 Research reports and Technical reports of INRIA

- Lopes, F., M. Wooldridge, M., Novais, A.Q. (2008). "Negotiation Among Autonomous Computational Agents: Principles, Analysis and Challenges." *Artificial Intelligence Review* (29), pp. 1-44, DOI:10.1007/s10462-009-9107-8
- Luck, M., McBurney, P., Preist, C. (2003) "Agent technology: Enabling next generation computing", Agent LinkII.
- Margarida, R. (2003). "Apprentissage dans une EIAH à l'aide des outils de modélisation de connaissances » M1. LIUM. Lemans, www.margarida-Romero.com/cursus/dea_chm_ie/content/ic/romero_m1.pdf
- OCDE. (2010). « Comment apprend-on ? La recherche au service de la pratique » Edition OCDE, <http://dx.doi.org/io.1787/9789264086944-fr>
- O'Mahony, N. (2006). "TEAMS-GAMES-TOURNAMENT (TGT)", Cooperative Learning and Review Conference University Of Toronto (Canada)
- Odell, J., Parunak, H.V.D., Bauer, B. (2001) "Representing Agent Interaction Protocols in UML". In: Agent-Oriented Software Engineering: First International Workshop, AOSE 2000, Limerick, Ireland, June 10, 2000, revised papers (Springer Berlin, Heidelberg) pp. 201-218
- Ong Sing, G. (2008). "A framework and evaluation of conversation agents", B.A. Edu. (hons), University science Malaysia. Thèse pour l'obtention du diplôme de docteur en philosophie éducative et technologies de l'information, <http://researchrepository.murdoch.edu.au/752/2/02Whole.pdf>
- Partoune, C. (2002). « La pédagogie par situations-problèmes », la revue Puzzle éditée par le CIFEN »centre interfacultaire de formation des enseignants », Université de Liège, Belgique. http://www.lmg.ulg.ac.be/articles/situation_probleme.html
- Pasquier, L., Brézillon, P., Pomerol, J.-Ch. (2003) "Learning and explanation in a context-sensitive adaptive support system". Ed. C. Faucher, L. Jain & N. Ichalkaranje Innovative Knowledge Engineering. Springer-Verlag
- Pearl, P., Boi, F. (2000). "Enriching Buyers' experiences: the SmartClient Approach", Dans Proceedings de ACM SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems, pages 289-296, The Hague (Pays bas)
- Pesty, S., Webber, C., Balacheff, N. (2003). « Baghera: une architecture multi-agents pour l'apprentissage humain », *Cognitive*, (P. Aniorde, S. Gouarderes eds), Cepadeus Edition, Toulouse.
- Piaget, J. (1950). « Introduction à l'épistémologie génétique. (III) La pensée biologique. La pensée psychologique. La pensée sociologique » Paris: Presses Univ. de France. (III. La pensée biologique, la pensée psychologique et la pensée sociologique.)
- Poulain, L., Ripoché, G. (2002). « Etat de l'art sur les collectifs humains médiés », Sciences Cognitives, LIMSI, <http://perso.limsi.fr/jps/enseignement/examsma/2002/ripochepoulain/>

- Rao, A.S., Georgeff, M.P. (1995). "BDI Agents: From Theory to Practice." Proceedings of the First International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-95), pp. 312-319
- Reddy, R., Erman, L.D. (1975). "Tutorial on system organization for speech understanding." Academic Press, New-York, pp. 457-459.
- Searle, J., R. (1990) "Consciousness, Explanatory Inversion and Cognitive Science." Behavioral and Brain Sciences 13: pp. 585-642.
- Sharan, Y., Sharan, Sh. (1989). "Group investigation expands cooperative learning", Educational leadership by the association for supervision and curriculum development 12.4.125.3/ASCD/pdf/.../el_198912_sharan.pdf
- Slavin, R., E. (1995). "Research on Cooperative Learning and Achievement: What We Know, What We Need to Know", Center for Research on the Education of Students Johns Hopkins University (USA) - Article adapté de Slavin, 1992 et écrit sous la direction de The Office of Educational Research and Improvement, U.S. Department of Education (No. OERI-R-117-D40005).
- Slavin, R., E., (1997). "Student Teams-Achievement Divisions (STAD)" Journal of Research and Development in Education, v12 n1 p39-49
- Searle, J.R. (1990) "Consciousness, Explanatory Inversion and Cognitive Science." Behavioral and Brain Sciences 13: pp. 585-642.
- Starr B., Ackerman M. S., Pazzani M. (1996). "Do-I-Care: A Collaborative Web Agent" Information and Computer Science University of California, Irvine (USA). http://www.sigchi.org/chi96/proceedings/shortpap/Starr/sb_txt.htm
- Strijbos, J. W. (2011). "Assessment of (computer-supported) collaborative learning." IEEE Transactions on Learning Technologies, 4, 59-73.
- Tolosa, J. B., Gayo, J. E. L., Prieto A. B. M., Núñez, Sh. M., Ordóñez de Pablos, P. (2009). "Interactive web environment for collaborative and extensible diagram based learning", Computers in Human Behavior, Elsevier, doi:10.1016/j.chb.2009.10.003
- Villon, O. (2003). « État de l'art : les collectifs humains en réseaux numériques et l'apport des agents médiateurs », DEA Sciences Cognitives, LIMSI, <http://perso.limsi.fr/jps/enseignement/examsma/2003/VILLON/6.html>
- Vivet, M. (1993) « Les dispositifs technologiques pour l'EAD », www.bf.resafad.org/coursdu/m3/m3.3.1
- Weindenfeld, G. (2002). « Typologies du e-learning », Actes de l'université d'été -La Formation Continue Ouverte et à Distance, Poitiers, France
- Weizenbaum, J. (1966) "ELIZA - A Computer Program for the Study of Natural Language Communication between Man and Machine," Communications of the Association for Computing Machinery , pp. 36-45

Chapitre 2 : Les environnements d'apprentissage - Enquête d'opinion à l'UFAS

2.1 Introduction

La coordination des activités d'apprentissage, dans un enseignement à distance, est semblable "à une activité brownienne". Ceci est, probablement dû à la complexité des systèmes d'apprentissage, la pluridisciplinarité du domaine, l'isolement sociologique des apprenants, ou à n'importe quelle autre raison liée à l'aspect distantiel du processus d'apprentissage.

Les expériences en cours en Algérie sont en nombre limité et manquent de coordination. Les seules qui portent le nom d'enseignement à distance sont de type traditionnel (par correspondance) et ne comportent pas de développement de matériel éducatif. Il nous semble pertinent, et en absence d'initiatives pour adapter l'enseignement en Algérie à la société télématique d'aujourd'hui, de s'interroger sur les modèles d'apprentissage à distance pour pouvoir proposer le matériel pédagogique adéquat. Ces modèles relèvent généralement des expériences, des préférences des uns et des autres (apprenants et enseignants) et des approches pédagogiques existantes.

2.2 L'apprentissage : entre logique et chaos

Deschènes (Deschènes, 1999) présenta sommairement quelques études qui s'intéressent aux caractéristiques des apprenants et aux représentations que ceux-ci se font d'un cours conçu pour l'apprentissage à distance. Cette synthèse portait sur sept travaux en formation à distance s'étalant sur la période de 1982 jusqu'à 1998 :

- *Lockwood et le matériel pédagogique à distance* : Lockwood mena une étude trisannuelle sur la période de 1989 jusqu'à 1998. Il a utilisé des questionnaires, des entrevues et des enregistrements pour analyser le rôle des activités d'apprentissage dans le matériel conçu pour la distance.
- *May et les modalités de diffusion de la formation à distance* : La deuxième étude était menée en 1993 par May auprès de femmes inscrites à un cours à distance. Cette étude lui a permis de recueillir des informations sur les cours et les modalités de diffusion de la formation complétée à distance, le travail collaboratif et l'utilisation des technologies.
- *Utilisation des procédés pédagogiques accompagnant le matériel de cours* : La même année, c'est-à-dire 1993, Valcke, Martens, Poelmans et Dall, menèrent une étude auprès de 25 étudiants qui ont participé à l'examen d'un cours de droit. Elle avait comme objectif de vérifier si la conception de procédés pédagogiques accompagnant les textes proposés dans le matériel d'apprentissage permet de répondre aux besoins des apprenants. Deux ans plus tard, en 1995, la même équipe avec Portier ont mené une étude avec 502 étudiants à distance et en classe. Leur but est d'étudier l'utilisation des procédés pédagogiques accompagnant le matériel de cours et comparer l'impact de diverses pratiques d'enseignement.
- *Marchand et les difficultés de parcours des apprenants adultes dans un EAD* : La quatrième étude était menée en 1995 par L. Marchand, sur un groupe de 28 enseignants à distance. L'objectif de l'étude était d'explorer les préoccupations et les difficultés de parcours des apprenants adultes dans un mode d'apprentissage à distance.
- *Le comportement cognitif et affectif des apprenants à distance* : L'étude menée par Limbach, Weges et Valcke en 1997, a permis d'analyser 91 questionnaires retournés par des étudiants à distance dans le but d'étudier la relation entre les caractéristiques des apprenants leur préférence pour un mode d'étude particulier.
- *L'auto apprentissage* : La même année, Cartier, Tardif et Lane ont réalisé des entrevues auprès de douze étudiants qui ont participé à une expérience d'auto-

apprentissage, lors d'une session universitaire. La collecte de données a permis d'obtenir des informations sur les stratégies d'apprentissage des étudiants et sur l'évolution des connaissances des apprenants.

- *Activités d'apprentissage et encadrement à distance* : Les travaux des équipes ERAENA et RENACOM des années 1997 et 1998, visaient l'étude des activités d'apprentissage et d'encadrement proposées dans le cours à distance grâce à l'analyse des représentations que s'en font des étudiants à distance et des concepteurs de matériel pédagogique.

La logique suivie par chaque étude est celle d'une discipline, d'une théorie d'apprentissage, d'un système ... Deschènes conclut son étude par des questions congruentes : quelle est la véritable logique de l'apprentissage ? Nous faut-il plus de recherche ? Commençons nous à disposer de quelques pièces du casse-tête pour définir une logique de l'apprentissage ? Question d'organisation ? Faut-il parler de chaos ?...

2.3 Méthodes pédagogiques

2.3.1 Introduction

Les systèmes d'apprentissage, sur lesquels nous travaillons, sont complexes et souvent difficiles à prédire. Il nous faut exploiter, combiner et mettre en œuvre des théories et des relations venant de disciplines autres que l'Informatique « psychologie, sciences cognitives, didactique, ergonomie, sciences sociales ..." suivant un choix fait à partir de nos besoins conceptuels. Au milieu de ce chaos, nous avons mené une étude auprès de 112 étudiants et 24 enseignants de l'Université de Sétif (UFAS, Algérie).

Dans l'optique de dresser ici un "Profil Algérien", cette étude devrait nous permettre de rejeter ou accepter des hypothèses sur le rapport entre les choix établis d'une part et le niveau des apprenants, la taille des classes enseignées et l'ancienneté de l'enseignant d'autre part. Elle permettra aussi de nous situer par rapport aux modèles

d'apprentissage existants afin de proposer une solution matérielle adéquate pour combler les lacunes relatives à la qualité distantielle de l'apprentissage telles que l'isolement sociologique de l'apprenant, la perte de motivation, ...

Sur le plan méthodologique, l'enquête se prête particulièrement aux analyses multi variées qui vont permettre de synthétiser les nombreux indicateurs introduits dans le questionnaire (Annexe 2). L'étude menée s'intéresse aux :

- Modalités d'apprentissage : individuel (libre, guidé) ou groupe (collaboratif, coopératif)
- Modalités de guidage et d'interaction de l'apprenant durant une session cours/exercice
- Les outils d'évaluation
- Avis sur certaines manœuvres pédagogiques

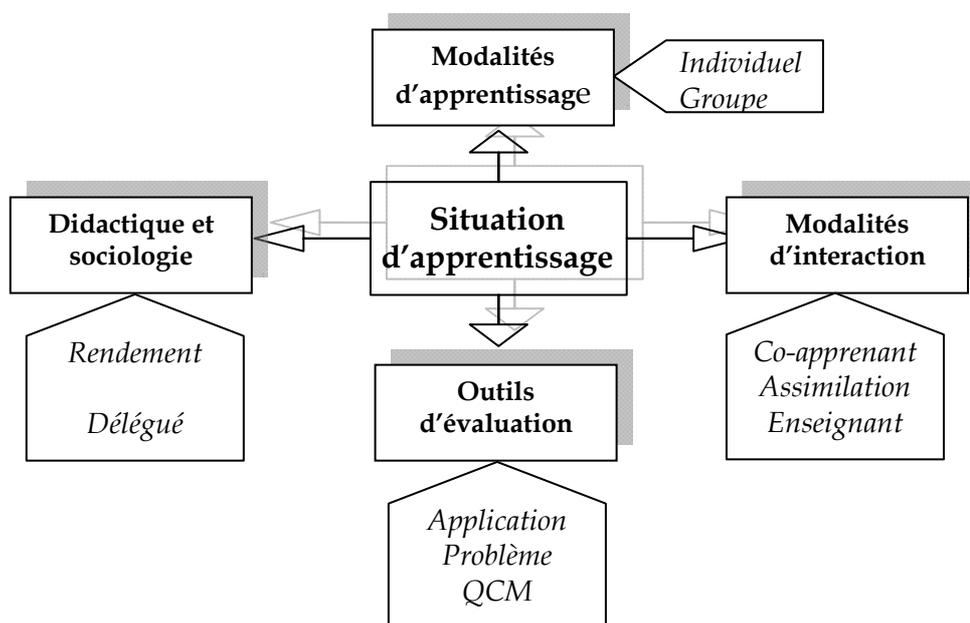


Figure 2.1 Schéma synoptique d'une situation d'apprentissage

2.3.2 Méthode et outils

Les étudiants étaient répartis en trois classes selon leur niveau cognitif : bon (22), moyen (62) et faible (28). Les enseignants étaient répartis selon deux critères :

ancienneté (-5 ans avec 12 enseignants, +5 ans avec 12 enseignants) et taille des classes d'apprenants enseignées (petite avec 3 enseignants, moyenne avec 16 enseignants et grande avec 5 enseignants). La seule et unique raison qui justifie cette façon de faire relève de la "commodité" de cette classification.

L'enquête recueille, entre autres, des données portant sur les méthodes et approches pédagogiques déployées par les enseignants ou souhaitées par l'apprenant et leurs avis vis-à-vis certaines situations d'apprentissage.

Le questionnaire proposé acceptait des choix multiples. Les résultats récoltés sont, donc, donnés par nombre de réponses et non par nombre d'interrogés.

En règle générale, tous les répondants fournissent des données. Cependant, la qualité des réponses peut différer en fonction de l'ouverture des questions.

La figure 2 présente sommairement les questions posées bilatéralement à l'apprenant et à l'enseignant.

- **Typologies d'explication des exercices?** Maïeutique (suite questions/réponses), Analogie (exemple analogue), Directe (réponse directe), Partielle (débloquer partiellement l'apprenant) et Cours (conseiller l'apprenant de revenir au cours).
- **Typologies d'explication des cours?** Magistrale, Débat, Maïeutique, Analogie.
- **Type d'exercices ?** Applications, Problèmes et QCM
- **Interaction entre apprenants est elle fructueuse sur le plan pédagogique ?** Oui ou Non.
- **Acceptez vous de collaborer avec les apprenants ?** Oui ou Non et **est ce que la collaboration vous est difficile ?** Oui ou Non.



Figure 2.2. Sommaire des questions proposées aux apprenants et enseignants

La figure 3 donne une vue synoptique des questions posées aux apprenants.

- Est-ce que vous préférez un travail collectif « de groupe » ou individuel ?
- Est-ce que vous assimilez mieux en travaillant seul ou en interagissant avec d'autres apprenants ?
- Comment aimeriez-vous que votre délégué soit choisi ?
- Préférez-vous demander l'aide à un apprenant de votre classe, qu'à votre enseignant ?
- Est-ce que vous auriez bien aimé avoir un enseignant disponible à tout moment ?
- Est-ce qu'avoir un enseignant disponible à tout moment vous motive pour votre activité d'apprentissage ?



Figure 2.3 Sommaire des questions proposées aux apprenants

Et, la figure 4 représente un schéma synoptique des questions posées aux enseignants.

- Est-ce que vous supervisez des travaux de groupes ?
- Avez-vous des difficultés à ordonnancer et coordonner les travaux des différents groupes ?
- Quel est le temps de réflexion que vous accordez à l'apprenant pour résoudre un exercice « fixe ou variable » ?
- A quel moment vous intervenez en collaborant avec l'apprenant ?
- Est-ce que vous trouvez que plus la charge « tâches » de l'enseignant est grande moins est son rendement ?



Figure 2.4 Sommaire des questions posées uniquement à l'enseignant

Les données recueillies par l'enquête sont regroupées grâce à une grille d'information, et étudiées par la suite, en utilisant le logiciel statistique R¹⁹ pour le calcul du χ^2 (Figure 2.5).

Dans ce qui suit : df "degrees of freedom" représente le degré de liberté d.l.l, p-value représente le risque d'erreur (Schwartz, 1993).

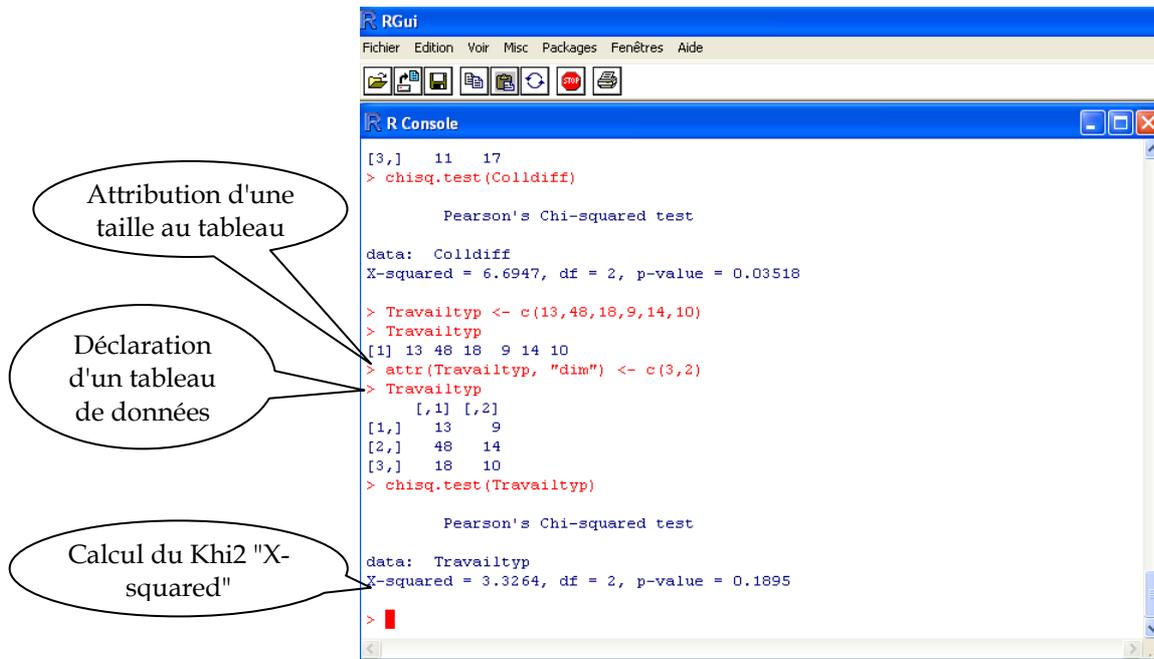


Figure 2.5 Console R2.5.1

Mentionnons qu'une recherche ne peut s'intéresser à "tout" et qu'elle ne peut "tout" analyser. Elle s'intéresse nécessairement à un champ d'investigation limité et le titre lui-même de la recherche en dicte la portée.

¹⁹ <http://www.r-project.org/>

2.4 Etude statistique des données recueillies

2.4.1 Modalités d'apprentissage

On entend par modalité, ici, les conditions d'espace ou de temps d'organisation. Deux types d'apprentissage sont à considérer : *Apprentissage individuel* et '*apprentissage en groupe "collaboratif ou coopératif"*.

1. Plus de 70% des apprenants interrogés préfèrent le travail en groupe au travail individuel. Ce dernier a attiré le privilège de 30% des apprenants (Figure 6).

Les adeptes du *travail collectif* (59% des bons éléments, 77% des moyens et 64% des faibles éléments), trouvent que le travail en groupe constitue la base de **l'intelligence collective**. Ceci leur permet d'**accélérer la compréhension**, de **s'enrichir**, d'**apprendre à écouter l'autre**, d'**échanger des informations**, de **communiquer**, de **tester leurs capacités et leurs idées** et **combler leurs insuffisances**, de **partager le savoir** et les **méthodes de travail**.

Les partisans du *travail individuel* (41% des bons éléments, 23% des moyens et 36% des faibles éléments), trouvent que travailler seul permet de **se concentrer**, de **se défier** pour trouver la réponse, de **chercher**, de **s'auto évaluer** et d'**éviter le bruit**, le **bavardage** ainsi que le **mélange des idées** et empêche les faibles éléments de **déranger** « freiner l'avancement » ou de **compter** sur les bons éléments et inversement empêcher les bons éléments de **dominer la réflexion** des faibles apprenants. Parce qu'ils sont **timides** ou de niveaux différents, il leur est **difficile de communiquer** avec les autres et, de formaliser leurs idées.

Selon la même étude, 67% des apprenants (68% des bons éléments, 68% des moyens et 64% des faibles) *assimilent mieux en groupe* et 33% des interrogés (32% des bons éléments, 32% des moyens et 36% des faibles éléments) *assimilent mieux en travaillant seul*.

La majorité des apprenants scrutés (67% dont 67% des bons éléments, 61% des moyens et 68% des faibles éléments) préfèrent être *assistés par un co-camarade* de

classe pour deux raisons : d'une part, ils parlent le **même langage** et de l'autre, ils sont **timides** et donc évitent de demander l'aide d'un enseignant. Les autres apprenants (33% dont 33% des bons éléments, 39% des moyens et 32% des faibles) préfèrent *demandeur l'aide à l'enseignant* car ils veulent avoir directement la **réponse correcte** et **précise**, aussi ils se méfient des réponses de leurs collègues qui peuvent être mystifiantes.

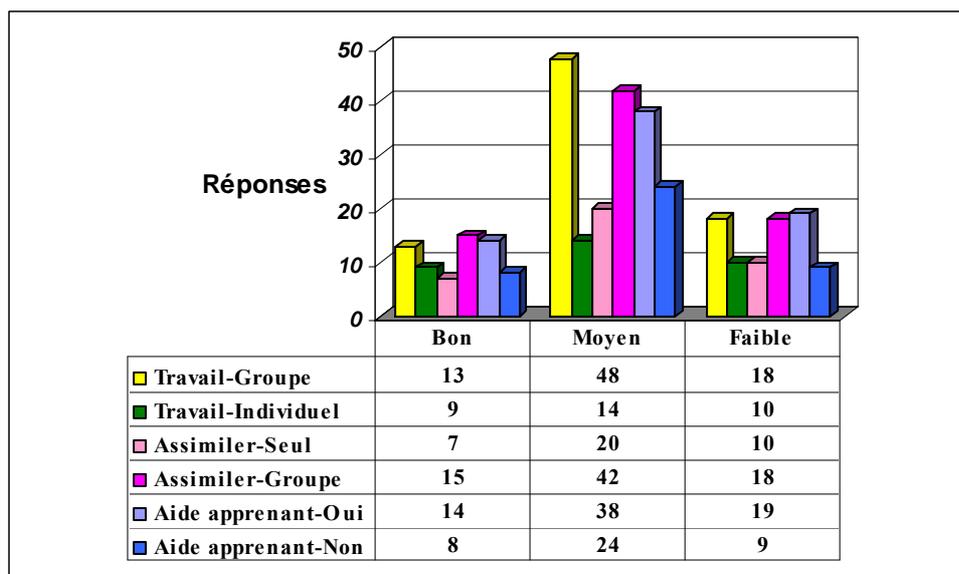


Figure 2.6 Modalité d'apprentissage "Côté Apprenant"

L'étude de la première grille d'information obtenue montre avec un pourcentage d'erreur $\approx 19\%$ qu'il y a une relation entre le niveau des apprenants et le mode d'apprentissage préféré ($\chi^2 = 3.3264$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.1895$).

Les hypothèses sur la relation entre le niveau de l'apprenant d'un côté et le mode de compréhension d'une part et la demande d'aide d'autre part sont rejetées à cause du pourcentage d'erreur très élevé: 94% ($\chi^2 = 0.1225$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.9406$) et 84% ($\chi^2 = 0.3591$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.8356$) respectivement.

2. Du côté des apprenants, 58% des interrogés (73% des bons éléments, 55% des moyens et 54% des faibles éléments) acceptent de **collaborer** avec d'autres apprenants (Figure7). Qu'ils acceptent de collaborer ou pas, 77% d'entre eux (91% des bons

éléments, 79% des moyens et 61% des faibles éléments) n'ont pas de **difficultés à collaborer**.

Parmi les apprenants interrogés, 66% (73% des bons éléments, 66% des moyens et 61% des faibles éléments) trouvent qu'une **interaction entre apprenants est fructueuse** sur le plan pédagogique.

Ce léger paradoxe dans les réponses peut être expliqué par le fait que certains apprenants n'ont pas de difficultés à collaborer mais refusent de le faire car ils trouvent qu'une interaction n'est pas fructueuse. Ou bien au contraire, certains apprenants trouvent des difficultés à collaborer et donc refusent de le faire même s'ils croient qu'une interaction entre apprenants est fructueuse.

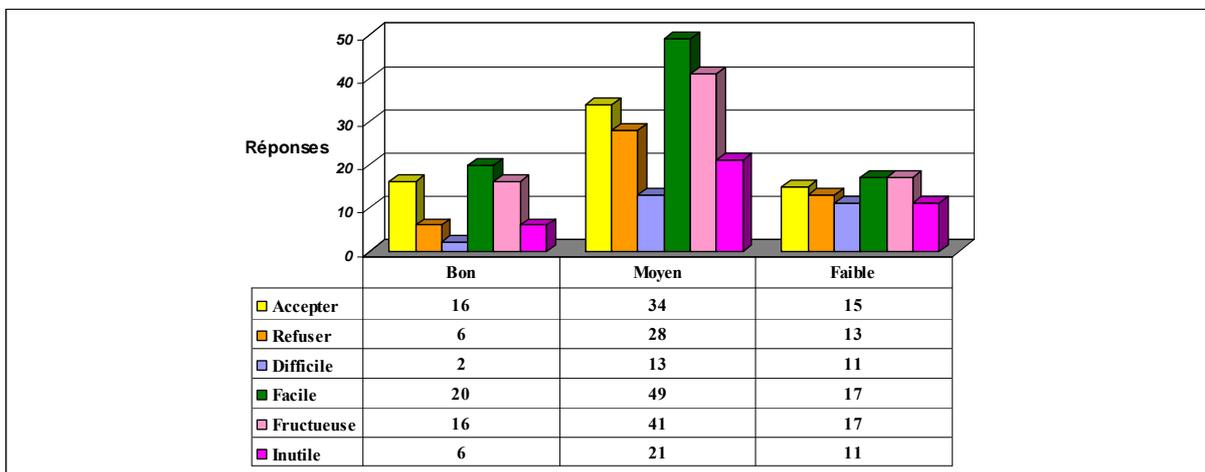


Figure 2.7 Avis sur les modalités d'apprentissage "Côté Apprenant"

L'étude de la deuxième grille d'information obtenue montre, avec un pourcentage d'erreur inférieur à 5% une relation entre le niveau de l'apprenant est la difficulté à collaborer avec les autres ($\chi^2= 6.6947$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.03518$). L'hypothèse faite sur la relation entre le niveau de l'apprenant et le refus de collaborer est rejetée avec un pourcentage d'erreur de 30% ($\chi^2= 2.4391$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.2954$) de même pour l'hypothèse sur le lien entre le niveau de l'apprenant et l'idée qu'il porte sur le rapport de l'interaction avec l'autrui avec un taux d'erreur de 67% ($\chi^2= 0.7933$, $p\text{-value} = 0.6726$).

Du côté des enseignants (Figure 8), 83% des interrogés acceptent de collaborer avec les apprenants (100% des enseignants ayant -5 ans d'ancienneté et 67% des enseignants ayant +5 ans d'ancienneté, 100% des enseignants enseignant des petites classes, 75% de ceux qui enseignent des classes moyennes et 100% de ceux qui ont des classes grandes).

Quant à la difficulté de collaborer avec les apprenants, 54% des interrogés affirment cette difficulté avec 42% des enseignants avec une ancienneté de -5 ans et 58% de ceux ayant une ancienneté de +5 ans. Selon le critère taille de la classe enseignée, 66% des enseignants avec de faibles sections trouvent des difficultés à collaborer avec les apprenants, 44% de ceux qui enseignent des sections moyennes et 80% de ceux avec de grandes sections trouvent aussi des difficultés à collaborer. L'ensemble des interrogés (presque la totalité : 92%) était d'accord sur le fait qu'une interaction entre apprenants est fructueuse et permet l'échange d'idées. Seulement 2 enseignants (8%) enseignant de grandes classes et ayant une ancienneté de -5 ans trouvent qu'une interaction entre apprenants est inutile.

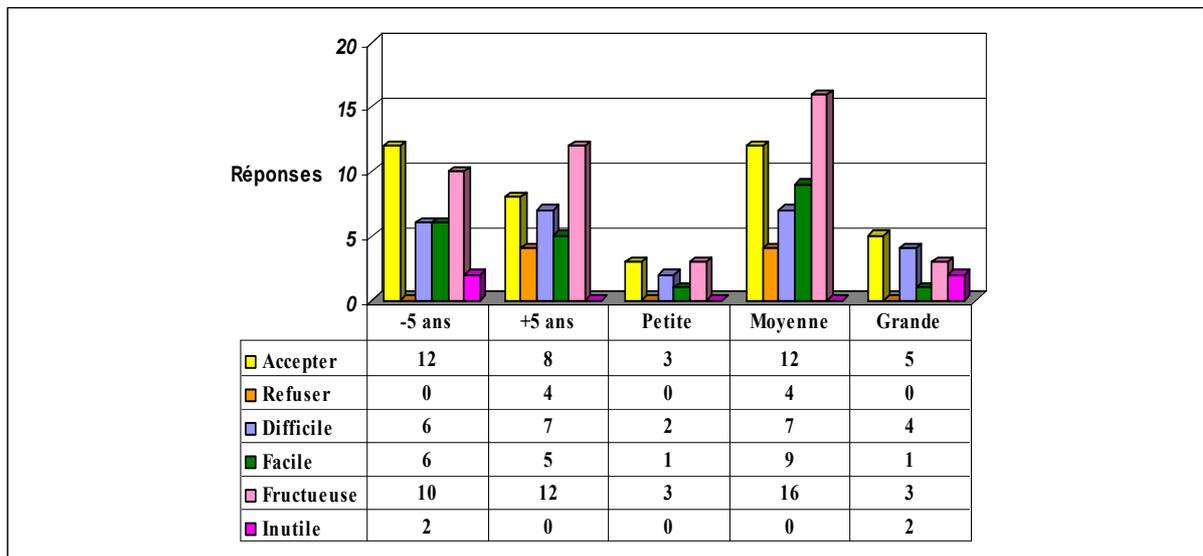


Figure 2.8 Avis sur les modalités d'apprentissage "Côté Enseignant"

L'étude de cette grille d'informations nous a conduit à rejeter l'hypothèse sur le lien entre l'ancienneté de l'enseignant et la difficulté à collaborer ($\chi^2= 0$ et $df = 1$, p -value=1), de même pour la liaison établie entre la taille de la classe enseignée et la difficulté à collaborer ($\chi^2= 2.2322$, $df = 2$, p -value = 0.3276). L'hypothèse sur le lien

entre le refus de collaborer et l'ancienneté de l'enseignant est maintenue avec un pourcentage d'erreur de 10% ($\chi^2= 2.7$, $df = 1$, $p\text{-value} = 0.1003$) mais elle l'est rejetée quand il s'agit du lien avec l'ancienneté de l'enseignant ($\chi^2= 2.4$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.3012$). Et, enfin, avec un pourcentage d'erreur inférieur à 2% on accepte l'hypothèse sur le lien entre la taille de la classe enseignée et l'avis de l'enseignant sur l'apport de l'interaction ($\chi^2= 8.2909$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.01584$), mais on rejette l'hypothèse sur l'influence de l'ancienneté de l'enseignant sur son avis vis-à-vis l'apport de l'interaction ($\chi^2= 0.5455$, $df = 1$, $p\text{-value} = 0.4602$).

3. Seulement 54% des enseignants supervisent des groupes de travail et donc un travail coopératif. Ils ont du mal à faire *collaborer des apprenants* d'un même groupe si le nombre d'**apprenants par groupe est grand** « à cause du bruit » et le **désintérêt** de certains étudiants qui ne font rien et profitent des résultats de leurs camarades. 50% ont des difficultés à *coordonner les travaux* des différents groupes à cause des **retards** et le non respect du calendrier des tâches pré-établi (Figure 9).

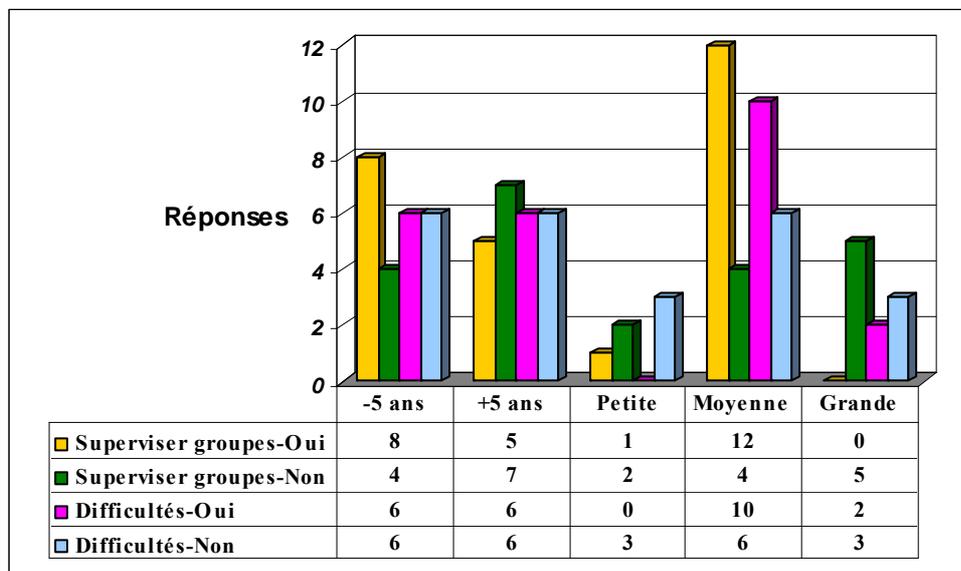


Figure 2.9 Supervision des travaux de groupes "Côté Enseignant"

L'ancienneté de l'enseignant n'a pas d'effet significatif ni sur le refus de proposer des travaux coopératifs ($\chi^2= 0.6713$, $df = 1$, $p\text{-value} = 0.4126$) ni sur la difficulté à faire coopérer des apprenants ($\chi^2= 0.1667$, $df = 1$, $p\text{-value} = 0.6831$). Par contre, la taille de la classe enseignée influe sur le refus de proposer des travaux coopératifs avec un

pourcentage d'erreur de 1% ($\chi^2= 9.2308$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.009898$) ainsi que sur la difficulté à faire coopérer des groupes d'apprenants ($\chi^2= 4.2$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.1225$).

2.4.2 Modalité de guidage et d'interaction

1. *Exercices* : Les résultats de l'enquête concernant les typologies d'explication des exercices (Figure 10 et Figure 11), montrent une nette préférence des deux typologies **Maïeutique et Analogie**, avec une légère avance du choix Maïeutique : 37% des réponses des apprenants et 28% des réponses des enseignants, pour l'analogie nous avons 33% des choix des apprenants et 22% des enseignants, pour les autres choix les résultats sont restés presque équivalents (Directe: 12% des apprenants et 13% des enseignants. Partielle : 7% des apprenants et 15% des enseignants. Retours au cours : 10% des apprenants et 22% des enseignants).

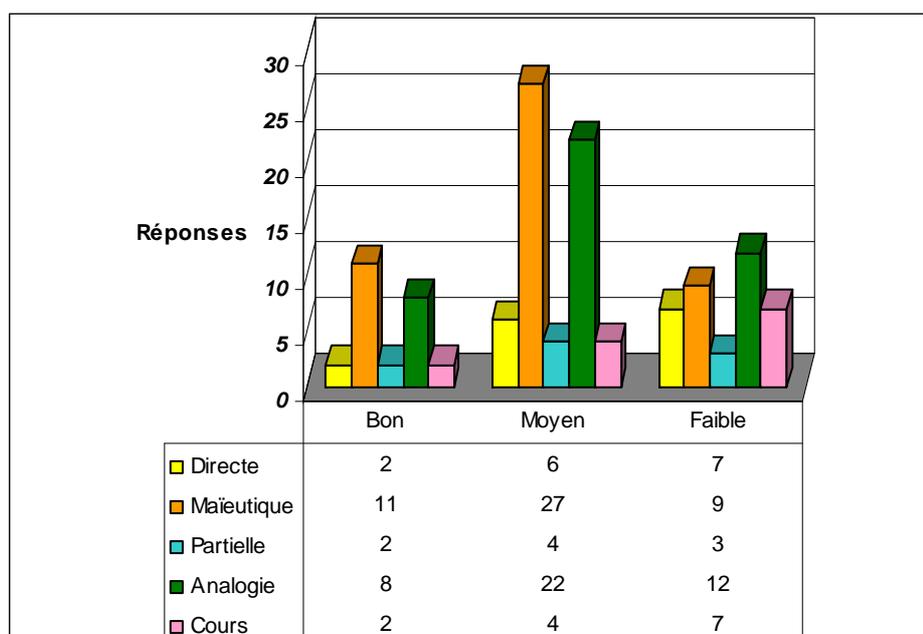


Figure 2.10 Typologies d'explication des exercices "Côté Apprenant"

L'étude menée montre qu'il n'y a pas de relation significative entre les typologies d'explication des exercices d'une part et soit le niveau cognitif de l'apprenant ($\chi^2 = 8.4043$, $df = 8$, $p\text{-value} = 0.395$) soit l'ancienneté de l'enseignant ($\chi^2 = 1.8451$, $df = 4$, $p\text{-value} = 0.7642$) ou même la taille de la classe d'apprenants enseignée ($\chi^2 = 3.143$, $df = 8$, $p\text{-value} = 0.925$).

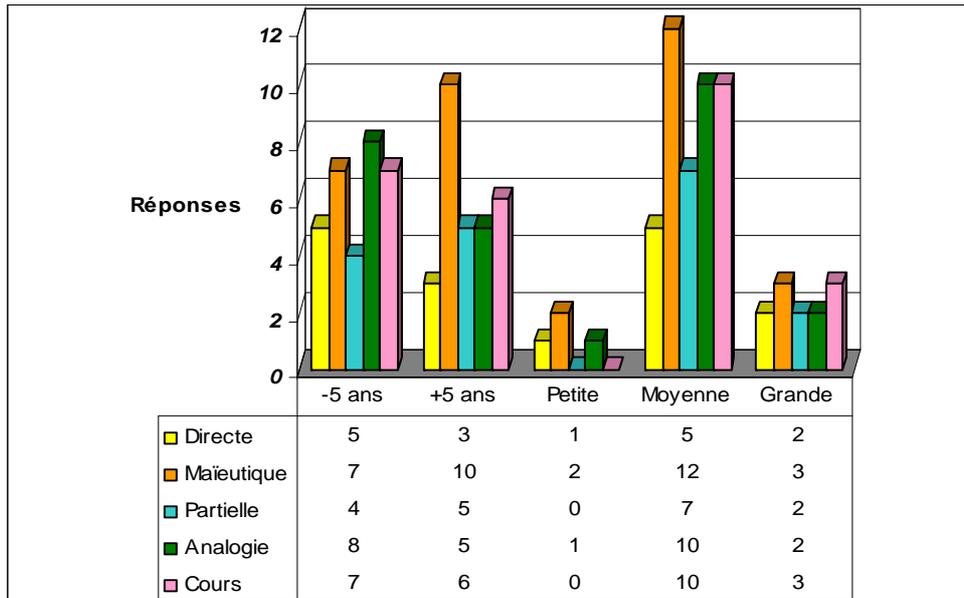


Figure 2.11 Typologies d'explication des exercices "Côté Enseignant"

2. Les résultats de l'enquête concernant les typologies d'explication des cours (Figure 12 et Figure 13), montrent une nette préférence des deux typologies « Maïeutique et Analogie » avec une légère avance du choix « Maïeutique » : 43% des réponses des apprenants et 27% des réponses des enseignants, pour les autres choix les résultats sont restés équivalents.

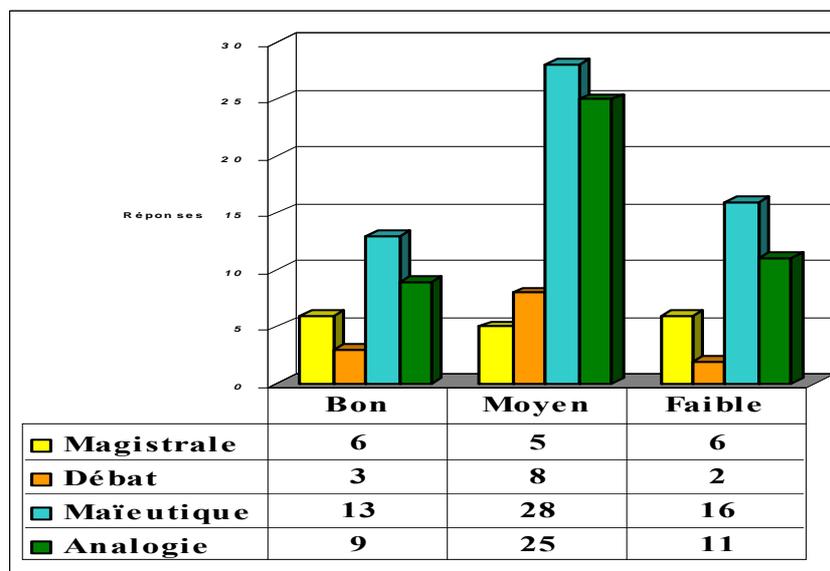


Figure 2.12 Typologies d'explication du cours "Côté Apprenant"

L'étude menée rejette la relation entre le niveau cognitif de l'apprenant et ses préférences avec un pourcentage d'erreur $\approx 60\%$ ($\chi^2 = 4.5544$, $df = 6$, $p\text{-value} = 0.6021$).

Elle rejette aussi la relation entre la taille des classes enseignées et les préférences de l'enseignant avec un pourcentage d'erreur $\approx 50\%$ ($\chi^2 = 5.3854$, $df = 6$, $p\text{-value} = 0.4954$).

Mais l'hypothèse faite sur la relation entre l'ancienneté de l'enseignant et la méthode d'explication du cours adoptée est acceptée avec un pourcentage d'erreur $\approx 8\%$ ($\chi^2 = 6.7745$, $df = 3$, $p\text{-value} = 0.07944$).

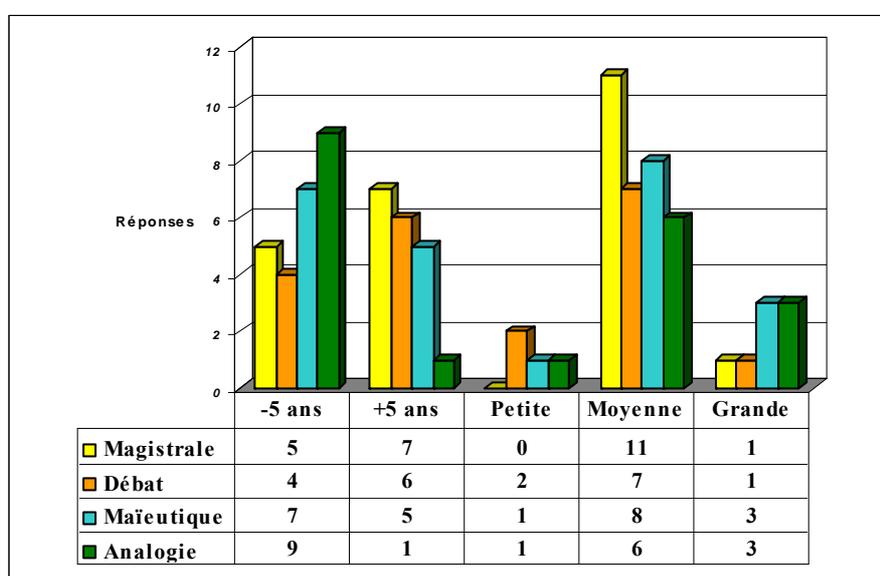


Figure 2.13 *Typologies d'explication du cours "Côté Enseignant"*

3. Quelle que soit la taille des groupes d'apprenants ou l'ancienneté de l'enseignant, le temps de **réflexion attribué aux apprenants varie selon le type d'exercices et son niveau de difficulté.**

L'intervention de l'enseignant vient suite à une **réponse erronée** de l'apprenant avec 40% des scrutés ou suite à la **demande de l'apprenant** pendant le temps de réflexion attribué avec 31% des scrutés ou si ce le temps de réflexion s'est **écroulé** avec 29% des scrutés (Figure 14).

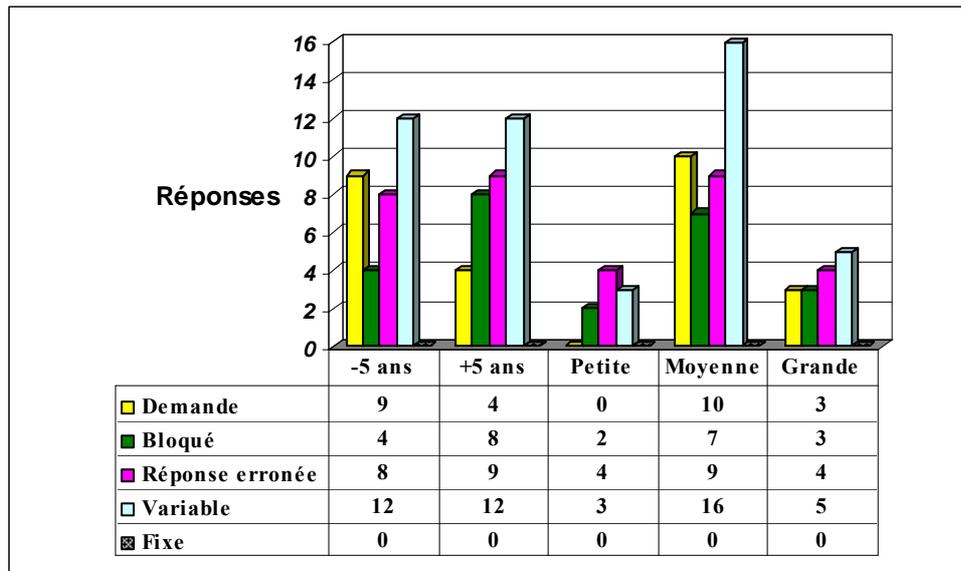


Figure 2.14 Moment d'intervention de l'enseignant

L'étude menée montre une relation entre l'ancienneté de l'enseignant et le moment d'intervention et de guidage de l'apprenant avec un pourcentage d'erreur $\approx 19\%$ ($\chi^2 = 3.3152$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.1906$). L'hypothèse est rejetée si on considère la taille des classes enseignées ($\chi^2 = 3.6512$, $df = 4$, $p\text{-value} = 0.4553$).

4. 75,89% des apprenants aimeraient avoir un enseignant disponible, et 82,14% trouvent qu'il est important d'avoir un *enseignant disponible* pour les **motiver**, les **suivre**, les **débloquer instantanément** et les **encourager**. Les autres préfèrent avoir un temps libre pour faire leurs **propres recherches** et **compter sur eux-mêmes** (Figure 15).

Cette étude écarte toute relation entre le niveau cognitif de l'apprenant et son avis sur l'impact de disponibilité de l'enseignant ($\chi^2 = 0.0021$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.999$). Elle rejette, aussi, l'hypothèse sur le lien entre le niveau cognitif de l'apprenant et ses désirs d'avoir un enseignant disponible tout le temps ($\chi^2 = 2.2891$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.3184$).

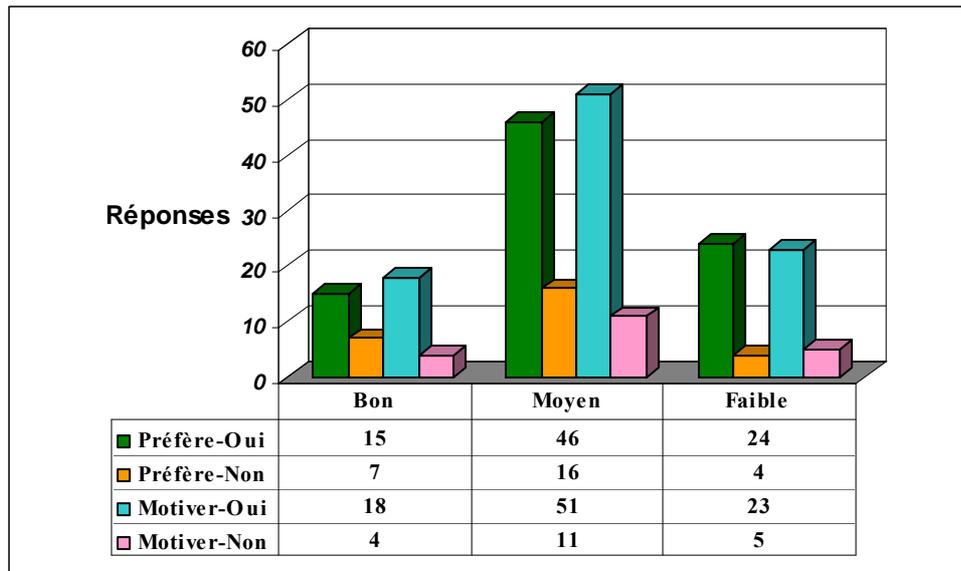


Figure 2.15 Avis de l'apprenant sur la disponibilité de l'enseignant

2.4.3 Outils d'évaluation

Quant aux types d'exercices choisis pour évaluer l'apprenant (Figure 16 et Figure 17) nous avons une avance des « applications » : 44,82% des choix des apprenants et 43,90% des enseignants, viennent les « problèmes » en seconde position : 36,55% des apprenants et 48,78% des enseignants et enfin les QCMs : 18,62% des apprenants et 7,31% des enseignants.

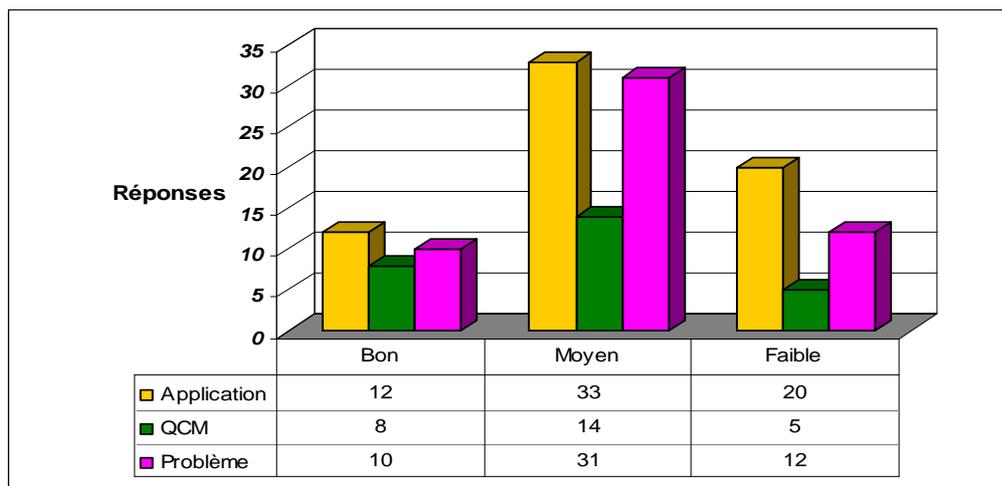


Figure 2.16 Modalité d'évaluation "Côté Apprenant"

L'étude menée rejette l'hypothèse sur la relation entre le niveau cognitif de l'apprenant et les types d'exercices préférés avec un pourcentage d'erreur $\approx 56\%$ ($\chi^2= 3.0235$, $df = 4$, $p\text{-value} = 0.5539$). Elle rejette, aussi, la relation entre l'ancienneté de l'enseignant et ses préférences avec un pourcentage d'erreur $\approx 18\%$ ($\chi^2= 3.464$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.1769$) et les préférences et la taille des classes enseignées avec un taux d'erreur de $\approx 53\%$ ($\chi^2= 3.1899$, $df = 4$, $p\text{-value} = 0.5266$).

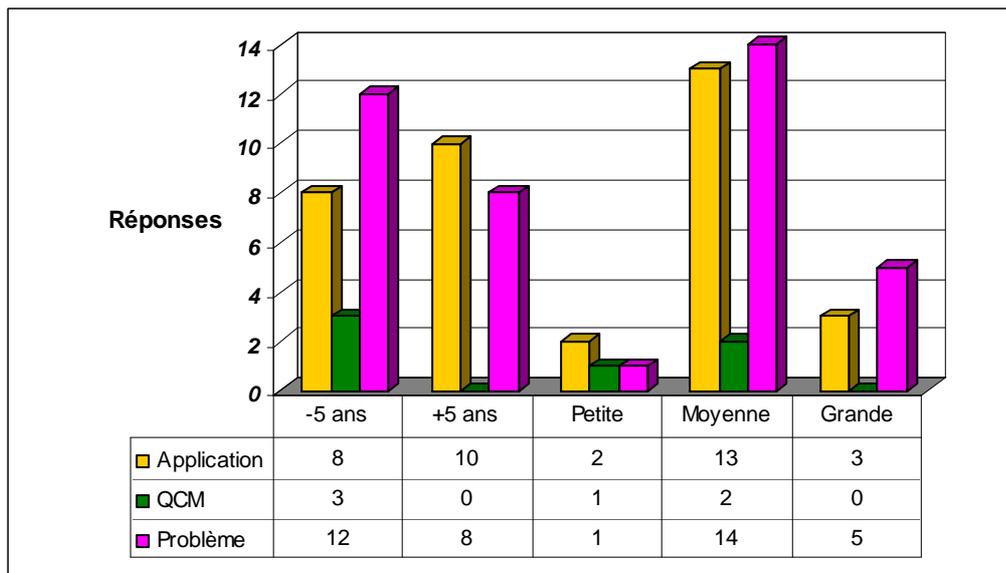


Figure 2.17 Modalité d'évaluation "Côté Enseignant"

2.4.4 Avis divers

1. 58% des enseignants scrutés (Figure 18) trouvent que le *rendement* de l'enseignant dépend de certains facteurs, tels que : les **responsabilités** qui lui sont affectées, la **charge du travail**, le **temps**, la **disponibilité spatiale et temporelle** et la **fatigue**, l'autre moitié, représentant 42% des scrutés, trouve qu'il n'y a aucun rapport entre le rendement de l'enseignant et la charge qui lui est affectée.

L'étude menée montre, aussi, que la taille des classes enseignées n'influe pas les réponses des enseignants ($\chi^2= 0.8914$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.6404$). De même pour l'ancienneté de l'enseignant ($\chi^2= 0.1714$, $df = 1$, $p\text{-value} = 0.6788$).

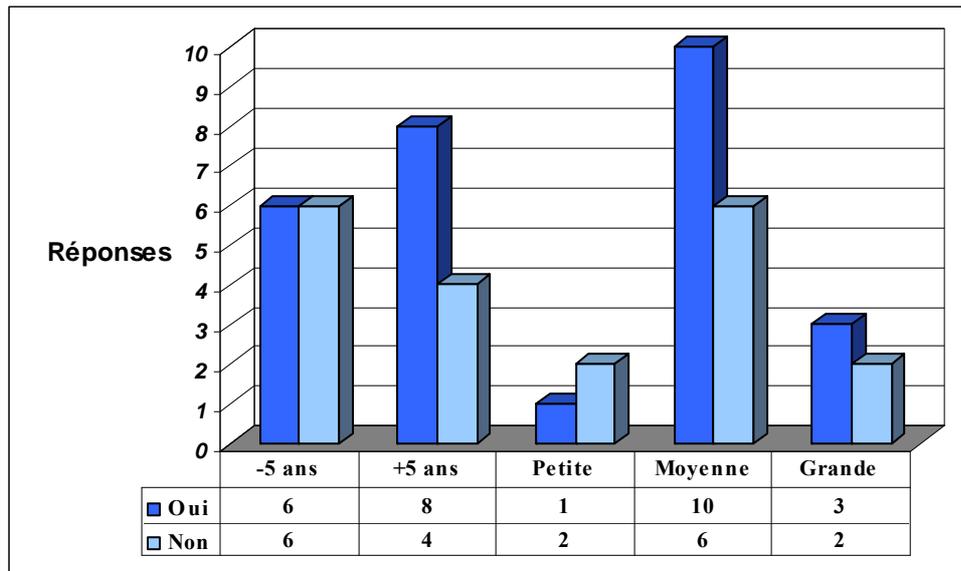


Figure 2.18 Relation tâches affectées à l'enseignant et son rendement

2. La question posée sur le critère de choix du délégué du groupe a mené à des réponses variées : 44% des apprenants scrutés trouvent que le chef du groupe doit être choisi suite à une élection, 34% trouvent que le meilleur élément doit être choisi automatiquement pour représenter le groupe et les 22% restant attribuent le titre de délégué au premier postulant (Figure 19). L'étude écarte l'hypothèse de lien entre le niveau cognitif de l'apprenant et son choix du représentant du groupe ($\chi^2 = 2.3104$, $df = 4$, $p\text{-value} = 0.6789$).

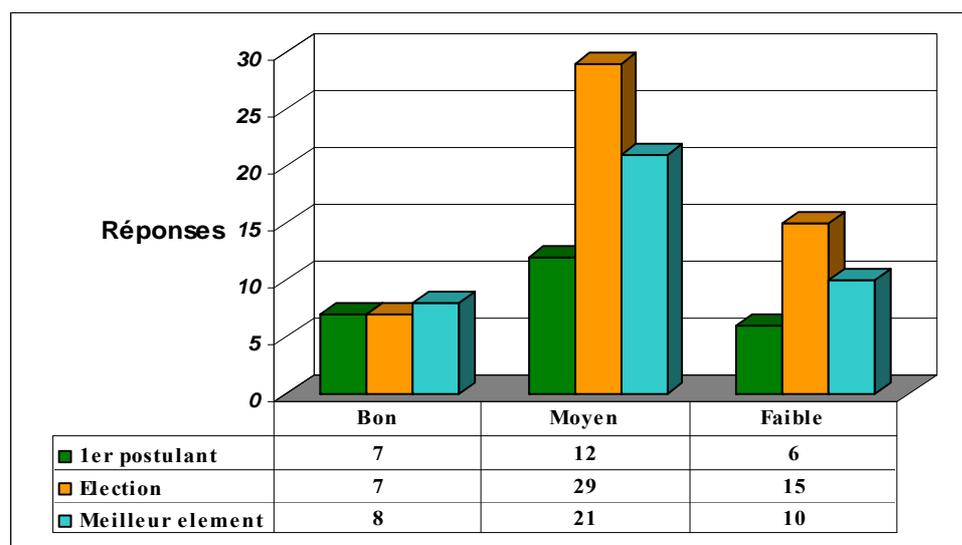


Figure 2.19 Choix du délégué du groupe "Côté Apprenant"

2.5 Conclusion

Entre logique et chaos, il nous était particulièrement intéressant de comparer certaines variables ayant trait aux domaines autres que l'informatique sans prendre de distance par rapport aux approches pédagogiques existantes. La panoplie des réponses obtenues est probablement due à l'indéterminisme du champ étudié. L'analyse des données obtenues montre une variété dans les préférences : type d'apprentissage, évaluation, assistance ... Il nous était particulièrement intéressant de voir l'influence du niveau de l'apprenant, l'ancienneté de l'enseignant ou la taille des classes enseignées sur certaines variables. L'étude montre, aussi, un besoin de moyens artificiels pour assister l'apprenant, le rediriger dans une direction productive, le contrôler en permanence, aider l'enseignant ... Les résultats obtenus dans ce chapitre seront exploités dans les chapitres suivants et serviront de paramètres primaires dans les actions menées ultérieurement.

2.6 Références

- Deschênes A.J., (1999). Modèle de l'apprenant à distance : logique ou chaos?, LA REVUE DISTANCES CQFD Québec Canada, Vol. 3, No. 2, pp. 119-142.
- Harbouche, K., Djoudi, M. (2007a). « Agent-Based Virtual Assistant in an Interactive Learning Environment", Information Technology Journal, ISSN 1812-5638 Vol. 6 No. 8, pp 1199-1207".
- Schwartz D., (1993). Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. Edition Flammarion Médecine-Sciences, Paris 75006 France.

Chapitre 3 : Environnement Numérique de Travail pour apprentissage coopératif sur le Web (Acteurs et Contexte de médiation)

3.1 Introduction

Une situation d'apprentissage est un ensemble de conditions et de circonstances susceptibles d'amener une personne à construire des connaissances. Ceci fait référence à trois concepts :

- une problématique qui est énoncée par l'enseignant pour être soumise à l'apprenant
- un traitement de cette problématique par les apprenants, encadrés par un enseignant.
- un environnement technologique, social et un ensemble de ressources numériques, dans lesquels se trouve l'apprenant.

On appelle Environnement Numérique de Travail « ENT » ou **Environnement Numérique d'Apprentissage « ENA »**, tout dispositif de formation caractérisé par la nature et l'agencement des outils mis en œuvre ou des services proposés tels que les cours en ligne, les systèmes d'autoévaluation, les supports ... Cet environnement est caractéristique d'un domaine, d'une discipline ou d'un niveau d'étude. Il permet à chaque utilisateur d'avoir accès, de manière simple et à travers les réseaux, aux outils de communication, services et ressources numériques dont il a besoin pour son activité.

Les ENA permettent à chaque utilisateur de disposer d'un espace personnel de travail et de travailler en groupe.

Ils facilitent également l'organisation de la vie scolaire et permettent un accroissement de l'utilisation des technologies de l'information et de la communication dans l'établissement.

De plus, l'ENT est un instrument d'ouverture des activités d'apprentissage :

- ouverture dans le temps : articuler le temps de la classe avec d'autres temps (continuité pédagogique) ;
- ouverture dans l'espace : travailler en tout lieu connecté à Internet.

L'explosion de l'Internet et le développement de la technologie du **Web** où **l'apprentissage coopératif** tient une place de plus en plus importante ont rendu possible la mise en œuvre d'un tel environnement.

3.2 Approche de conception

Dans les systèmes "Multiutilisateurs" actuels, les intervenants agissent de façon individuelle, en s'ignorant mutuellement. Dans les systèmes coopératifs, les tâches à mener sont soit collectives, soit individualisées mais avec un objectif collectif. Dans ce cas l'ignorance mutuelle des intervenants n'est plus souhaitable.

Il existe deux approches pour le développement d'applications coopératives (Harbouche, Djoudi, 2009):

1. Réutilisation d'applications mono-utilisateur dans un cadre partagé par utilisation d'interfaces utilisateurs partagées (shared X, Timbuktu²⁰). Ces applications sont *transparentes à la coopération*

2. Réalisation d'applications dédiées dans lesquelles la coopération est supportée à la base (GRIFFON²¹, GROOVE²²,...). Ces applications sont *conscientes de la coopération*.

L'une et l'autre des deux approches possèdent des avantages et des inconvénients.

1. **Les applications transparentes à la coopération** permettent d'utiliser des outils de prototypage pour démontrer certains concepts d'usage. Par contre, cette approche limite les fonctionnalités de groupe ainsi que le degré de coopération. Il est techniquement impossible de permettre l'accès concurrent aux objets (granularité fine), à l'information en mode synchrone sans accéder à la sémantique de l'application.
2. **Avec les applications conscientes de la coopération** on peut mettre des contrôles très fins au niveau du partage de l'espace de travail, on peut assouplir les WISIWYS (What I See Is What You See) pour permettre la manipulation de vues différentes.

L'inconvénient, c'est que le développement des protocoles et des mécanismes de contrôle et de gestion du partage ; sont relativement longs et lourds et les concepteurs d'applications ne sont pas nécessairement des spécialistes en système et réseau.

²⁰ <http://www.netopia.com/software/products/tb2/>

²¹ <http://griffon.codehaus.org/>

²² <http://www.microsoft.com/canada/fr/office/preview/programs/groove/overview.mspix>

Un grand nombre de composants étant communs à différentes applications, il est possible de dégager un environnement générique pour le développement d'applications coopératives conscientes de la coopération entre participants. Notre objectif est une application consciente de la collaboration et/ou coopération. Nous élaborons donc un environnement générique.

Dans ce cadre, nous proposons un ENT donnant la possibilité à un groupe d'utilisateurs d'interagir en temps réel ou en différé. La réalisation d'un tel système passe par les étapes suivantes :

- la conception d'un modèle de l'environnement permettant à un usager de disposer d'outils adaptés et compatibles aux particularités du monde dans lequel il évolue ;
- l'étude de contrainte pour permettre un réel apprentissage coopératif/collaboratif, cela nécessite en particulier, la modélisation de la tâche à effectuer et la formalisation des règles d'interaction.

La méthode que nous préconisons pour concevoir et formaliser notre environnement se déroule classiquement selon les étapes suivantes : spécification des besoins, analyse, conception, et implémentation. La phase de spécification et analyse des besoins sera traitée en utilisant le langage naturel « représentation textuelle », pour la conception on suivra les phases conceptuelle et logique de la démarche Merise afin de modéliser et concevoir l'environnement statique.

Nous devons prendre en considération durant toutes les phases de développement les problèmes soulignés lors des deux chapitres précédents.

3.3 Architecture du système

Le système à concevoir doit être organisé en réseau. Ce réseau va relier les postes des différents acteurs et va constituer naturellement un support pour diverses formes de

communication. Il est divisé en trois niveaux (Figure 3.1) : l'espace utilisateur constituant l'interface homme-machine, le niveau applicatif considéré comme étant le cœur du système et l'espace de stockage des informations persistantes sous différentes structures « base de données, banque de données et base de connaissances ».

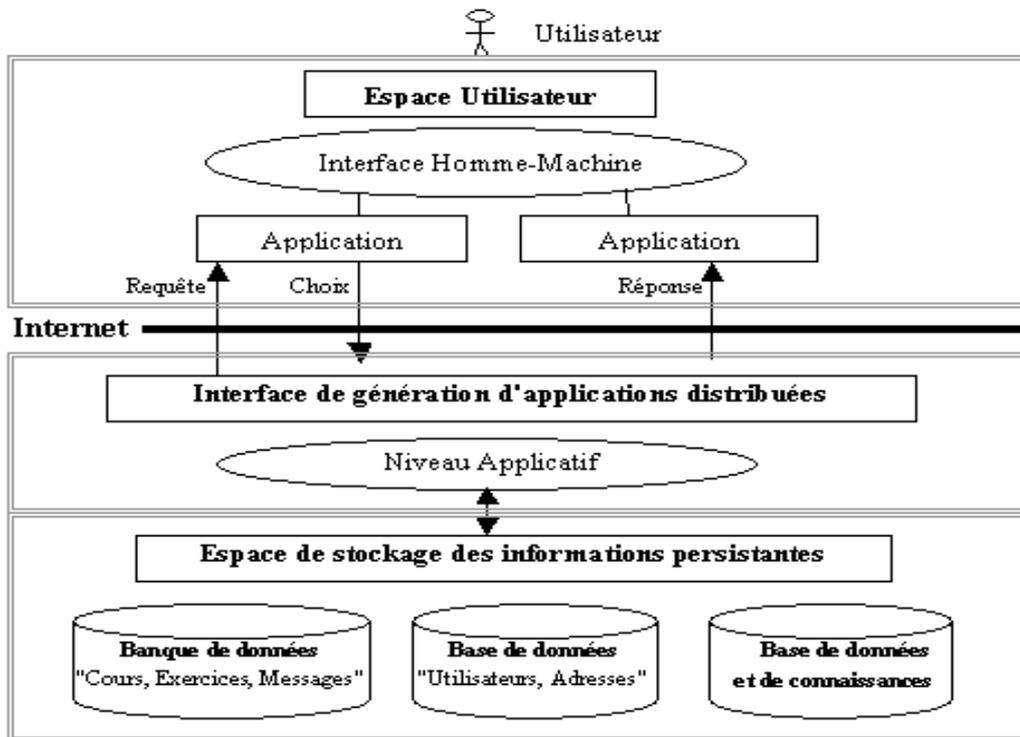


Figure 3.1 Structure du système

3.4 Modélisation pédagogique

3.4.1 La pyramide pédagogique

On désigne par modèle, un système de référence explicatif avec une représentation graphique qui fonde les relations entre différents agents pédagogiques humains ou artificiels, actifs ou passifs.

Le triangle didactique ou triangle pédagogique représentent trois sommets ou pôles « savoir, apprenant et enseignant » et trois côtés représentant ce que Jean Houssaye (Reibel, 1988) a appelé un "processus", soit la relation entre deux des trois pôles

(apprendre, enseigner et former).

Le modèle de Faerber (Faerber, 2002) désigné pour une situation d'apprentissage distanciel, ne permet pas de percevoir le pôle « Agents ». L'adaptation, de ce modèle à l'environnement qu'on veut modéliser, consiste, donc, à tenir compte d'un nouveau pôle: les agents artificiels. Ce nouveau pôle se verra attribuer une place de même importance que les autres pôles: enseignant, apprenant, groupe et savoir. Cela nous envoie vers une représentation pyramidale (Figure 3.2).

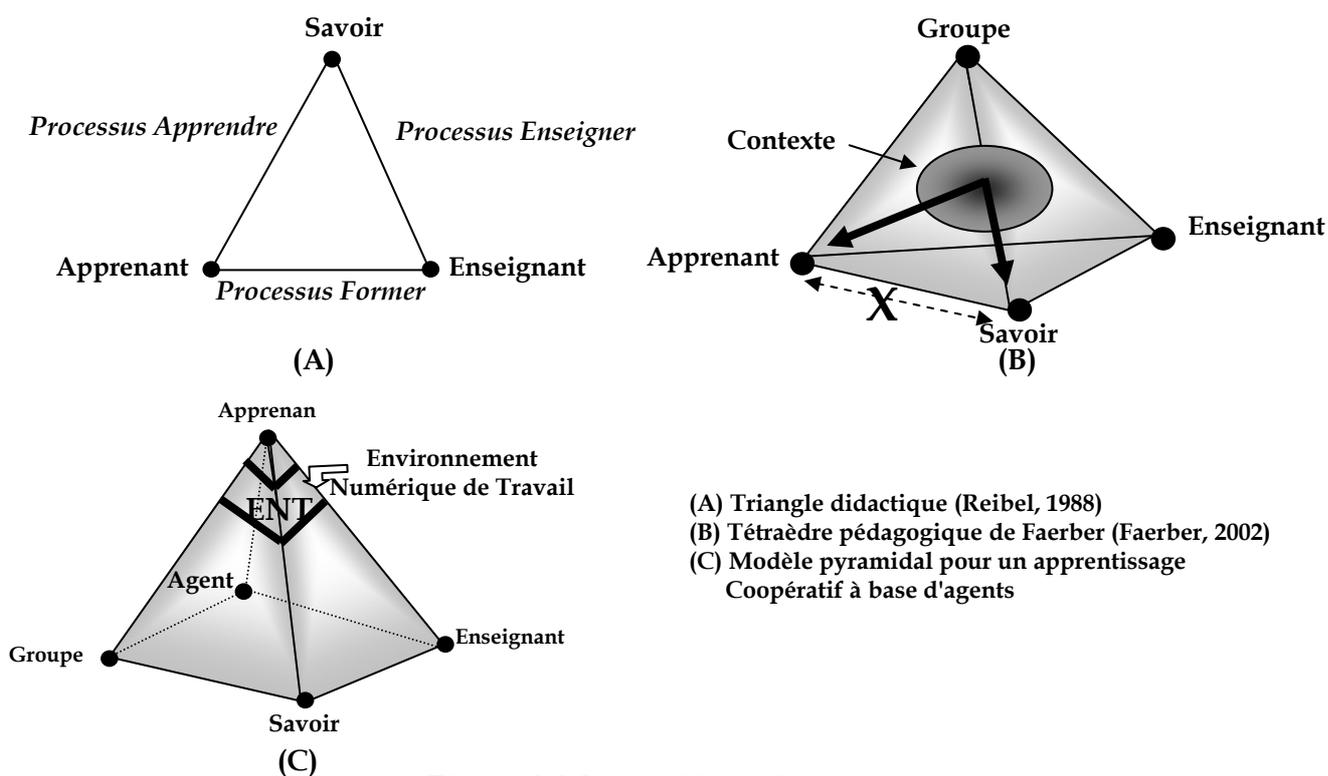


Figure 3.2 Les modèles pédagogiques

3.4.1.1 Identification des acteurs humains

Nous avons deux acteurs humains principaux : l'apprenant et l'enseignant.

a/ L'apprenant ou l'étudiant : Acteur principal, il est au cœur du processus d'apprentissage car il est le seul à pouvoir transformer les informations qu'il reçoit en connaissances appropriées par: son *activité propre* « **Travail individuel** » et par *l'interaction avec l'autrui* « **Travail collaboratif et/ou coopératif** »: il peut exploiter les différents outils pour consulter les cours, résoudre les exercices, communiquer avec les autres acteurs, réaliser les travaux en autonomie ou les travaux de groupes.

L'apprenant se trouve dans trois situations d'apprentissage différentes mais complémentaires :

Autodidaxie « travail individuel » : Dans cette situation l'apprenant consulte son cours, résout les exercices « de différents types », annote son cours et essaye de donner une solution préliminaire et individuelle à la tâche assignée à son groupe, tout cela sans faire recours ni à l'enseignant, ni à un co-apprenant.

Travail collaboratif : Ici deux situations se présentent :

- ✓ Travail collaboratif désiré : l'apprenant demande l'aide à un autre apprenant ou l'enseignant par le biais du chat, annote son cours et le met à la disposition de tout le monde et demande assistance d'un enseignant pour lui expliquer le cours ou l'exercice.
- ✓ Travail collaboratif imposé : l'apprenant appartient à un groupe de travail, à qui on affecte une tâche à réaliser et donc il doit collaborer avec ses camarades et communique en utilisant le chat.

Travail coopératif : Les différents groupes d'apprenants doivent coopérer pour réaliser une tâche globale.

b/ L'enseignant ou le tuteur ou le formateur : C'est un agent humain qui prend en charge, à la fois, les tâches d'un tuteur de contenu et celle d'un tuteur animateur. Il doit :

- Assister les apprenants en répondant à leurs soucis par le biais du chat ou le forum
- Superviser les travaux des apprenants : les travaux en cours, évolution, ...
- Corriger l'ensemble des exercices
- Mettre à jour la base des cours, des exercices et des projets.
- Superviser les groupes de travail
 - Organisation
 - Animation
 - Cohésion des groupes de travail

- Harmonisation des communications
- Favoriser le développement d'un sentiment d'appartenance au groupe
- Observer et suivre l'évolution du groupe
- Observer et suivre l'évolution de l'apprenant au sein du groupe

3.4.1.2 Le groupe de travail

LEWIN (Lobrot, 1993) a défini le groupe comme étant *un tout qui ne se réduit pas à la somme de ses parties*. Il constitue avec son entourage immédiat une structure dynamique (un champ), dont les principaux éléments sont les sous-groupes, les membres, les canaux de communication, les barrières ...

Dans notre environnement on considère un *groupe* comme étant **une réunion d'apprenants en interaction, partageant des objectifs communs et travaillant à une tâche commune**: ils sont plongés durant une même période dans une même situation d'apprentissage.

a/ Structure du groupe : On préconise une structure hiérarchique des groupes. La **classe virtuelle** CV «communautés d'apprenants» est considérée comme étant un grand groupe qu'on peut diviser en sous groupes «**Groupes de Travail -GrTr**». La structure de chaque groupe est centralisée. Chaque membre du groupe possède une fonction bien précise au sein du groupe: le **coordinateur** « Délégué artificiel » est le seul membre ayant le droit de prendre une décision après consultation des autres membres, considérés comme des subordonnés. Un **coordinateur global** «enseignant ou agent artificiel» encadre le travail global. Nous nous trouvons en réalité dans une situation de travail d'équipe et de sous équipes, mais nous préférons l'appellation de classe et groupe de travail.

b/ Nombre des membres : Dans un groupe primaire ou restreint le nombre des membres qui le composent est limité, en plus tous les membres se connaissent.

Pour choisir le nombre d'apprenants par groupe nous devons tenir compte de deux contraintes : l'**effort individuel** et l'**intelligence collective**. Un groupe de deux membres manquera de vitalité, dans un groupe de trois membres on a tendance à

isoler ou ignorer le troisième membre, quant aux groupes de six membres et plus, le groupe ne participe jamais en entier à la tâche qui lui est assigné, ceci provoque une diminution des efforts individuels, en plus la gestion des interactions entre les membres devient compliquée. Nous préconisons, donc, des groupes de cinq (5) ou quatre (4) apprenants. Ceci permet d'une part de maximiser les interactions et d'autre part d'éviter le phénomène de paresse sociale « social loafing ».

c/ Regroupement des membres : Il existe plusieurs façons de choisir les membres d'un groupe : par affinités, rapprochement, champs d'intérêt, niveau scolaire, sexe ...

Nous préconisons un regroupement aléatoire: les apprenants d'un groupe ne sont pas choisis au préalable, ceci renforce l'hétérogénéité dans le groupe « filles et garçons, différents niveaux académiques, styles d'apprentissage, ... » qui permet à l'apprenant de faire valoir ses propres forces et de bénéficier des forces de ses camarades.

3.4.1.3 L'agent

Un agent artificiel est un système informatique, situé dans un environnement, et agit d'une façon autonome et flexible pour atteindre les objectifs pour lesquels il a été conçu (Odell, 2007)

Les systèmes Multi agents s'adaptent bien à la conception de notre environnement d'apprentissage. Ceci est dû aux caractéristiques suivantes :

- ✓ les systèmes d'apprentissage à distance sont ouverts, dynamiques et complexes;
- ✓ les agents sont une métaphore naturelle des acteurs humains;
- ✓ la distribution des données, du contrôle et de l'expertise s'impose; grâce à la technologie agent, l'ordinateur devient un collaborateur intelligent, actif et surtout personnalisé.
- ✓ La démarche SMA permet de réaliser une architecture modulaire dans lequel chaque agent devient une brique élémentaire du système d'apprentissage et peut être réutilisé au besoin dans d'autres systèmes d'apprentissage.

- ✓ Les systèmes multi-agents constituent un modèle particulièrement intéressant dans le cas de l'apprentissage à un groupe d'élèves collaborant sur un même projet. Pour faire évoluer le projet du groupe et faire progresser efficacement l'apprenant, l'agent doit alors tenir compte des connaissances de ce dernier, mais également de celles des autres membres du groupe.

Les agents de notre environnement doivent jouer plusieurs rôles : **assistant** à l'enseignant, **substitut de l'enseignant**, **sous-traitant** de l'enseignant, **délégué** de l'enseignant, **coordonnateur** de travaux, **coopérateur** ...

Quoi qu'il en soit, il est nécessaire d'intégrer parmi les agents un agent tuteur humain, et ce pour guider le système pour qu'il ne s'éloigne pas trop de l'objectif premier qui est de promouvoir et de faire progresser l'apprenant dans une situation d'apprentissage.

3.4.2 Les relations

La Table 3.1 décrits les 10 rapports ou relations bipolaires dégagés du modèle qu'on propose pour notre environnement d'apprentissage :

Relation	Libellé	Description
Apprenant-Enseignant	Former	Elle avantage la relation duale apprenant/enseignant
Apprenant-Savoir	Apprendre	Phase réflexive de l'apprenant face aux connaissances
Apprenant-Groupe	Participer	Communication et coordination dans le groupe et interdépendance entre les membres
Apprenant-Agent	Assister	L'agent peut assister l'apprenant lors d'une séance de résolution d'un problème, l'orienter et évaluer certains types d'exercices
Enseignant-Groupe	Faciliter	Interaction de l'enseignant avec le groupe (vu comme une entité). L'enseignant doit écouter, clarifier, préparer, aider à la prise de décision, semer le sentiment d'appartenance, simplifier, proposer références, coordonner ...
Enseignant-Savoir	Enseigner	Transmission traditionnelle du savoir
Enseignant-Agent	Aider	L'agent peut substituer, aider, et collaborer avec

		l'enseignant. Il peut être délégué de certaines missions ou sous-traiter une partie du travail de l'enseignant.
Groupe-Agent	Coordonner	Séquentialiser les actions d'une tâche et ordonner les tâches parallèles « points de rencontre : rendez-vous ».
Groupe-Savoir	Partager	Intégrer, échanger et répartir le savoir « apprentissage mutuelle ».
Savoir-Agent	Communiquer	Rendre disponible selon besoin.

Table 3.1. Les relations bipolaires

3.4.3 Les interactions

Pour un apprentissage coopératif, les interactions permettent de socialiser la connaissance et tirer profit de l'intelligence collective du groupe ou individuelle des acteurs «enseignant, apprenant». Nous proposons pour notre environnement sept types d'interactions.

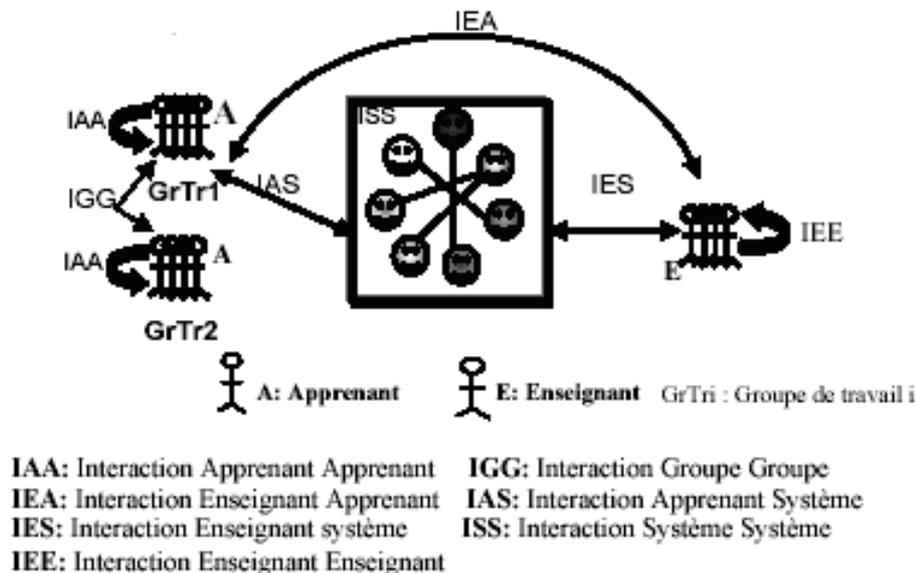


Figure 3.3. Les types d'interactions

L'interaction entre apprenants représente l'un des principes de base adopté par notre environnement, cette interaction sous forme de débat est à l'origine du travail collaboratif, elle permet aux apprenant de « penser tout haut ».

L'interaction Enseignant-Apprenant permet à l'enseignant de jalonner son apprenant, cette interaction sous forme généralement maïeutique « Suite de questions-réponses » accorde une assistance personnalisée à l'apprenant.

Le travail coopératif se prête bien à l'interaction Groupe-Groupe, il ne suffit pas de grouper des apprenants pour qu'il y ait apprentissage coopératif, mais de créer un environnement permettant d'avoir une interdépendance positive entre les apprenant.

Un autre type de coopération est à souligner : la coopération artificielle-artificielle et l'interaction humaine-artificielle avec comme moyen d'interaction l'utilisation des actes de langages et le blackboard.

3.4.4 Le contexte de médiation «environnement d'apprentissage coopératif»

Le contexte de médiation est un ensemble de dispositifs qui relaient la relation entre les pôles précités. Il ne s'agit pas d'un nouveau pôle mais un intermédiaire entre les pôles.

C'est un espace matériel ou logiciel représentant le monde dans lequel les agents évoluent et par lequel les interactions se produisent. On distingue dans cet environnement les agents qui sont des entités actives, et les objets qui sont des entités passifs.

Définir l'environnement de travail des agents humains et artificiels implique définir les moyens et/ou ressources pédagogiques, sociaux, administratifs, épistémologiques ... similaires ou proches de ceux déployés dans une situation d'enseignement présentiel.

3.4.4.1 Le cartable électronique « Portfolio »

Parmi les moyens pédagogiques jugés nécessaires pour notre modèle on peut citer le cartable. C'est un journal de bord, un processus, une démarche d'apprentissage et une évaluation formative qui aide, d'un côté, l'apprenant à apprendre et à se développer (Goupil, 1998) et d'un autre côté, l'enseignant à prendre des mesures pour aider l'apprenant à améliorer son apprentissage. Le cartable, ici, est un espace personnalisé

destiné à l'apprenant et à l'enseignant, inclus dans l'espace collectif de la classe et met à disposition un ensemble d'outils et de ressources. Parmi, les types de pédagogie qui fondent la pratique du portfolio « cartable », nous avons le cognitivisme et le constructivisme (Muller, 1999), (Perrenoud, 1991). On trouve quatre types de cartables électroniques, en plus du casier:

- **Cartable de l'apprenant « de travail »**: permet de voir la progression de l'apprenant dans l'apprentissage «autodidaxie».
- **Cartable de présentation ou de communication**: Contient les productions que l'apprenant souhaite conserver tout en annotant son avis dessus à d'autres acteurs pédagogiques «apprentissage collaboratif».
- **Cartable d'évaluation**: Contient les appréciations et les jugements que porte un enseignant sur les travaux sélectionnés qu'à réaliser l'apprenant «apprentissage coopératif».
- **Cartable de projet**: Dossier évolutif rassemblant d'un côté un agenda et de l'autre l'état d'avancement, la situation en cours, la coordination et les corrélations entre différentes parties d'un projet réalisé par des groupes de travail.
- **Le casier**: C'est un dossier évolutif rassemblant les appréciations des enseignants sur le travail de l'apprenant et des remarques et synthèses sur le comportement cognitif de ce dernier.

3.4.4.2 Objets pédagogiques

Un objet pédagogique (*learning object*) est selon L'IEEE-LTSC²³ (Institute for Electrical and Electronics Engineers - Learning Technology Standards Committee) : " toute entité, sur un support numérique ou non, pouvant être utilisée pour l'apprentissage,

²³ ieeeltsc.org

l'enseignement ou la formation » (Pernin, 2003). Pour médiatiser la connaissance en vue de son apprentissage on distingue deux démarches (Harbouche, Djoudi, 2007) :

- ✓ *La première consiste à produire une représentation écrite du savoir :*

Le cours : C'est, bien entendu, un élément indispensable dans toute formation. Le cours peut être annoté par l'apprenant pour partager ses connaissances avec d'autres apprenants, ou bien il peut être indexé au début par l'enseignant.

- ✓ *La deuxième démarche consiste à faire une encapsulation du savoir dans un monde dans lequel l'accès à la connaissance ne se limite pas à la lecture mais dans lequel la construction de connaissances par l'apprenant se fait par résolution de problèmes dans ce monde. Les outils de cette démarche se présentent sous forme de projets et/ou d'exercices de différents niveaux « simple, moyen ou élevé » et sous différentes formes :*

Les QCM : c'est la forme d'exercices la plus simple. Elle ne nécessite pas de correcteur humain, l'apprenant n'a donc pas de délai d'attente entre la fin de la réalisation de l'exercice et sa correction.

Les exercices classiques : c'est le même genre d'exercices que l'on trouve dans une formation classique. Les résultats étant la plus part du temps complexes pour être analysés par un ordinateur, il faut recourir à un enseignant pour en effectuer la correction.

Les exercices assistés : Ce sont des exercices classiques mais la solution est dirigée par le système, qui propose des indications et pose des jalons à l'apprenant au cours d'un processus de résolution.

Pour mieux évaluer l'étudiant, qui est totalement livré à lui-même, on fait recours aux outils d'évaluation. Les évaluations sont de trois types : évaluation sommative, "examen direct en présentiel", évaluation formative "au cours de l'apprentissage" et évaluation diagnostique "pour avoir une idée sur le niveau cognitif de l'apprenant».

3.4.4.3 Eléments de communication

Il n'y a pas de groupes et à fortiori pas de coopération/collaboration sans communication. Nous distinguons trois modèles de base suivant que la communication se fait entre un individu I et un individu I, d'un individu I à un groupe GrTr ou d'un groupe GrTr1 à un groupe GrTr2. Lorsque nous considérons des groupes, ceux-ci sont nécessairement « pour notre environnement » fermés la liste nominale des individus qui le compose est connue, bien identifiée. Entrer dans un groupe fermé suppose une procédure d'agrément spéciale pilotée par le système. Ce peut être ce que l'on a appelé une "classe virtuelle " ou un groupe de travail. La communication peut se faire avec confidentialité ou sans confidentialité, elle peut être asynchrone ou synchrone. Partant de ces concepts de base, on disposera des outils de communication suivants :

Modèle	Possibilités de réalisation	Degré d'interactivité	Remarques
I ↔ I	e-mail -asynchrone-	Relativement moyen	Coût du e-mail et chat relativement moyen Le degré de confidentialité est plus élevé avec le mail que le chat.
	Chat -synchrone-	Fort	
I ↔ GrTr	Chat -synchrone- dédié à un sujet entre membres d'un GrTr	Fort	
Groupes Fermés GrTr1 ↔ GrTr2	Chat -synchrone- dédié à un sujet entre groupes d'une classe virtuelle, mis en correspondance	Fort	

Table 3.2 Les modèles de communication

3.5 Structuration de l'apprentissage coopératif

Nous utilisons le modèle de participation afin de structurer notre ENT. Les apprenants d'un GrTr sont des participants à une activité d'apprentissage conjointe. Les différents acteurs ou participants sont caractérisés par leur statut, leurs rôles, ainsi

que des scénarii qui décrivent le cadre des interactions. La structuration de l'apprentissage coopératif se déroule en trois étapes :

1. Enoncé et division du projet

L'enseignant responsable d'un module d'enseignement définit le projet global

L'enseignant divise le projet en sous-projet

Chaque sous-projet est destiné à un groupe de travail « GrTr »

Chaque sous-projet est divisé en tâches

Chaque tâche possède une durée de réalisation maximale.

Le graphe de PERT « Program of Evaluation and Review Technique » suivant (Figure 3.4) permet d'illustrer cette étape :

- ✓ Le projet possède une étape de début et une étape de fin.
- Toute tâche a une étape de début et une tâche de fin.
- Plusieurs étapes différentes peuvent être déclenchées par la même tâche.
- Plusieurs tâches différentes peuvent aboutir à la même étape.
- Chaque tâche possède un délai minimal et un délai maximal.

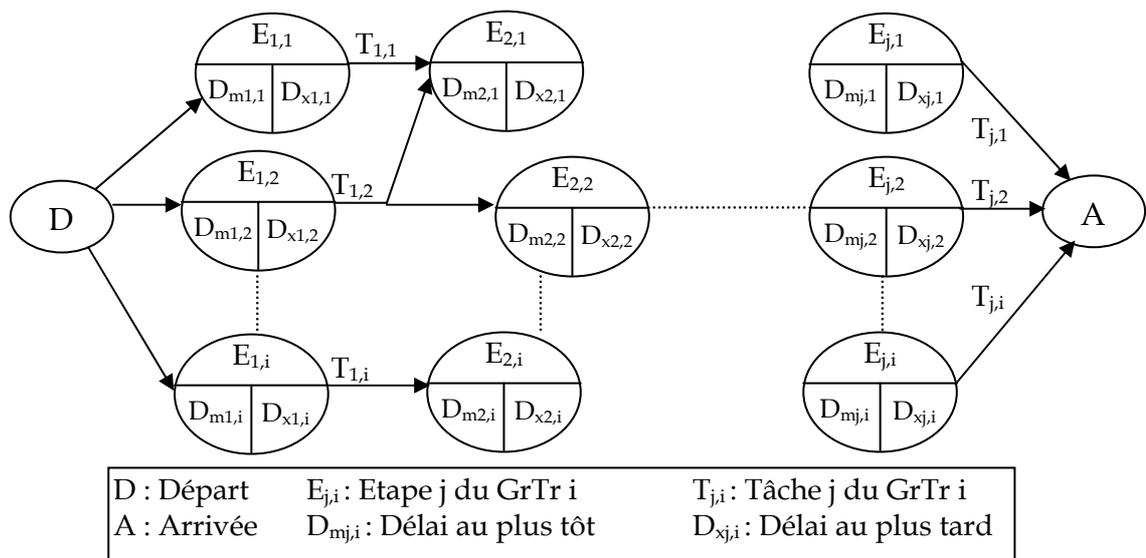


Figure 3.4 Illustration du travail coopératif en utilisant le diagramme de PERT

2. Traitement

Chaque apprenant au sein du groupe s'approprié la tâche, fait des recherches individuelles et essaye de rédiger un rapport individuel « Solution préliminaire »

Le chef du groupe (agent artificiel) choisit l'un des rapports pour le discuter durant une session de travail collaboratif.

L'agent artificiel soulève le problème, invite chaque membre présent à parler et donner son opinion. La parole revient à l'agent une fois le tour de table terminé.

L'agent prend note en fin de tour et présente les conclusions dégagées : si tous les membres approuvent la proposition la sous-tâche est considérée comme traitée, si au contraire les membres désapprouvent la proposition alors une nouvelle proposition à discuter est faite. Les membres peuvent demander au propriétaire de la proposition de leur expliquer sa solution. La solution expliquée (ou démontrée) peut être objet de rejet ou d'acceptation. Comme le groupe est contraint par le temps, si les membres n'arrivent pas à un consensus alors le chef tranche et choisit une proposition. L'automate d'états finis de la figure 3.5 permet d'illustrer les différents états de la session de collaboration.

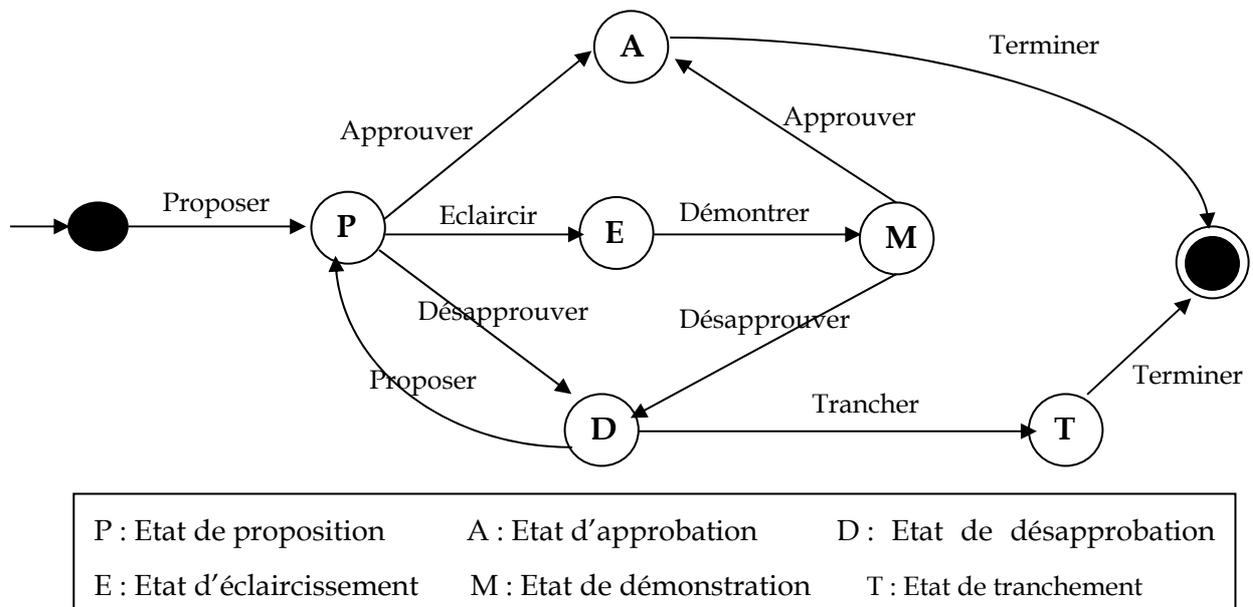


Figure 3.5 Illustration par un automate d'états fini des états d'une session de collaboration

Chaque GrTr traite la tâche et émet les résultats au groupe qu'il en a besoin. Si la tâche nécessaire pour faire progresser le travail d'un groupe n'est pas terminée alors inondation partielle du système « la tâche sera affectée aux groupes qui ont besoin de ses résultats -groupes ayant terminés leur travail-, une punition « note » sera attribuée à l'ensemble des membres du groupe ceci permet de responsabiliser l'apprenant envers les autres membres du groupe.

La discussion d'une solution pour une tâche « trouver un consensus » peut s'étaler sur plusieurs séances.

A chaque réalisation d'une tâche un des membres du groupe rédige un rapport tâche « le propriétaire du rapport choisi comme objet de discussion ».

A chaque réunion de collaboration le groupe rédige un rapport de réunion « PV de réunion ». Chaque apprenant dispose d'un agenda, qui sera utilisé pour fixer un rendez-vous afin de réunir les membres d'un groupe.

3. Synthèse

A la fin de chaque sous-projet le groupe rédige un rapport sous-projet

L'enseignant regroupe les travaux et rédige lui-même un rapport final

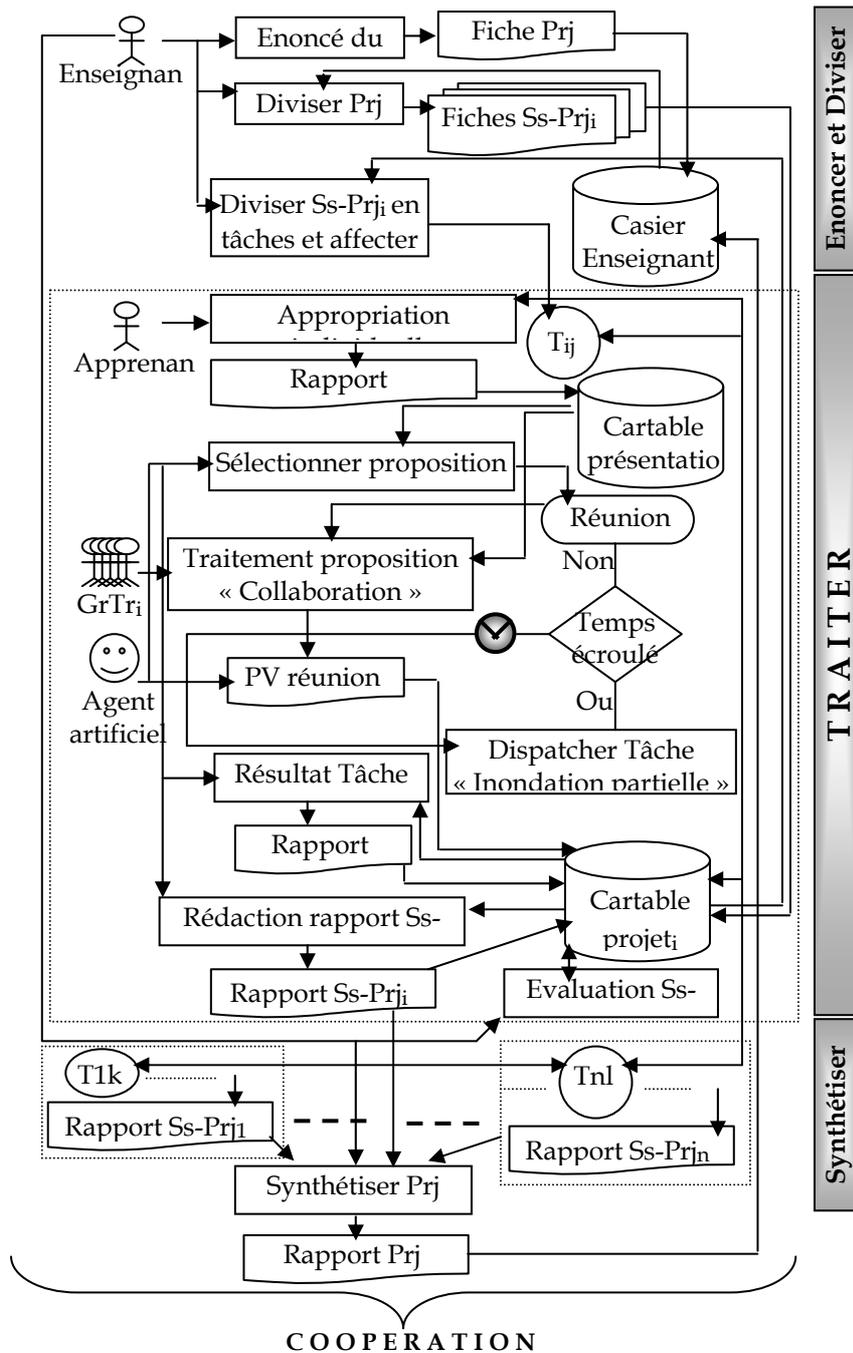


Figure 3.6 Structure de l'apprentissage collaboratif/coopératif

3.6 La base de données

Elle constitue un moyen de communication artificielle-artificielle, humaine-humaine, et humaine-artificielle. Elle permet à l'enseignant de suivre le comportement de

l'apprenant, de voir son évolution dans le groupe et l'évolution du groupe durant l'apprentissage : c'est le blackboard de notre environnement.

Plusieurs modèles de bases de données existent : réseau, relationnel, objet ... Nous utilisons pour nos données le modèle relationnel, c'est le modèle le plus répandu actuellement. Dans ce modèle le concept de base est la relation : un ensemble d'éléments (tuples) constitués d'attributs qui doivent satisfaire certains critères basés sur le concept de dépendance fonctionnelle.

Hubert TARDIEU²⁴ a dit « *Il faut bien insister sur le fait qu'une méthode quelle qu'elle soit, est utilisée dans un contexte qui, éventuellement, obligera à en modifier certains aspects. On n'est pas toujours obligé d'obéir à tous les points de la méthode sauf pour ceux qui paraissent tout à fait invariants et spécifiques c'est-à-dire les modèles qui à divers niveaux d'abstraction, servent de référentiels commun et support et points d'arrivée de la démarche de conception.* »

Pour construire notre base de données on suivra la démarche Merise (Baptiste, 2009). Celle-ci effectue d'emblée la séparation entre données et traitement et procède par niveau. Pour ne pas nous éloigner de notre objectif, on ne s'intéresse pas aux traitements et donc on n'examinera de plus près que les données via les trois modèles : le MCD « Modèle Conceptuel de Données » exprimés dans le formalisme entité-association, le MLD « Modèle Logique de Données » et le MPD « Modèle Physique de Données ».

3.6.1 Le MCD

Un **dictionnaire des données** est une collection de données de référence nécessaire à la conception d'une base de données relationnelle. Il revêt une importance stratégique particulière, car il est le vocabulaire commun et un référentiel principal de l'organisation. Il est souvent représenté par un tableau à cinq colonnes contenant : le

²⁴ Hubert Tardieu, développeur de la méthode merise dans les années 1970's

nom symbolique de la donnée, sa description, son type, sa taille et les contraintes ou les règles de calcul.

Un dictionnaire des données doit respecter les contraintes suivantes.

- Tous les noms doivent être mono-values et non décomposables.
- Il ne doit pas y avoir d'homonymes, ni de synonymes.
- Les identifiants sont complètement précisés.
- Les commentaires doivent être pertinents.

En appliquant l'algorithme de normalisation « appelé: formes normales » au diagramme des dépendances fonctionnelles issu du dictionnaire des données (voir annexe 3) obtient le MCD normalisé de la Figure (Figure 3.6). Il faut noter ici, que pour ne pas alourdir notre diagramme nous avons omis les attributs des entités.

3.6.2 Le MLD

En appliquant les règles de passage du MCD au MLD suivant :

Entités : Toute entité est transformée en table. Les propriétés de l'entité deviennent les attributs de la table. L'identifiant de l'entité devient la clé primaire de la table.

Relation binaire $x..n \Leftrightarrow x..1$: On duplique la clé primaire de la table basée sur l'entité à cardinalité (x,n) dans la table basée sur l'entité à cardinalité $(x,1)$. Cet attribut est appelé clé étrangère.

Relation binaire $x..n \Leftrightarrow x..n$: On crée une table supplémentaire ayant comme clé primaire une clé composée des clés primaires des 2 tables. Lorsque la relation contient elle-même des propriétés, celles-ci deviennent attributs de la table supplémentaire. Une propriété de la relation qui est soulignée devra appartenir à la clé primaire composée de la table supplémentaire.

Relations réflexives $x ..n \Leftrightarrow x ..n$: Comme il s'agit d'une relation $(x,n)-(x,n)$, une table supplémentaire est créée. Cette table contient comme clé primaire composée, la clé des "deux" entités reliées. Comme la même entité est liée 2 fois à la relation, on ne peut pas utiliser 2 fois le même nom pour la clé. Dans ce cas il convient d'utiliser des

rôles dans le MCD, et d'intégrer le rôle dans le nom d'une des clés migrées dans le MLD.

On obtient le modèle suivant :

Filiere (Cod_fil, Nom_fil)

Cycle (Cod_cyc, Cod_fil, Lib_cyc)

Formation (Cod_form, Cod_cyc, Lib_form)

ClasseVir (Cod_niv, Cod_form, Lib_niv)

Module (Cod_mod, Cod_niv, Cod_ens, Lib_mod)

Chapitre (Cod_chap , Cod_mod, Nom_chap)

Références (Cod_ref, Titre_ref, Aut_ref, An_ref, Autre_ref)

ARef (Cod_mod, Cod_ref)

QCMs (Cod_qcm, Cod_chap, Enonc_qcm)

Choix (Cod_choix, Enonc_choix)

AChoix (Cod_qcms, Cod_choix, Rep_choix)

AReponse (Cod_choix, Cod_app, Rep_choix, Rep_app)

Exoassis (Cod_assis, Cod_chap, Enonc_assis)

Partie (Cod_part, Cod_assis, Enonc_part, Sol_part, Enonc_hlp1, Enonc_hlp2,
Enonc_hlp3, Dur_hlp)

ResoudEA (Cod_part, Cod_app, Rep_part, Eval_part)

Exercice (Cod_exo, Enonc_exo)

Avoirexo (Cod_exo, Cod_chap)

ASolExo (Cod_exo, Cod_app, Rep_exo, Eval_exo)

Lecon (Cod_lec , Cod_chap, Titre_lec, Niv_lec, Adr_lec)

Annotation (Cod_annot, Cod_lec, Cod_app, annotation, comment)

Indice (Cod_ind, Indice, Descrip)

Etreindexee (Cod_ind, Cod_lec)

Projet (Cod_prj, Cod_mod, Titre_prj, Enonc_prj, Dd_prj, Df_prj)

Tâche (Cod_tache, Cod_prj, Titre_Tache, Dr_tache, Dd_tache, Enonc_tache,
Adr_tache)

Sous_tache (Cod_sstask, Cod_tache, Cod_grtr, Titre_sstask, Dr_sstask, Dd_sstask,
Adr_rapp, etat_sstask)

Aentree (Cod_sstask, Cod_sstaske)

Asortie (Cod_sstask, Cod_sstasks)

Préliminaire (Cod_fiche, Cod_app, Cod_sstask, Adr_fiche, Date_fiche)

Enseignant (Cod_ens, Nom_ens, Pren_ens, Pseu_ens, Grade_ens, Tel_ens, Ville_ens,
Pays_ens, Mail_ens, Pass_ens)

Apprenant (Cod_app, Cod_niv, Cod_grtr, Nom_app, Pren_app, Sexe_app, Ville_app,
Pays_app, Pseudo_app, Passe_app, Mail_app, Tel_app, Dn_app,
Nbre_abs)

Groupe (Cod_grtr, Nbre_grtr, Nbre_report, Nbre_lieu, Nbre_annul)

Colsession (Cod_collab, Cod_grtr, Cod_sstask, Date_ses, Deb_ses, Fin_ses,
Nbre_msg, Nbre_prop, Nbre_app, Nbre_desapp, Nbre_eclair,
Nbre_demons, Nbre_abst)

Sessionappr (Cod-session, Cod_app, Date_sess, Heure_deb, Heure_fin)

Participer (Cod_app, Cod_collab, Msg_app, Prop_app, App_app, Desapp_app,
Eclair_app, Demons_app, Abst_app)

Plagehor (Cod_plage, Jour, Heure)

Agenda (Cod_app, Cod_plage, Etat)

3.6.3 Le MPD

Pour cette phase on doit faire recours à un SGBD « Système de Gestion de Base de données ». Le système qu'on doit choisir doit posséder certaines caractéristiques : compatible avec le langage Java, adéquat pour les applications web, fiable, rapide et gratuit. Ceci nous envoie tout droit vers MySQL « My Structured Query Language ».

MySQL²⁵ fait partie des principales bases de données. Considérée comme une référence du logiciel libre. Il fonctionne avec le système d'extraction de données SQL « Structured Query Language ». Ce SGBD fonctionne sous Linux et Windows. Il fait partie des logiciels de gestion de base de données les plus utilisés au monde, autant par le grand public (applications web principalement) que par des professionnels, en concurrence avec Oracle et Microsoft SQL Server.

Le MPD obtenu a été créé en utilisant MySQL Workbench²⁶ d'Oracle. Le diagramme résultant étant de grande taille, nous a contraints à le compacter. Ceci nous a donné une figure floue (Voir annexe3). Pour avoir une figure lisible, nous avons divisé notre diagramme en deux :

- La figure 3.8 représente une partie du MPD concernant le travail coopératif et la collaboration imposée.

- La figure 3.9 représente une autre partie du MPD sur le travail individuel et la collaboration désirée.

²⁵ www.mysql.fr

²⁶ <http://www.mysql.fr/products/workbench/>

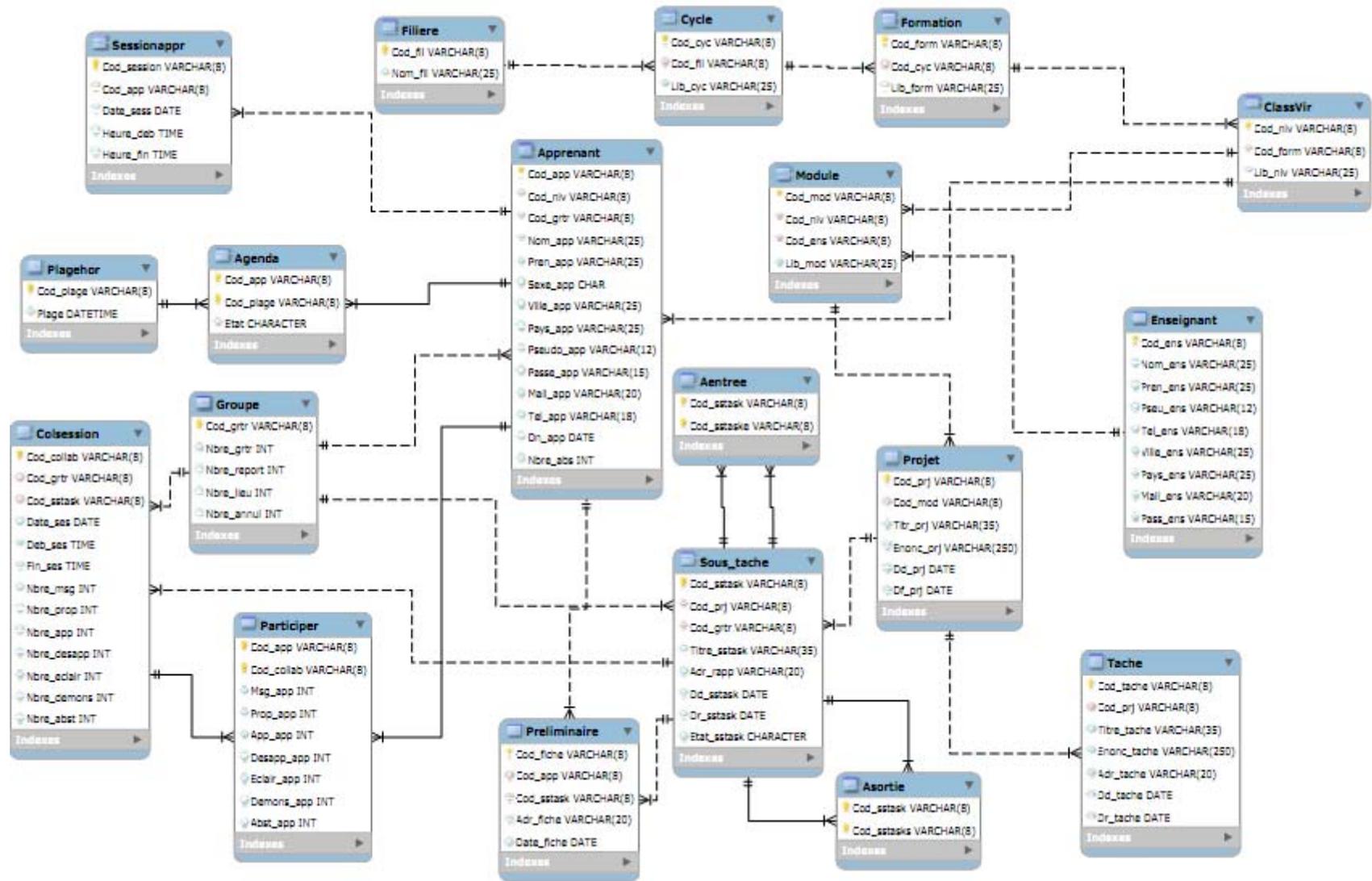


Figure 3.8 Le MPD « Partie Coopération/Collaboration imposée »

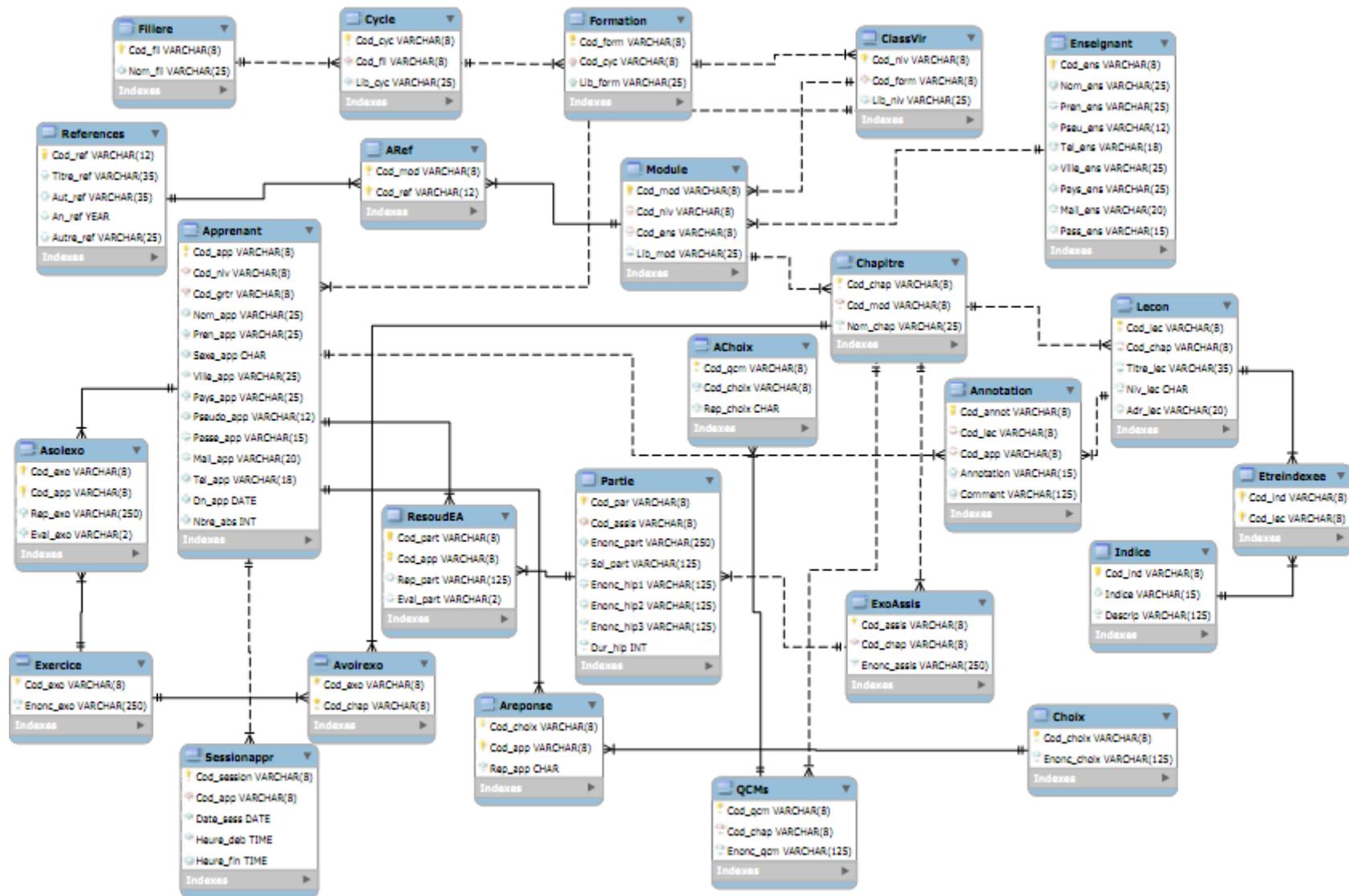


Figure 3.9 Le MPD « Partie travail individuel/collaboration désirée »

3.7 Conclusion

Nous considérons qu'introduire un ENT, c'est engager un processus d'innovation techno-pédagogique qui peut ou non conduire à des pratiques pédagogiques innovantes. Même si l'intégration des ENT ne s'accompagne pas nécessairement d'une innovation pédagogique, il introduit une innovation technique dans les pratiques des enseignants. C'est la raison pour laquelle l'intégration d'un ENT a été analysée ici en tant que processus d'innovation. Pour observer le degré d'intégration des ENT et le développement des usages par les enseignants, nous nous sommes appuyés sur le cadre théorique des deux chapitres précédents. L'apprentissage sous ses différentes formes a été abordé avec un intérêt particulier pour l'apprentissage collaboratif/coopératif via la pédagogie par projet. L'usage de la méthodologie Merise « partie Données » nous a été bénéfique et nous a permis la conception de la base de données qui constitue la composante majeure de l'environnement statique dans lequel et par lequel évolue les composantes dynamiques qu'on abordera dans les chapitres suivants.

3.8 Références

- Baptiste, J. L. (2009). « Merise, Guide pratique : Modélisation des données et des traitements, langage SQL » Edition ENI, Ressources informatique, France. ISBN : 978-2-7460-4845-4, ISSN : 1627-8224
- Faerber, R. (2002) « Le groupe d'apprentissage en formation à distance : ses caractéristiques dans un environnement virtuel ». In: Larose F & Karsenti T. (CRP Editions), pp : 99-128. Sherbrooke University
- Goupil, G. (1998) « Portfolio et dossiers d'apprentissage », Chenelière/Mc GRAW Hill, pp. 78
- Harbouche, K., Djoudi, M. (2009). "Modélisation d'un environnement numérique pour un apprentissage coopératif/collaboratif à base d'agents". Conférence Internationale des Technologies de l'Information et de la Communication, CITIC'09, Sétif, Algérie, 4 - 5 mai.
- Harbouche, K., Djoudi, M. (2007). "Agent-Based Design for E-learning Environment", Journal of Computer Science, ISSN: 1549-3636, Vol. 3, No. 6, pp. 383-389.

- Lobrot, M. (1992) « KURT LEWIN, LA DYNAMIQUE DES GROUPES », SCIENCES HUMAINES, n°14, pages 10 et 11.
- Muller, F. (1999) « Vers une évaluation personnalisée ». Dans Apprendre, revue Sciences Humaines, 98 p.30-33
- Odell, J. (2007) FIPA, IEEE Foundation for Intelligent Physical Agents, 2007, Acting chair: James Odell, <http://www.fipa.org/>
- Pernin, J., Ph. (2003). "Objets pédagogiques : unités d'apprentissage, activités ou ressources ? » Revue "Sciences et Techniques Educatives", Hors série 2003 " Ressources numériques, XML et éducation", pp 179-210, avril 2003, éditions Hermès.
- Perrenoud, Ph. (1991) "Pour une approche pragmatique de l'évaluation formative", Mesure et evaluation, vol. 13, n° 4, pp. 49-81
- Reibel, C. (1988). « Théorie et pratique de l'éducation scolaire : le triangle pédagogique » - vol. 1. Berne: Peter LANG.

Chapitre 4 : Environnement dynamique pour un apprentissage coopératif « Les agents artificiels »

4.1 Introduction

La conception d'un système d'apprentissage élaboré fait appel à un ensemble de processus complexes qu'il est parfois difficile d'associer dans un système cohérent et évolutif. Les systèmes multi-agents possèdent des caractéristiques qui permettent de mieux structurer les systèmes de transmission de connaissances et ouvrent de nouvelles perspectives d'assistance à l'apprentissage.

L'avantage d'un tel type d'environnements est qu'il est beaucoup plus évolutif puisque, si les notions enseignées évoluent, il suffit de modifier les connaissances enseignées par l'un des agents. Il n'est donc plus nécessaire de repenser le système de manière globale. De même, il est possible de s'absoudre de l'interface graphique vue par l'apprenant pour concevoir les agents possédant le savoir. Ce sont alors d'autres agents qui se chargent de mettre en forme les connaissances pour les présenter de manière conviviale à l'apprenant. La modification de l'environnement d'apprentissage se fait alors par modification des agents qui la gère. De plus, des agents médiateurs peuvent se charger de traduire les actions de l'apprenant en instructions compréhensibles par l'agent qui détient le savoir.

4.2 Quelle méthodologie ?

4.2.1 Pourquoi une méthodologie ?

La plupart des systèmes éducatifs actuels sont conçus autour d'une architecture mono-agent. Ceux-ci sont alors comparables à des systèmes experts qui réagissent aux actions de l'apprenant. Les systèmes multi-agents peuvent apporter une plus grande interaction pour les apprenants et le tuteur humain, notamment lorsqu'il s'agit de réaliser un travail collaboratif, une plus grande évolutivité et une intégration plus importante de systèmes d'apprentissage différents.

La principale difficulté induite par l'utilisation de systèmes multi-agents est qu'il est plus difficile de maîtriser le comportement et l'évolution du système global, constitué d'agents autonomes : pour un problème donné, il n'est pas assuré que l'ensemble des agents converge vers une solution commune et unique.

La taille du SMA à concevoir doit être dans le cadre du nécessaire et suffisant (Al-Sakran, 2007) :

- ✓ affecter plusieurs tâches à un seul agent pour limiter la taille du SMA implique une taille importante de l'agent ce qui va engendrer une difficulté de le manipuler en plus d'une lenteur considérable dans son exécution ainsi qu'un alourdissement du poste de l'agent artificiel,
- ✓ diviser la tâche entre plusieurs agents entraînerait une perte en temps de chargement des agents et un problème de gestion, de communication, de coordination du travail coopératif entre agents artificiels et de passage de relais entre agents artificiels et humains...

Pour palier à ces problèmes, nous devons faire recours à une méthodologie de génie logiciel mûre afin de spécifier et concevoir des systèmes à base d'agents où chacun devient une brique élémentaire du système d'apprentissage et peut être réutilisé au besoin dans d'autres systèmes d'apprentissage.

Mais, qu'est ce qu'une méthodologie ? Ce n'est pas simplement un exercice scolaire, ou un ensemble de notations pour décrire des modèles ou uniquement un processus à niveau élevé. On estime qu'une méthodologie est une démarche à suivre et une manière de procéder.

4.2.2 Les méthodes de conception des systèmes multi-agents

Un agent logiciel est vu comme un nouveau paradigme de développement d'applications. Les agents ne définissent pas une nouvelle discipline mais plutôt une nouvelle façon d'envisager l'utilisation des technologies existantes comme outils pour construire des applications qui interagissent dynamiquement et communiquent avec leur environnement immédiat et d'une manière (semi-) autonome.

-Une large variété de systèmes, de langages et d'efforts de standardisation ont été déployés pour concevoir des agents logiciels ; ceci est dû en partie à l'imprécision du terme "agent" :

« One of the most fundamental obstacles to the take-up of agent technology is the lack of mature software development methodologies for agent-based systems » (Luck, McBurney, et Preist).

Une méthodologie inclut une **description des concepts** pour concevoir des agents, **un processus**, un certain nombre de **notations** pour présenter les **modèles**, des **techniques** qui donnent des conseils sur la façon dont sont effectuées les étapes du processus.

Il existe trois types de méthodologies de conception des SMA:

a/ Méthodologies orientées agent basées sur l'orientation objet :

Beaucoup de méthodologies orientées objet ont trouvé un succès en industrie, par exemple la Technique de Modélisation à base d'Objets (OMT- Object Modelling Technique - Rumbaugh, 1991), l'Ingénierie du Logiciel Orientée Objet (OOSE- Object Oriented Software Engineering - Jacobson , 1992), la Conception Orientée Objet (Booch, 1994) et UML (Unified Modelling Language - Rational Software Corporation, 1997). Les extensions et les modifications des méthodologies orientées objet doivent prendre en compte les différences qui existent entre les objets et les agents. On ne peut voir, dans le cadre de cette thèse toutes les méthodologies mais la figure 2 illustre quelques unes.

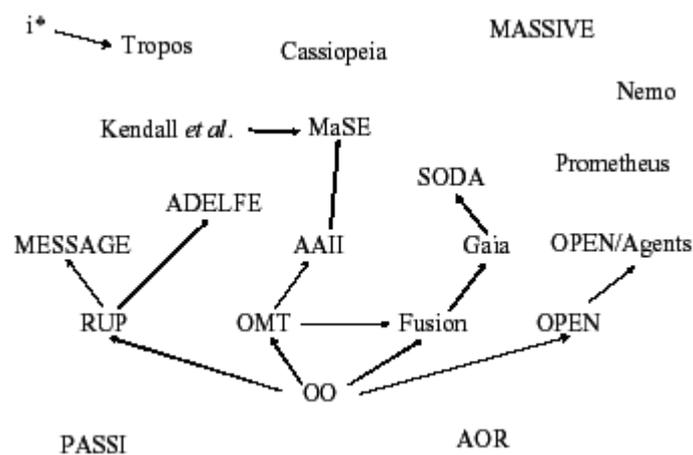


Figure 4.1 Méthodologies orientées agents

b/ Méthodologies orientées agent basées sur l'ingénierie des connaissances :

Plusieurs méthodologies pour le développement des systèmes multi-agents ont été proposées en partant des celles qui ont été dédiées à la modélisation des systèmes à bases de connaissances. La méthodologie la plus connue est MAS-CommonKADS qui étend la méthodologie CommonKADS, une norme européenne pour la modélisation de connaissances.

c/ Méthodologies purement agents

Dans le but d'évaluer les méthodes et méthodologies de conception des SMA, afin d'en choisir une, qui convient le mieux à nos besoins, nous avons procédé de deux manières différentes :

1/ Test et évaluation pratique de quelques méthodes :

Nous avons testé les méthodes suivantes :

a/ L'approche Voyelles AEIO « Agent Environnement Interaction Organisation » : Un SMA selon Demazeau (Demazeau, 2001) peut être décrit avec les quatre concepts Agent Environnement Interaction et Organisation. La méthode AEIO se décompose en trois phases : analyse conception et implémentation, chaque voyelle correspond à un ensemble de modèles qui devront être combinés pour aboutir à la réalisation du SMA (Harbouche et al., 2005).

b/ L'approche AGR « Agent Groupe Rôle » ou approche Aalaadin : Cette approche se base sur trois concepts : l'agent, le groupe et le rôle. L'agent est simplement décrit comme une entité autonome communicante qui joue des rôles au sien de déférents groupes. Un groupe est un regroupement d'agents, un agent pouvant être membre d'un ou de plusieurs groupes, les groupes peuvent se recouper. Le rôle enfin, est une représentation abstraite d'une fonction, d'un service ou de l'indentification d'un agent au sein d'un groupe particulier. Un même rôle peut être tenu par plusieurs agents comme il peut être le fait d'un seul (Harbouche. Mediani, 2005).

c/ La méthodologie MASE « Multi Agents System Engineering » : MaSE a été développée par Scott DeLoach et ses collaborateurs (Deloach, et al., 2001) au sein du Laboratoire d'Intelligence Artificielle du *Air Force Institute of Technology* (AFIT). Ils définissent un agent comme étant un objet actif ayant un objectif et un langage de communication.

En premier lieu, Prometheus est prévu pour être une méthodologie pratique. En tant que tels, elle doit être complète et détaillée. Prometheus doit être suffisamment complète parce qu'elle doit couvrir une gamme des activités allant des spécifications des besoins jusqu'à la conception détaillée; et elle doit être suffisamment détaillée pour fournir des conseils détaillés sur la façon de suivre les diverses étapes qui forment le processus de Prometheus.

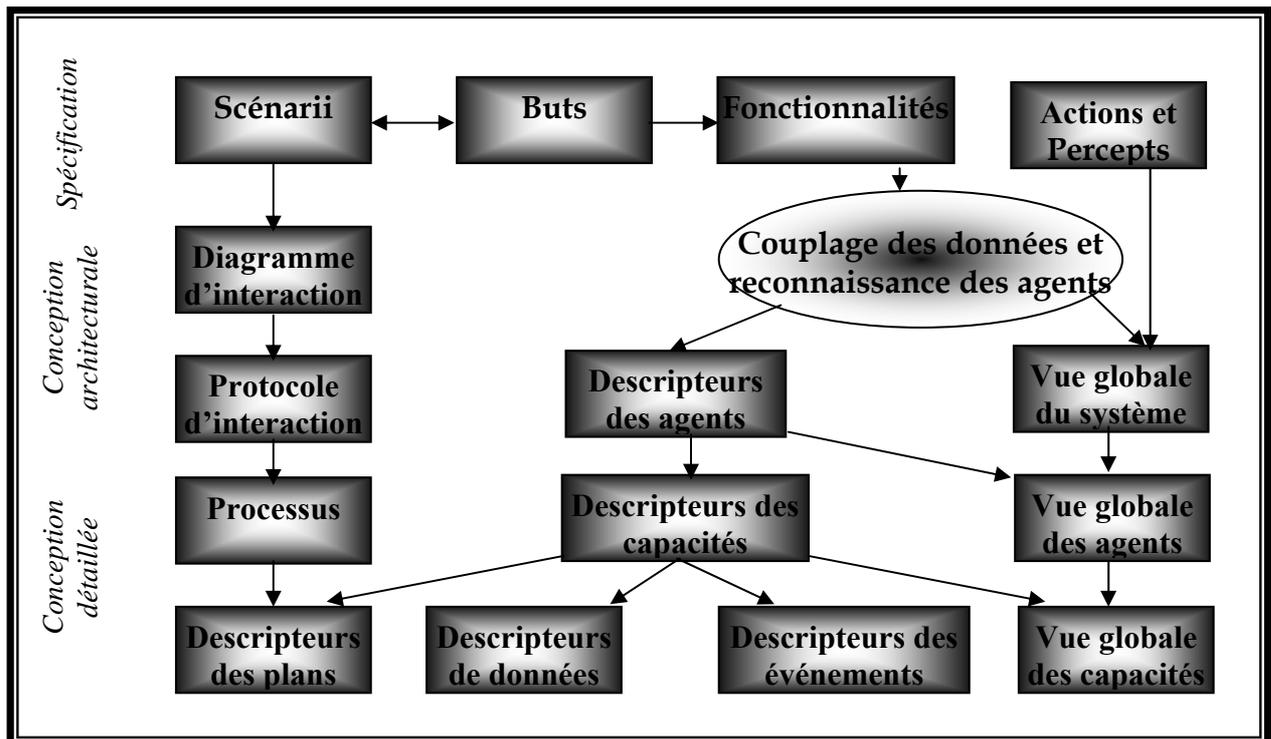


Figure 4.2 Vue d'ensemble de la méthodologie Prometheus

La méthodologie Prometheus, est prévue pouvoir soutenir la conception des systèmes intelligents. Nous croyons qu'une partie significative des avantages qui peuvent être gagnés du génie logiciel orienté agents vient de l'utilisation des buts et des plans pour réaliser des agents flexibles et robustes. BDI, bien qu'elle ne soit pas limitée à tels systèmes; tout sauf le niveau le plus bas de la conception, menant au code, peut être également bien employé pour des systèmes non-BDI et doit être modifié pour l'adapter au modèle particulier de la plateforme d'exécution visée.

4.3 Spécification, analyse et conception

Nous adoptons une position pragmatique; plutôt que de discuter ce qui devraient et ne devraient pas être considérées une partie d'une méthodologie, nous utilisons simplement dans Prometheus tout ce que nous pensons être nécessaire. Au fur et à mesure de notre évolution dans l'usage de la méthodologie nous incluons une description des concepts pour concevoir les agents, le processus, un certain nombre de notations pour présenter les modèles, des techniques qui donnent des conseils sur la façon dont sont effectuées les étapes du processus de Prometheus.

4.3.1 Spécification et analyse des besoins

Les spécifications du système commencent par une idée approximative du système, qui peut être simplement quelques paragraphes de description, et procéder à définir les conditions du système en termes de buts et fonctionnalités.

La spécification du système est un processus itérative et non linéaire.

4.3.1.1 Les buts du système

Dans un Environnement Numérique d'Apprentissage « ENA », la complexité du pilotage de l'apprentissage humain est telle qu'il est nécessaire de dépasser les modèles artificiels autonomes des agents au profit de modèles de coopérations d'agents humains et artificiels pour réaliser ce pilotage.

D'une part les agents artificiels doivent assister l'enseignant humain, qui se verra :

- ✓ dépassé et surchargé par les tâches qui lui sont confiées vu leur multiplicité et leur diversité ;
- ✓ contraint d'être omniprésent dans certaines situations nécessitant un suivi et une communication synchrone avec l'apprenant, alors qu'il est impossible qu'un enseignant ne soit en contact synchrone avec chaque apprenant à part

«problème de disponibilité à tout moment et de partage entre plusieurs apprenants à la fois ».

D'autre part l'agent artificiel doit assurer l'intégrité et la sécurité des informations de l'environnement.

Les buts que doivent atteindre nos agents artificiels sont :

- ✓ Evaluer les QCMs : Correction automatique des QCMs «alternatifs (oui / non), élémentaires (une seule bonne réponse par question), simples (une ou plusieurs réponses justes par question) » à la fin de chaque chapitre. On appelle ce type d'évaluation une évaluation formative: l'agent ici est un **substitut de l'enseignant**.
- ✓ Orienter l'apprenant dans la résolution des exercices semi-assistés. Cette orientation se fait suite à la demande de l'apprenant ou si le temps de réflexion s'est écroulé ou bien si l'apprenant a donné une réponse erronée : l'agent ici est un **sous-traitant de l'enseignant**.
- ✓ Proposer le cours :
 - Afficher le cours
 - Annoter le cours
 - Chercher index
- ✓ Proposer les exercices classiques :
 - Afficher les exercices
 - Mise à jour des solutions
 - Consultation des solutions et leur évaluation par l'enseignant
- ✓ Mise à jour du cartable projet : Mise à jour du projet, ses tâches, ses sous tâches ainsi que le calendrier proposé des tâches et vérifier l'intégrité des informations : une sous tâche « Ss_task1 » ne doit pas commencer avant la fin de sa sous tâche en entrée.
- ✓ Formation des groupes de travail « GrTr ».

- ✓ Gérer les comptes des différents utilisateurs :
 - Gérer le compte enseignant : ajout, modification, suppression, consultation.
 - Gérer le compte apprenant : ajout, modification, suppression, consultation.
- ✓ Gérer la communication synchrone entre apprenant : connexion, déconnexion, envoi de messages et réceptions de messages.
- ✓ Gérer les rendez-vous :
 - Fixer un rendez-vous
 - Annuler un rendez-vous
 - Reporter un rendez-vous
- ✓ Gérer une session de collaboration
 - Surveiller communication
 - Reporter les absences
 - Reporter les interventions
 - Faire respecter les états d'intervention
 - Animer la discussion
- ✓ Dresser un profil de l'apprenant et du groupe lors d'une session de travail.
- ✓ Gérer la coopération entre groupe de travail :
 - Mettre à la disposition des groupes de travail les résultats nécessaires
 - Faire progresser le travail coopératif

Goal Overview



Figure 4.3 Diagramme des buts du système

4.3.1.2 Les fonctionnalités

Les fonctionnalités sont des groupements de buts. Elles sont dénotées par les percepts qui lui sont appropriés, d'actions qu'elles exécutent et les données relatifs qu'elles emploient.

Les fonctionnalités peuvent être considérées en tant que « capacités » que le système doit avoir afin de répondre à ses objectifs de conception car, souvent, les fonctionnalités du système envoient vers les possibilités des agents dans le système.

La table 4.2 donne un aperçu des fonctionnalités issues de notre étude :

Fonctionnalité	Actions	Percepts	Données d'accès	Interactions
<i>Gestion B.D</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Accès à la base de données - Vérifier existence des informations - Extraction des informations 	-	- Base de données	-
<i>Gestion Interfaces</i>	<ul style="list-style-type: none"> Afficher interfaces enseignant Afficher interfaces apprenant 	<ul style="list-style-type: none"> - Demande interface enseignant - Demande interface apprenant 	-	<ul style="list-style-type: none"> Administration Gestion groupe Gestion Projet Gestion cours Gestion exercice Assistance résolution Résolution QCM Communication Collaboration Modélisation
<i>Administration</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Inscription des apprenants et des enseignants - M-à-j des comptes - Gestion des accès 	<ul style="list-style-type: none"> - Formulaires des inscriptions « apprenants et enseignants » - Formulaires d'accès 	<ul style="list-style-type: none"> - Comptes « des apprenants et enseignants » 	Gestion B.D

<i>Gestion Groupe</i>	- Mise à jour des groupes	- Demande d'adhésion	- Groupe	Gestion B.D
<i>Gestion Projet</i>	- Proposer projets - M-à-J projets - Diviser projets sur les GrTrs - Vérifier cohérences des informations	- Information projet - Information tâches - Information sous tâches	Cartable de projet Cartable de présentation	Gestion B.D
<i>Gestion cours</i>	- Proposer cours - M-à-J cours - Annoter cours - Chercher Index - Indexer cours - Afficher cours - Afficher annotation	- Demande afficher cours - Demande de M-à-J d'un cours	- Cartable de l'apprenant - Cartable de présentation - Casier de l'enseignant	Gestion B.D
<i>Gestion exercice</i>	- Proposer exercice - M-à-J des exercices - Afficher résolution - Afficher évaluation	- Demande d'afficher exercice - Demande de M-à-J exercice - Demande Résolution exercice - Demande évaluation exercice	- Cartable de l'apprenant - Casier de l'enseignant	Gestion B.D
<i>Assistance Résolution</i>	- Proposer exercices - Proposer Aide - Evaluer solution - Lire solution - M-à-J exo. Assist.	- Demande d'afficher exo. Assist - Demande de M-à-J exo. Assist - Demande de résolution - Demande d'assistance - Demande d'évaluation	- - Cartable de l'apprenant Casier de l'enseignant	Gestion B.D
<i>Résolution QCM</i>	- Proposer QCM - M-à-J QCM	- Demande d'afficher exercice	- Cartable de l'apprenant	Gestion B.D

	<ul style="list-style-type: none"> - Afficher écran résolution - Evaluation 	<ul style="list-style-type: none"> - Demande de M-à-J exercice - Demande Résolution exercice - Demande évaluation exercice 	<ul style="list-style-type: none"> - Casier de l'enseignant 	
Communication	<ul style="list-style-type: none"> Connexion Déconnexion Envoi msg Réception msg 	<ul style="list-style-type: none"> Demande de connexion Identification 	<ul style="list-style-type: none"> Compte apprenant Groupe 	Gestion B.D
Collaboration	<ul style="list-style-type: none"> Noter les absents Annuler session Noter intervention Animer session Surveiller communication Rédiger P.V 	<ul style="list-style-type: none"> Connexion établie 	<ul style="list-style-type: none"> - Colsession - Participer - Sous-tache 	Gestion BD Communication
Modélisation	<ul style="list-style-type: none"> Dresser profil de l'apprenant Dresser profil du groupe 	<ul style="list-style-type: none"> Demande de profil d'un apprenant/session Demande de profil d'un groupe/session 	<ul style="list-style-type: none"> - Colsession - Participer 	Gestion B.D
Coopération	<ul style="list-style-type: none"> Distribuer les tâches Progresser coopération 	<ul style="list-style-type: none"> Attribution projet Fin sous-tache 	<ul style="list-style-type: none"> - Cartable projet 	- Gestion B.D
Gestion RDV	<ul style="list-style-type: none"> - Fixer un RDV - Reporter un RDV - Annuler un RDV 	<ul style="list-style-type: none"> - Attribution d'un projet - Fin session collaboration - Connexion incomplète 	<ul style="list-style-type: none"> - Agenda 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion B.D - Gestion Projet - Collaboration - Communication

Table 4.2 Fonctionnalités du système

System Role Overview



Figure 4.4 Diagramme des rôles (Fonctionnalités)

4.3.2 Conception architecturale

4.3.2.1. Couplage et cohésion

Le choix des types d'agents qui existeront dans le système est peut-être la décision la plus importante à prendre dans cette phase: chaque type d'agent devrait être **cohésif** et le **couplage** entre les agents devrait être faible.

Un outil utile pour suggérer des groupements des fonctionnalités est le *diagramme de couplage des données* (Figure 4.4). Ceci dépiste chaque fonctionnalité et chaque apparence de gisement de données où les fonctionnalités lisent et écrivent des données.

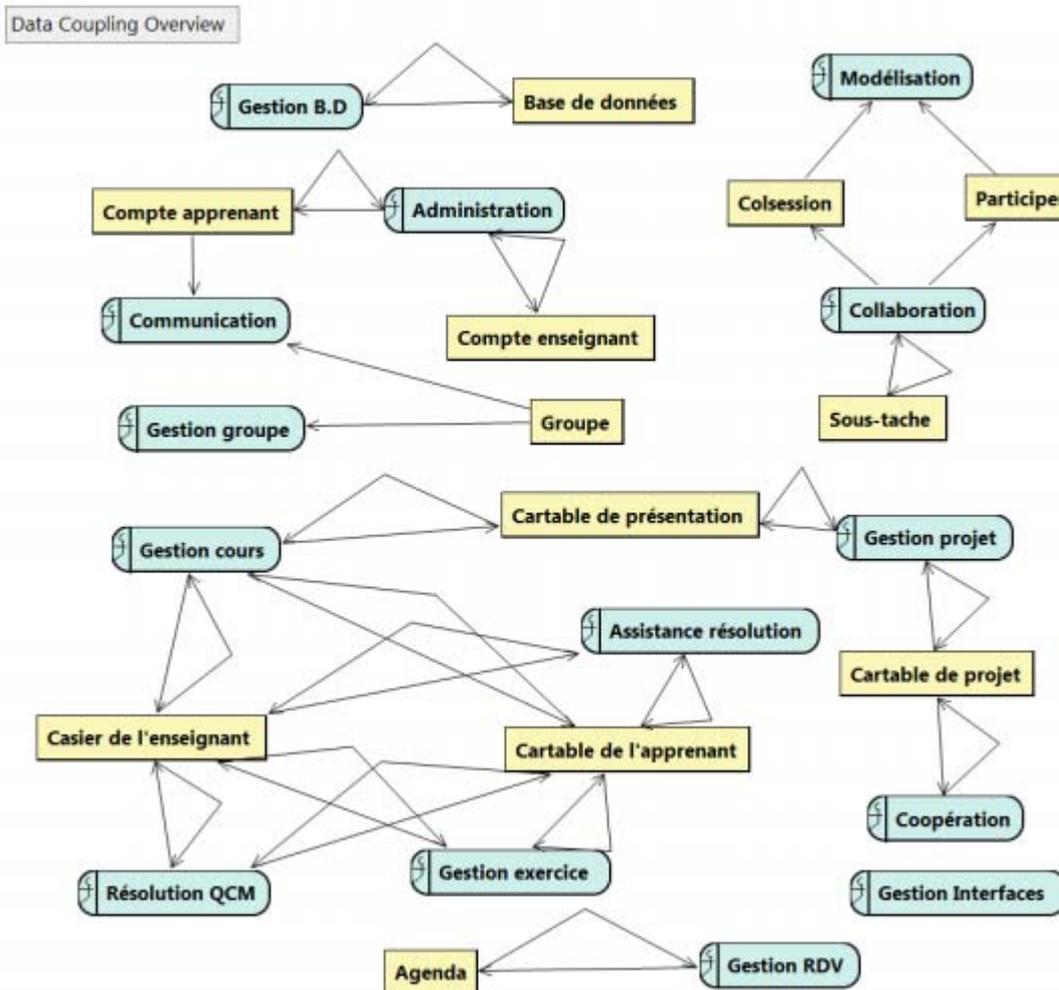


Figure 4.5 Diagramme de couplage de données

4.3.2.2. Identification des types agents

Dans Prometheus, un type d'agent est constitué en combinant une ou plusieurs fonctionnalités. Les différents groupements des fonctionnalités donnent les modèles alternatives qui sont évaluées en se basant sur la cohésion des types d'agent et du degré de couplage. De même, si deux fonctionnalités ont besoin des mêmes données, alors elles devraient peut-être être groupées ensemble.

Ceci nous donne les agents de la figure 4.5.

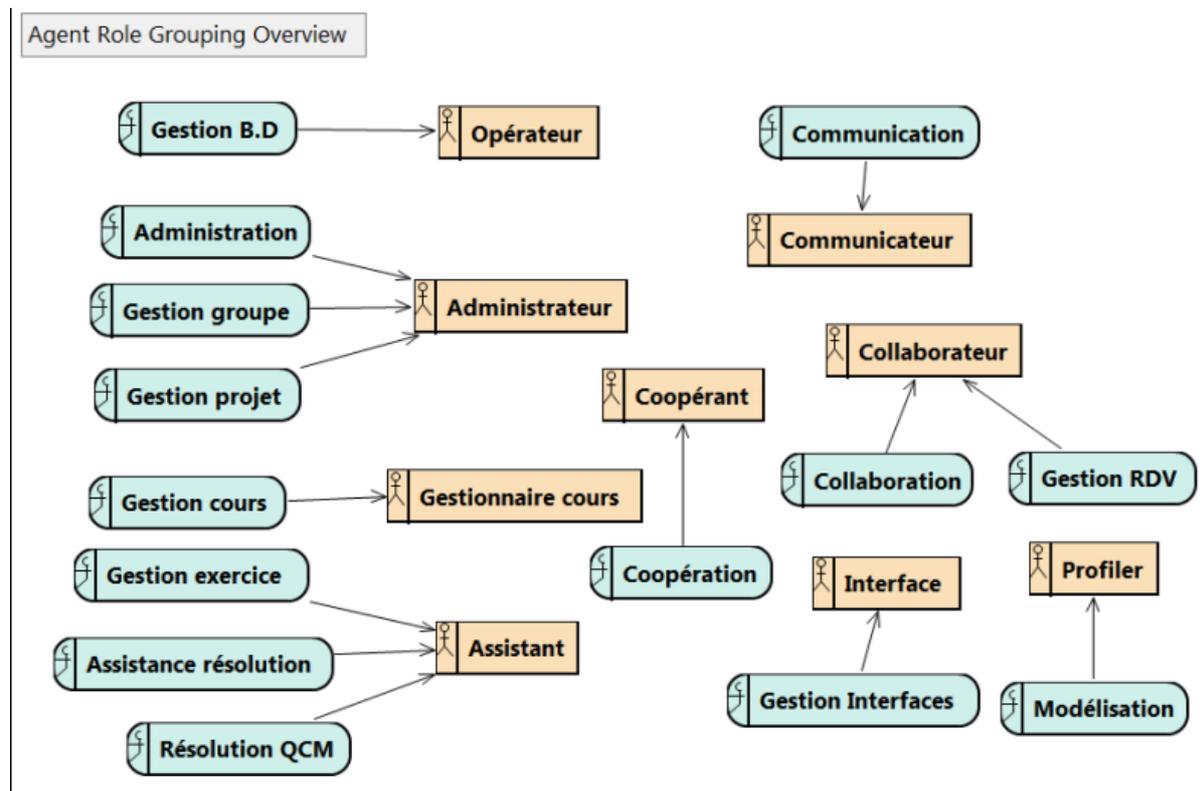


Figure 4.6 Diagramme de couplage Agent/Rôle

4.3.2.3. Diagrammes d'interaction

A cette étape de conception architecturale nous travaillons sur les interactions entre les agents. Ceux-ci sont développés en utilisant des *diagrammes d'interaction*. Spécifiquement, les notations utilisées sont une variante simplifiée des diagrammes de séquences d'UML «Unified Modeling Language» pour les diagrammes d'interaction et la version révisée d'Agent-UML (AUML) pour des protocoles d'interaction. Les figures (Figure 4.6 et Figure 4.7) montrent deux scénarii d'interaction entre agents et acteurs humain lors d'une résolution d'un exercice assisté et d'une session de collaboration respectivement.

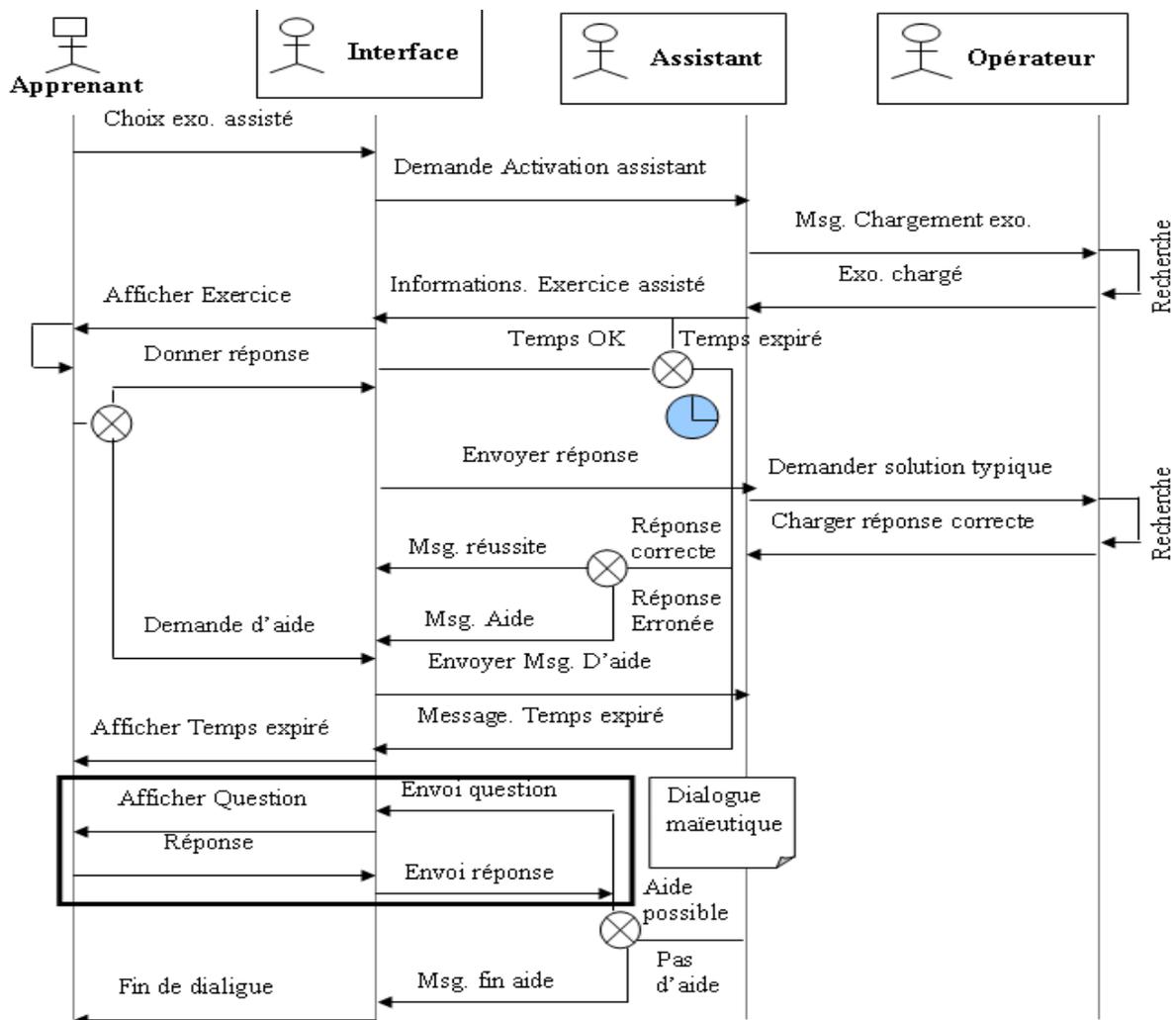


Figure 4.7 Diagramme de séquences «Scénario résolution exercice assisté »

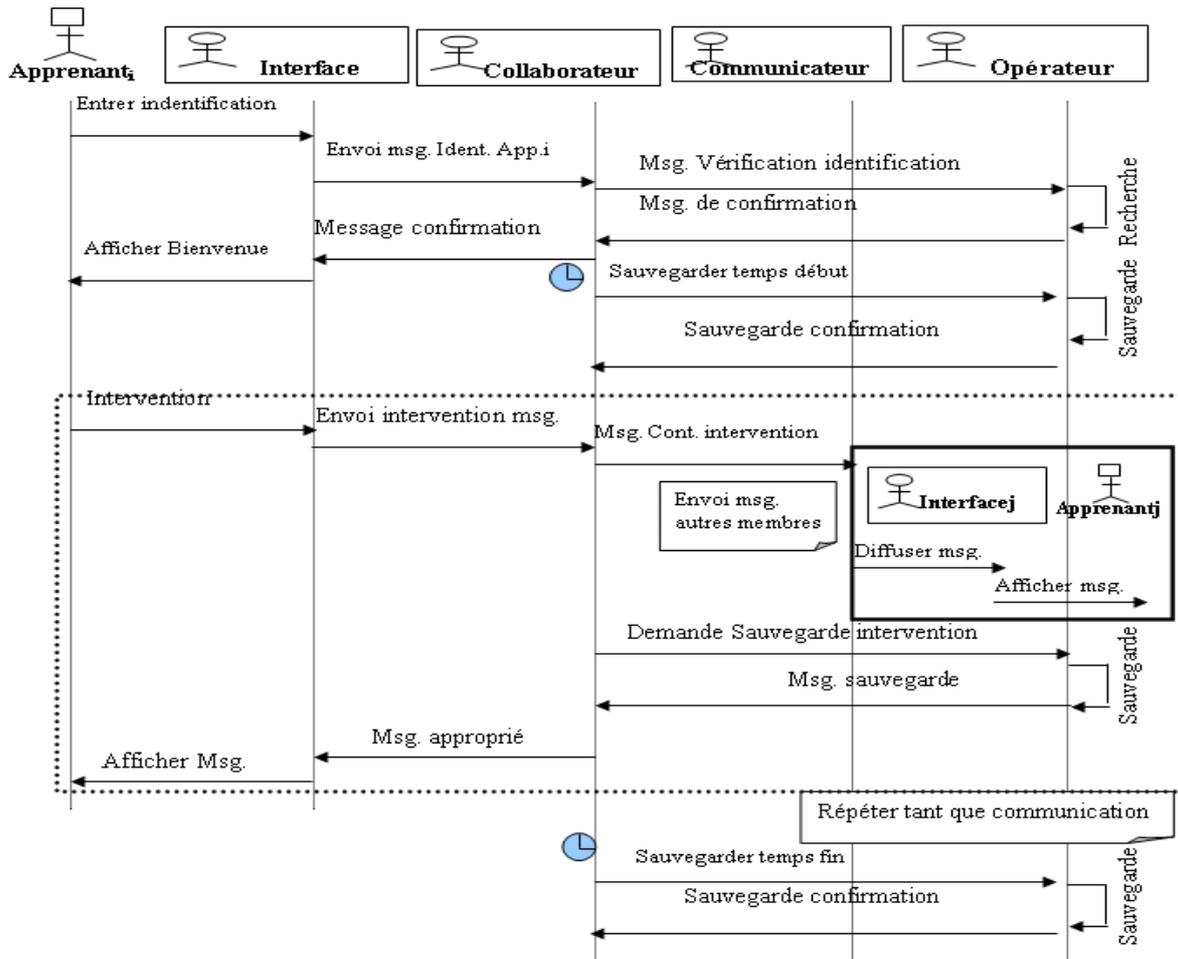


Figure 4.8 Diagramme de séquences « Scénario session de collaboration »

4.3.2.3. Structure globale du système

La structure globale du système est capturée dans un diagramme de vue d'ensemble du système (Figure 4.6). Le diagramme de vue d'ensemble du système est un des plus importants artefacts de modélisation produits dans Prometheus et est souvent un bon point de départ en essayant de comprendre la structure d'un système.

Le diagramme de vue d'ensemble de système montre les agents, les percepts, les actions, et les données externes comme étant des nœuds. Les flèches dirigées entre les nœuds indiquent les actions exécutées par des agents, les percepts reçus par des agents, et les données lues et écrites par des agents. Le diagramme de vue d'ensemble du système rassemble l'information des divers diagrammes et la présente sous une forme facilement comprise.

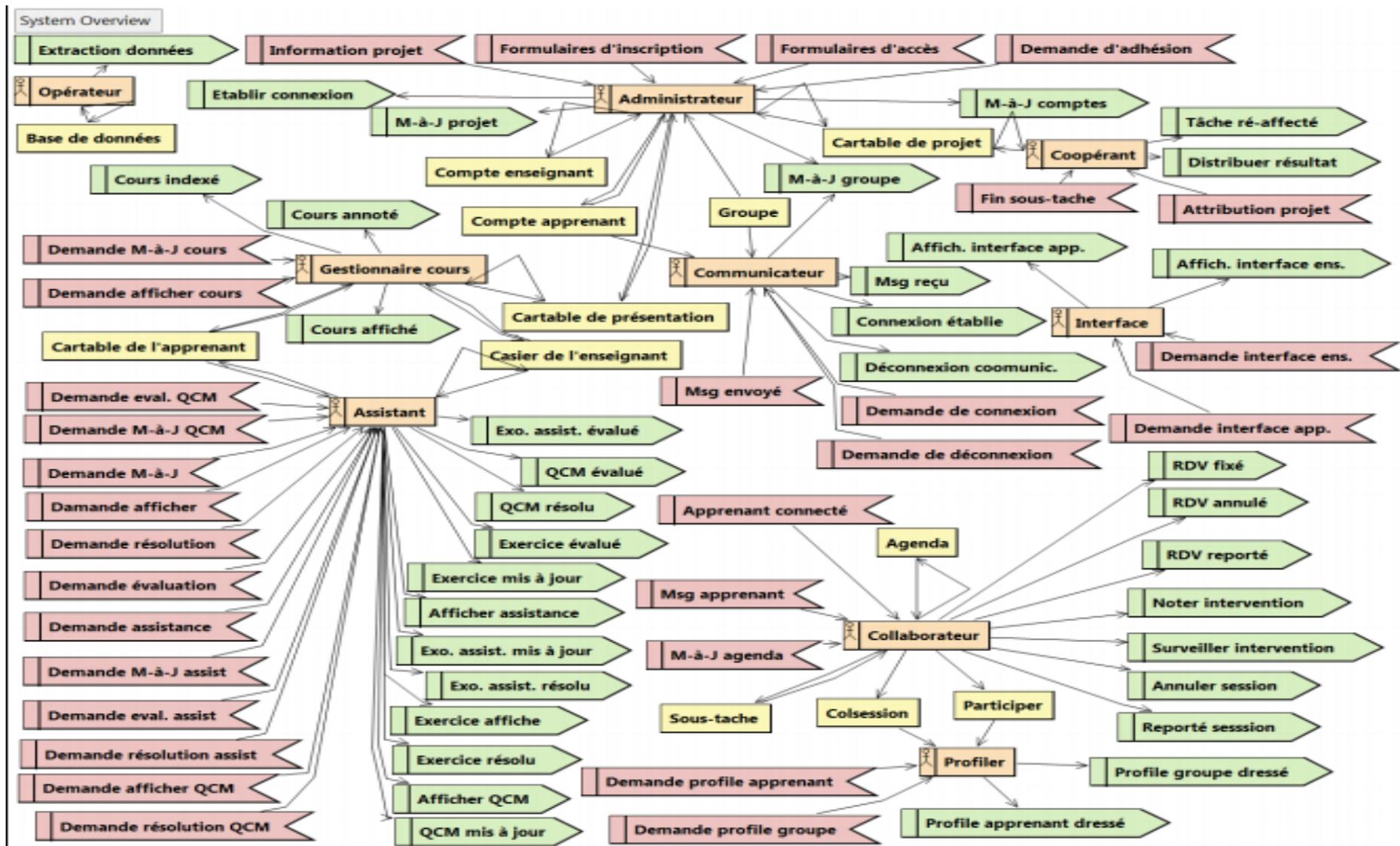


Figure 4.9 Vue globale du système

4.4 Conclusion

Les systèmes multi-agents constituent un modèle particulièrement intéressant dans les situations d'apprentissage qu'elles soient collaboratives, coopératives ou même individuelles. De façon simplifiée, chaque apprenant peut se voir attribuer un agent tuteur qui se chargera de le guider pour faire évoluer le projet du groupe. Pour faire progresser efficacement son apprenant, l'agent doit alors tenir compte des connaissances de ce dernier, mais également de celles des autres membres du groupe. Quoi qu'il en soit, il est nécessaire d'intégrer parmi les agents un agent tuteur humain, et ce pour plusieurs raisons:

- ✓ Afin de guider le système pour qu'il ne s'éloigne pas trop de l'objectif premier qui est d'inculquer une notion particulière donnée à un élève .
- ✓ Pour permettre à l'élève de dialoguer en langage naturel avec un système capable de le comprendre malgré quelques imprécisions de langage ; les systèmes en langage naturel actuels ne permettant pas d'émuler un dialogue très évolué .

Prometheus couvre une grande partie du cycle de développement, même si les besoins ne sont que peu abordés. Les phases de test, validation, déploiement et maintenance sont totalement absentes, ainsi que la gestion de qualité et de conduite de projet. Les activités sont assez bien décrites ainsi que les artefacts à produire.

Les points forts de Prometheus sont son utilisation facile, l'existence de support de l'outil **PDT** (**P**rometheus **D**esign **T**ool) qui manipule les descripteurs et vérifie partiellement les interactions entre objets du modèle (Padgham et Winikoff, 2005) ainsi que sa couverture de la majorité des phases du génie logiciel.

4.5 Références

- Al-Sakran, H. (2007). "An Agent-based Architecture for. Developing E-learning System", *Information. Technology Journal* 5(1), pp: 121-127
- Deloach, S.A., Wood, M.F., Sparkman, C.H. (2001). "Multi Agent Systems Engineering (MASE)", *International Journal on Software engineering and knowledge engineering*, vol. 11 (3), pp. 231-258.
- Demazeau, Y., Briot, J.P. (2001). "Principes et architecture des systèmes multi-agents » Ed. Lavoisier
- Harbouche, K., Djoudi, M. (2007c). "Assistant virtuel à base d'agents pour un enseignement a distance". *International Conference on Computer Integrated Manufacturing CIP'2007*, 3-4 Novembre.
- Harbouche, K., Djoudi, M. (2006). "Apprentissage coopératif à base d'agents artificiels sur Internet". *Journées d'étude sur les TIC, JeTIC2006*, Bechar, Algérie, 15-16 Avril.
- Harbouche, K., Mediani, C., Djoudi, M. (2005). "Environnement numérique d'apprentissage à distance a base d'agents". *Congrès International en Informatique Appliquée, CIIA'05*, Bordj Bou Arréridj, Algérie., 19-21 Novembre.
- Harbouche, K., Mediani, C., (2005). « Environnement Numérique de travail pour un apprentissage coopératif médiatisé à distance », *Colloque Euro Méditerranéen pour l'Approfondissement de la formation à distance, CEMAFORAD2*, Université de Béjaia, Algérie, 12,13,14 Novembre.
- Luck, M., McBurney, P., Preist, C. (2003). "Agent technology: Enabling next generation computing", *Agent LinkII*, pp: 5-10.
- Padgham, L., M. Winikoff, (2005). "Prometheus: A Practical Agent-Oriented Methodology". In *Agent-oriented methodologies* (eds B. Henderson and P. Giorgini) pp. 107-135. Idea Group Publishing (IGP)

Chapitre 5 : Agents intelligents support à la conception du système d'apprentissage

5.1 Introduction

Une des difficultés de la transmission de connaissances à un être humain réside dans la complexité de l'analyse de son comportement face au système d'apprentissage (méfiance, ennui...), de la compréhension de ses attentes (« je veux apprendre l'informatique») et de ses besoins (notions en statistiques). Les systèmes multi-agents permettent de concevoir un ensemble d'agents chargés d'essayer de comprendre les attentes de l'apprenant.

Nous sommes arrivés à l'étape détaillée de la méthodologie Prometheus. Dans cette étape les détails internes de chaque agent sont développés et définis en termes de capacités, données, événements, et plans.

La conception détaillée consiste en:

- Développer les caractéristiques internes des agents, en termes de capacités. Ceci est fait en utilisant des diagrammes de vue d'ensemble d'agent.
- Développer les détails des capacités en termes d'autres possibilités aussi bien qu'en termes d'événements, de plans, et de données.

5.2 Les capacités des agents

Les capacités sont un mécanisme structurant apparenté aux modules. Une capacité peut contenir des plans, des données, et des événements. Elle peut également

contenir d'autres capacités tenant compte d'une structure hiérarchique. Nous commençons habituellement par considérer des capacités pour chaque fonctionnalité qui a été groupée dans le type d'agent. Cette première conception détaillée est alors raffinée en fusionnant les capacités qui sont semblables et petites, dédoubler les capacités qui sont trop grandes, et ajouter les capacités qui correspondent au code commun de la "bibliothèque".

La structure de chaque agent est décrite par un diagramme de vue d'ensemble d'agent. Ce dernier est semblable au diagramme de vue d'ensemble du système sauf qu'il ne contient pas des nœuds d'agents. Cependant, le diagramme de vue d'ensemble d'agent contient des nœuds de capacités.

L'agent Collaborateur possède quatre(4) capacités : Gérer session, Animer session, Rédiger rapport et Planifier RDV (Figure 5.1).

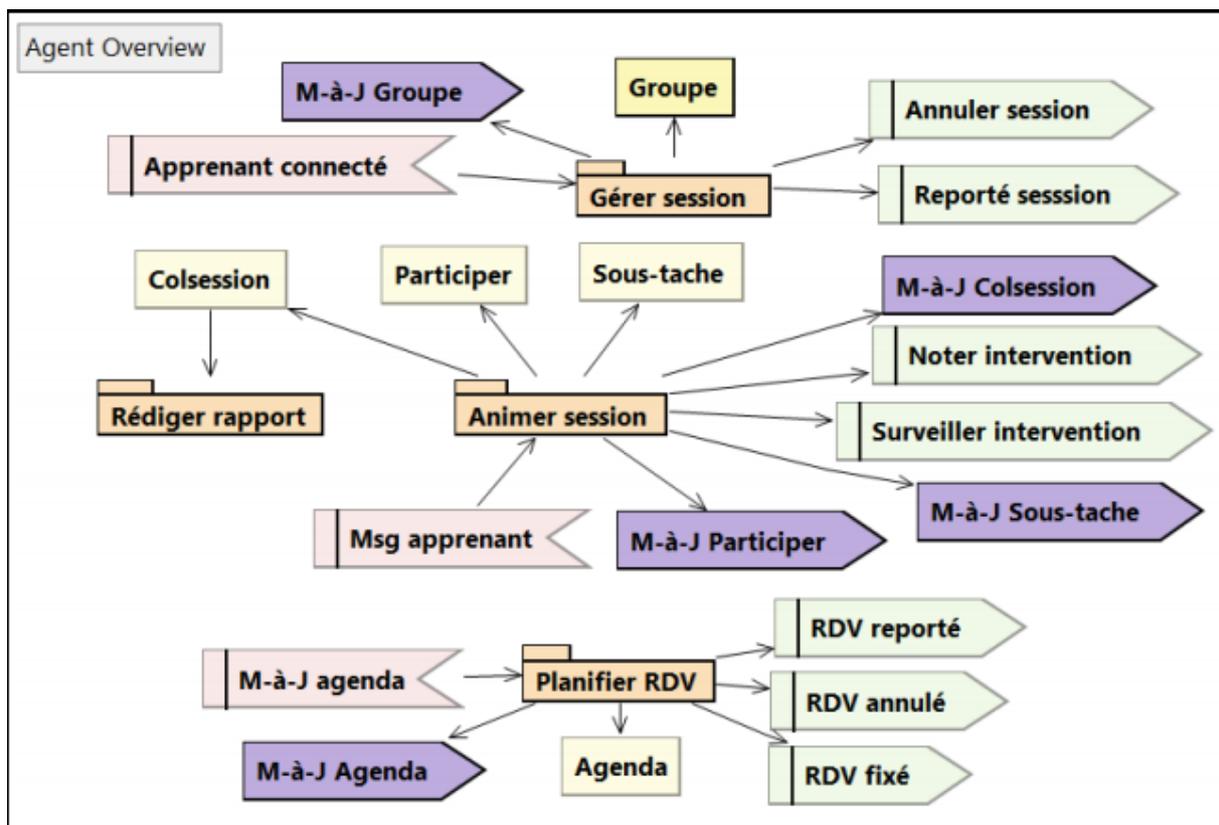


Figure 5.1 Diagramme de vue de l'agent Collaborateur

L'agent Profiler possède deux(2) capacités : Dresser profil apprenant et Dresser profil groupe (Figure 5.2).

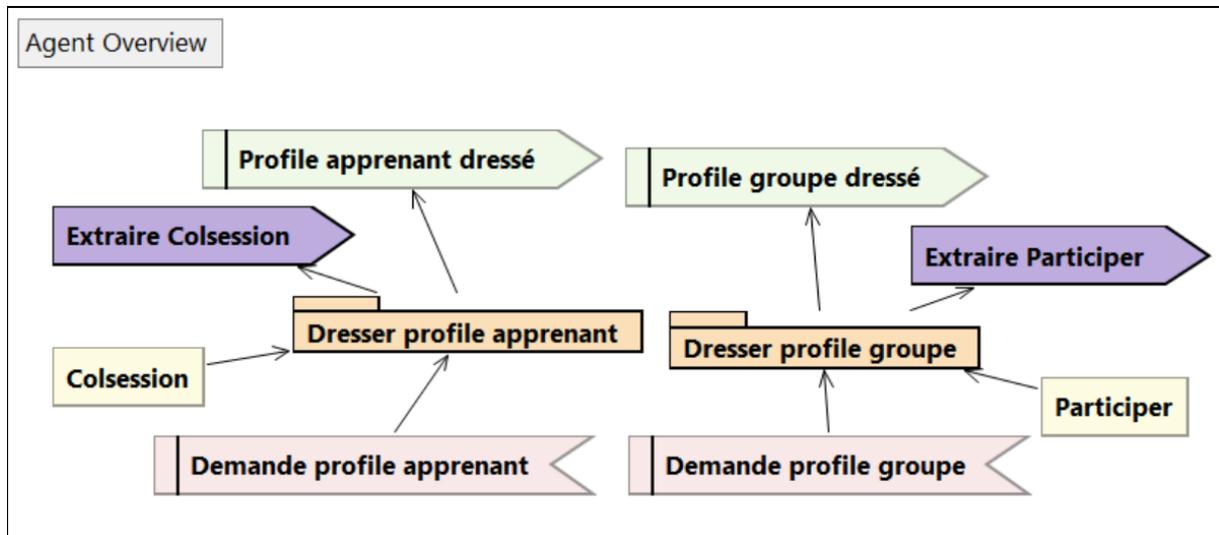


Figure 5.2 Diagramme de vue de l'agent Profiler

L'agent Coopérant possède deux(2) capacités : Affecter tâche et Réaffecter tâche (Figure 5.3).

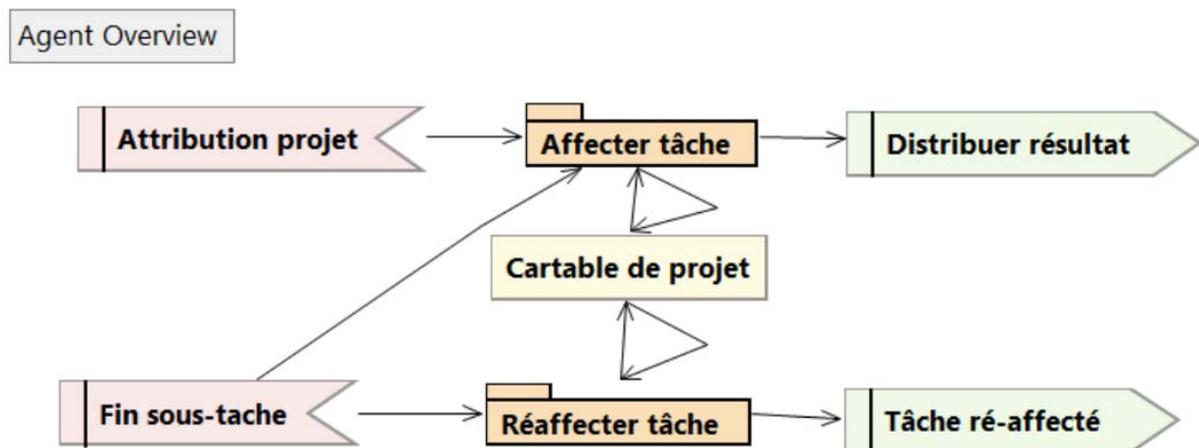


Figure 5.3 Diagramme de vue de l'agent Coopérant

L'agent Communicateur possède deux(2) capacités : Connecter et Chatter (Figure 5.4).

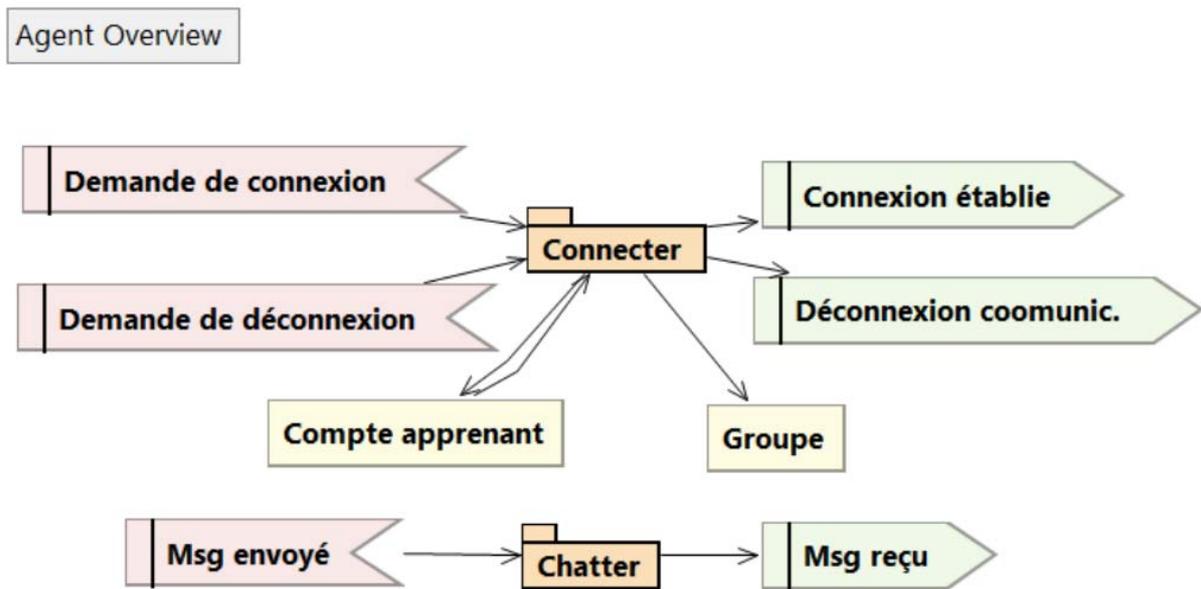


Figure 5.4 Diagramme de vue de l'agent Communicateur

L'agent Gestionnaire cours possède deux(3) capacités : Indexer cours, Cours annoter et Cours afficher (Figure 5.5).

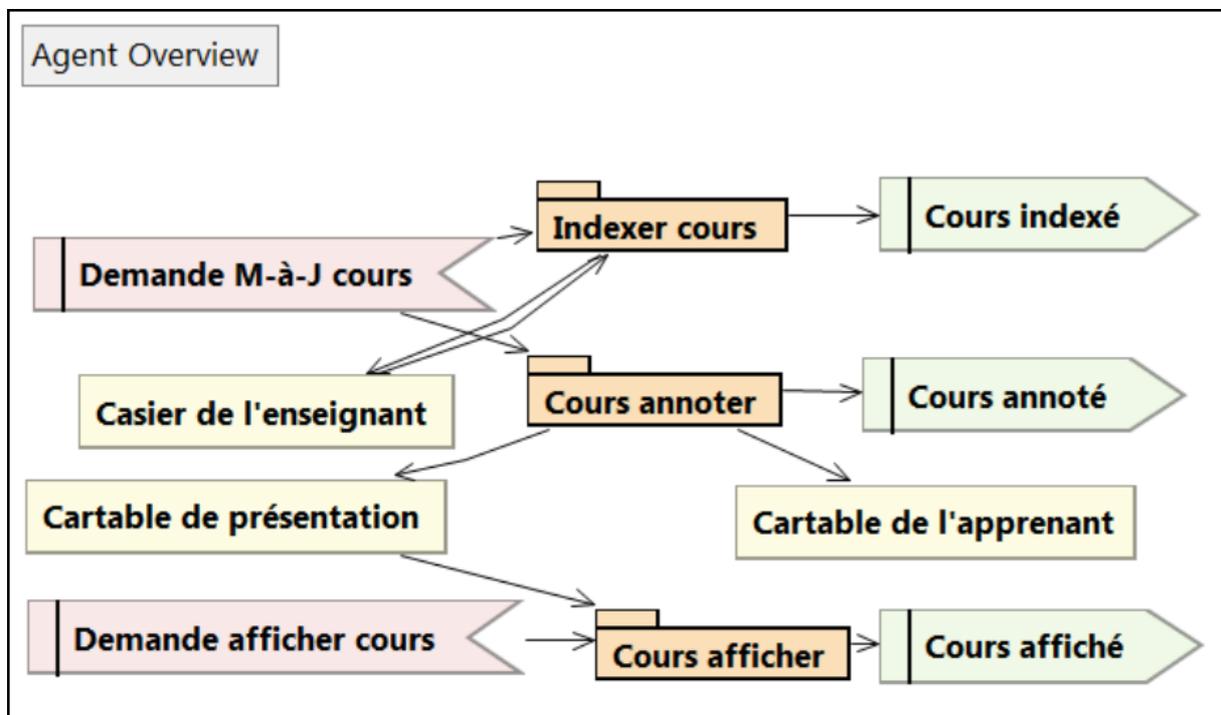


Figure 5.5 Diagramme de vue de l'agent Gestionnaire cours

Les deux agents « Interface et Opérateur » possèdent chacun une capacité : Afficher Ecran (Figure 5.6) et Gérer B.D (Figure 5.7) respectivement.

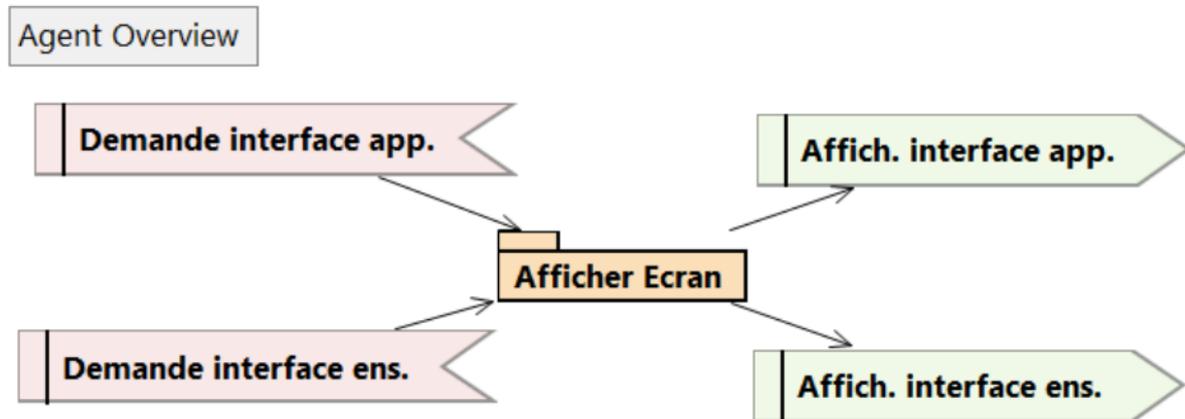


Figure 5.6 Diagramme de vue de l'agent Interface

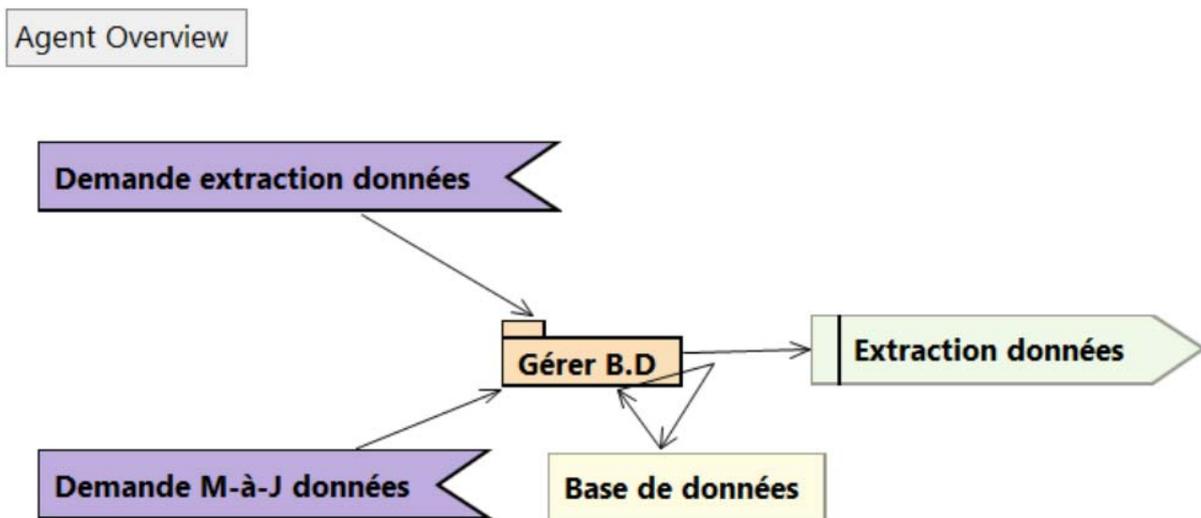


Figure 5.7 Diagramme de vue de l'agent Opérateur

5.3 Architecture interne de l'agent Profiler

5.3.1 La communication H-H / H-M : Les actes de langage

La théorie des actes de langage est une théorie de la communication fondée dans les années 1960s par le philosophe John Langshaw Austine (Fournier, 2011).

Le postulat à la base de la théorie affirme que la production d'un énoncé s'assimile à l'accomplissement d'actions : si agir c'est transformer l'état des choses, parler c'est, également, transformer l'état mental des interlocuteurs. Une conséquence de ce postulat est qu'il doit être possible d'identifier les constituants élémentaires de la communication. Ceux-ci sont appelés *actes de langage*.

Un **acte de langage** est un moyen mis en œuvre par un locuteur pour agir sur son environnement par ses mots : il cherche à informer, inciter, demander, convaincre, etc. son ou ses interlocuteurs par ce moyen. L'acte de langage désigne donc aussi l'objectif du locuteur au moment où il formule son propos.

J.L. Austin distingue trois types d'actes de langage :

- Les *actes locutoires* se rapportent à la formulation d'un énoncé. Ces actes sont satisfaits lorsque l'énoncé est correctement formulé.
- Les *actes illocutoires* désignent l'action effectuée sur l'auditeur lors de la formulation de l'énoncé (exemple donner un ordre, poser une question). Ils sont accomplis avec succès lorsque l'effet attendu sur auditeur est obtenu (exemple un ordre exécuté, réponse à une question).
- Les *actes perlocutoires* rapportent aux conséquences indirectes visées par les actes locutoires et illocutoires. Ils ne sont pas codés dans l'énoncé et dépendent du contexte dans lequel s'effectue la communication. Ils sont satisfaits lorsqu'ils sont reconnus par l'auditeur (exemple convaincre, faire croire, ...).

John Searle (Etudiant d'Austine) explique qu'un individu s'adresse à un autre dans l'idée de faire quelque chose, à savoir de transformer les représentations de choses et

de buts d'autrui, plutôt que de simplement dire quelque chose. On peut alors modéliser l'acte de langage comme n'importe quel autre type d'acte : il a un but (aussi appelée intention communicative), un pré-requis, un corps (c'est-à-dire une réalisation) et un effet (Searle, 1990).

Il existe différents types d'actes de langage, que l'on catégorise généralement selon leur but : citer, informer, conclure, donner un exemple, décréter, déplorer, objecter, réfuter, concéder, conseiller, distinguer, émouvoir, exagérer, ironiser, minimiser, railler, rassurer, rectifier...

5.3.2 Le système d'analyse du processus d'interaction de Bales

5.3.2.1 Présentation

Plusieurs psychosociologues se sont intéressés à l'étude des interactions dans un groupe de travail. L'étude menée par Robert F. Bales, entre 1946 et 1949, dans le cadre de la dynamique de groupes (Fahy, 2006), lui permit, après observation de plusieurs petits groupes de discussion face à face, de mettre au point un système d'analyse du processus d'interaction (*IPA : Interaction Process Analysis*). Cet IPA permet de fournir un outil qui permet d'une part d'effectuer une analyse quantitative et qualitative des relations interindividuelles et de la dynamique du groupe et d'autre part d'établir des profils individuel d'analyser la qualité des relations socio-affectives et les comportements orientés vers le travail à partir du nombre et du type d'interactions. Cet outil est appelé : **la grille de Bales**.

Le principe d'application de la méthode IPA dans des groupes en ligne est très proche de celui déployé pour les groupes qui travaillent en face à face. Il s'agit d'une classification d'actes de comportement (acte par acte), de façons d'analyser les données pour obtenir des indices descriptifs du fonctionnement du groupe et extraire les facteurs influençant ce processus.

5.3.2.2 Description de la grille de Bales

C'est un jeu de 12 catégories : 6 catégories concernent les interventions centrées sur le travail en cours, 6 autres sur les relations interpersonnelles, socio-affectives. Dans chacun de ces deux domaines, 3 catégories permettent de décrire, selon leur nature, des aspects positifs de l'intervention, 3 autres, inversement, des aspects négatifs (Fahy, 2006).

La table 5.1 donne un récapitulatif de la grille dans une situation d'interaction en face à face et en ligne.

Classe Catégorie	Relations interpersonnelles (Socio-affectives)		Interventions centrées travail	
	<i>Aspects négatifs (2)</i>	<i>Aspects positifs (3)</i>	<i>Aspects négatifs (2)</i>	<i>Aspects positifs (3)</i>
Bales (Face à face)	<i>Intégration (a)</i>		<i>Contrôle (a)</i>	
	Solidarité, sympathie et aide	Désaccord	Suggestion	Demande d'information
	<i>Etat émotionnel (b)</i>		<i>Evaluation (b)</i>	
	Détente et relâchement de tension	Stress et tension	Avis, opinion	Demande d'opinion et d'avis
	<i>Décision (c)</i>		<i>Orientation (c)</i>	
	Accord	Attaque et animosité	Directive : information et orientation	Demande de suggestions
En ligne	Le point (a) est plus fort Le point (c) est identique au face à face	-	Identique aux points (a) et (b) du face à face	Identique au face à face

Table 5.1 Grille d'analyse Bales/en ligne

5.3.3 Analyse du comportement de l'apprenant

Durant une session de collaboration les apprenants échangent des messages en utilisant les actes de langage. Ces actes doivent être prédéfinis et choisis suivant les contraintes suivantes :

- ✓ Situation d'apprentissage en ligne.
- ✓ L'agent Profiler doit ignorer toute relation socio-affective entre apprenants.
- ✓ Son objectif est de dresser un profil comportemental de l'apprenant et du groupe.
- ✓ Le nombre d'actes doit être limités mais suffisant pour refléter et les aspects positifs et les aspects négatifs et couvrir tous les problèmes de contrôle et d'orientation.

Les actes choisis sont illustrés dans la figure 5.8 :

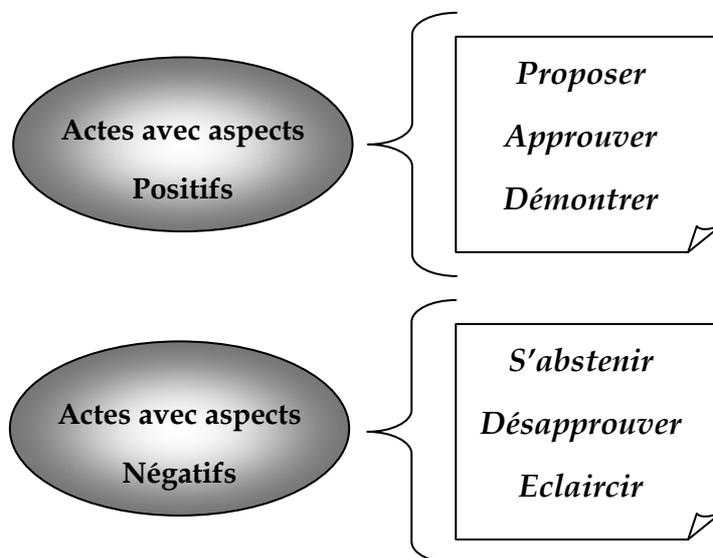


Figure 5.8 Schéma des Actes de Langages

Ces actes permettent d'identifier deux types de problèmes de collaboration comme montré dans la Figure 5.9:

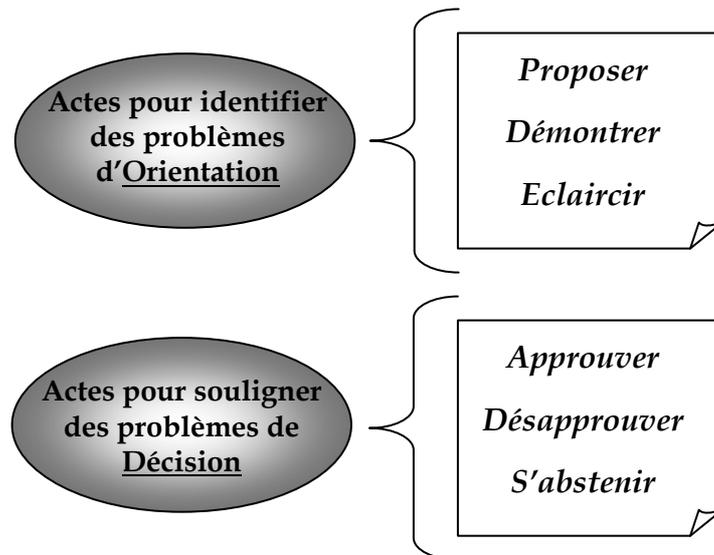


Figure 5.9 Correspondance Actes/Problèmes

La catégorisation de l'apprenant est réalisée comme suit :

- ✓ Après chaque session de collaboration on sauvegarde le nombre total d'actes utilisés par chaque apprenant dans la base de données en calculant le totale des actes positifs nommé TP, le totale des actes négatifs nommé TN et le totale de ses interventions nommé TI.
- ✓ Analyse se fait dans deux cas :
 - A. L'enseignant demande d'analyser le comportement de l'apprenant en précisant son groupe après une seule session.
 - B. L'enseignant demande d'analyser le comportement de l'apprenant en précisant son groupe après plusieurs sessions.

Etape1 : Collecte des informations

Dans la tentative de l'utiliser pour dresser un profil épistémique de l'apprenant dans le groupe et celui du groupe dans son ensemble, l'agent :

- Surveille tout échange structuré en actes entre membres du groupe lors d'une session de collaboration. Le but de l'agent artificiel est d'identifier la nature de

chaque intervention et non pas son contenu en utilisant les actes de langage décrits pour notre environnement.

- Attribue un score qui signifie le nombre d'utilisation d'un acte par un apprenant, collecte les actes déployés par les membres du groupe.
- Les actes collectés par type sont sauvegardés dans la base de données. La Figure 5.10 montre une partie du MPD où sont stockés ces actes de langage.

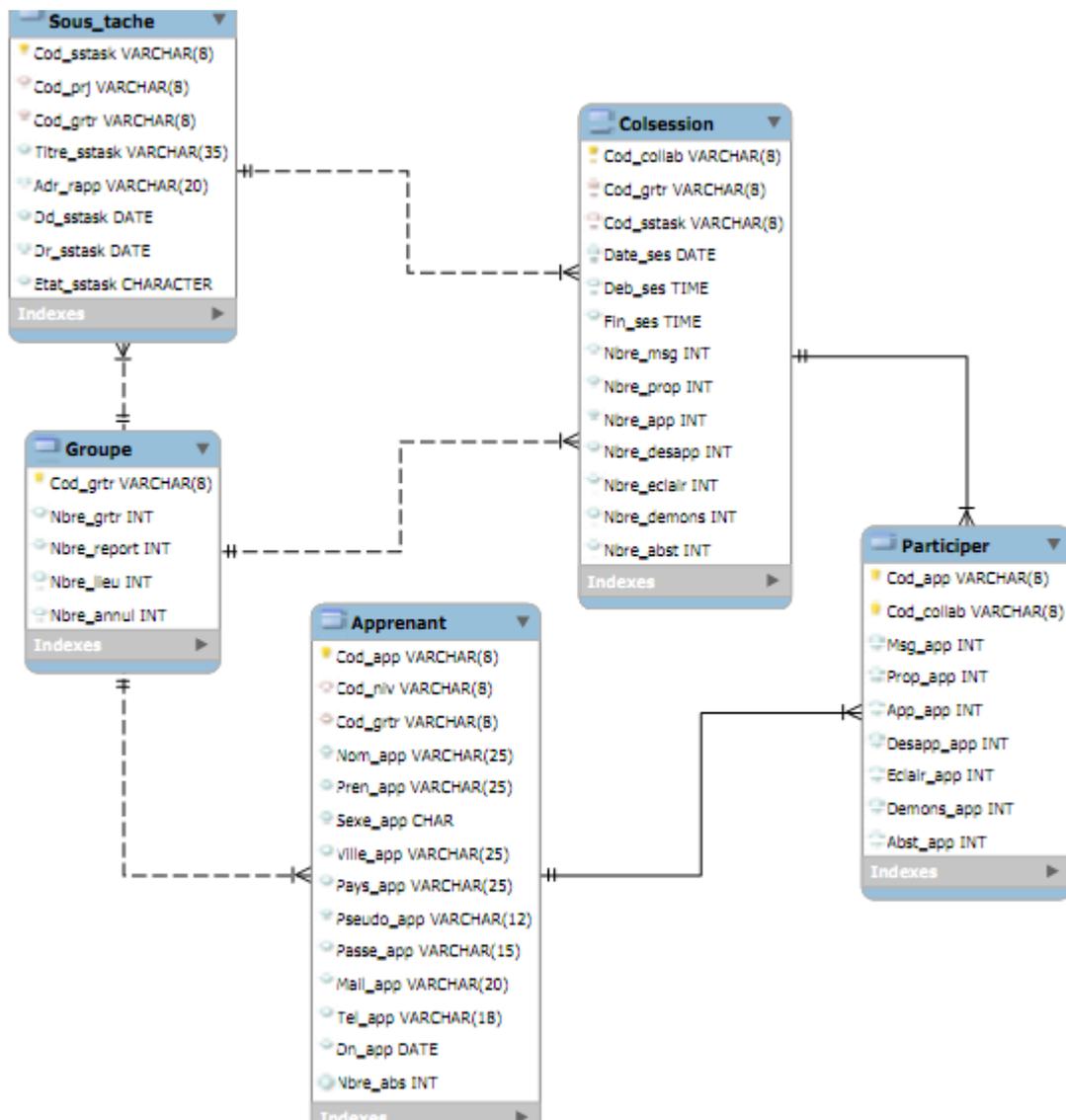


Figure 5.10 Sauvegarde des actes : Tables de la base de données concernées

Etape2 : Etape d'analyse

Cette étape est déclenchée suite à une demande de l'enseignant. Nous avons deux cas d'analyse :

- A. L'enseignant demande d'analyser le comportement de l'apprenant durant une session de collaboration.
- B. L'enseignant demande d'analyser le comportement du groupe durant une session de collaboration.

L'agent intelligent fait recours aux méthodes de la logique floue « Fuzzy Logic » (Gacogne, 2001) pour dresser un profil de l'apprenant dans le groupe et celui du groupe durant une session de collaboration : Cette étape est subdivisée en Cinq (5) sous-étapes (Figure 5.11) :

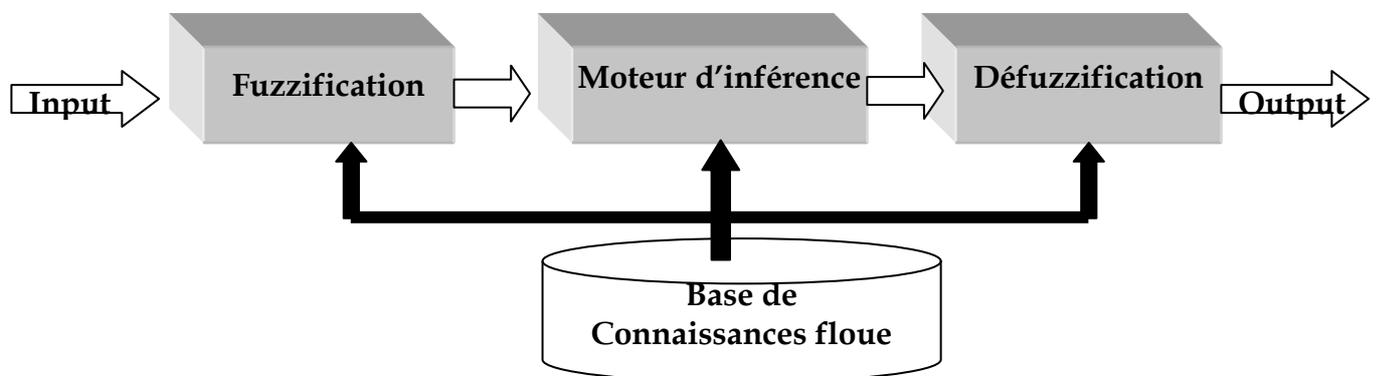


Figure 5.11 Aperçu synoptique d'un système flou

A. Profil de l'apprenant

- **Input** : L'enseignant choisit une session de collaboration et un apprenant qui seront objet d'analyse.

A partir du Cod_app et Cod_collab, les valeurs : Prop_app, App_app, Desap_app, Eclair_app, Abst_app et Demons_app sont tirés de la table Participer.

Les deux indices d'orientation (Ind_orient) et de décision (Ind_dec) sont calculés comme suit:

a/ Indice d'orientation :

```

Si Eclair_app = 0 alors
Si (Prop_app + Demons_app) = 0 alors
    Ind_orient ← 0
Sinon
    Ind_orient ← Prop_app + Demons_app
Finsi
Sinon
    Ind_orient = (Prop_app + Demons_app) ÷ (Eclair_app)
Finsi
Si Ind_orient > 2 alors Ind_orient ← 2 Finsi
    
```

b/Indice de décision :

```

Si (Desap_app + Abst_app) = 0 alors
Si App_app = 0 alors
    Ind_dec ← 0
Sinon
    Ind_dec ← App_app
Finsi
Sinon
    Ind_dec = App_app ÷ (Desap_app + Abst_app)
Finsi
Si Ind_dec > 2 alors Ind_dec ← 2 Finsi
    
```

- **Fuzzification** : Elle correspond à l'identification des variables linguistiques :

a/ La variable $V =$ Indice d'orientation

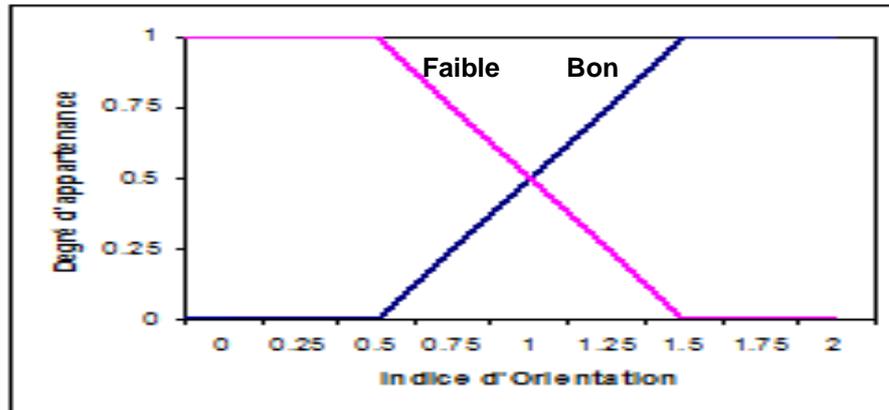


Figure 5.12 Variables linguistiques « Orientation »

L'univers de discours $X = [0..2]$

L'ensemble flou $T_v =$ Bon, Faible

La hauteur de $T h(T) = 1$

Le support de $T S(T) =]0.5 .. 1.5[$

Input1 : Indice d'Orientation = (Bon , Faible)

Les valeurs linguistiques sont calculées comme suit :

Si Ind_orient \leq 0.5 **alors** Bon \leftarrow 0 **Finsi**

Si Ind_orient \geq 1.5 **alors** Bon \leftarrow 1 **Finsi**

Si (Ind_orient $>$ 0.5) et (Ind_orient $<$ 1.5) **alors**

Bon \leftarrow Ind_orient - 0.5

Finsi

Si Ind_orient \leq 0.5 **alors** Faible \leftarrow 1 **Finsi**
Si Ind_orient \geq 1.5 **alors** Faible \leftarrow 0 **Finsi**
Si (Ind_orient $>$ 0.5) et (Ind_orient $<$ 1.5) **alors**
 Bon \leftarrow - Ind_orient + 1.5
Finsi

b/ La variable V = Indice de décision

L'univers de discours X = [0..2]

L'ensemble flou Tv = Bon, Faible

La hauteur de T h(T) = 1

Le support de T S(T) =]0.5 .. 1.5[

Input2 : Indice de Décision = (Bon , Faible)

Les valeurs linguistiques sont calculées comme suit :

Si Ind_dec \leq 0.5 **alors** Bon \leftarrow 0 **Finsi**
Si Ind_de \geq 1.5 **alors** Bon \leftarrow 1 **Finsi**
Si (Ind_dec $>$ 0.5) et (Ind_dec $<$ 1.5) **alors**
 Bon \leftarrow Ind_dec - 0.5
Finsi

Si Ind_dec \leq 0.5 **alors** Faible \leftarrow 1 **Finsi**
Si Ind_dec \geq 1.5 **alors** Faible \leftarrow 0 **Finsi**
Si (Ind_dec $>$ 0.5) et (Ind_dec $<$ 1.5) **alors**
 Bon \leftarrow - Ind_dec + 1.5
Finsi

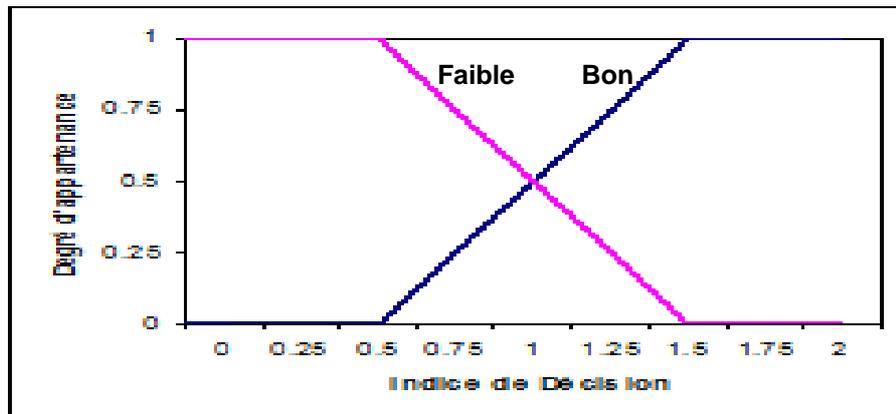


Figure 5.13 Variables linguistiques « Décision »

c/ La variable V = Indice de collaboration

L'univers de discours $X = [0..12]$

L'ensemble flou $T_v = (\text{Actif}, \text{Moyen}, \text{Passif})$

La hauteur de T $h(T) = 1$

Output : Indice de collaboration = (Actif, Moyen, Passif)

Les valeurs linguistiques sont calculées comme suit :

Si (Ind_collab ≥ 0) et (Ind_collab ≤ 2) **alors**

Passif $\leftarrow 0.5 * \text{Ind_collab}$

Finsi

Si (Ind_collab > 2) et (Ind_collab ≤ 4) **alors**

Passif $\leftarrow -0.5 * \text{Ind_collab} + 2$

Finsi

Si (Ind_collab \geq 4) et (Ind_collab \leq 6) alors

Moyen \leftarrow $0.5 * \text{Ind_collab} - 2$

Finsi

Si (Ind_collab $>$ 6) et (Ind_collab \leq 8) alors

Moyen \leftarrow $-0.5 * \text{Ind_collab} + 4$

Finsi

Si (Ind_collab \geq 8) et (Ind_collab \leq 10) alors

Actif \leftarrow $0.5 * \text{Ind_collab} - 4$

Finsi

Si (Ind_collab $>$ 10) et (Ind_collab \leq 12) alors

Actif \leftarrow $-0.5 * \text{Ind_collab} + 6$

Finsi

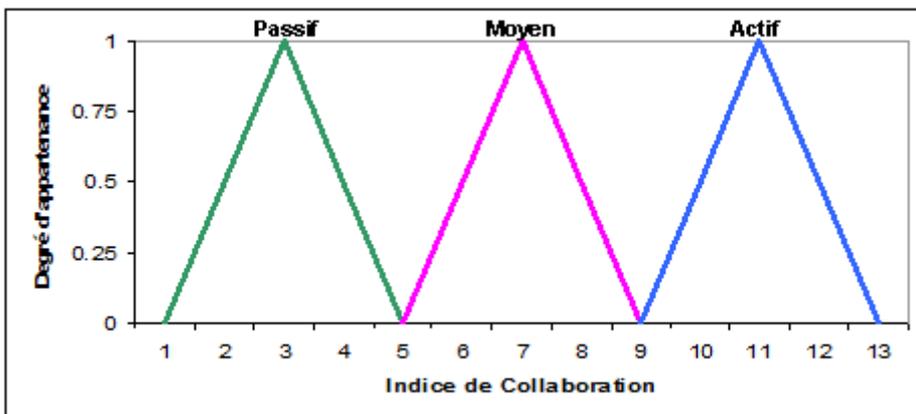


Figure 5.14 Variables linguistiques « Collaboration »

- Le **moteur d'inférence** est constitué du choix des opérateurs flous :

Nous utiliserons les opérateurs Zadeh MIN/MAX :

Dénomination	Intersection ET : $\mu_{A \cap B}(x)$	Réunion OU : $\mu_{A \cup B}(x)$	Complément NON : $\mu_{\bar{A}}(x)$
Opérateurs de Zadeh MIN/MAX	$\min(\mu_A(x), \mu_B(x))$	$\max(\mu_A(x), \mu_B(x))$	$1 - \mu_A(x)$

- la **base de connaissances** floues est l'ensemble des règles floues. Nous avons :

Si Ind_orient est Bon et Ind_dec est Bon	alors Ind_collab est Actif
Si Ind_orient est Bon et Ind_dec est Faible	alors Ind_collab est Moyen
Si Ind_orient est Faible et Ind_dec est Bon	alors Ind_collab est Moyen
Si Ind_orient est Faible et Ind_dec est Faible	alors Ind_collab est Passif

- la **défuzzification** : Nous appliquons ici la méthode dite « Moyenne des abscisses des maxima », après calcul des indices d'orientation et de décision, ensuite :

- Nous appliquons les règles floues su-citées avec les opérateurs MIN/MAX.
- Nous calculons les indices de collaboration :

Soient : $x_1 = \text{Ind_orient}(\text{Bon})$, $x'_1 = \text{Ind_dec}(\text{Bon})$

$x_2 = \text{Ind_orient}(\text{Faible})$ $x'_2 = \text{Ind_dec}(\text{Faible})$

$y_1 = \text{Ind_collab}(\text{Passif})$ $y_2 = \text{Ind_collab}(\text{Moyen})$

$y_3 = \text{Ind_collab}(\text{Actif})$

$y_1 = \text{Min}(x_2, x'_2)$

$y_2 = \text{Max}(\text{Min}(x_1, x'_1), \text{Min}(x_2, x'_2))$

$y_3 = \text{Min}(x_1, x'_1)$

- Nous calculons les entrées (ou abscisses) nommées e1, e2, e3 correspondant aux sorties y1, y2, y3 respectivement. :

$$e1 = \begin{cases} y1/0.5 \\ (2 - y1)/0.5 \end{cases}$$

$$e2 = \begin{cases} (y2 + 2)/0.5 \\ (4 - y2)/0.5 \end{cases}$$

$$e3 = \begin{cases} (y3 + 4)/0.5 \\ (6 - y3)/0.5 \end{cases}$$

- Nous obtenons les intervalles des abscisses suivants :

$$[y1/0.5 .. (2 - y1)/0.5] \cup [(y2 + 2)/0.5 .. (4 - y2)/0.5] \cup [(y3 + 4)/0.5 .. (6 - y3)/0.5]$$

- Calcul de la moyenne des maximas
- l'**output** correspond à la décision finale : Afficher le profil de l'apprenant avec les pourcentages correspondant aux valeurs Actif, Moyen et Passif et l'indice de collaboration final correspondant à la moyenne MM des maximas.

B. Profil du Groupe

Nous procédons de la manière que le calcul de l'indice de collaboration de l'apprenant. Les actes utilisés sont stockés dans la table Colsession. Ces actes sont : Nbre_prop, Nbre_app, Nbre_desap, Nbre_eclair, Nbre_demons et Nbre_abst qui correspondent respectivement aux nombres d'actes de proposition, approbation, désapprobation, éclaircissement, démonstration et abstention.

5.4 Implémentation

Tout ceci demande cependant que les différents agents du système soient capables de coopérer entre eux pour guider, de manière structurée, l'apprenant tout au long du processus d'apprentissage. De plus, les agents ne seront réutilisables d'un système d'apprentissage à un autre que s'ils sont capables de se comprendre, c'est à dire uniquement si leur protocole de dialogue est identique et rétro-compatible en cas d'évolution.

5.4.1 Comparaison des différentes plates formes SMA

Bien qu'il existe aujourd'hui des environnements complets et génériques de développement des SMA, il n'existe pas encore de langage standard avec lequel une majorité d'informaticiens travaillent. La plupart des langages qui sont orientés agents, sont soit des produits issus de la recherche, soit des produits issus de firmes commerciales (AgentBuilder²⁷, Jade, Zeus²⁸,...).

Pour cela nous rapportons ci-dessous une évaluation de différents outils de programmation et environnement de développement orientés agents. L'évaluation se base sur un ensemble de critères déterminés à partir de caractéristiques jugées importantes pour les environnements de développement de systèmes multi-agents. Une grille donne les résultats sur quatre points, des outils pour chaque critère selon que l'outil répond très bien au critère, répond bien, moyennement, peu ou ne répond pas du tout au critère (de 4 à 0 respectivement).

²⁷ www.agentbuilder.com

²⁸ <http://sourceforge.net/projects/zeusagent/>

Critères	Outils							
	JADE	DECAF	AgentBuilder	Zeus	JAFMAS / JIVE	Jack	AgentTool	Madkit
Méthodologie (1)	0	0	4	4	3	0	3	3
Facilité d'apprentissage (2)	0	3	1	1	1	0	3	2
Transition entre les étapes (3)	0	0	3	2	2	0	3	2
Souplesse de l'outil (4)	3	0	1	1	2	3	0	3
Communication inter-agents (5)	4	2	4	4	2	3	2	3
Outil de « débogage » (6)	3	2	4	4	1	0	2	4
Support développement (7)	0	2	4	4	2	1	4	2
Support implémentation (7)	0	0	4	4	2	1	2	1
Gestion du SMA (8)	4	0	3	3	0	0	1	4
Effort et simplicité (9)	2	3	2	2	1	2	3	1
Bases de données (10)	0	0	1	2	0	3	0	0
Génération de code (11)	0	0	1	3	1	0	1	0
Extensibilité du code (12)	4	1	1	2	1	4	0	3
Déploiement (13)	4	1	2	2	1	2	1	3
Documentation disponible (14)	3	1	4	4	1	3	1	3
Total (sur 60)	27	15	39	42	20	22	26	34

Table 5.2 Grille des résultats de comparaison des outils

5.4.2 Le choix de l'environnement de développement JADE

Le meilleur moyen pour construire un système multi-agents (SMA) est d'utiliser une plate-forme multi-agents. C'est un ensemble d'outils nécessaires à la construction et à la mise en service d'agents au sein d'un environnement spécifique.

Prometheus est associée à l'outil JDE²⁹ (Jack Development Environment) qui permet d'éditer les modèles proposés pour les exporter vers la plate-forme Jack. Nous avons écarté cet outil car sa version Test n'offrait pas toutes les fonctionnalités de JACK.

Nous avons testé Madkit³⁰ (Ferber, 2002) qui présentait certains points faibles surtout pour la création de liens entre les agents et le web.

Le choix de la Plateforme Jade³¹ « Java Agent Development Environment » est motivé par :

- ✓ Une Plateforme qui permet le développement de systèmes multi-agents et d'applications conformes aux normes FIPA³² « Foundation for Intelligent Phusical Agent s».
- ✓ Elle est implémentée en JAVA et fournit des classes génériques pour faciliter la création des systèmes multi-agents.
- ✓ Elle facilite la création des systèmes distribués basés sur les systèmes multi-agents et gère la communication entre les différents SMA répartis dans le web via le protocole IIOP « Internet InterOrb Protocol ».
- ✓ Elle offre une interface graphique utilisateur pour gérer et contrôler la société d'agents du système.

JADE possède trois modules principaux (nécessaire aux normes FIPA) :

²⁹ <http://www.agents.org.au/20010427Winikoff-slides/index.htm>

³⁰ www.madkit.org

³¹ <http://jade.tilab.com/>

³² www.fipa.org

- DF « Director Facilitator » fournit un service de « pages jaunes » à la plate-forme
- ACC « Agent Communication Channel » gère la communication entre les agents ;
- AMS « Agent Management System » supervise l'enregistrement des agents, leur authentification, leur accès et l'utilisation du système.

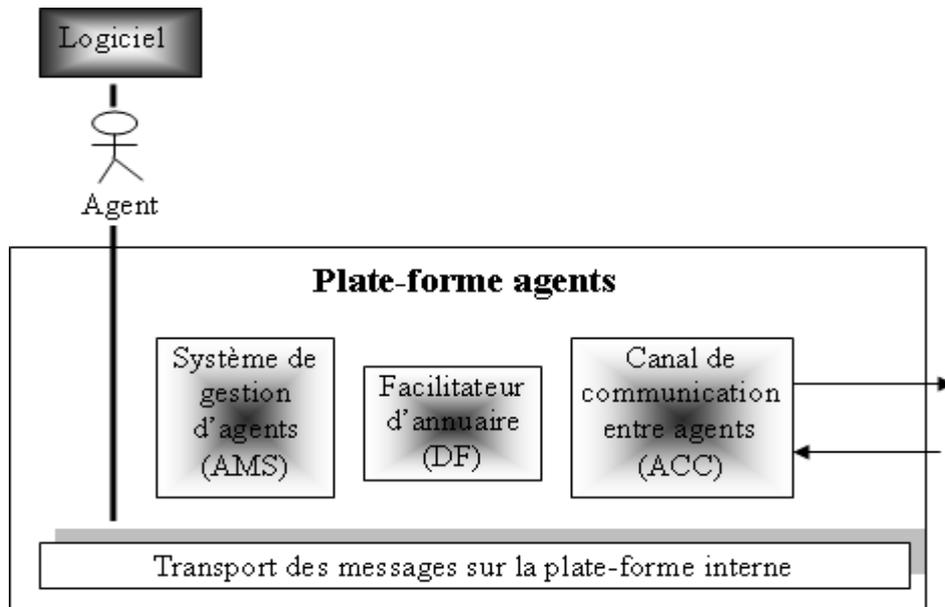


Figure 5.15 *L'environnement JADE*

5.4.3 La communication Machine-Machine « M-M »

La communication artificielle-artificielle ou Machine-Machine, sous JADE, se fait en utilisant soit le blackboard, soit les messages. Ces derniers sont conformes aux spécifications de la FIPA-ACL « FIPA-Agent Communication Language ». Ce sont des instances de la classe `ACLMessage` du package `jade.lang.acl`. Ces messages sont composés en général de :

- **L'émetteur du message** : un champ rempli automatiquement lors de l'envoi d'un message. Nous pouvons récupérer l'identité de l'émetteur à la réception du message par la méthode `getSender()`.
- **L'ensemble des récepteurs du message** : un message peut être envoyé à plusieurs agents simultanément. Exemple : `message.addReceiver(new AID("AgentX", AID.ISLOCALNAME))`

- **L'acte de communication** : qui représente le but de l'envoi du message en cours (informer l'agent récepteur, appel d'offre, réponse à une requête,...). Exemple : `ACLMessage message = new ACLMessage(ACLMessage.INFORM)`
- **Le contenu du message**. Exemple : `message.setContent("Envoi de messages ...")`.

5.4.4 Les agents JADE sous le web

Une plate-forme multi-agents JADE est composée de plusieurs réceptacles d'agents (Agent container). Chaque réceptacle est une machine virtuelle (Virtual Machine) Java. La distribution de ces réceptacles à travers un réseau d'ordinateurs est permise, à condition que la communication RMI (Remote Method Invocation) entre leurs hôtes soit conservée. Un réceptacle spécial est implémenté pour l'exécution des agents dans un navigateur Web (Figure 5.16).

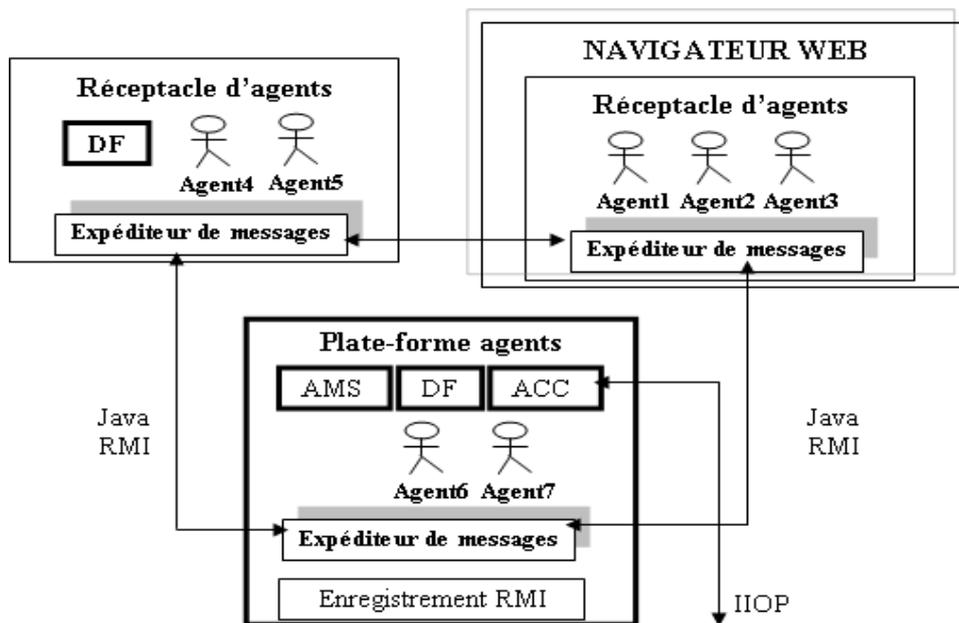


Figure 5.16 Les réceptacles JADE

La mise en œuvre d'un SMA sur le web implique deux parties :

- ✓ La partie client : où nous utilisons les applets et JSP :
- ✓ La partie serveur : où nous utilisons les servlets.

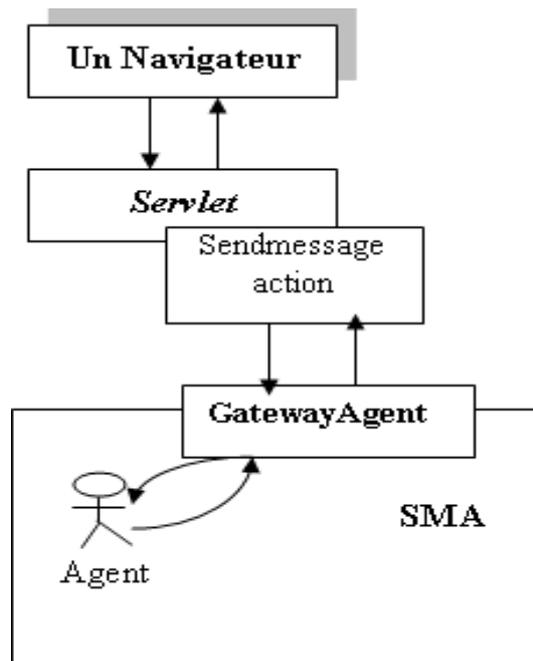


Figure 5.17 Agent sur le Web

5.4.5 Cycle de vie des agents

Un agent Jade peut se trouver dans différents états. Ces états ont été spécifiés dans la FIPA Agent Platform Life Cycle. Il s'agit des six états de la Figure 5.18 :

- ✓ Initialisé : Suite à l'invocation de la méthode doCreate()
- ✓ Actif : Suite à l'invocation de la méthode doInvoke().
- ✓ En attente : Suite à l'invocation de la méthode doWait()
- ✓ Suspendu : Suite à l'invocation de la méthode doSuspend()
- ✓ Transit : Suite à l'invocation de la méthode doClone().
- ✓ Détruit : Suite à l'invocation de la méthode doDelete().

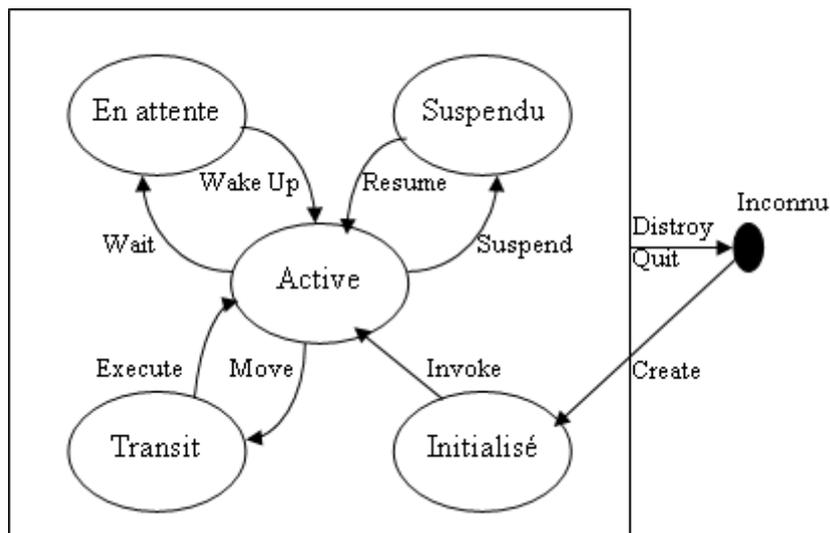


Figure 5.18 Cycle de vie des agents JADE

La durée de vie des agents dans le système diffère selon le rôle de l'agent.

Les agents *Interface* et *Opérateur* sont créés au lancement du système et sont supprimés à la fin de son exécution. Par contre, les agents *Assistant*, *Communicateur*, *Coopérant*, *Collaborateur*, *Profiler*, *Gestionnaire cours* et *Administrateur* sont créés suite à, respectivement, une demande de résolution et évaluation d'exercices de différents type, une communication entre agents humains, un travail de coopération, une session de collaboration, une demande d'analyse comportementale, d'accès à un cours et d'inscription d'un acteur humain. Ils sont détruits dès qu'ils terminent leurs tâches.

5.5 Conclusion

La dernière phase de la méthodologie Prometheus nous a permis de développer les caractéristiques internes des agents, en termes de capacités. Le développement des détails de ces dernières est effectué en termes d'autres capacités aussi bien qu'en termes d'événements, de plans et de données. Une clé principale est de développer des ensembles de plan pour réaliser des buts et assurer la couverture appropriée.

Nous avons essayé de montrer qu'avec un dialogue formalisé avec des actes de langage, la dialectique et le mutualisme entre les humains et les machines deviennent total: non pas parce que l'homme est trompé, ou simplement parce que la machine peut présenter un comportement humain, mais surtout parce que la machine, au moyen de sa personnalité virtuelle, peut interpréter et apprendre ce que l'interlocuteur tente de communiquer. L'un des points importants à souligner est l'usage de la logique floue pour dresser un profil de collaboration de l'apprenant et du groupe suivant la catégorisation de Bales.

Enfin, l'usage de la plateforme Jade nous a facilité la réalisation de notre environnement à base d'agents intelligents SMA sur le web.

5.6 Références

- Busetta, Ramamohanarao, (1998). "An architecture for mobile BDI agents" ACM, New-York USA ISBN:0-89791-969-6 publié par the Association for Computing Machinery
- Ferber, R. (2002). "The MadKit Project", <http://www.madkit.net>
- Fahy, P. J. (2006). "Online and Face-to-Face Group Interaction Processes Compared using Bales' Interaction Process Analysis (IPA)", EURODL European journal of Open, Distance and e-Learning.
- Fournier, M. (2011). « Austin Jhon L. », L'abécédaire des sciences humaines, chapitre1. http://www.scienceshumaines.com/austin-john-l_fr_12618.html
- Gacogne, L. (2001). "Logique floue et applications", Institut d'Informatique d'Entreprise, d'Evry (France)
- Searle, J.R. (1990). "Consciousness, Explanatory Inversion and Cognitive Science." Behavioral and Brain Sciences 13: pp. 585-642.

Conclusion générale et perspectives

Dans le cadre de cette thèse, nous avons étudié l'apprentissage collaboratif/coopératif et avons proposé quelques outils informatiques pour le soutenir. Nous présentons dans cette conclusion un bilan de nos travaux et dégageons les apports de notre thèse. Nous terminons par une conclusion suivie d'une présentation succincte de quelques perspectives.

Bilan des travaux et apports de la thèse

Vu la pluridisciplinarité du sujet, il nous était extrêmement important, sur le plan théorique, de mener une étude psychopédagogique sur les situations d'apprentissage. Nous avons montré au chapitre 1 l'intérêt majeur de l'apprentissage collaboratif/coopératif, et comme l'utilisation des outils statistiques met fin à la subjectivité et contribue à renforcer les assertions, nous avons dégagé au chapitre 2, et par le biais d'une enquête, les problèmes que rencontrent les enseignants et les apprenants se trouvant dans des situations de travail collectif.

Nous avons vu que les problèmes posés par le travail en groupes tels que la difficulté de coordonner les travaux des apprenants, semer un sentiment d'appartenance au groupe, évolution positive des apprenants dans le groupe et l'évolution du groupe dans la classe virtuelle ... justifient la mise au point d'un environnement numérique intégrant différents outils didactiques « cours, projets, exercices, exercices assistés, Questionnaires à choix multiples -QCMs », de communication « chat, mail », de gestion ou le portfolio « de projet, de travail, de communication, le casier » ...

Aussi, pour briser l'isolement sociologique d'un apprenant qui se trouve dans une situation d'apprentissage à distance, nous avons fait recours au Web où la sphère de l'éducation et de la formation a la part belle et montre son importance pour mener à bien sa mission d'éveil des esprits et de satisfaction des attentes.

Plusieurs recherches dans les EIAH portent sur l'utilisation d'une approche par composants dans le développement des prototypes afin de tirer profit des propriétés de réutilisabilité pour en faciliter la coopération et l'interopérabilité. Il a fallu nous positionner par rapport à cette approche et montrer que le paradigme d'agent était le mieux à même de répondre à nos préoccupations. Dans le SMA que nous avons proposé des agents de différentes natures « réactifs et proactifs » coopèrent pour l'intérêt des apprenants. En plus de la coopération artificielle-artificielle et la coopération humaine-humaine, un autre type de coopération a été souligné: la coopération humaine-artificielle, ces différentes formes de coopération/collaboration nécessitent l'utilisation, selon la spécificité des interlocuteurs, diverses formes de communications « tableau noir, ACL, actes de langage, langage naturel ».

Les agents conçus permettent, entre autres, de présenter aux tuteurs une appréciation de l'état de leurs groupes (apprenants présents, absents, dormants, actifs), dresser un profil comportemental des apprenants suivant la catégorisation de Bales, le niveau de réalisation d'une activité, coordonner les travaux des groupes, se focaliser sur un apprenant donné et d'obtenir, d'une part, son niveau de productivité, d'autre part, sa téléprésence (nombre de connexions, durée de connexions). Ces facteurs sont très importants dans l'apprentissage à distance et particulièrement pour un apprentissage collaboratif/coopératif et permettent à l'enseignant de suivre l'évolution des groupes et de leurs activités. En plus, nous trouvons que l'usage d'une méthode d'analyse comportementale telle que l'IPA, convolée à une catégorisation floue permet de dresser des profils comportementaux plus proche de la réalité qu'une démarche classique d'analyse.

Ainsi, l'apprenant verra dans les agents des compagnons, des co-camarades qui l'aident à mener à bien ses tâches, tant dis que l'enseignant verra en eux des assistants pour alléger sa tâche indubitablement noble mais difficile. L'enseignant dispose déjà d'un outil capable de lui donner par un simple clic un état de l'apprenant, du groupe ou le niveau de réalisation d'une activité donnée.

Notre souci était de partir de l'analyse du système à son implémentation concrète, ainsi le recours au paradigme d'agent nous a permis d'ouvrir un vaste chantier qui a consisté en l'identification des outils de développement et à leur mise en œuvre. Nous nous sommes en effet bien vite rendu compte que la littérature scientifique relative aux agents est pleine de bonnes intentions et de promesses alléchantes, mais reste assez discrète sur les outils et méthodologies de mise en œuvre des systèmes à base d'agents. Nous n'avons pas hésité à étudier et critiquer plusieurs méthodologies et outils de développement identifiés comme adéquats pour le développement et l'implémentation de notre environnement. Nous avons testé même quelques méthodes de conception et environnements de développement. Un enjeu majeur de nos travaux consistait à développer un système en restant dans la démarche agent. S'il est vrai aujourd'hui, en programmation orientée agents, que les déclarations d'intention sont bien plus nombreuses que leur mise en œuvre concrète, nous pensons que ce paradigme, loin d'être démodé, doit compléter sa panoplie d'outils pour que les espoirs qu'il recèle puissent voir le jour dans des implémentations. Nous avons, à ce titre, rapporté plusieurs remarques de chercheurs indiquant la difficulté à utiliser une infrastructure de communication entre agents. D'autres chercheurs ont essayé de mettre au point de tels outils ; si la démarche conceptuelle a souvent été faite, on a rarement vu un début d'implémentation sur le web.

Nos travaux de thèse avaient pour but de proposer un environnement numérique à base d'agents intelligents pour un apprentissage coopératif sur le web. Pour cela, nous espérons participer à la réalisation d'une expérimentation de formation à distance grandeur réelle, c'est-à-dire, une formation à distance étalée sur plusieurs

semaines et mettant en œuvre de vrais apprenants avec des objectifs pédagogiques bien circonscrits. Nous avons proposé un modèle conceptuel d'une activité en formation à distance « projet à concevoir avec la démarche merise ». Nous avons pris en compte le facteur temps dans ce modèle et avons ramené l'échelle d'analyse de l'activité au niveau du groupe. L'expérience n'était menée malheureusement que sur des groupes restreints au nombre restreint.

Plusieurs travaux de recherche portent sur la mise au point d'environnements informatiques de support pour l'apprentissage à distance. Ces recherches partent toujours du principe qu'il faut encourager les interactions entre les membres pour juguler les problèmes inhérents à ce type d'apprentissage. C'est la raison pour laquelle nombre de chercheurs essayent de mettre en place un type de pédagogie qui puisse encourager les interactions entre les personnes concernées.

Intérêt du projet

En l'absence d'initiatives pour adapter son enseignement à la société télématique de demain, l'Algérie est devenue importatrice de logiciels éducatifs alors que les talents qu'elle possède et son niveau technologique lui permettent de viser une place de choix dans cette industrie à haute valeur ajoutée. Les expériences en cours actuellement en Algérie sont en nombre limité et manquent de coordination.

Ce projet porte plusieurs intérêts, tant sur le plan technologique que social :

- ✓ D'un point de vue purement informatique, divers travaux de recherche évoquent le paradigme agent comme un moyen d'implémenter les systèmes informatiques destinés au soutien de l'apprentissage sur le web. Cette évocation ne va pas souvent jusqu'aux préoccupations concrètes liées au développement de systèmes à base d'agents. Le paradigme agent et les outils de développement

des systèmes informatiques fondés sur ce dernier sont cardinaux dans notre démarche.

- ✓ L'étude théorique vient consolider l'étude pratique par des théories de sommités en psychopédagogie.
- ✓ Nous avons essayé de montrer qu'avec un dialogue formalisé avec des actes de langage, la dialectique et le mutualisme entre les humains et les machines deviennent total: non pas parce que l'homme est trompé, ou simplement parce que la machine peut présenter un comportement humain, mais surtout parce que la machine, au moyen de sa personnalité virtuelle, peut interpréter et apprendre ce que l'interlocuteur tente de communiquer.
- ✓ Participer dans la création d'environnements qui soutiendraient la recherche dans le domaine d'apprentissage en Algérie.

Conclusion

Le présent mémoire est le résultat de plusieurs années de recherche. Partant de la problématique : « Comment soutenir les interactions dans la formation à distance ? », nous avons identifié le paradigme d'agent comme pouvant servir de socle pour la solution informatique à une telle problématique. Nous avons procédé à la conception et la mise en œuvre d'un environnement qu'on estime être générique. Nous avons choisi d'aller jusqu'au bout de l'implémentation de notre système multi-agents. Très vite, nous nous sommes aperçus que pour le développement d'un environnement à base d'agents et vu la rareté des outils de développement appropriés, il nous a fallu donc identifier deux méthodes pour l'analyse, la conception et la spécification de l'environnement statique et dynamique. Nous l'avons fait et avons appliqué toutes les étapes de la méthodologie « Prometheus » pour la conception des SMA et les

étapes de la méthodologies « Merise » pour la conception du blackboard. L'objectif de construction concrète des agents nous a amené à nous intéresser à un modèle d'architecture interne des agents. Cette architecture interne nous conduit vers le langage Java et le framework Jade, dont il a fallu saisir toutes les subtilités pour programmer notre système multi-agents.

Est-il utile de rappeler que, la formation à distance étant dès le départ un champ pluridisciplinaire, ces années de recherche nous ont permis de nous intéresser à plusieurs domaines de recherche allant des sciences humaines et sociales à l'informatique.

Perspectives

Qu'obtiendrons-nous si nous marions le Web 2.0 au Web sémantique ? Quelles améliorations seront apportées au web si nous combinons les meilleures idées du Web social et Web Sémantique ?

Le Web Social est un écosystème de participation, où la valeur est créée par l'accumulation de beaucoup de contributions d'utilisateur individuelles. Le Web Sémantique est un écosystème de données, où la valeur est créée par l'intégration de données structurées de plusieurs sources.

Presque tout ce qui est produit de nos jours comme contenu du web « web content » n'est pas structuré. Le web 2.0 a contribué à la croissance du volume du contenu du web « blogs, wikis, réseaux sociaux, etc. » mais n'a presque rien apporté en termes de sémantique.

Quelles sont les applications qui peuvent synthétiser le mieux les forces de ces deux approches, créer un nouveau niveau de valeur qui est à la fois riche avec la participation humaine et puissant par des informations bien structurées ?

Les applications dites systèmes de connaissance collective «collective knowledge systems», ouvrent "l'intelligence collective" du Web Social sur la représentation des connaissances et les techniques de raisonnement du Web Sémantique. Le potentiel de la connaissance partagée est aujourd'hui inégalé dans l'histoire : un contenu important d'informations, perspectives diverses et une culture de participation massive qui supporte une fontaine de contenu publiquement disponible.

Les apports révolutionnaires qu'a apportés l'intelligence artificielle dans l'usage des machines distribuées, notamment avec les agents artificiels croisés aux avantages des Webs sémantique et social appliqués à l'apprentissage à distance pourraient changer profondément nos styles d'apprentissage, adresseraient droitement nos besoins collectifs et amélioreraient qualitativement nos objectifs.

Nous envisageons, en perspectives, de mener une étude des Webs social et sémantique et des technologies émergentes tels que les ontologies pour améliorer l'environnement conçu jusque là.

Bibliographie

- Al-Sakran, H. (2007). "An Agent-based Architecture for. Developing E-learning System", *Information. Technology Journal* 5(1), pp: 121-127
- Ausubel, D., Novak, J., Hanesian, H. (1978) "Educational Psychology: A Cognitive View (2nd Ed.)." New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Balfakih , N., M., A. (2003). "The effectiveness of student team-achievement division (STAD) for teaching high school chemistry in the United Arab Emirates" *International Journal of Science Education* , VOL. 25, NO. 5, 605-624 ISSN 0950-0693 print/ISSN 1464-5289 online # 2003 Taylor & Francis Ltd http://ipac.kacst.edu.sa/eDoc/2006/161313_1.pdf
- Baptiste, J. L. (2009). « Merise, Guide pratique : Modélisation des données et des traitements, langage SQL » Edition ENI, Ressources informatique, France. ISBN : 978-2-7460-4845-4, ISSN : 1627-8224
- Barthe, B., Quéinnec, Y. (1999). « Terminologie et perspectives d'analyse du travail collectif en ergonomie », *L'année psychologique*, Université Toulouse II, pp. 663-686
- Baudrit, A. (2005). « L'apprentissage coopératif. Origines et évolutions d'une méthode pédagogique » Bruxelles : De Boeck & Larcier s.a., 2005. - 160 p. (Pédagogies en développement)
- Bensalem, Dj. (2010). « En quoi la pédagogie de projet permet-elle de donner du sens à l'enseignement du français ? », dans *Synergies Algérie*, n° 9, 2010, p. 75-82
- Berthet, A., Hugot, C., Kizirian, V., Sampsonis, B., Waendendries, M. (2006). « Alter Ego; Methode De Francais ; Niveau A1 ; Livre De L'Eleve », Edition Hachette FLE, collection Alter Ego, pp. 192
- Bloom, B. (1956). « Taxonomy of educational objectives » traduit en 1975 « Taxonomie des objectifs pédagogiques : Domaine cognitif », Presses de l'Université du Québec
- Bratman, M.E. (1987) « Intentions, Plans, and Practical Reason » Harvard University Press, Cambridge,
- Bricage, P., et al. (2007). « Systémique & accompagnement », 155 pages, AFSCET, Pau.

- Busetta, Ramamohanarao, (1998) "An architecture for mobile BDI agents" ACM, New-York USA ISBN:0-89791-969-6 publié par the Association for Computing Machinery
- Charrette, E., kaszap, M. (2009). « Les Théories D'apprentissage De L'associationnisme Au Cognitivism En Passant Par Le Behaviorisme » Les Théories Et Les Théoriciens Université Laval, Canada <http://www.fse.ulaval.ca/chrd/theories.app./theorie.htm>
- Clause, A. (1967). "Initiation aux sciences de l'éducation", Paris Colin-Bourelle
- D'Inverno, M., Luck, M. (1996) « Understanding autonomous interaction » W. Wahlster, editor, proceedings of the 12th European conference on artificial intelligence, pp. 529-533.
- Deldime, R. Demoulin, R. (1992). "Introduction à la psychopédagogie", Bruxelles DeBoeck
- Deloach, S.A., Wood, M.F., Sparkman, C.H. (2001). "Multi Agent Systems Engineering (MASE)", International Journal on Software engineering and knowledge engineering, vol. 11 (3), pp. 231-258.
- Demazeau, Y., Briot, J.P. (2001) "Principes et architecture des systèmes multi-agents » Ed. Lavoisier
- Deschênes A.J., (1999). Modèle de l'apprenant à distance : logique ou chaos?, LA REVUE DISTANCES CQFD Québec Canada, Vol. 3, No. 2, pp. 119-142.
- Dillenbourg, P., Baker, M., Blaye, A., O'Malley, C. (1996). "The evolution of research on collaborative learning", dans E. Spada & P. Reiman (Eds) Learning in Humans and Machine: Towards an interdisciplinary learning science. Pp. 189-211, Oxford: Elsevier.
- Drissi, S. (2009). « Analyse des Pratiques des Professeurs/Apprenants et des Représentations dans les Environnements Numériques de Travail », Action APPARENT. <http://apprentice.inrp.fr/apprentice/projets/actions-projets-2009/apparent>
- Faerber, R. (2002) « Le groupe d'apprentissage en formation à distance : ses caractéristiques dans un environnement virtuel ». In: Larose F & Karsenti T. (CRP Editions), pp : 99-128. Sherbrooke University
- Fahy, P. J. (2006). "Online and Face-to-Face Group Interaction Processes Compared using Bales' Interaction Process Analysis (IPA)", EURODL European journal of Open, Distance and e-Learning.
- Ferber, J. (1995) « Les systèmes multi agents » IIA, Ed. InterEditions Paris
- Ferber, R. (2002). "The MadKit Project", <http://www.madkit.net>

- Fournier, M. (2011). « Austin Jhon L. », L'abécédaire des sciences humaines, chapitre1. http://www.scienceshumaines.com/austin-john-l_fr_12618.html
- Gacogne, L. (2001). "Logique floue et applications", Institut d'Informatique d'Entreprise, d'Evry (France)
- Gauthier A., Tardif J. (1996). « La pédagogie, théories et pratiques de l'antiquité à nos jours ».
- Gentner, D. (2010). "Psychology in Cognitive Science: 1978-2038." Topics in Cognitive Science 2 (3): pp. 328-344.
- Gerbault, J., Portine, H. (2001) " Environnement virtuel en contextes collaboratifs et non collaboratifs préalables à une analyse des stratégies d'élucidations du sens", Colloques Usages des Nouvelles Technologies et Enseignement des Langues Etrangères UNTELE, UTC, France, vol. 2, pp. 23-30
- Goupil, G. (1998) « Portfolio et dossiers d'apprentissage », Chenelière/Mc GRAW Hill, pp. 78
- Harbouche, K., Djoudi, M. (2009). "Modélisation d'un environnement numérique pour un apprentissage coopératif/collaboratif à base d'agents". Conférence Internationale des Technologies de l'Information et de la Communication, CITIC'09, Sétif, Algérie, 4 - 5 mai.
- Harbouche, K., Djoudi, M. (2007a). « Agent-Based Virtual Assistant in an Interactive Learning Environment", Information Technology Journal, ISSN 1812-5638 Vol. 6 No. 8, pp 1199-1207".
- Harbouche, K., Djoudi, M. (2007b). "Agent-Based Design for E-learning Environment", Journal of Computer Science, ISSN: 1549-3636, Vol. 3, No. 6, pp. 383-389.
- Harbouche, K., Djoudi, M. (2007c). "Assistant virtuel à base d'agents pour un enseignement a distance". International Conference on Computer Integrated Manufacturing CIP'2007, 3-4 Novembre.
- Harbouche, K., Djoudi, M. (2006). "Apprentissage coopératif à base d'agents artificiels sur Internet". Journées d'étude sur les TIC, JeTIC2006, Bechar, Algérie, 15-16 Avril.
- Harbouche, K., Mediani, C., Djoudi, M. (2005). "Environnement numérique d'apprentissage à distance a base d'agents". Congrès International en Informatique Appliquée, CIIA'05, Bordj Bou Arréridj, Algérie., 19-21 Novembre.
- Harbouche, K., Mediani, C., (2005). « Environnement Numérique de travail pour un apprentissage coopératif médiatisé à distance », Colloque Euro Méditerranéen

pour l'Approfondissement de la formation à distance, CEMAFORAD2, Université de Béjaia, Algérie, 12,13,14 Novembre.

- Johnson, D., W., Johnson, R., T., Stanne, M., B. (2000). "Cooperative Learning Methods: A Meta-Analysis", Cooperative Learning Methods EXHIBIT, University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota (USA)
- Karsenti, Th., Larose, F. (2001). « Les TIC ... au cœur des pédagogies universitaires : Diversité des enjeux pédagogiques et administratifs », Presses de l'Université du Québec Sainte-Foy (Québec) Canada
- Kumar, D., Shapiro, S. C. (1994) "Acting in service of inference (and vice versa)." Dankel, II, D. D., ed., Proceedings of the Seventh Florida Artificial Intelligence Research Symposium, 207-211. St. Petersburg, FL: The Florida AI Research Society.
- Labidi, S., Lejouad, W. (2007) "De l'intelligence artificielle distribuée aux systèmes multi-agents" inria-00074668, version 1 Research reports and Technical reports of INRIA
- Lobrot, M. (1992) « Kurt LEWIN, La dynamique des groupes », Sciences Humaines, n°14, pages 10 et 11.
- Lopes, F., M. Wooldridge, M., Novais, A.Q. (2008). "Negotiation Among Autonomous Computational Agents: Principles, Analysis and Challenges." *Artificial Intelligence Review* (29), pp. 1-44, DOI:10.1007/s10462-009-9107-8
- Luck, M., McBurney, P., Preist, C. (2003) "Agent technology: Enabling next generation computing", Agent LinkII.
- Margarida, R. (2003). "Apprentissage dans une EIAH à l'aide des outils de modélisation de connaissances » M1. LIUM. Lemans, www.margarida-Romero.com/cursus/dea_chm_ie/content/ic/romero_m1.pdf
- Muller, F. (1999) « Vers une évaluation personnalisée ». Dans Apprendre, revue Sciences Humaines, 98 p.30-33
- O'Mahony, N. (2006). "TEAMS-GAMES-TOURNAMENT (TGT)", Cooperative Learning and Review Conference University Of Toronto (Canada)
- OCDE. (2010). « Comment apprend-on ? La recherche au service de la pratique » Edition OCDE, <http://dx.doi.org/io.1787/9789264086944-fr>
- Odell, J., Parunak, H.V.D., Bauer, B. (2001) "Representing Agent Interaction Protocols in UML". In: Agent-Oriented Software Engineering: First International Workshop, AOSE 2000, Limerick, Ireland, June 10, 2000, revised papers (Springer Berlin, Heidelberg) pp. 201-218

- Odell, J. (2007) FIPA, IEEE Foundation for Intelligent Physical Agents, 2007, Acting chair: James Odell, <http://www.fipa.org/>
- Ong Sing, G. (2008). "A framework and evaluation of conversation agents", B.A. Edu. (hons), University science Malaysia. Thèse pour l'obtention du diplôme de docteur en philosophie éducative et technologies de l'information, <http://researchrepository.murdoch.edu.au/752/2/02Whole.pdf>
- Padgham, L., M. Winikoff, (2005). "Prometheus: A Practical Agent-Oriented Methodology". In Agent-oriented methodologies (eds B. Henderson and P. Giorgini) pp. 107-135. Idea Group Publishing (IGP)
- Partoune, C. (2002). « La pédagogie par situations-problèmes », la revue Puzzle éditée par le CIFEN »centre interfacultaire de formation des enseignants», Université de Liège, Belgique. http://www.lmg.ulg.ac.be/articles/situation_probleme.html
- Pasquier, L., Brézillon, P., Pomerol, J.-Ch. (2003) "Learning and explanation in a context-sensitive adaptive support system". Ed. C. Faucher, L. Jain & N. Ichalkaranje Innovative Knowledge Engineering. Springer-Verlag
- Pearl, P., Boi, F. (2000). "Enriching Buyers' experiences: the SmartClient Approach", Dans Proceedings de ACM SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems, pages 289-296, The Hague (Pays bas)
- Pernin, J., Ph. (2003). "Objets pédagogiques : unités d'apprentissage, activités ou ressources ? » Revue "Sciences et Techniques Educatives", Hors série 2003 " Ressources numériques, XML et éducation", pp 179-210, avril 2003, éditions Hermès.
- Perrenoud, Ph. (1991) "Pour une approche pragmatique de l'évaluation formative", *Mesure et evaluation*, vol. 13, n° 4, pp. 49-81
- Pesty, S., Webber, C., Balacheff, N. (2003). « Baghera: une architecture multi-agents pour l'apprentissage humain », *Cognitive*, (P. Aniorde, S. Gouarderes eds), Cepadeus Edition, Toulouse.
- Piaget, J. (1950). « Introduction à l'épistémologie génétique. (III) La pensée biologique. La pensée psychologique. La pensée sociologique » Paris: Presses Univ. de France. (III. La pensée biologique, la pensée psychologique et la pensée sociologique.)
- Poulain, L., Ripoche, G. (2002). « Etat de l'art sur les collectifs humains médiés », *Sciences Cognitives*, LIMSI, <http://perso.limsi.fr/jps/enseignement/examsma/2002/ripochepoulain/>

- Rao, A.S., Georgeff, M.P. (1995). "BDI Agents: From Theory to Practice." Proceedings of the First International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-95), pp. 312-319
- Reddy, R., Erman, L.D. (1975). "Tutorial on system organization for speech understanding." Academic Press, New-York, pp. 457-459.
- Reibel, C. (1988). « Théorie et pratique de l'éducation scolaire : le triangle pédagogique » - vol. 1. Berne: Peter LANG.
- Schwartz D., (1993). Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. Edition Flammarion Médecine-Sciences, Paris 75006 France.
- Searle, J., R. (1990) "Consciousness, Explanatory Inversion and Cognitive Science." Behavioral and Brain Sciences 13: pp. 585-642.
- Sharan, Y., Sharan, Sh. (1989). "Group investigation expands cooperative learning", Educational leadership by the association for supervision and curriculum development 12.4.125.3/ASCD/pdf/.../el_198912_sharan.pdf
- Slavin, R., E. (1995). "Research on Cooperative Learning and Achievement: What We Know, What We Need to Know", Center for Research on the Education of Students Johns Hopkins University (USA) - Article adapté de Slavin, 1992 et écrit sous la direction de The Office of Educational Research and Improvement, U.S. Department of Education (No. OERI-R-117-D40005).
- Slavin, R., E., (1997). "Student Teams-Achievement Divisions (STAD)" Journal of Research and Development in Education, v12 n1 p39-49
- Searle, J.R. (1990) "Consciousness, Explanatory Inversion and Cognitive Science." Behavioral and Brain Sciences 13: pp. 585-642.
- Starr B., Ackerman M. S., Pazzani M. (1996). "Do-I-Care: A Collaborative Web Agent" Information and Computer Science University of California, Irvine (USA).
http://www.sigchi.org/chi96/proceedings/shortpap/Starr/sb_txt.htm
- Strijbos, J. W. (2011). "Assessment of (computer-supported) collaborative learning." IEEE Transactions on Learning Technologies, 4, 59-73.
- Tchounikine, P. (2002) "Pour une ingénierie des Environnements Numériques Informatiques pour l'Apprentissage Humain", Revue Information Intelligence Artificielle, vol. 2 (1), pp. 59-93.
- Tolosa, J. B., Gayo, J. E. L., Prieto A. B. M., Núñez, Sh. M., Ordóñez de Pablos, P. (2009). "Interactive web environment for collaborative and extensible diagram based learning", Computers in Human Behavior, Elsevier, doi:10.1016/j.chb.2009.10.003

- Villon, O. (2003) « État de l'art : les collectifs humains en réseaux numériques et l'apport des agents médiateurs », DEA Sciences Cognitives, LIMSI, <http://perso.limsi.fr/jps/enseignement/examsma/2003/VILLON/6.html>
- Vivet, M. (1993) « Les dispositifs technologiques pour l'EAD », www.bf.resafad.org/coursdu/m3/m3.3.1
- Weindenfeld, G. (2002) « Typologies du e-learning », Actes de l'université d'été -La Formation Continue Ouverte et à Distance, Poitiers, France
- Weizenbaum, J. (1966) "ELIZA - A Computer Program for the Study of Natural Language Communication between Man and Machine," Communications of the Association for Computing Machinery, pp. 36-45

Liste des publications personnelles

Publications dans des revues internationales

1. Harbouche, K., Djoudi, M. (2007). "Agent-Based Design for E-learning Environment", *Journal of Computer Science*, ISSN: 1549-3636, Vol. 3, No. 6, pp. 383-389.
2. Harbouche, K., Djoudi, M. (2007). « Agent-Based Virtual Assistant in an Interactive Learning Environment », *Information Technology Journal*, ISSN 1812-5638 Vol. 6 No. 8, pp 1199-1207”.

Communications dans des conférences internationales

3. Harbouche, K., Djoudi, M. (2009). « Modélisation d'un environnement numérique pour un apprentissage coopératif/collaboratif à base d'agents ». *Conférence Internationale des Technologies de l'Information et de la Communication, CITIC'09, Sétif, Algérie, 4 – 5 mai*.
4. Harbouche, K., Djoudi, M. (2007). « Assistant virtuel a base d'agents pour un enseignement a distance ». *International Conference on Computer Integrated Manufacturing CIP'2007*, 3–4 Novembre.
5. Harbouche, K., Djoudi, M. (2007). « Assistant virtuel à base d'agents pour un enseignement à distance sur le web ». *H2PTM'07 : Hypermedias Hypertexts, Products, Tools and Methods International Conference, Hammamet, Tunisie, 29-31 October*.
6. Harbouche, K., Djoudi, M. (2007). "Multimedia Distance Learning Environment". *The first International Conference on Information and Communication Technology and Accessibility, Hammamet – Tunisia, April 12-14*.
7. Harbouche, K., Djoudi, M. (2006). « Environnement numérique de travail à base d'agents ». *Conférence Internationale sur l'Informatique et ses Applications, CIIA'2006, Saida – Algérie, 15-16 mai..*
8. Mediani, C., Harbouche, K., Djoudi, M. (2005). « Modélisation de l'apprenant dans un environnement d'apprentissage collaboratif ». *Congrès International en Informatique Appliquée, CIIA'05, Bordj Bou Arréridj, Algérie., 19-21 Novembre*.

9. Harbouche, K., Mediani, C., Djoudi, M. (2005). « Environnement numérique d'apprentissage à distance a base d'agents ». Congrès International en Informatique Appliquée, CIIA '05, Bordj Bou Arréridj, Algérie., 19-21 Novembre.
10. Harbouche, K., Mediani, C., (2005). « Environnement Numérique de travail pour un apprentissage coopératif médiatisé à distance », Colloque Euro Méditerranéen pour l'Approfondissement de la formation à distance, CEMAFORAD2, Université de Béjaia, Algérie, 12,13,14 Novembre.

Communications dans des congrès nationaux (avec comité de lecture).

11. Harbouche, K., Djoudi, M. (2006). « Apprentissage coopératif à base d'agents artificiels sur Internet ». Journées d'étude sur les TIC, JeTIC2006, Bechar, Algérie, 15-16 Avril.

Annexes

Annexe 1 : Code source du système et captures d'écrans

A1.1 Partie du code source

Une partie du code de l'agent Collaborateur :

```
package myservlet ;
import jade.core.AID ;
import jade.core.Agent ;
import jade.core.behaviours.CyclicBehaviour ;
import jade.domain.DFService ;
import jade.domain.FIPAException ;
import jade.domain.FIPAAgentManagement.DFAgentDescription ;
import jade.lang.acl.ACLMessage ;
import jade.lang.acl.MessageTemplate ;
import jade.lang.acl.UnreadableException ;
import java.io.IOException ;
import java.sql.Connection ;
import java.sql.DriverManager ;
import java.sql.ResultSet ;
import java.sql.SQLException ;
import java.sql.Statement ;
import java.sql.Time ;
import java.util.Date ;
import java.util.Vector ;
import Pack_Serveur.Serveur ;
public class collaborateur extends Agent {
    InterfaceClient intc ;
    Pack_Serveur.Serveur serv ;
    Connection con=null ;
```

```

Statement stmt=null ;
public static String prosolution;
public static String[]trace = new String[50];
public static int j=0;
public static int m=0;
public static int zelda=0;
public static int flock=0;
public static int min=0;
public static int mn=0;
public static int heur=0;
public static String []eclat=new String[3];
public static String solution=null;
public static int ecl;
public static String proposeur=null;
public static String[] tab=new String [20];
public static String cod_sol=null;
public static int aff=0;
public void connexion(){
    try{
        Class.forName ("com.mysql.jdbc.Driver");
        Connection con = DriverManager.getConnection(
            "jdbc:mysql://localhost:3306/application", "root","mysql");
            }catch(Exception e){e.printStackTrace();}
        }
public void setup()
{
    try {
        DFAgentDescription dfd = new DFAgentDescription();
        dfd.setName(getAID());
        DFService.register(this, dfd); }
        catch (FIPAException e) { e.printStackTrace();}
        InterfaceClient intc= new InterfaceClient();
        conection conect= new conection();
        this.addBehaviour(conect);
    }
public class conection extends CyclicBehaviour{
    public int i=0;
    public void action()

```

```

    {
        connexion();
        ACLMessage msg =myAgent.blockingReceive();
        if( msg.getPerformative()==(ACLMessage.INFORM))
            try {
                Object []obj = (Object[]) msg.getContentObject();
                if (obj[0].equals("reunion"))
                {
                    propose(obj[3].toString());
                    reunion(obj[3].toString(),obj[4].toString());
                }
            }
            catch (Exception e) {e.printStackTrace();}
        }
    }
}

private void reunion(String string,String reun) {
    InterfaceClient intc= new InterfaceClient();
    intc.setVisible(true);
    intc.jbConnecter.doClick();
    Serveur serv=new Serveur();
    int h=0;
    doWait(240000);
    if(m<2){
        intc.jtaSaisie.setText(« on va reporter la réunion parceque la
            moitié sont absents... « ) ;
        intc.jbEnvoyer.doClick() ;
        intc.jtaSaisie.setText(« vous recevez le nouveau RDV dans votre
            boite de reception ... salam « ) ;
        intc.jbEnvoyer.doClick() ;
        doWait(30000) ;
        intc.jbConnecter.doClick() ;
        object[] obj={"no",prosolution,solution,cod_sol};
        Object[] objl={"ok"};
        espace.obj=objl;
    }
    if(m>=2){
        String flag="notok";
        for(int k=0;k<tab.length;k++){

```

```

        System.out.println(« les app connecté ==== »+tab[k]) ;
    }
    System.out.println(« nouveau proposeur===== »+prosolution) ;
    for(int n=0;n<tab.length;n++){
        if(tab[n]!=null){
            if(tab[n].equals(prosolution))
                {flag="ok";
                 }
        }
    }
    int sos=0;
    if(flag.equals("notok")){
        zelda=1;
        sos=1;
    }
}

```

Agent administrateur :

```

package ead;
import jade.core.AID;
import jade.core.Agent;
import jade.core.behaviours.*;
import jade.lang.acl.ACLMessage;
public class Administrateur extends Agent {
    @Override
    protected void setup(){

        addBehaviour(new tt());
    }
    public class tt extends Behaviour {

        public void action() {
            Bienvenu interfacel=new Bienvenu() ;
            interfacel.setVisible(true);
            ACLMessage msg1=new ACLMessage(ACLMessage.INFORM);
            msg1.addReceiver(new AID("Negociateur",AID.ISLOCALNAME));
            msg1.setContent(« demande dune negociation ») ;
            System.out.println(« Administrateur envoie msg : demande nego
            « +msg1.getContent() ) ;

```

```

        this.myAgent.send (msg1);
        ACLMessage msg = myAgent.blockingReceive();
throw new UnsupportedOperationException("Not supported yet.");
    }
    @Override
    public boolean done() {
        throw new UnsupportedOperationException("Not supported
yet.");
    }
}
public static void main(String[] args) {
    String argsv;
    jade.Boot.main(argsv);
}
}

```

Agent opérateur :

```

package ead ;
import jade.core.Agent ;
import jade.core.AID;
import jade.core.behaviours.*;
import jade.lang.acl.ACLMessage ;
import java.sql.* ;
/*-----Agent Opérateur-----*/
public class Operateur extends Agent{
    Connection con = null;
    Statement stmt = null;
    public    ResultSet rs = null;
    @Override
    protected void setup(){
        System.out.println(« salut je suis l'agent
Opérateur ! »+getAID().getName()) ;
        this.addBehaviour(new y());
        connexion1("BD");
    }
/*-----connexion à la base de données BD-----*/

```

```

public void connexion1(String chaine){
    try{
        Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver").newInstance();
        String url="jdbc:mysql://localhost/"+chaine;
        String user="root";
        String password="";
        DriverManager.registerDriver(new com.mysql.jdbc.Driver());
        con = DriverManager.getConnection(url,user,password);
        stmt = con.createStatement();
        System.out.println("ok! La BD est connectée ");

    }
    catch(Exception e){System.out.println("-----pas de
Connexion()");}
}
/* -----*/
public class y extends Behaviour{
    String D;
    String H;
    String C;
    @Override
    public void action() {
        while (true){
            System.out.println(« -----agent opérateur : je suis en
attente ») ;
            ACLMessage msg = myAgent.blockingReceive();
            if (msg!=null){
                traiter_msg(msg) ;
            }
        }
    }
}
/*-----traiter msg-----*/
public void traiter_msg(ACLMessage msg){
    System.out.println(« l'Operateur recoi ce msg :
« +msg.getContent() ) ;
        connexion1("BD");

        try{
            String requete ="SELECT Date, Heure, COUNT( * ) FROM agenda
WHERE Etat = 'L' GROUP BY 'Heure', 'COUNT(*)' DESC";

```

```

        ResultSet rs = stmt.executeQuery(requete);
        rs =con.createStatement().executeQuery(requete);
        String str="";
        while (rs.next()){
            D = rs.getString("Date");
            H = rs.getString("Heure");
            str =str+"le"+D+" à "+H+"\n";
        }
        if (!str.equals("")){
            ACLMessage reply = msg.createReply();
            msg.addReceiver(new AID("Negociateur",AID.ISLOCALNAME));
            reply.setPerformative(ACLMessage.INFORM);
            reply.setContent(str);
            System.out.println("l'opérateur repandre
par:\n"+reply.getContent());
            myAgent.send(reply);
        }

    } catch(Exception e){System.out.println("erreur11");}
}

@Override
public boolean done() {
    throw new UnsupportedOperationException("Not supported
yet.");
}
}
}

```

A1.2 Capture d'écrans de l'application

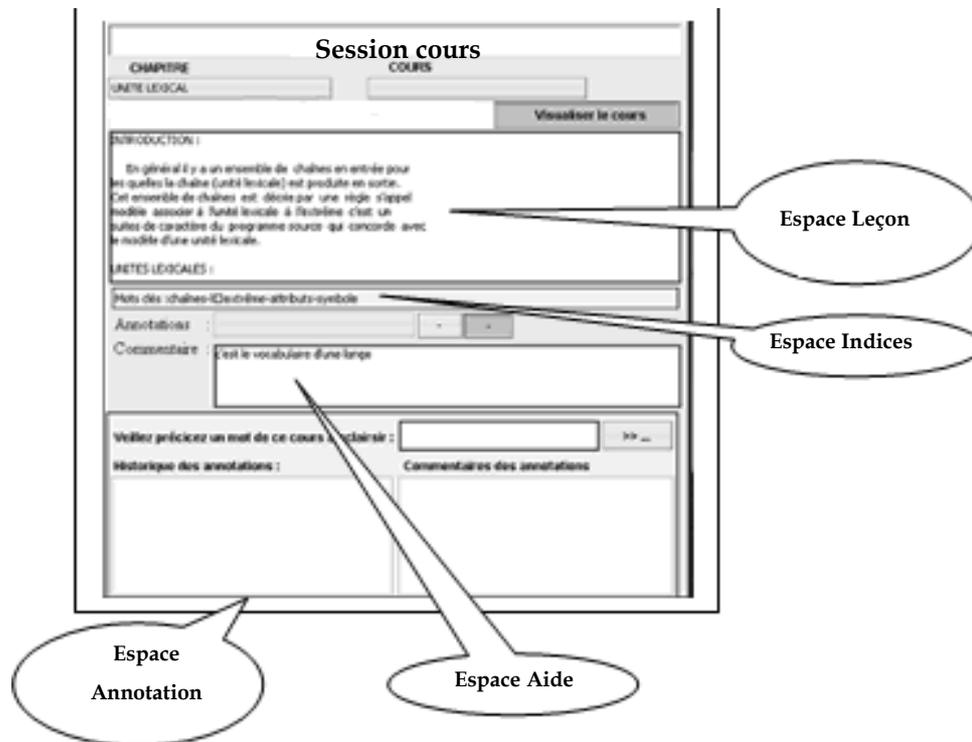


Figure A1.1 Capture d'écran « Session cours »

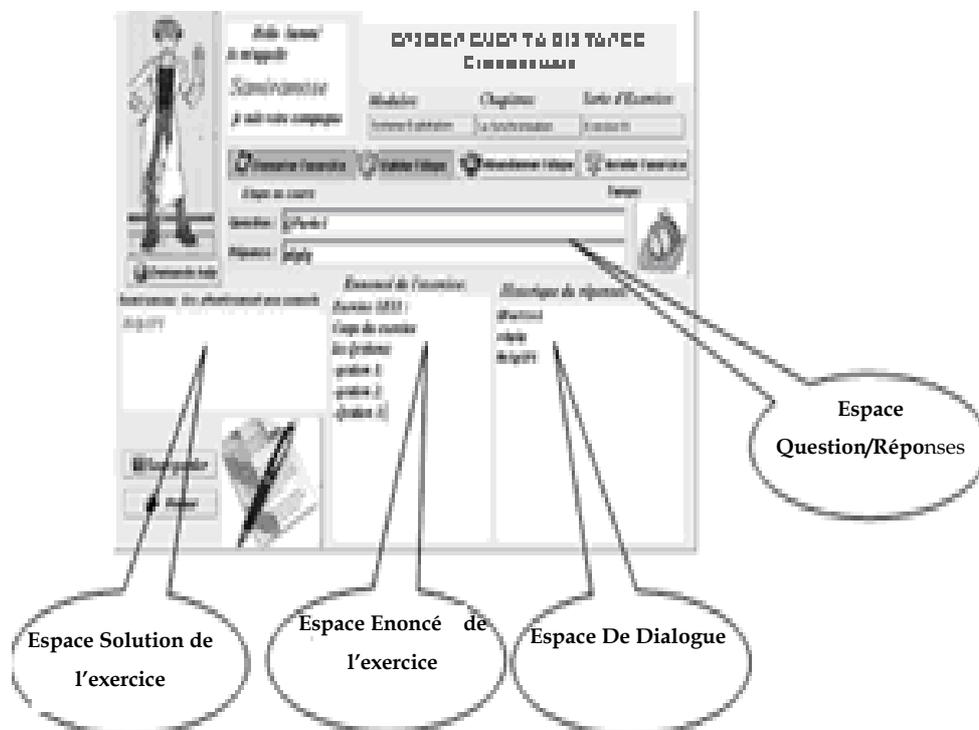


Figure A1.2 Capture d'écran « Résolution exercice assisté »

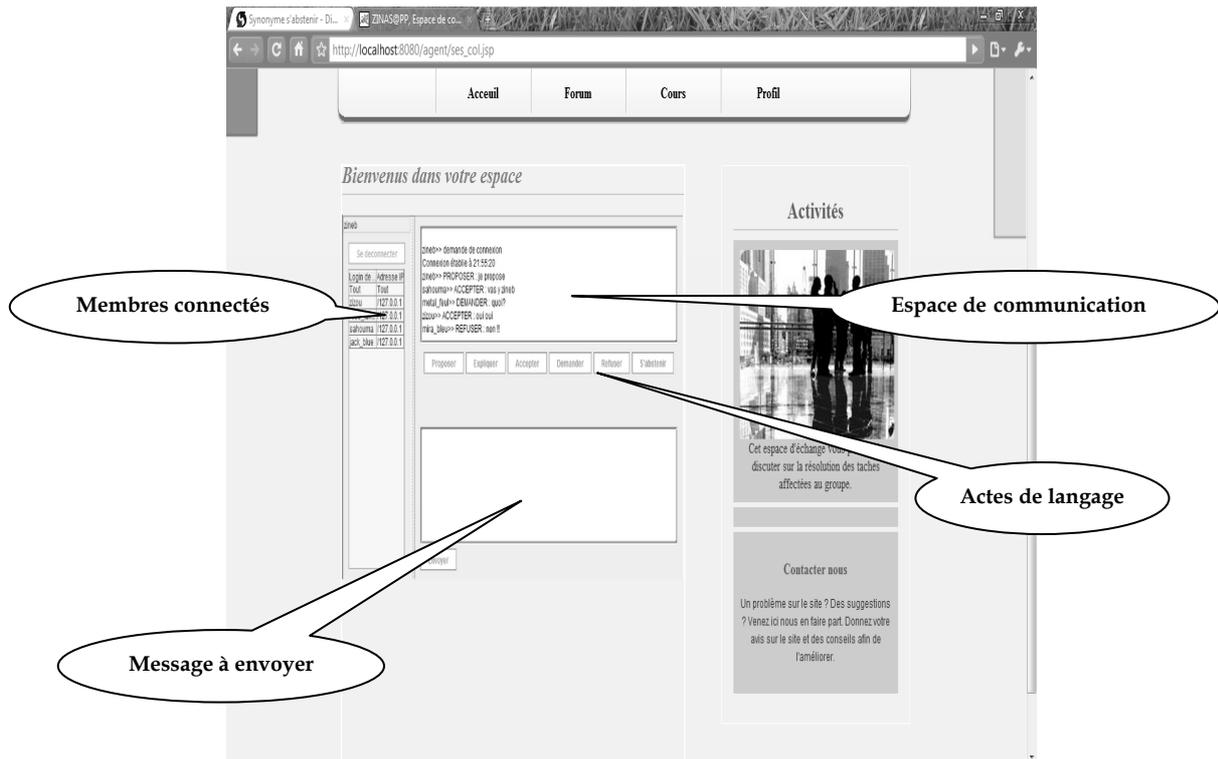


Figure A1.3 Capture d'écran « Session de collaboration »

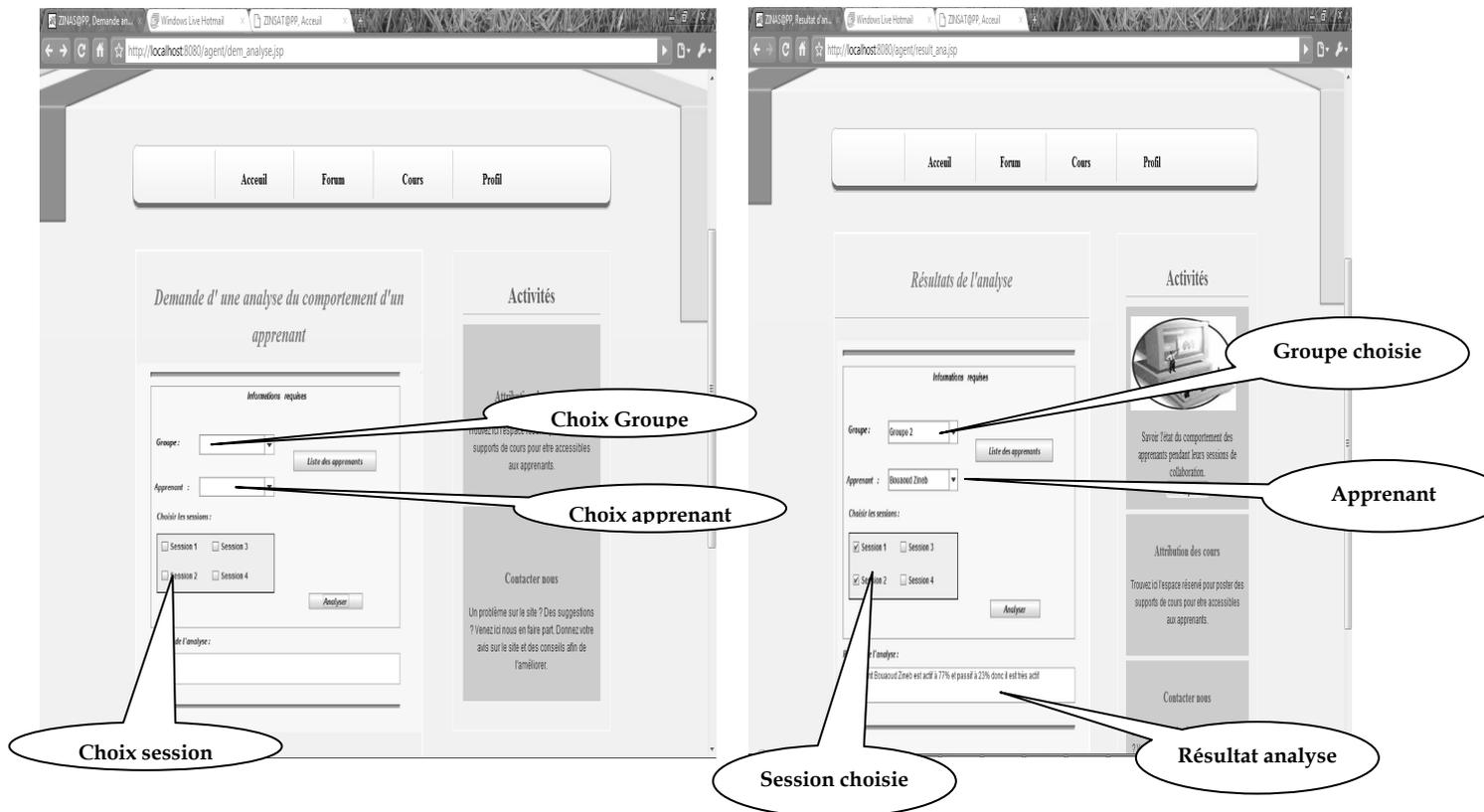


Figure A1.4 Captures d'écrans Catégorisation « Avant et après la demande »

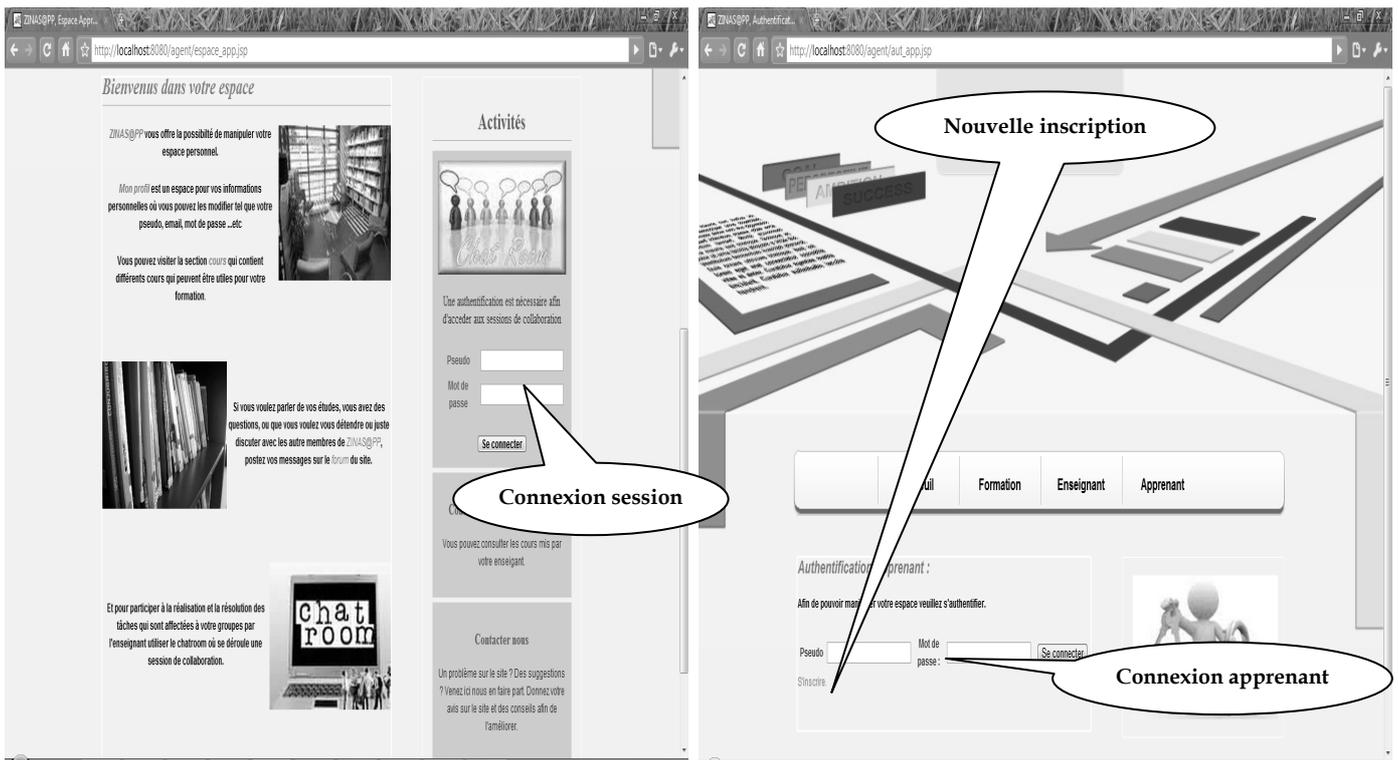


Figure A1.5 Captures d'écrans « Connexion application/ Connexion chat »

Annexe 2 : Questionnaires

A2.1 Environnements d'apprentissage

A2.1.1 Questionnaire destiné aux enseignants

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abbas FERHAT -Sétif

Département d'informatique

Veillez répondre aux questions suivantes.

1/ Nature ou domaine de la matière que vous enseignez :

Technologie Science de la nature Biomédicale
Littérature Sciences humaines Droit
Sciences exactes Autres : précisez

2/ Catégorie de la matière enseignée :

De base Annexe

3/ Taille de la section « nombre d'apprenants » que vous enseignez :

Petite « 20-50 » Moyenne « 50-100 » Grande « 100-200 »
Très grande « +200 »

4/ Expérience dans le domaine d'enseignement :

-5 ans 5-10 ans 10-20 ans +20 ans

5/ Les tâches qui vous sont affectées :

Cours TD TP Encadrement

Autres précisez :

6/ Comment exposez-vous et essayez-vous d'expliquer votre cours :

Magistralement en lançant un débat Suite de problèmes et solutions

Analogies avec la vie courante Autre : précisez

.....

7/ Quels types d'exercices vous préconisez dans vos séries d'exercices :

Exercices « applications directes » QCM Problèmes

Autres précisez

8/ Est-ce que vous collaborez avec l'apprenant pendant les séances de TD :

Oui Non

9/ Si Oui, à quel moment vous intervenez :

A la demande de l'apprenant Si apprenant est bloqué « temps de réflexion écoulé »

Si réponse erronée Autres précisez

10/ Comment intervenez-vous pour aider l'apprenant à comprendre ?

En le débloquent directement « donnez la réponse correcte puis expliquer ».

En lui posant des questions qui vont mener à la réponse

En lui donnant une partie de la réponse

En donnant des exemples analogues

En le conseillant de lire le cours

Autre :

11/ Quel est le temps de réflexion que vous accordez à l'apprenant pour résoudre un exercice :

Variable « selon l'exercice » Fixe combien

12/ Est-ce que vous conseillez très souvent les étudiants de revenir au cours ?

Oui

Non

13/ Est-ce que vous supervisez des travaux de groupes ?

Oui

Non

Si Oui, comment ?

.....
.....
.....

14/ Avez-vous des difficultés à faire collaborer des apprenants d'un même groupe ?

Oui

Non

Si Oui, pourquoi ?

.....
.....
.....

15/ Avez-vous des difficultés à ordonnancer et coordonner les travaux des différents groupes ?

Oui

Non

Si Oui, pourquoi ?

.....
.....
.....

16/ Est-ce que vous trouvez qu'une interaction entre apprenants est fructueuse sur le plan pédagogique ?

Oui

Non

Si Oui, pourquoi ?

.....
.....
.....

17/ Est-ce que vous trouvez que plus la charge « tâches » de l'enseignant est grande moins est sont rendement ?

Oui

Non

Si Oui, pourquoi ? Est-ce qu'il est contraint par le temps, la disponibilité, la fatigue ou autres ?

.....
.....
.....

Merci

A2.1.2 Questionnaire destiné aux apprenants

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abbas FERHAT -Sétif

Département d'informatique

Veillez répondre aux questions suivantes.

1/ Votre sexe :

Féminin

Masculin

2/ Nature de la formation suivie :

Technologie

Science de la nature

Biomédicale

Littérature

Sciences humaines

Droit

Sciences exactes

Autres : précisez

3/ Donnez votre situation « niveau » pédagogique par rapport à votre section « promotion » ?

L'un des meilleurs

Bon

Moyen

Faible

Très faible

Répétitif

4/ Comment préférez-vous que le cours vous soit expliqué :

Magistralement en lançant un débat Suite de problèmes et solutions

Analogies avec la vie courante Autre : précisez

5/ Comment préférez-vous votre cours ?

Textuel

Illustré

Autres

6/ Comment aimeriez-vous que l'enseignant vous aide à comprendre ?

En vous débloquent directement « donnez la réponse correcte puis expliquez ».

En vous posant des questions qui vont mener à la réponse

En vous donnant une partie de la réponse

En donnant des exemples analogues

En vous conseillant de lire le cours

Autre :

7/ Quels types d'exercices vous préférez pour vous évaluer :

Exercices « applications directes » QCM Problèmes

Autres précisez

8/ Est-ce que vous collaborez avec d'autres apprenants pendant les séances de TD :

Oui Non

9/ Est-ce que vous préférez un travail collectif « de groupe » ou individuel ? et pourquoi ?

Groupe individuel

.....
.....
.....

10/ Avez-vous des difficultés à collaborer avec des apprenants d'un même groupe ?

Oui Non

Si Oui, pourquoi ?

.....
.....
.....

11/ Comment aimeriez-vous que votre délégué soit choisi ?

Le 1^{er} qui postule pour le titre

Par élection

Le meilleur élément du groupe

Autre :

12/ Est-ce que vous trouvez qu'une interaction entre apprenants vous est fructueuse sur le plan pédagogique ?

Oui Non

Si Oui, pourquoi ?

.....
.....
.....

13/ Est-ce que vous assimilez mieux en travaillant seul ou en interagissant avec d'autres apprenants ? et pourquoi ?

Seul

Autres apprenants

14/ Préférez-vous demander l'aide à un apprenant de votre classe, pour assimiler une information, qu'à votre enseignant ? et pourquoi ?

Oui

Non

15/ Est-ce que vous auriez bien aimé avoir un enseignant disponible à tout moment ? et pourquoi ?

Oui

Non

16/ Est-ce qu'avoir un enseignant disponible à tout moment vous motive pour votre activité d'apprentissage ? et pourquoi ?

Oui

Non

Merci

A2.2 Usage des TIC

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abbas FERHAT -Sétif

Département d'informatique

Veillez répondre aux questions suivantes.

1/ Votre sexe :

Féminin

Masculin

2/ Donnez votre situation « niveau » pédagogique par rapport à votre section « promotion » ?

Bon

Moyen

Faible

3/ Est-ce que vous disposez d'un ordinateur ?

Oui

Non

Si oui de quel type :

Si non, est ce que vous trouvez que c'est un handicap ?

.....

4/ Comment vous connectez vous à internet ?

Abonnement

Téléphone « ex : 1515 »

Cyber café

Autre « précisez »

.....

5/ Moyenne de connexions internet par semaine ?

chaque jour Tout les 2 jours Deux fois par semaine
1 fois par semaine Rarement Jamais

Pourquoi ?
.....

6/ Moment de connexion :

Matinée Après midi Le soir Peu importe

Pourquoi ?
.....
.....

7/ Moyen de communication que vous préférez :

e-mail Chat Le forum Autre Aucun

Pourquoi ?
.....
.....

8/ Rôle d'internet ?

Communication Enrichissant Distraction Autre

.....
Pourquoi ?
.....
.....

3/ Est-ce que vous trouvez qu'internet joue un rôle complémentaire pour vos études ?

Oui Non

Pourquoi ?
.....

Merci

A2.3 Evaluation des questionnaires

I/ Pour les deux premiers questionnaires, l'analyse a été évoquée au deuxième chapitre, dûment à nos besoins conceptuels.

II/ Quant à l'étude du déploiement des TICE, l'enquête portait sur 71 étudiants de la deuxième année licence académique en Informatique (promotion de l'année 2010) au département d'Informatique de l'UFAS (Université Ferhat Abbas de Sétif).

Les étudiants de sexe féminin constituait la plus grande masse des interrogés avec un nombre de 42 soit 59% des scrutés. Nous avons compté 29 étudiants de sexe masculin soit 41% des scrutés.

Les plus importants points dans les résultats de cette étude étaient :

1/ Possession d'un ordinateur :

Nous avons trouvé que 8% des interrogés ne possédaient pas des ordinateurs, dont 10% de sexe féminin et 3% de sexe masculin.

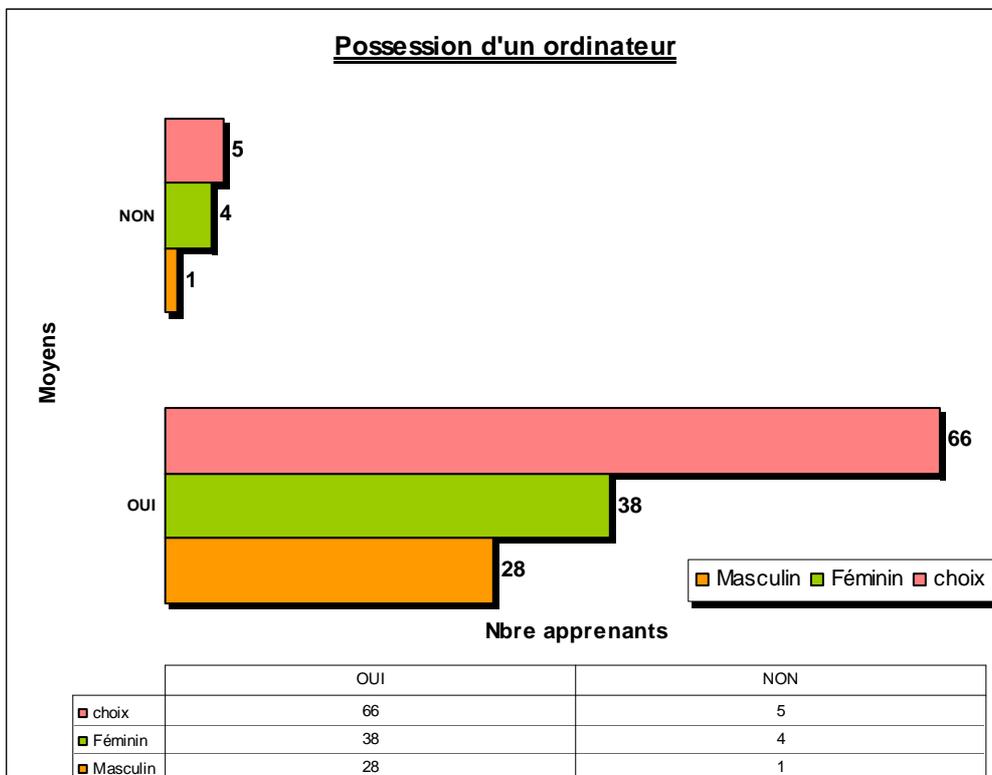


Figure A2.1 Résultat Possession d'un ordinateur

2/ Moyens de connexion à Internet :

80% des interrogés n'ont pas de connexion Internet à leur domicile (Contre 20% : 19% de sexe féminin et 21% de sexe masculin). La majorité, c'est-à-dire 66% des scrutés font recours aux cybercafés (64% de sexe féminin et 69% de sexe masculin). 13% des interrogés utilisaient les salles de TP pour avoir accès à Internet.

Les moyens déployés pour accéder à l'Internet sont régis par les moyens financiers des apprenants.

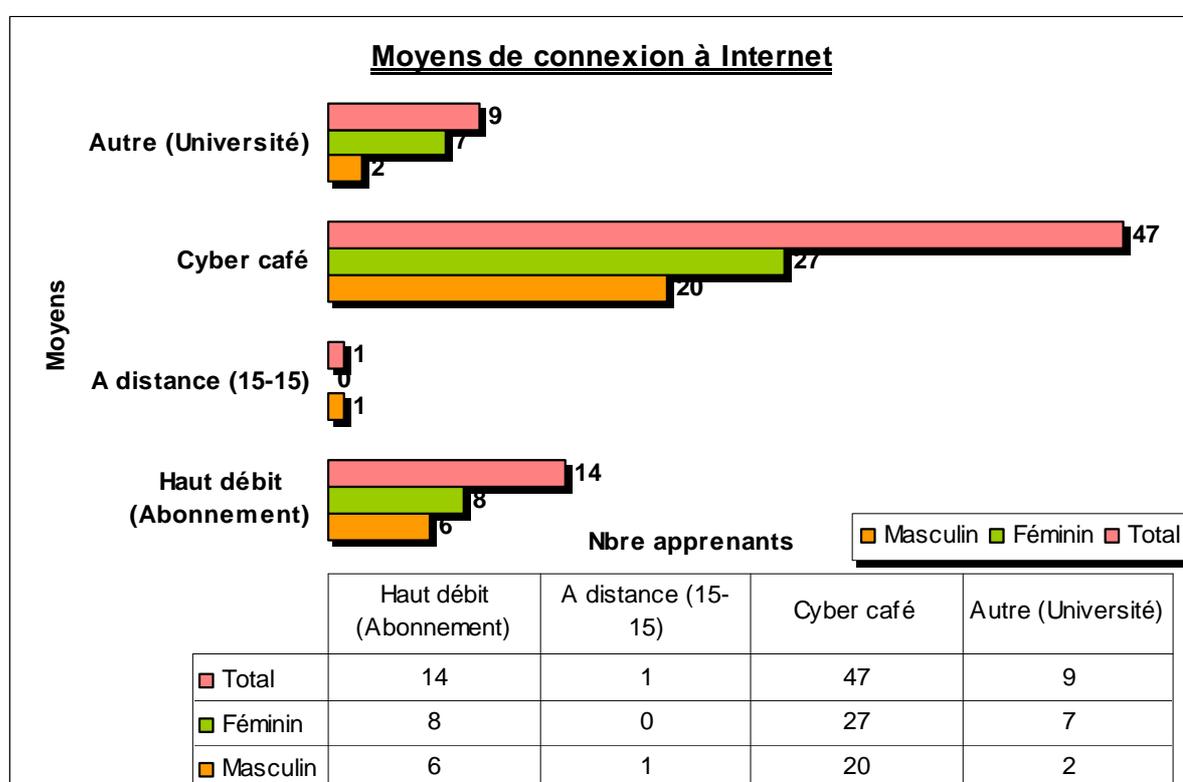


Figure A2.2 Résultats Moyens de connexion à Internet

3/ Fréquence de connexion par semaine :

Dans ce sondage, nous avons trouvé que les apprenants de sexe féminin utilisaient l'Internet moins que les garçons. 60% des scrutées filles utilisaient l'Internet rarement contre 7% des garçons. 86% de ces derniers utilisaient l'Internet chaque jour jusqu'à 1 fois par semaine contre 16% des filles.

D'après ce sondage : le sexe est un paramètre important pour l'usage de l'internet.

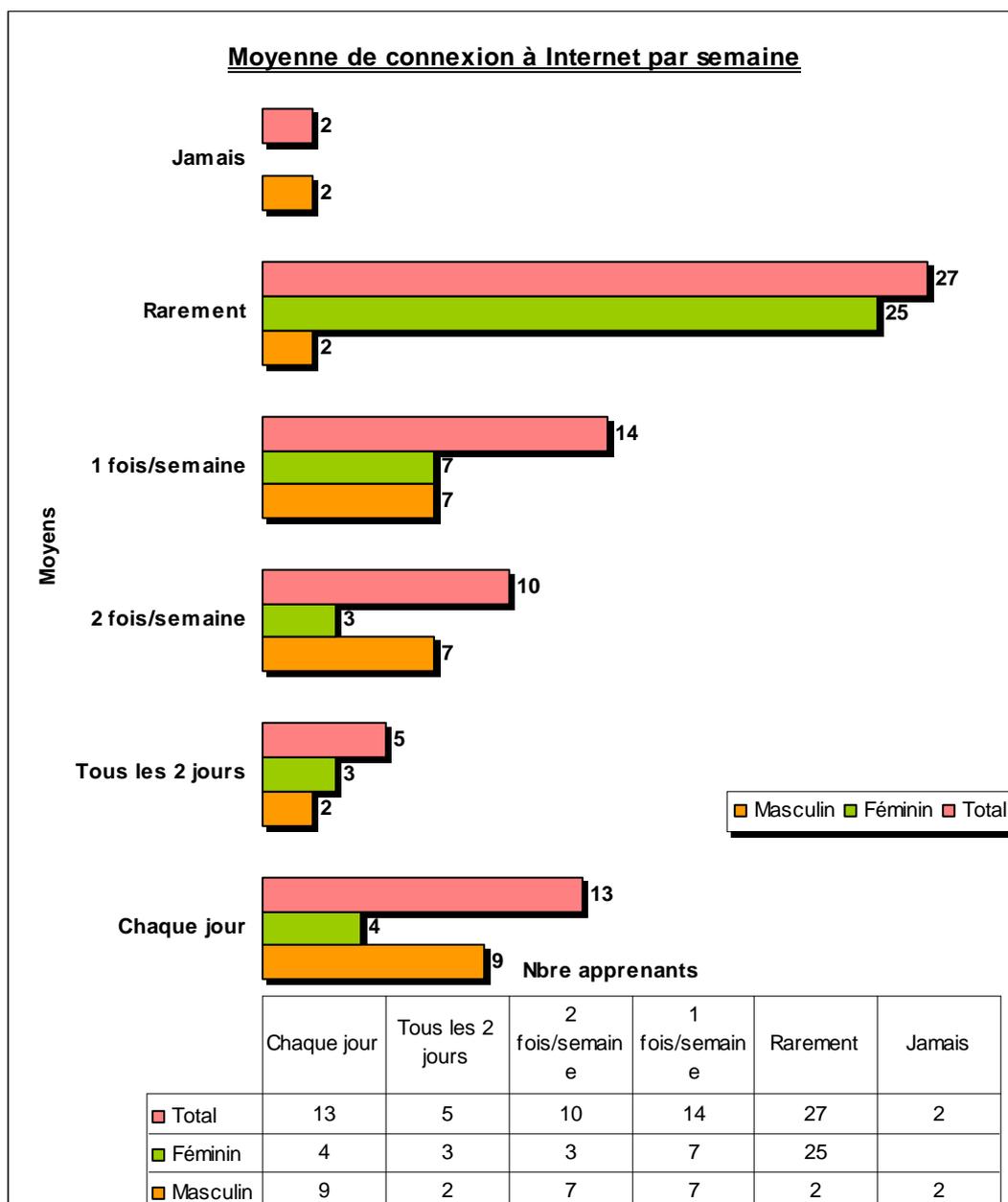


Figure A2.3 *Fréquence de connexion à Internet par semaine*

4/ Moment de connexion :

Le moment de connexion préféré est lui aussi conduit par le sexe des apprenants : aucune des filles qui font recours aux cybercafés pour avoir accès à l'internet ne se connecte le soir, elles préfèrent les après-midi. Contrairement aux filles, les garçons préfèrent utiliser l'Internet le soir et évite les connexions des après midi.

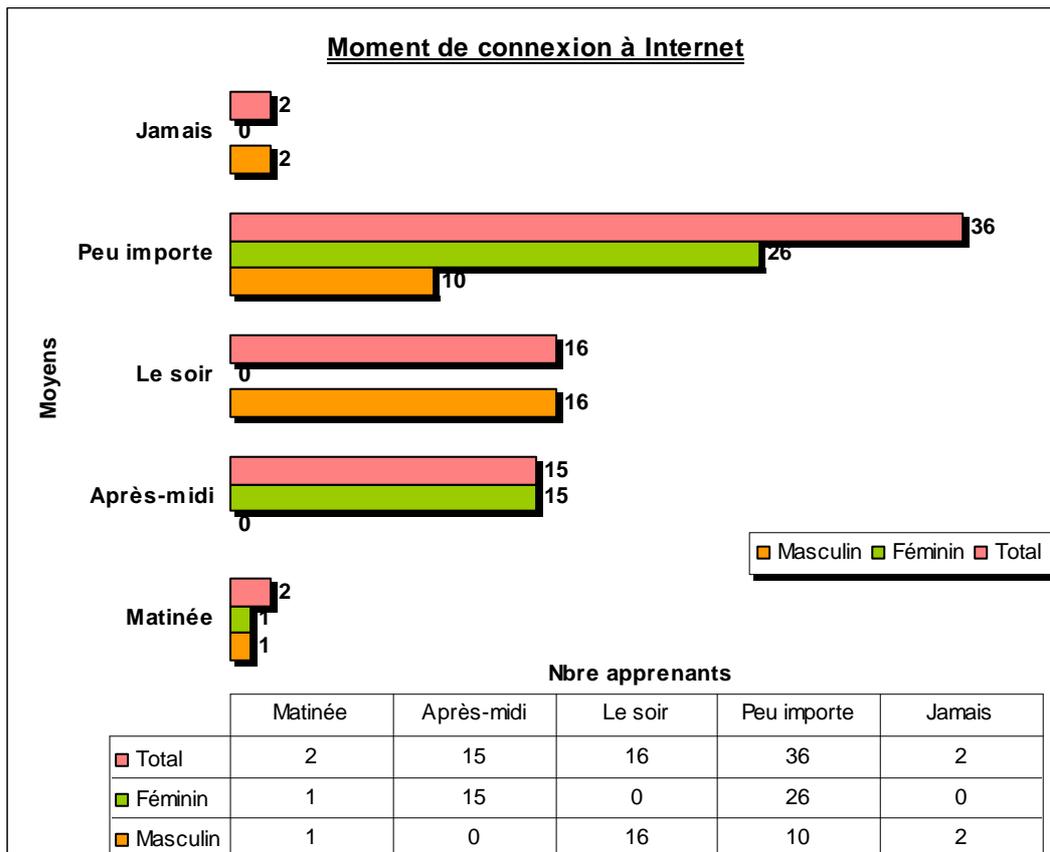


Figure A2.4 *Moment de connexion à Internet dans la journée*

5/ Moyens de communication :

Le moyen de communication préféré des étudiants (quelque soit leur sexe) est le e-mail avec 36% des choix contre 19% pour le chat et 21% pour les forums.

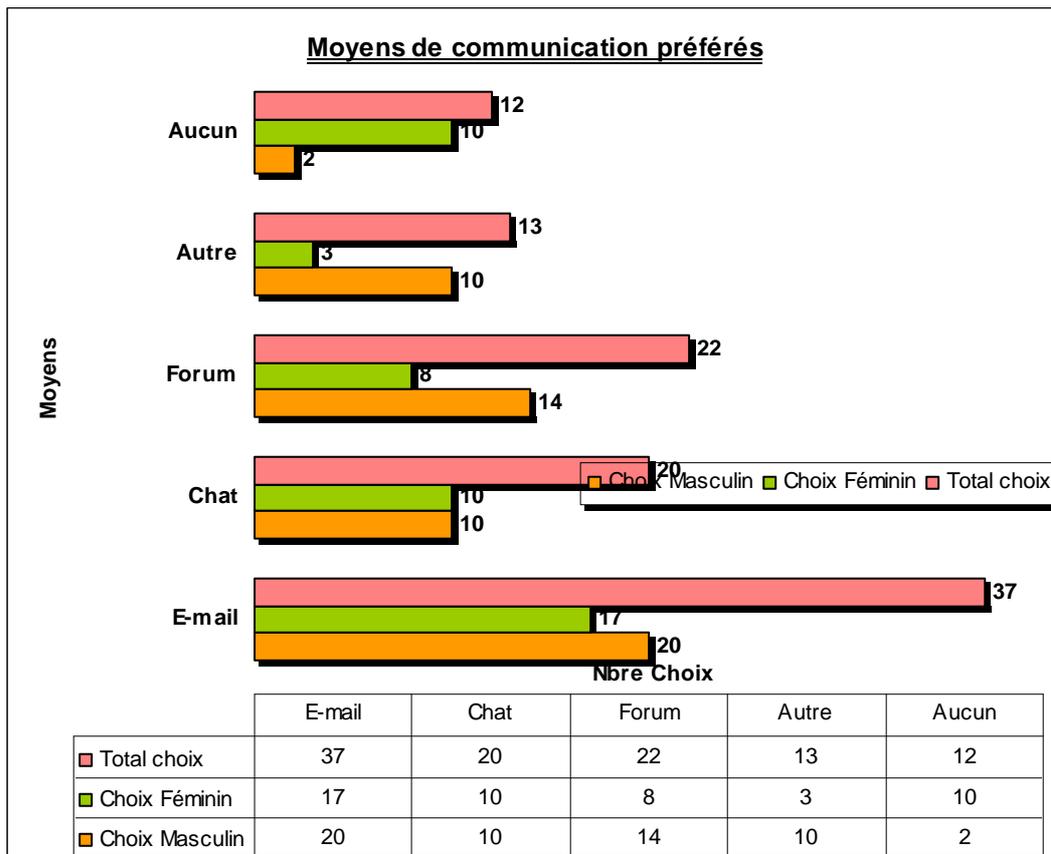


Figure A2.5 Préférences des apprenants « Moyens de communication »

6/ Rôle d'Internet :

36% des scrutés trouvaient que l'Internet est un moyen de communication (33% des choix féminins et 39% des choix masculins). 47% trouvent que l'internet permet d'enrichir leurs connaissances (56% des choix féminins et 37% des choix masculins). 9% des scrutés trouvent que l'internet est un moyen de distraction.

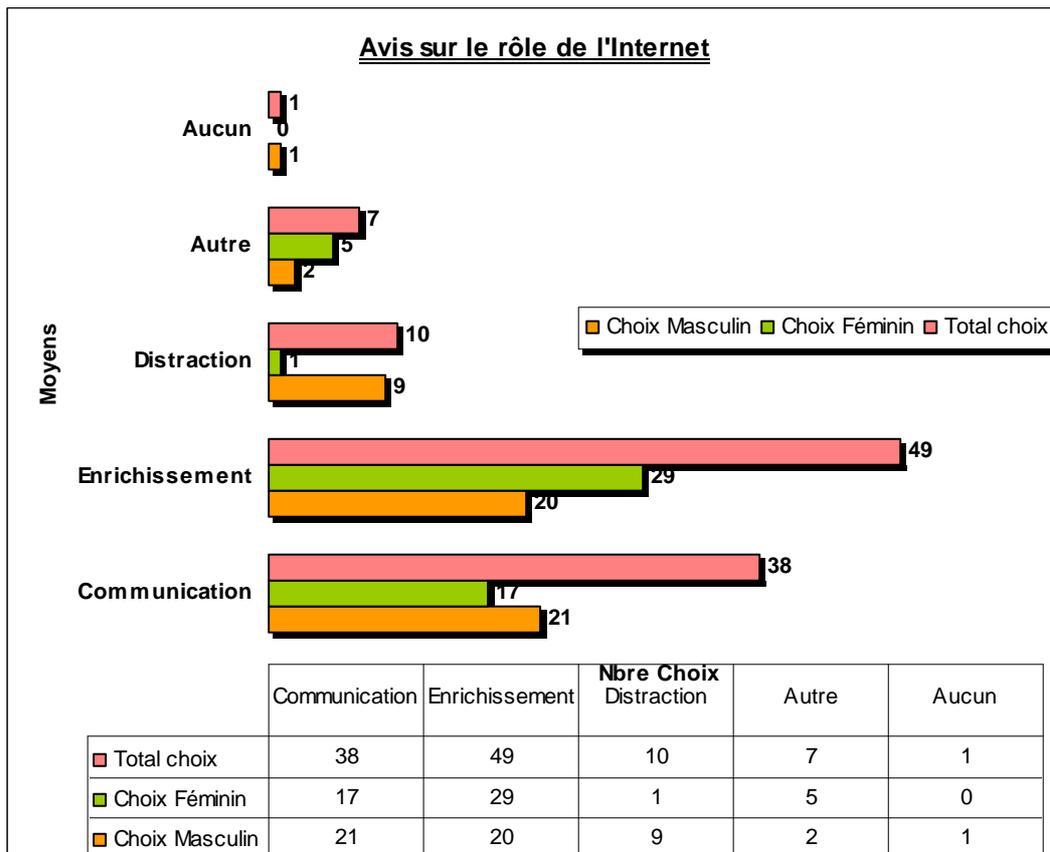


Figure A2.6 Avis des apprenants sur le rôle de l'Internet

7/ Apport de l'internet au processus d'apprentissage :

84% des scrutés trouvent que l'usage de l'internet ajoute des points importants pour la réussite du processus d'apprentissage.

En guise de conclusion de cette enquête, nous pouvons tirer trois remarques :

- ✓ Le sexe des apprenants n'a aucun effet sur les avis des scrutés sur l'Internet (rôle, apport, moyens de communication préférés, moyens de connexion utilisés).
- ✓ Les moyens financiers jouent un rôle important dans le choix des types de connexion utilisés et à fortiori sur les temps et fréquence de connexion.
- ✓ En plus des moyens financiers, le sexe est un paramètre important dans le choix du moment de connexion et la fréquence de connexion.

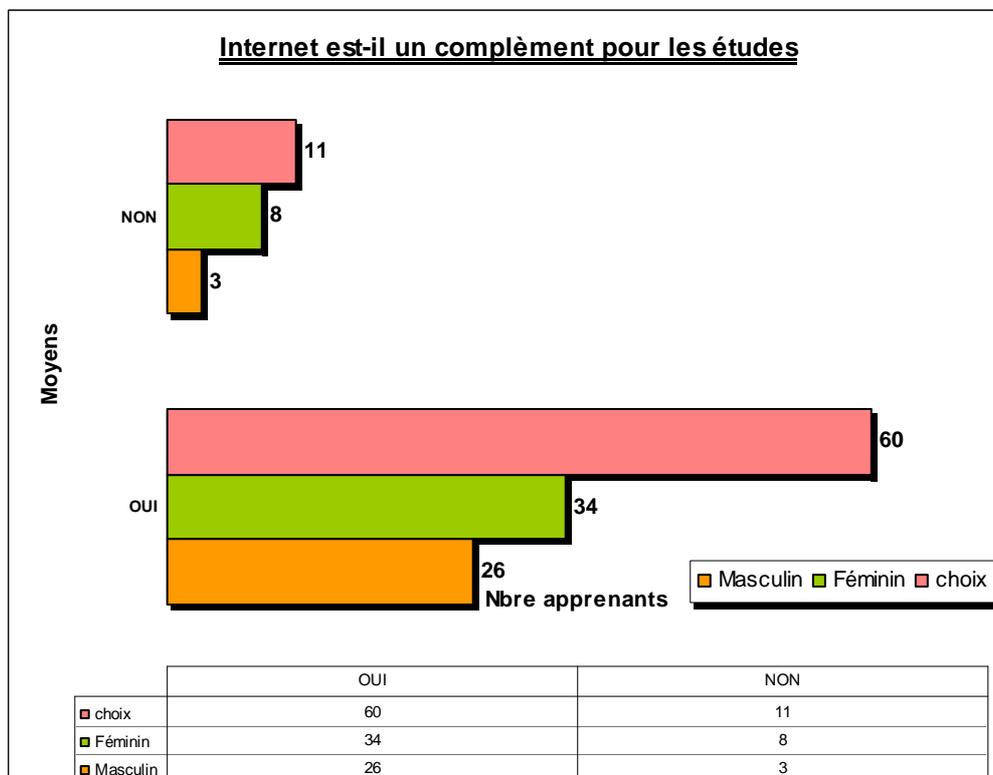


Figure A2.7 Avis sur l'apport de l'Internet au processus d'apprentissage

Après cette enquête, nous nous sommes rendu compte, que mener une expérimentation grandeur réelle, avec des groupes d'apprenants réels, sur une durée de plusieurs semaines et comparer les résultats obtenus à une formation en présentiel est inenvisageable (du moins pour le moment).

Annexe 3 : Figures et tables de la conception

A3.1 Dictionnaire de données

Nom symbolique	Description	Type	Taille	Contraintes / Règles de calcul
Cod_fil	Code de la filière	Chaîne de caractères	8	
Nom_fil	Nom de la filière	Chaîne de caractères	25	
Cod_cyc	Code du cycle	Chaîne de caractères	8	
Lib_cyc	Libellé du cycle	Chaîne de caractères	25	
Cod_form	Code du niveau	Chaîne de caractères	8	
Lib_form	Libellé du niveau	Chaîne de caractères	25	
Cod_niv	Code de la classe virtuelle	Chaîne de caractères	8	
Lib_niv	Libellé de la classe virtuelle	Chaîne de caractères	25	
Cod_mod	Code du module	Chaîne de caractères	8	
Lib_mod	Libellé du module	Chaîne de caractères	25	
Cod_chap	Code du chapitre	Chaîne de caractères	8	
Nom_chap	Nom du chapitre	Chaîne de caractères	35	
Cod_ref	Code de la référence	Chaîne de caractères	12	
Titre_ref	Titre de la référence	Chaîne de caractères	35	
Aut_ref	Auteur de la référence	Chaîne de caractères	35	
An_ref	Année de la référence	Numérique		AAAA
Autre_ref	Autre information sur la référence	Chaîne de caractères	25	
Cod_qcm	Numéro du questionnaire	Chaîne de caractères	8	
Enonc_qcm	Enoncé de la question	Chaîne de caractères	125	

Cod_choix	Numéro du choix	Chaine de caractères	8	
Enonc_choix	Enoncé du choix	Chaine de caractères	125	
Rep_choix	Réponse concernant le choix	caractère		V = Vrai F = Faux
Rep_app	Réponse donnée par l'apprenant	caractère		V= Vrai F = Faux
Cod_assis	Code de l'exercice assisté	Chaine de caractères	8	
Enonc_assis	Enoncé de l'exercice assisté	Chaine de caractères	250	
Cod_part	Code de la partie de l'exercice assisté « question »	Chaine de caractères	8	
Enonc_part	Enoncé de la question de l'exercice assisté	Chaine de caractères	250	
Sol_part	Solution de la partie	Chaine de caractères	125	
Enonc_hlp1	Enoncé aide1	Chaine de caractères	125	
Enonc_hlp2	Enoncé aide2	Chaine de caractères	125	
Enonc_hlp3	Enoncé aide3	Chaine de caractères	125	
Dur_hlp	Durée de chaque Aide	Numérique		Durée exprimée en minutes
Rep_part	Réponse de l'apprenant à la partie de l'exercice assisté	Chaine de caractères	125	
Eval_part	Evaluation de la réponse de l'apprenant à la partie de l'exercice assisté	Chaine de caractères	2	Excellent = A+ Très bon = A Bon = B+ Moyen = B Passable = C Mauvais = D
Cod_exo	Code de l'exercice classique	Chaine de caractères	8	
Enonc_exo	Enoncé de l'exercice classique	Chaine de caractères	250	
Rep_exo	Réponse de	Chaine de	250	

	l'apprenant à l'exercice classique	caractères		
Eval_exo	Evaluation de la réponse de l'apprenant à l'exercice classique	Chaine de caractères	2	Excellent = A+ Très bon = A Bon = B+ Moyen = B Passable = C Mauvais = D
Cod_lec	Code de la leçon	Chaine de caractères	8	
Titre_lec	Titre de la leçon	Chaine de caractères	35	
Niv_lec	Degré de difficulté ou niveau de la leçon	Caractère		Difficile = A Moyen = B Faible = C
Adr_lec	Adresse de la leçon	Chaine de caractères	20	
Cod_annot	Identifiant de l'annotation	Chaine de caractères	8	
Annotation	Le mot annoté	Chaine de caractères	15	
Cmment	Commentaire ou description du mot annoté	Chaine de caractères	125	
Cod_ind	Identifiant du mot clé ou de l'index	Chaine de caractères	8	
Indice	Le mot indexé	Chaine de caractères	15	
Descrip	Description ou définition du mot indexé	Chaine de caractères	125	
Cod_prj	Code du mini projet	Chaine de caractères	8	
Titre_prj	Titre du mini projet	Chaine de caractères	35	
Enonc_prj	Enoncé du mini projet	Chaine de caractères	250	
Dd_prj	Date d'affectation ou début du mini projet	Chaine de caractères	10	JJ/MM/AAAA
Df_prj	Date de la fin du mini projet	Chaine de caractères	10	JJ/MM/AAAA
Cod_tâche	Code de la tâche	Chaine de	8	

		caractères		
Titre_Tache	Titre de la tâche	Chaine de caractères	35	
Dr_tache	Date de remise de la tâche	Chaine de caractères	10	JJ/MM/AAAA
Dd_tache	Date début de la tâche	Chaine de caractères	10	JJ/MM/AAAA
Enonc_tache	Enoncé de la tâche	Chaine de caractères	250	
Adr_tache	Adresse du rapport de la solution de la tâche	Chaine de caractères	20	
Cod_sstask	Identificateur de la sous tâche	Chaine de caractères	8	
Titre_sstask	Titre de la sous tâche	Chaine de caractères	35	
Dr_sstask	Date de remise de la sous tâche	Chaine de caractères	10	JJ/MM/AAAA
Dd_sstask	Date de début de la sous tâche	Chaine de caractères	10	JJ/MM/AAAA
Etat_sstask	Etat de la sous tâche	Caractère		T = Terminée C = En cours A = Attribuée à un autre groupe
Adr_rapp	Adresse rapport solution tâche	Chaine de caractères	20	
Cod_fiche	Identificateur de la solution préliminaire	Chaine de caractères	8	
Adr_fiche	Adresse de la solution préliminaire	Chaine de caractères	20	
Date_fiche	Date d'envoi de la solution préliminaire	Chaine de caractères	10	JJ/MM/AAAA
Cod_ens	Code de l'enseignant	Chaine de caractères	8	
Nom_ens	Nom de l'enseignant	Chaine de caractères	25	
Pren_ens	Prénom de l'enseignant	Chaine de caractères	25	
Pseu_ens	Pseudo de l'enseignant	Chaine de caractères	12	
Grade_ens	Grade de l'enseignant	Chaine de caractères	12	

Spec_ens	Spécialité de l'enseignant	Chaine de caractères	25	
Tel_ens	Téléphone de l'enseignant	Chaine de caractères	18	(Code-pays) cod-région numéro
Ville_ens	Ville de l'enseignant	Chaine de caractères	25	
Pays_ens	Pays de l'enseignant	Chaine de caractères	25	
Mail_ens	Email de l'enseignant	Chaine de caractères	20	pseudo@url
Pass_ens	Le mot de passe de l'enseignant	Chaine de caractères	15	
Cod_app	Code de l'apprenant	Chaine de caractères	8	
Nom_app	Nom de l'apprenant	Chaine de caractères	25	
Pren_app	Prénom de l'apprenant	Chaine de caractères	25	
Sexe_app	Sexe de l'apprenant	Caractère		M = Masculin F = Féminin
Ville_app	Ville de l'apprenant	Chaine de caractères	25	
Pays_app	Pays de l'apprenant	Chaine de caractères	25	
Pseudo_app	Pseudo de l'apprenant	Chaine de caractères	25	
Passe_app	Mot de passe de l'apprenant	Chaine de caractères	15	
Mail_app	Email de l'apprenant	Chaine de caractères	20	pseudo@url
Tel_app	Téléphone apprenant	Chaine de caractères	18	(Code-pays) cod-région numéro
Dn_app	Date de naissance apprenant	Chaine de caractères	10	JJ/MM/AAAA
Nbre_abs	Nombre d'absences de l'apprenant	Numérique		
Cod_grtr	Identificateur du groupe	Chaine de caractères	8	
Nbre_grtr	Nombre d'apprenant du groupe	Numérique		
Nbre_report	Nombre de séances de collaboration reportées	Numérique		

Nbre_lieu	Nombre de séances ayant lieu	Numérique		
Nbre_annul	Nombre de séances annulées	Numérique		
Cod_collab	Identificateur de session	Chaine de caractères	8	
Date_ses	Date de session	Chaine de caractères	10	JJ/MM/AAAA
Deb_ses	Heure Début de session	Chaine de caractères	5	HH :MM
Fin_ses	Heure Fin de session	Chaine de caractères	5	HH :MM
Nbre_msg	Nombre de messages échangés lors de la session de collaboration	Numérique		
Nbre_prop	Nombre d'actes de proposition (du groupe)	Numérique		
Nbre_app	Nombre d'actes d'approbation (du groupe)	Numérique		
Nbre_desapp	Nombre d'actes de désapprobation (du groupe)	Numérique		
Nbre_eclair	Nombre d'actes de demande d'éclaircissement (du groupe)	Numérique		
Nbre_demons	Nombre d'actes de démonstration (du groupe)	Numérique		
Nbre_abst	Nombre d'actes d'abstention (du groupe)	Numérique		
Cod_session	Code de la Session de l'apprenant	Chaine de caractères	8	
Date_sess	Date de connexion de l'apprenant	Chaine de caractères	10	JJ/MM/AAAA
Heure_deb	Heure de la connexion de l'apprenant	Chaine de caractères	5	HH :MM

Heure_fin	Heure de déconnexion de l'apprenant	Chaine de caractères	5	HH :MM
Msg_app	Nombre de messages envoyés par l'apprenant lors d'une séance de collaboration	Numérique		
Prop_app	Nombre d'actes de proposition (de l'apprenant)	Numérique		
App_app	Nombre d'actes d'approbation (de l'apprenant)	Numérique		
Desapp_app	Nombre d'actes de désapprobation (de l'apprenant)	Numérique		
Eclair_app	Nombre d'actes de demande d'éclaircissement (de l'apprenant)	Numérique		
Demons_app	Nombre d'actes de démonstration (de l'apprenant)	Numérique		
Abst_app	Nombre d'actes d'abstention (de l'apprenant)	Numérique		
Cod_plage	Code de la plage horaire	Chaine de caractères	8	
Jour	Jour de l'agenda	Chaine de caractères	10	JJ/MM/AAAA
Heure	Heure de l'agenda	Chaine de caractères	5	HH :MM
Etat	Etat de l'apprenant	Caractère		O = Occupé L = Libre R = Rendez_vous

Table A3.1 Dictionnaire de données

A3.2 Modèle d'une fiche « Rapport de réunion »

Fiche Rapport		
Rapport n°		Libellé :
Date et Heure de la réunion	à	Groupe.....
Présents :		
.....		
.....		
Absents :		
.....		
Ordre du jour :		
P1 :		
P2 :		
Résultats de la réunion :		
.....		
Date prochaine réunion :		
Date et Heure fin de la réunion :		à

Figure A3.2 *Modèle de P.V de session de collaboration*

Annexe 4 : Liste des acronymes

AC : Apprentissage Coopératif

ACAO : Apprentissage Coopératif Assisté par Ordinateur

ACL : Agent Communication Language « Langage de communication entre agents » :
C'est un langage d'interrogation et de manipulation de connaissances développé au sein du FIPA afin de permettre aux agents de communiquer entre eux.

AEIO : Agent Environnement Interaction Organisation

AGR : Agent Groupe Rôle

AIED : Artificial Intelligence in Education

API : Application Program Interface. Interface de programme d'application

APP : Apprentissage Par Problème

AUML : Agent UML

BDI : Beliefs - Desires - Intentions. L'architecture BDI est utilisée pour décrire la structure interne des agents

CEN : Comité Européen de Normalisation

CIRC : Cooperative Integrated Reading and Composition

CMO: Coopération Médiée par l'Ordinateur

CSCL : Computer-Supported Collaborative Learning

CV: Classe Virtuelle

EAD : Enseignement A Distance

EIAH : Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain

EIAO : Environnement Interactif d'Apprentissage avec Ordinateur

ENA: Environnement Numérique d'apprentissage

ENT: Environnement Numérique de Travail

FIPA: Foundation for Intelligent Physical Agents. C'est une fondation qui travaille au développement des applications, des équipements et des services liés au paradigme d'agent.

GrTr : Groupe de Travail

HH : communication entre humains, donc entre acteurs.

HM : communication Humain-Machine ou encore humain-système informatique

IA: Intelligence Artificielle

IAD : Intelligence Artificielle Distribuée

IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers.

IHM : le champ d'étude pluridisciplinaire des interactions humain-machine.

IPA : Interaction Process Analysis "Processus d'analyse des interactions"

ISO : International Organisation for Standardisation

ITS : Intelligent Tutoring Systems

JADE: Java Agent Development Environment framework : C'est l'environnement de développement des agents que nous avons choisi.

LMS: Learning Management System

MaSE: Multiagent System Engineering est une méthodologie de développement des systèmes multi-agents constitués d'agents hétérogènes.

MCD : Modèle Conceptuel de Données

MM : Communication machine-machine (une communication entre agents artificiels).

MLD : Modèle Logique de Données

MPD : Modèle Physique de Données

NTE: Nouvelles Technologies Educatives

OMG: Object Management Group. C'est une fondation qui travaille sur le développement de standards en programmation orientée objet.

PERT: Program of Evaluation and Review Technique

POO : Programmation Orientée Objet.

QCM: Questionnaire à Choix Multiples

RDP: Résolution Distribuée de Problèmes

RMI : Remote Method Invocation

RPC : Remote Procedure Call

SCORM : Sharable Content Object Reference Model

SCS : Structured Circuits Semantic

SIC : Systèmes d'Information et de Communication

SMA : Système multi-agents

SQL : Structured Query Language

STAD : Student Teams Achievement Divisions

TCAO : Travail Coopératif Assisté par Ordinateur

TGT : Teams Game Tournaments

TIC / TICE : Technologies de l'information et de la Communication / Technologies de l'information et de la Communication pour l'Éducation

UML : Unified Modeling Language. Langage de modélisation utilisé en programmation orientée objet développé par l'Object Management Group et qui veut unifier toutes les méthodologies objet existantes.

WISIWYS : What I See Is What You See

ZPD : Zone Proximale de Développement