

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة

Faculté des Sciences de l'Ingénieur Année 2007

Département d'Informatique

THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de DOCTORAT

SACA : un Système d'Apprentissage Collaboratif

Option

Intelligence Artificielle Distribuée

Par

Yacine Lafifi

DIRECTEUR DE THESE : Tahar Bensebaa M. Conférences U. Annaba

DEVANT LE JURY

PRESIDENT : Mahmoud Boufaïda Professeur U. Constantine

EXAMINATEURS : Bornia Tighiouart M. Conférences U. Annaba
Amar Balla M. Conférences INI. Alger
Tahar Bouhadada M. Conférences U. Annaba
Hamid Seridi M. Conférences U. Guelma

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et toutes mes reconnaissances à mon encadreur Monsieur **Tahar BENSEBAA**, Maître de conférences à l'Université Badji Mokhtar-Annaba pour m'avoir dirigé tout au long de cette thèse. J'ai beaucoup bénéficié de ses conseils et de ses suggestions pertinentes pour la mise au point de ce travail.

Je remercie Monsieur **Mahmoud BOUFAIDA**, Professeur à l'Université de Mentouri de Constantine, qui m'a honoré en acceptant de présider le jury de cette thèse malgré ses nombreuses obligations.

Je remercie Madame **Bornia TIGHIOUART**, Maître de conférences à l'Université Badji Mokhtar-Annaba, qui m'a honoré en acceptant d'évaluer mon travail malgré ses nombreuses obligations.

Je remercie Monsieur **Amar BALLA** Maître de Conférences à l'INI d'Alger, qui m'a fait l'honneur de faire un long chemin pour venir évaluer cette thèse.

Je remercie Monsieur **Hamid SERIDI**, Maître de Conférences à l'Université de Guelma, qui m'a fait l'honneur d'accepter de faire participer au jury pour évaluer cette thèse.

Je remercie Monsieur **Tahar BOUHADADA**, Maître de Conférences à l'Université Badji Mokhtar-Annaba, qui m'a fait l'honneur d'accepter de faire participer au jury pour évaluer cette thèse.

Je tiens à remercier mes parents qui me soutiennent et m'encouragent depuis toujours et qui m'ont accompagné jusqu'à la soutenance de cette thèse.

Je ne saurais terminer ces remerciements sans un énorme merci à ma femme qui a supporté avec patience et abnégation mes nombreuses absences notamment durant la phase finale de rédaction.

Un « pardon » à mes deux fils que dieu les me protège **Raid** et **Wail** pour avoir failli à mon rôle de père pendant ces derniers mois.

Je tiens à remercier également Toute personne ayant aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail et en particulier Naouri Gouasmi.

A tous un sincère et chaleureux merci !

Dédicace

A mes parents, sans leurs sacrifices je ne serai pas là où je suis ;

A ma femme Nadia ;

A mes anges Raid Zine Eddine et Wail ;

A tous mes frères et soeurs ;

A toute la famille ;

A tous mes amis et mes collègues de travail à l'université de Guelma.

RESUME

On assiste à un intérêt de plus en plus important pour l'apprentissage collaboratif. En effet, plusieurs systèmes favorisant une telle stratégie d'apprentissage ont été mis en œuvre. Bien que ces systèmes offrent des moyens et des outils multiples pour faciliter la collaboration entre les apprenants, ils souffrent de quelques insuffisances. Ces dernières concernent principalement la non prise en compte des besoins réels des apprenants lors d'une collaboration entre eux. Notre premier objectif est de concevoir un système d'apprentissage collaboratif baptisé SACA (Système d'Apprentissage Collaboratif à base d'Agents) prenant en compte les besoins des apprenants voulant collaborer. Pour ce faire, des outils de recherche de collaborateurs ont été développés. Ils se basent sur l'utilisation de quelques critères relatifs aux niveaux cognitifs et sociaux des apprenants (leurs compétences), leurs comportements lors des processus de collaboration précédents, etc. Afin de maximiser les chances de trouver des collaborateurs respectant les besoins exprimés par un apprenant, plusieurs types de recherche ont été développés.

A part la collaboration, une autre activité pédagogique importante est l'évaluation des connaissances des apprenants. Elle permet de mesurer le degré d'assimilation des connaissances par les apprenants, d'une part, et de favoriser l'apprentissage collaboratif lors de la résolution collaborative des exercices et des problèmes, d'autre part. Notre deuxième objectif est d'offrir aux évalués une panoplie de formes d'évaluation de leurs connaissances. L'accent est mis sur un nouveau mode d'évaluation qui combine les deux modes d'évaluation individuel et collaboratif. L'objectif primordial est de maximiser les interactions entre les apprenants et de développer leurs compétences sociales. L'évaluation dans SACA est basée sur l'utilisation d'un certain nombre de paramètres liés à la population. Ces paramètres concernent les modèles d'exercices, leurs nombres, leurs présentations, etc.

Chacune des activités pédagogiques présentées précédemment est réalisée par un agent artificiel composant SACA. D'autres agents sont associés aux autres acteurs du système les assistant dans leurs tâches. Tous les agents collaborent afin d'atteindre les objectifs du système.

SACA a été implémenté et testé avec un certain nombre d'étudiants universitaires. Les premiers résultats furent très satisfaisants.

Mots clés :

Apprentissage collaboratif, CSCL, Evaluation, Collaboration, Coopération, Recherche de collaborateur, Profil social, Profil cognitif, Paramètre d'évaluation, Appréciation, Twisa, Résolution collaborative des exercices, Agent artificiel, ACAO, Hypermédia.

ملخص

نشهد في أيامنا هذه اهتماما متزايدا بميدان التعلم الجماعي (التعاوني). فقد ظهرت العديد من النظم التي تدعم هذه الاستراتيجية التعليمية. بالرغم من أن هذه النظم توفر وسائل وأدوات متعددة لتسهيل التعاون بين الدارسين (المتعلمين) فإنها تعاني من بعض القصور. إذ أن هذه الأخيرة لم تؤخذ بعين الاعتبار الاحتياجات الحقيقية للمتعلم خلال التعاون مع زملائه.

إن هدفنا الرئيسي هو تطوير نظام للتعلم الجماعي الذي يسمى (ساكا) والذي يمكن ترجمته كما يلي : نظام التعلم الجماعي القائم على نموذج العميل الذكي. هذا النظام يراعى فيه بالدرجة الأولى احتياجات المتعلمين الراغبين في التعاون أو التعلم الجماعي. إلى ذلك، هذا النظام مزود بمجموعة من أدوات البحث عن المتعاونين. فهو يركز أساسا على استخدام بعض المعايير المتصلة بالقدرة المعرفية والاجتماعية للمتعلمين (كفاءاتهم)، وبالسلوك أثناء العمليات السابقة للتعاون، الخ. لزيادة فرص العثور على متعاونين يستجيبون لاحتياجات ورغبات المتعلم قد تم تزويد ساكا بمجموعة ثرية من أدوات البحث.

إضافة إلى التعاون أثناء التعلم، هناك نشاط تربوي آخر هام جدا يتمثل في تقييم المتعلم. إذ أنه يجعل من الممكن قياس مدى استيعاب المعرفة من طرف المتعلم من جهة والى دعم التعلم الجماعي عند حل التمارين جماعيا من جهة أخرى. هدفنا الثاني هو أن نعرض على المتعلم مجموعة متنوعة من طرق التقييم. ركزنا خصوصا على أسلوب جديد من التقييم والذي يجمع بين أسلوب التقييم الفردي والجماعي. الهدف الأسمى للنظام ساكا هو زيادة التفاعل بين المتعلمين وتطوير قدراتهم الاجتماعية. التقييم في ساكا مبني على أساس استخدام عددا من المعايير المتصلة بالمتعلمين. هذه المعايير تتعلق بنماذج التمارين، عددها، ترتيبها، كيفية عرضها، الخ.

كل نشاط تربوي ذكر سابقا يقوم بتنفيذه عميل ذكي من عملاء ساكا. عملاء أذكيا آخرون مرتبطين بعناصر بشرية (التي تستخدم النظام) ويتكفلون بمساعدتها في أداء مهامها. جميع الوكلاء تتعاون من أجل تحقيق أهداف هذا النظام الذي صمم وتم اختباره مع عدد من الطلاب الجامعيين. أول النتائج كانت مرضية جدا.

الكلمات المفاتيح:

التعلم الجماعي، التعلم التعاوني، التقييم الجماعي، التعاون، التقييم، البحث عن المتعاونين، معيار البحث، المستوى الاجتماعي والمعرفي، التقدير، حل التمارين جماعيا، العميل الذكي، الوسائط المتعددة التشابك .

ABSTRACT

We attend an increasingly important interest of collaborative learning. Indeed, several systems supporting such a learning strategy were implemented. Although these systems offer multiple means and tools to facilitate collaboration between learners, they suffer from some insufficiencies. These latter concern mainly the not taken into account of the real needs of learners during collaboration between themselves.

Our prime objective is to conceive a collaborative learning system baptized SACA (French acronym of *Système d'Apprentissage Collaboratif à base d'Agents* which can be translated as: Agent-based Collaborative Learning System). It takes into account the needs of learners wanting to collaborate. For doing this, a set of collaborators searching tools were developed. They are based on some criterions relating to the cognitive and the social profiles of learners (their competences), their behaviors during the previous processes of collaboration, etc. In order to maximize the chances to find collaborators respecting the needs expressed by a learner several research tools were developed.

Other than collaboration, another important pedagogical activity is the assessment of the learner's knowledge. It can measure the assimilation's degree of knowledge by the learner and support the collaborative resolution of exercises. Our second objective is to offer to the learner different assessment forms of their knowledge. We present a new assessment method which combines the individual and the collaborative assessment. The assessment in SACA is based on the use of a certain number of parameters related to the population. These parameters concern the models of exercises, their numbers, etc.

Each pedagogical activity presented previously is carried out by an artificial agent composing SACA. Other agents are associated to the other human actors of the system assisting them in their tasks. All the agents collaborate in order to achieve the goals of the system.

SACA was implemented and tested with a certain number of students. The first results were very satisfactory.

Key words:

Collaborative learning, CSCL, Assessment, Collaboration, Co-operation, Collaborator Search, Search criterion, Social profile, Cognitive profile, Assessment Parameter, Appreciation, Twisa, Collaborative resolution of exercises, Artificial Agent, Hypermedia.

Liste des Tableaux

Tableau	Titre	Page
1	La définition des termes « collaborer » et « coopérer ».	29
2	Types d'interaction.	40
3	Synthèse sur les pratiques d'évaluation	81
4	Outils de communication.	88
5	Caractéristiques et usages des outils de communication dans un contexte d'apprentissage collaboratif.	92

Liste des Figures

Figure	Titre	Page
1	Acteurs et fonctionnalités générales des plates-formes informatiques pour la formation à distance.	21
2	Le noyau de la connaissance et les zones proximales du développement.	27
3	La tâche coopérative, différente pour chacun.	31
4	La tâche collaborative, la même pour tous.	31
5	Un agent dans son environnement.	55
6	Modèle d'agent réactif.	56
7	Modèle d'agent cognitif.	56
8	Architecture de l'hypermédia adopté.	75
9	Organisation des apprenants en groupes virtuels (restreints).	104
10	Description globale de SACA.	105
11	Architecture multi-agents de SACA.	110
12	Relations entre les différents ensembles des objectifs pédagogiques.	112
13	Types des recherches.	119
14	Scénario d'apprentissage.	123
15	Cycle d'évaluation.	125
16	Twisa, combinaison de l'évaluation collaborative et individuelle.	125
17	Evaluation collaborative.	126
18	Déroulement de la pré-collaboration.	127
19	Déroulement de la collaboration.	127
20	Le journal de la collaboration.	128
21	Interface d'accueil de SACA.	133
22	Espace auteur.	133
23	Création des concepts et objectifs pédagogiques.	135
24	Initialisation des paramètres liés à la population.	136
25	Inscription de l'apprenant.	137
26	Un groupe d'apprenant engagé dans une activité de Twisa.	139
27	Demande de collaboration.	140
28	Réception de la demande de collaboration.	141
29	Types de recherche de collaborateurs.	142

30	Recherche avancée.	142
31	Recherche simple.	143
32	Résultats de recherche.	143
33	Appréciation des apprenants sur une activité de collaboration.	144
34	Journal de collaboration.	145
35	Profils (cognitif et social) d'un apprenant.	145
36	Statistiques sur les activités d'un groupe d'apprenants.	147
37	Validation des comptes des acteurs.	148
38	Statistiques sur les processus de collaboration.	149
39	Liste des apprenants refusant la collaboration.	150
40	Statistiques sur les demandes de collaboration.	150

Liste des Symboles

AP: Agent Pédagogique.

AE: Agent d'évaluation.

AA : Agent Assistant de l'apprenant.

AC: Agent de Collaboration.

AD : Agent du Domaine.

OP : Objectif Pédagogique.

ACAO : Apprentissage Collaboratif Assisté par Ordinateur.

CSCCL : Computer Supported Collaborative Learning.

CSCW : Computer Supported Cooperative Work.

IP: Internet Protocol.

IIS: Internet Information Services.

HTML: HyperText Markup Language.

ASP: Active Server Pages.

HTTP: HyperText Transfer Protocol.

NTIC: Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication.

Table des Matières

<u>Introduction Générale</u>	1
Introduction	3
1. Contexte de notre travail	4
2. Problématique de recherche	5
3. Objectifs de recherche	6
4. Plan de lecture de la thèse	7
4.1. Partie 1 : Etat de l'art.....	8
4.2. Partie 2 : Description des activités et outils pédagogiques dans les systèmes d'ACAO.....	8
4.3. Partie 3 : Conception et Description de l'environnement SACA.....	9
<u>PARTIE I : Etat de l'art</u>	10
Chapitre 1 : Environnements d'apprentissage assisté par ordinateur	12
1. Introduction	12
2. Evolution de l'Enseignement Assisté par Ordinateur	13
2.1. Didacticiels	13
2.2. Les systèmes d'EIAO.....	14
2.2.1. Inconvénients des systèmes d'EAO	14
2.2.2. EIAO Classique	14
2.2.3. Systèmes Tuteurs Intelligents (STI)	15
2.3. Evolution des EIAO vers la distance	16
3. Formation à Distance (FAD).....	17
3.1. Définition	17
3.2. Dispositif de Formation à Distance	18
3.3. Plates-formes informatiques pour la FAD	19
3.3.1. Présentation générale	19
3.3.2. Description des fonctionnalités offertes	19
3.3.3. Acteurs d'un dispositif de téléformation	21
3.3.4. Quelques plates-formes	22
4. Conclusion	22
Chapitre 2 : Apprentissage Collaboratif Assisté par Ordinateur	24
1. Introduction	24
2. La collaboration dans un environnement d'apprentissage	25
2.1. Types d'apprentissage	26
2.1.1. Définition de l'apprentissage	26
2.1.2. Types d'apprentissage	26
2.1.2.1. Apprentissage individuel	26
2.1.2.2. Apprentissage compétitif	26

2.1.2.3. Apprentissage vu comme phénomène social : apprentissage collaboratif	26
2.2. Apprentissage collaboratif	28
2.2.1. Définitions	28
2.2.1.1. La variété des échelles	28
2.2.1.2. La variété des significations données au mot «apprentissage»	28
2.2.1.3. La variété des significations données au mot « collaboration »	29
2.2.1.4. Apprentissage collectif	32
2.2.2. Théories de l'apprentissage collaboratif.....	32
2.2.2.1. L'approche socio-constructiviste.....	32
2.2.2.2. L'approche socio-culturelle.....	33
2.2.2.3. La théorie de l'activité (TA).....	33
2.2.2.4. L'approche psycho-culturelle	34
2.2.3. Enjeux de l'apprentissage collectif	34
2.2.3.1. Les enjeux au niveau cognitif	35
2.2.3.2. Les enjeux culturels	35
2.2.4. Dimensions de l'apprentissage collectif	36
2.2.4.1. La tâche	36
2.2.4.2. Endroit des apprenants	36
2.2.4.3. Organisation des apprenants	36
2.2.4.4. Taille du groupe d'apprenants	37
2.2.4.5. Critères de regroupement des apprenants	37
2.2.4.6. Formes de coopération	39
2.2.4.7. Manières et outils de coopération	40
2.2.5. Apports de l'apprentissage collaboratif	41
2.2.6. Obstacles de l'application de l'apprentissage collaboratif	43
2.2.7. Conditions requises pour une coopération efficace	44
3. Pratique de l'apprentissage coopératif dans les classes	44
3.1. Le modèle du "découpage" (Jigsaw)	45
3.2. Le modèle Jigsaw II	45
3.3. Le modèle "apprendre ensemble" (Learning Together)	45
3.4. Le modèle de "la recherche en groupe" (Group Investigation)	45
3.5. Le modèle "apprentissage en groupe" (Student Team Learning)	45
3.6. Le modèle "résolution de problème" (Problem-Based Learning)	46
4. Le domaine de recherche CSCL	46
4.1. Description du domaine de recherche CSCW	47
4.2. Description du domaine de recherche CSCL	47
4.3. Activités pédagogiques et soutien informatique dans les CSCL	48
4.3.1. Les activités pour favoriser l'apprentissage collaboratif	49
4.3.2. Le soutien informatique à l'apprentissage collaboratif	50
4.4. Avantages et obstacles des systèmes de CSCL	50
4.4.1. Avantages	50
4.4.2. Obstacles du développement des systèmes de CSCL	51
4.5. Quelques systèmes d'ACAO	51
5. Conclusion	51

Chapitre 3 : Agents Intelligents et Systèmes d'ACAO	53
1. Introduction	53
2. Les agents	53
2.1. Définitions	54
2.2. Modèles d'agents	55
2.2.1. Agents réactifs	55
2.2.2. Agents cognitifs	56
2.2.3. Agents hybrides	57
2.3. Caractéristiques d'un agent	57
2.4. Les Systèmes Multi-Agents (SMA)	58
3. Agents intelligents et ACAO.....	58
3.1. Les agents dans le domaine d'ACAO	58
3.2. Quelques systèmes d'apprentissage collaboratif à base d'agents	59
3.2.1. GRACILE.....	59
3.2.2. SHIECC	60
3.2.3. SIGFAD	61
3.2.4. SPLACH	62
3.2.5. I-Help	62
3.2.6. I-MINDS	62
4. Discussion et Synthèse	63
4.1. Catégories des systèmes	63
4.1.1. Systèmes pour le soutien des tuteurs	63
4.1.2. Systèmes offrant divers mécanismes de collaboration	63
4.1.3. Systèmes d'analyse des interactions	64
4.1.4. Systèmes pour le soutien des apprenants	64
4.2. Ressemblances et différences	64
4.2.1. Ressemblances	64
4.2.1.1. Prise en compte du processus de collaboration	64
4.2.1.2. Agents soutenant les activités des acteurs	64
4.2.2. Différences	64
4.2.2.1. Agents propres à chaque système	64
4.2.2.2. Manque d'outils d'évaluation	65
4.2.2.3. Regroupement toujours aléatoire des apprenants	65
4.2.2.4. Non prise en compte des besoins réels des apprenants lors d'une collaboration	65
5. Conclusion	65

PARTIE II : Description des activités et outils pédagogiques dans les systèmes d'ACAO **67**

Chapitre 4 : Les hypermédias : des outils d'apprentissage..... **69**

1. Introduction	69
2. Entre hypertextes et hypermédias	69
3. Composants techniques	70
4. Usages pédagogiques des hypermédias	71
5. Hypermédia et Enseignement	72

5.1. Les hypermédias : des outils d'apprentissage	72
5.2. Intérêts des hypermédias	73
5.3. Quelques fonctionnalités pédagogiques	73
5.4. Les hypermédias : des outils pour le travail autonome et d'adaptation	74
6. L'hypermédia dans notre système	74
7. Conclusion	76

Chapitre 5 : L'évaluation dans un système d'apprentissage..... 77

1. Introduction	77
2. Généralités sur l'évaluation dans les systèmes d'apprentissage	77
2.1. Enjeux de l'évaluation	77
2.2. Evaluation, objet d'étude scientifique	78
2.3. Utilité de l'évaluation	79
2.4. L'évaluation pour l'enseignant	79
2.5. Les pratiques d'évaluation	80
2.5.1. L'évaluation pronostique	80
2.5.2. L'évaluation formative	80
2.5.3. L'évaluation diagnostique	80
2.5.4. L'évaluation sommative	80
2.6. Quelques systèmes d'évaluation	81
3. Programmes d'évaluation	82
3.1. Exercices en ligne	82
3.2. Travaux à remettre	82
3.3. Exercice et test d'auto-évaluation	82
4. Moyen d'évaluation : Exercices	82
4.1. Exercices avec réponse ouverte (ou items subjectifs)	83
4.2. Exercices avec réponse semi-ouverte	83
4.3. Exercices avec réponse fermée (ou items objectifs)	83
5. Evaluation des apprenants dans notre système	84
5.1. Evaluation paramétrique	84
5.2. Formes d'évaluation	84
5.2.1. Evaluation individuelle	84
5.2.2. Evaluation semi-collaborative	84
5.2.3. Evaluation collaborative	85
5.2.3.1. Quelques recommandations concernant l'évaluation collaborative	85
6. Conclusion	86

Chapitre 6 : Mécanismes de recherche de collaboration..... 87

1. Introduction	87
2. Les nouvelles technologies d'information et de communication au service de l'apprentissage collaboratif.....	87
2.1. Les réseaux informatiques	88
2.2. Les outils de communication	88
2.2.1. Les outils asynchrones	89

2.2.1.1. Messagerie électronique	89
2.2.1.2. Forum	89
2.2.1.3. Liste de discussion.....	89
2.2.2. Les outils synchrones	89
2.2.2.1. Chat	90
2.2.2.2. Tableau blanc	90
2.2.2.3. Visioconférence	90
3. Choix de collaborateurs pour une activité collaborative	93
3.1. Caractérisation de la dimension sociale d'une activité collaborative	93
3.2. Recherche de collaborateurs	93
3.2.1. Enjeux de recherche de collaborateurs	93
3.2.2. Le rôle de l'identité dans le choix des partenaires	94
3.2.3. Apprendre pour devenir quelqu'un	94
3.2.4. Représentation des apprenants	94
3.2.5. Assister la sélection de partenaires	95
3.3. Un peu de sociologie : le comportement de l'être humain	95
3.3.1. La connaissance (savoir)	96
3.3.2. Les relations avec les autres	96
3.4. Critères de recherche de collaborateurs	96
3.4.1. La sociabilité	97
3.4.2. La positivité	97
3.4.3. Le domaine des connaissances	97
3.4.4. L'appréciation concernant un processus de collaboration.....	98
3.4.5. La personnalité	98
4. Conclusion	98

PARTIE III : Conception et Description de l'environnement SACA..... 100

Chapitre 7 : Spécification et Conception de SACA 102

1. Introduction	102
2. Présentation générale de SACA	102
2.1. Naissance de SACA	102
2.2. Description globale	103
2.2.1. Organisation des apprenants.....	103
2.2.2. Acteurs humains	103
2.2.3. Outils de collaboration	104
2.3. Objectifs de SACA	105
2.3.1. Gestion des connaissances	106
2.3.2. Suivi de la collaboration	106
2.3.3. Recherche de collaborateurs	106
2.3.4. Assurer une évaluation plus fine à plusieurs façades	107
2.3.5. Suivi individuel et collectif des apprenants	107
2.3.6. Modéliser l'apprenant	107
3. Architecture de SACA.....	107
3.1. Structure de la matière (module) à enseigner	107
3.1.1. Objectif Pédagogique (OP).....	108

3.1.2. Objectif pédagogique pré-requis	108
3.1.3. Les objectifs pédagogiques dans SACA	108
3.2. Architecture multi-agents de SACA	108
3.2.1. Rôles des agents artificiels	108
3.2.2. Principes de fonctionnement de SACA	111
3.2.2.1. Fonctionnement de l'agent pédagogique (AP)	111
3.2.2.2. Fonctionnement de l'agent d'évaluation (AE)	112
3.2.2.3. Fonctionnement de l'agent de collaboration (AC)	112
4. Description des activités pédagogiques des acteurs de l'environnement	113
4.1. Activités pédagogiques de l'auteur	113
4.1.1. Gestion des concepts et des OP	114
4.1.2. Gestion des pré-requis	115
4.1.3. Gestion des exercices d'évaluation	115
4.1.4. Mise à jour des paramètres liés à la population	115
4.1.5. Gestion du Forum par matière	115
4.2. Activités pédagogiques de l'apprenant	116
4.2.1. Accès aux contenus des matières (modules)	116
4.2.2. Auto-évaluation	116
4.2.3. Collaboration avec ses homologues	117
4.2.4. Recherche de collaborateurs	117
4.2.4.1. Principe	117
4.2.4.2. Critères de recherche	117
4.2.4.3. Types de recherche	118
4.2.5. Voir ses profils	120
4.3. Activités pédagogiques du tuteur	120
4.3.1. Suivi de l'apprenant	120
4.3.2. Suivi du groupe	121
4.3.3. Gestion du forum de groupe	121
4.4. Activités du Formateur	121
4.4.1. Gestion des matières de formation	122
4.4.2. Gestion des comptes des autres acteurs	122
4.4.3. Gestion des groupes d'apprenants	122
4.4.4. Suivi des autres acteurs	122
4.4.5. Suivi du forum public	123
5. Scénarios pédagogiques dans SACA	123
5.1. Scénario d'apprentissage	123
5.2. Scénario d'évaluation	124
5.2.1. Evaluation individuelle	124
5.2.2. Evaluation semi-collaborative : Twisa	124
5.2.3. Evaluation collaborative	126
5.3. Scénario de collaboration	126
5.3.1. Pré -collaboration	126
5.3.2. Collaboration	127
5.3.3. Post-collaboration	127
6. Conclusion	128

Chapitre 8 : Implémentation et présentation de SACA	130
1. Introduction	130
2. Choix techniques	130
2.1. Active Server Pages (ASP)	131
2.2. Système de Gestion de Base de données (SGBD) utilisé.....	131
2.3. Serveur web utilisé.....	131
2.4. Comment utiliser SACA ?	132
3. Espaces des acteurs de SACA	132
3.1. Espace auteur	132
3.1.1. Gestion des matières ou modules de formation	134
3.1.2. Outils auteurs pour la gestion des modules de formation	134
3.1.2.1. Outils pour la gestion des concepts et objectifs pédagogiques	134
3.1.2.2. Outils pour la gestion des évaluations des connaissances des apprenants.....	135
3.2. Espace apprenant	137
3.2.1. Inscription	137
3.2.2. Apprentissage et évaluation dans SACA	138
3.2.2.1. Apprentissage dans SACA	138
3.2.2.2. Evaluation dans SACA.....	138
3.2.3. Collaboration dans SACA	140
3.2.3.1. Demande de collaboration.....	140
3.2.3.2. Recherche de collaborateurs.....	141
3.2.3.3. Apprécier une activité collaborative.....	144
3.2.3.4. Journal de collaboration	144
3.2.3.5. Voir les profils	145
3.2.3.6. Statistiques.....	146
3.3. Espace du Tuteur	146
3.3.1. Suivi des apprenants et leurs groupes	146
3.3.2. Suivi du forum par groupe	147
3.4. Espace Formateur	148
3.4.1. Validation des comptes des acteurs	148
3.4.2. Gestion des matières de la formation	148
3.4.3. Suivi des acteurs (historique et statistiques)	148
4. Expérimentation	151
4.1. Résultats	151
4.2. Problèmes rencontrés	152
5. Conclusion	152
<u>Conclusion et Perspectives</u>	155
<u>Références Bibliographiques</u>	160
<u>Annexe</u>.....	183

Introduction Générale

Introduction

Ces dernières années, on assiste à une révolution des nouvelles technologies qui s'imposent dans la vie domestique et professionnelle. Cette révolution a touché plusieurs domaines notamment l'éducation. Dans ce domaine, ces nouvelles technologies ont donné naissance à plusieurs modèles et techniques informatiques.

Ainsi, le développement rapide des technologies des réseaux a permis aux universités, aux centres de formation et aux écoles d'orienter leur intérêt vers les étudiants/élèves qui, à cause des problèmes de temps et de lieu, ne sont pas capables de bénéficier de plusieurs opportunités éducatives [Soller et al., 2000].

Avec le développement de l'Internet, plusieurs programmes et dispositifs informatiques d'apprentissage à distance ont vu le jour. Bien que ces dispositifs aient commencé à révolutionner le domaine de l'éducation, beaucoup luttent toujours pour fournir un environnement dans lequel les apprenants peuvent interagir et apprendre avec les autres apprenants de leurs classes.

On assiste à un intérêt de plus en plus important de l'apprentissage collaboratif [Rénié et al., 1996]. En effet, non seulement plusieurs problèmes se posent de manières distribuées, mais encore, dans les administrations, les entreprises et la société en générale, la résolution des problèmes est faite de manières distribuées [Ferber, 1995]. L'intérêt pour l'apprentissage collaboratif est étayé par des travaux très anciens, notamment la théorie de l'apprentissage de Vygotsky selon laquelle la construction des connaissances se réalise d'abord par l'interaction sociale avant d'être internalisée [Charlier et al., 1998].

Indépendamment de leur existence, les apprenants peuvent collaborer pour apprendre ensemble. C'est dans ce contexte qu'entre notre travail de thèse. Il s'agit de concevoir un environnement favorisant l'apprentissage collaboratif entre les apprenants. Cet environnement leur offre un ensemble de mécanismes et artefacts informatiques facilitant leurs activités pédagogiques, à savoir l'apprentissage, l'évaluation et bien entendu la collaboration.

1. Contexte de notre travail :

Nos travaux de recherche se situent dans le champ de l'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur (Computer Supported Collaborative Learning (CSCL dans la terminologie anglo-saxonne)). Ce champ interdisciplinaire, qui se développe depuis les années 90, s'est consolidé et constitue un champ de recherche en pleine évolution. Il réunit entre autres des chercheurs en informatique, en psychologie cognitive et en ergonomie.

Les apprenants, mis dans un environnement d'apprentissage individuel, ont rencontré des difficultés qui sont souvent liées à leur démotivation et à leur isolement. Pour limiter ces difficultés, certains travaux de recherche s'intéressent à développer l'autonomie des apprenants par rapport à leur parcours de formation en leur donnant des moyens informatiques pour gérer leur propre apprentissage, pour définir leur mode de travail et pour auto-évaluer leur progression [Rasseneur-Coffinet, 2004]. D'autres travaux s'intéressent d'abord à réduire le sentiment d'isolement des apprenants en créant des liens sociaux entre l'apprenant et le reste de la communauté éducative [Faerber, 2001]. Ces liens sociaux peuvent se tisser avec les autres apprenants suivant la même formation, en leur proposant des activités collectives [Betbeder et al., 2001; Henri et al., 2001]. Ces activités collectives permettent de diversifier les situations d'apprentissage et de confronter les points de vue des apprenants.

Dans l'apprentissage collaboratif, les apprenants travaillent ensemble pour atteindre des objectifs communs. Au-delà des bénéfices académiques, nous distinguons les bénéfices sociaux (amélioration des attitudes sociales), économiques (économie de temps et de matériels), etc. [Labidi et al., 2000; Serce et al., 2006; Roberts, 2005 ; Smith, 2005]. De plus, les élèves qui apprennent ensemble s'encouragent mutuellement à poser des questions, à expliquer et à justifier leurs points de vues, à articuler leurs raisonnements, à élaborer et à réfléchir sur leurs connaissances, etc. [Soller, 2001]. Ces avantages ont encouragé les chercheurs à étendre le domaine d'étude des environnements d'apprentissage individuel aux environnements d'apprentissage en groupe, où de multiples agents interagissent les uns avec les autres.

L'Apprentissage Collaboratif Assisté par Ordinateur (ACAO) est un nouveau paradigme émergent qui étend les systèmes tuteurs intelligents (ITS : Intelligent Tutoring System) classiques par l'introduction du concept de la collaboration. Il est donc plus juste de ne pas

différencier l'ACAO des ITS, mais plutôt de voir les environnements d'apprentissage en groupe comme une extension naturelle de l'apprentissage individuel dans les ITS [Okamoto et al., 1997].

2. Problématique de recherche:

Apprendre à plusieurs a-t-il une influence sur l'apprentissage ? C'était la question principale de départ de nos recherches. En effet, nous voulions connaître les effets de l'apprentissage collaboratif sur les niveaux cognitifs des apprenants. Les avancées de la recherche en psychologie de l'éducation durant ces dernières années ont entre autre eu pour effet de faire émerger tout un courant portant sur l'apprentissage collaboratif, par opposition aux courants de recherche sur l'apprentissage individuel.

Comme résultat de cette évolution et de cet intérêt accordé à l'apprentissage collaboratif, plusieurs systèmes d'ACAO ont déjà vu le jour [Santos et al., 1999; Lonchamp, 2006]. Malheureusement, la plupart de ces systèmes ne prennent pas en compte les besoins réels de l'apprenant tels que ses préférences ainsi que ses niveaux cognitifs et sociaux lors d'une collaboration. Dans le cadre de ce travail, nous essayons de remédier à cet état de fait. Nous nous proposons donc, lors d'une collaboration, de prendre en compte les aptitudes et les besoins de l'apprenant afin de lui offrir les possibilités d'une *collaboration effective* c'est à dire une collaboration qui vise à améliorer son niveau de connaissance et ses capacités.

Ce qui nous amène à poser notre deuxième question qui peut être exprimée comme suit : comment exprimer les besoins et les préférences des apprenants pour rechercher des collaborateurs ? Quels sont les critères d'une telle recherche ?

Pour répondre à toutes ces questions, nous proposons tout d'abord d'identifier des critères informatiques reflétant les besoins des apprenants. Ensuite, il faut les présenter aux apprenants d'une manière plus facile et plus simple à utiliser afin que ces derniers les maîtrisent et en bénéficient. Ces critères doivent prendre en compte, en particulier, les caractéristiques des apprenants (personnalité, niveau cognitif, niveau social, etc.). Pour leur utilisation, plusieurs outils de recherche seront proposés et discutés.

Dans n'importe quel système d'apprentissage, l'évaluation des connaissances des apprenants est une activité pédagogique inévitable. Elle sert à mesurer le degré d'assimilation des

connaissances présentées aux apprenants d'une part et avoir un retour (feedback) sur la qualité pédagogique à transmettre aux apprenants d'autre part. La plupart des systèmes d'apprentissage/enseignement intègrent un module d'évaluation dont l'objectif principal est d'évaluer la connaissance des apprenants. Généralement, ce module supporte quelques modèles d'exercices (Questions à Choix Multiples dans la plupart des cas). D'autres systèmes ont été conçus uniquement pour l'évaluation des apprenants.

Nous avons observé plusieurs anomalies dans de tels systèmes ou modules d'évaluation. Premièrement, la plupart des systèmes supportent seulement un seul type d'exercices (parfois le type proposé ne correspond pas à la nature de la connaissance présentée). Deuxièmement, dans les systèmes d'évaluation existants, le nombre d'exercices pour chaque unité d'évaluation (concept, chapitre ou toute la matière) est fixe pour tous les utilisateurs du système, idem pour la période d'évaluation ou la séquence d'exercices à présenter, etc. Ces limites montrent que les systèmes d'évaluation conçus sont limités en matière d'évolution et d'adaptation aux différentes populations cibles, parce que la même matière peut être présentée aux apprenants de différents niveaux (universitaire, professionnel, etc.). Donc, comment remédier à ces problèmes ? et particulièrement, quels sont les stratégies et types d'évaluation des connaissances des apprenants ? Comment assister les apprenants dans leurs activités d'apprentissage, d'évaluation et de collaboration ?

3. Objectifs de recherche :

Nos travaux nous ont conduit à la conception et la réalisation d'un système d'ACAO baptisé SACA (Système d'Apprentissage Collaboratif à base d'Agents). Il est composé d'un ensemble d'agents artificiels qui collaborent afin d'atteindre ses objectifs.

Le premier objectif de SACA est de favoriser les interactions entre les apprenants du système. Donc, notre premier souci concerne la création de liens « sociaux » entre les apprenants. En effet, toute forme d'apprentissage collaboratif se fonde sur des échanges d'informations entre apprenants, de l'aide mutuelle, voire des activités de collaboration. Pour encourager la création de ces liens intéressants d'un point de vue pédagogique, un certain nombre d'activités sont assignées à ces apprenants leurs permettant d'apprendre ensemble.

Un intérêt important dans SACA est la prise en compte des besoins et des compétences des apprenants lors d'une activité de collaboration. Un ensemble de critères a été développé afin de bien cerner ces besoins et ces compétences. Nous avons développé un ensemble d'outils cherchant des collaborateurs satisfaisant ces critères. Nous pensons qu'offrir plusieurs manières de chercher des collaborateurs permet aux apprenants de diversifier leurs choix et de maximiser leurs chances de choisir les apprenants qui répondent le mieux à leurs besoins.

Pour remédier aux problèmes cités précédemment concernant l'évaluation des connaissances des apprenants, nous proposons une nouvelle méthode d'évaluation. Elle consiste à gérer un ensemble de paramètres dits : paramètres d'évaluation liés à la population. Ces paramètres peuvent être modifiés selon le contexte (universitaire, scolaire, professionnel, etc.), les usagers (ouvriers, élèves, étudiants universitaires, etc.) et les lois en vigueur (note de passage au niveau supérieur, temps d'examen, etc.). [Lafifi et al., 2006b; Lafifi et al., 2007b]. SACA a pour objectif d'offrir une multitude de formes d'évaluation et de types de questions aux apprenants, tout en respectant leurs profils cognitifs.

Pendant leurs tâches pédagogiques, les apprenants sont suivis par des tuteurs humains qui les soutiennent et répondent à leurs questions. Les tuteurs disposent d'outils de communication propres à eux facilitant les discussions et la bonne gestion des activités des apprenants ainsi que de leurs groupes.

Un dernier objectif de recherche est d'identifier et de mettre en œuvre des concepts informatiques adaptés à la construction des systèmes d'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur. Nous nous sommes orientés vers le paradigme d'agent.

4. Plan de lecture de la thèse :

Pour faciliter la lecture de cette thèse, nous l'avons divisée en trois parties.

1. La première partie est consacrée à l'état de l'art. Elle concerne nos domaines de recherche.
2. La deuxième partie concerne la description des activités pédagogiques dans les systèmes d'ACAO ainsi que les outils et techniques utilisés.
3. La troisième partie est consacrée à la spécification et à l'implémentation proprement dites de SACA.

Nous donnons dans ce qui suit une description de ces parties.

4.1. Partie 1 : Etat de l'art

Elle est composée de trois chapitres :

1. Le premier chapitre donne une introduction au domaine des environnements d'apprentissage humain. Il présente l'évolution des systèmes d'enseignement assisté par ordinateur (EAO), les systèmes tuteurs intelligents, les systèmes de formation à distance, etc.
2. Le deuxième chapitre présente en détails notre contexte de recherche qui est l'apprentissage collaboratif. Nous présentons les théories de l'apprentissage collaboratif, leurs dimensions, leurs avantages et inconvénients, etc. L'apprentissage collaboratif a été pratiqué depuis longtemps dans les écoles d'Amérique du nord. Nous présentons leurs pratiques dans les classes traditionnelles. Ensuite, nous présentons le champ de recherche connu sous le sigle CSCL ou apprentissage collaboratif assisté par ordinateur (ACAO). Nous terminons ce chapitre par l'énumération de quelques systèmes d'ACAO.
3. Nous donnons dans le troisième chapitre, les concepts de base des agents intelligents ainsi que les principes des systèmes d'ACAO à base d'agents. Ce chapitre se termine par la présentation de quelques systèmes d'ACAO à base d'agents.

4.2. Partie 2 : Description des activités et outils pédagogiques dans les systèmes d'ACAO

Elle est composée de trois chapitres :

4. Le premier chapitre de cette partie présente un outil d'apprentissage : les hypermédias. Ces derniers constituent de bons outils pour faciliter l'activité d'apprentissage des apprenants.
5. Nous présentons dans le deuxième chapitre, les principes de l'évaluation des connaissances des apprenants. Nous expliquons les formes d'évaluation disponibles ainsi que les moyens d'évaluation.
6. Les outils de collaboration utilisés avec leurs caractéristiques, leurs avantages et inconvénients sont présentés dans le dernier chapitre de cette deuxième partie. Les bases de la recherche de collaborateurs seront aussi présentées.

4.3. Partie 3 : Conception et Description de l'environnement SACA

Elle comporte deux chapitres :

7. Le premier chapitre de cette partie donne les principes de conception de SACA. Il décrit les fonctionnalités de chaque acteur, l'architecture multi-agents, le fonctionnement de chaque agent artificiel, etc.
8. Le deuxième chapitre concerne l'implémentation des fonctionnalités décrites précédemment ainsi que quelques interfaces du système réalisé (SACA).

Nous terminerons cette thèse par une conclusion générale, mettant l'accent sur nos contributions majeures et les résultats obtenus. Enfin, nous exposons quelques perspectives à notre travail.

PARTIE I : Etat de l'art

Chapitre 1

Environnements d'apprentissage assisté par ordinateur

1. Introduction :

L'utilisation de l'ordinateur à des fins éducatives a intéressé de nombreux chercheurs depuis le milieu du 20^{ème} siècle. La manière de percevoir la position de l'ordinateur et les techniques informatiques employées ont beaucoup évolué durant ces années [George, 2001].

Dans les années 50 sont apparues les premières tentatives d'enseignement à l'aide de machines. L'arrivée de l'ordinateur donne naissance à l'EAO (Enseignement Assisté par Ordinateur) et introduit des possibilités nouvelles concernant l'individualisation de l'enseignement.

L'introduction des techniques de l'intelligence artificielle a donné une nouvelle dimension et une nouvelle appellation à ce type de systèmes qui deviennent ainsi les systèmes d'Enseignement Intelligemment Assistés par Ordinateur (EIAO). Ces systèmes ont centré leurs intérêts sur l'apprenant qui est le principal acteur. Cet apprenant peut rencontrer l'obstacle de se déplacer vers les lieux de formation/apprentissage pour des raisons d'incapacité (handicaps, problèmes financiers, etc.) ou des problèmes de disponibilité (temps).

La vulgarisation des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) permet un glissement des EIAO vers des environnements de formation à distance. Ainsi, plusieurs techniques informatiques ont été développées afin de prendre en compte tous les aspects relatifs à la Formation A Distance (FAD). Les NTIC apportent une plus value organisationnelle et pédagogique à la formation à distance, en permettant un accès à des contenus distants et des échanges entre les différents acteurs (apprenants/enseignants, apprenants entre eux, enseignants entre eux).

Notre objectif de recherche est de concevoir un environnement favorisant l'apprentissage collaboratif. Cet apprentissage peut être en classe traditionnelle ou à distance. C'est pour cette raison que nous allons présenter dans ce chapitre les principes de la formation à distance. Nous présentons aussi les moyens informatiques pour réaliser des systèmes soutenant cette formation. Mais tout d'abord, nous commençons par la présentation du champ de recherche de l'EAO.

2. Evolution de l'Enseignement Assisté par Ordinateur :

Dès leur apparition, la vocation des systèmes d'Enseignement Assisté par Ordinateur est de faciliter et d'optimiser la transmission d'information tout en diminuant le coût financier et humain de la formation. Ils ont pour objectif de donner à l'utilisateur un certain regard sur un domaine particulier et de créer chez lui les dispositions nécessaires à la compréhension et à l'assimilation des informations diffusées [Benadi, 2004].

2.1. Didacticiels :

Dans le courant des années 50, Skinner [Skinner, 1954] propose une révolution scientifique de l'enseignement basée sur les résultats de recherches fondamentales et sur les lois de l'apprentissage mises en évidence chez l'animal (rat, pigeon). Il considère qu'il est possible d'enseigner n'importe quelle notion à un élève si on utilise la technique dite de l'enseignement programmé. Le principe de cet enseignement repose sur des principes tels que le découpage de la matière à enseigner en petites unités et l'individualisation du rythme d'apprentissage. Cet enseignement est réalisé à l'aide de machines à enseigner dont la sophistication technique variait du simple manuel papier à des dispositifs relativement complexes.

A la même époque, d'autres tentatives d'applications ont consisté à proposer aux élèves des exercices de consolidation des connaissances (révision de livrets, exercices d'orthographe, etc.) [Benadi, 2004].

Dans les années soixante, une transposition de ces principes a permis de construire des logiciels, au départ, relativement simples. Ce furent les premières tentatives d'Enseignement Assisté par Ordinateur (ou EAO). Ils étaient souvent basés sur un même principe : des scénarios définis dans des graphes imposant une succession figée d'écrans pour une succession d'actions tous aussi figées. L'évolution de tels systèmes (fermés) est difficile et coûteuse en temps. Pourtant, cette méthode est longtemps restée et est, encore, à la base de nombreuses applications [Benadi, 2004].

2.2. Les systèmes d'EIAO:

2.2.1. Inconvénients des systèmes d'EAO :

Les didacticiels résultant de l'EAO traditionnel sont incapables de résoudre eux-mêmes les problèmes qu'ils posent, d'organiser ou de diriger un dialogue correspondant au profil d'un apprenant et d'effectuer des rétroactions. Ce manque de flexibilité dans l'interaction homme-machine ne permet pas d'ajouter de nouvelles notions du sujet d'enseignement ou de nouvelles tâches pédagogiques. Les didacticiels ne permettent pas à un enseignant ou un expert du domaine de modifier l'interaction du didacticiel et la matière à enseigner sans réimplanter le système à chaque étape [Boufaïda, 1995].

D'un autre côté, les conséquences de la programmation linéaire, utilisée pour les systèmes d'EAO classiques, sont que les logiciels qui en résultent sont incapables de prendre en compte :

- l'individualité psychologique de l'élève,
- la progression individuelle de l'élève, et
- la faute.

2.2.2. EIAO Classique :

Les applications des techniques et des principes de l'Intelligence Artificielle (IA) à l'enseignement ont donné naissance à un certain nombre de dénominations pour caractériser les produits qui en sont issus. Parmi les plus fréquemment utilisés, on peut citer les termes "d'Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur" (traduction approximative de ICAI : Intelligent Computer Aided Instruction), "Tuteur Intelligent" (ITS : Intelligent Tutoring System) ou encore "Environnement d'Apprentissage Intelligent" (ILE : Intelligent Learning Environment) [Dillenbourg et al., 1991].

Les systèmes d'EIAO ont vu le jour pour éliminer les problèmes de l'EAO mentionnés précédemment et ceci par l'utilisation de quelques techniques de l'IA. En effet, un système d'EIAO ne doit pas être simplement capable de produire des réponses toutes faites aux interrogations de l'élève (cas du système d'EAO), il doit aussi pouvoir utiliser et traiter des connaissances stockées dans le système pour faire face à des questions non prévues. En théorie, un système d'EIAO produit des réponses à la base de connaissances accumulées au cours d'une session d'apprentissage. Ces systèmes peuvent aussi mener des dialogues en langue naturelle bien que cette dernière caractéristique est de moins en moins pertinente en raison, d'une part, des progrès des interfaces graphiques qui offrent des solutions moins

coûteuses et, d'autre part, des difficultés inhérentes à la production du langage naturel [Dillenbourg et al., 1991].

Prêtant moins d'attention aux écrans qu'à leur contenu, l'EIAO s'oriente vers :

- Une gestion et une structuration "intelligente" des connaissances et des stratégies.
- Un dialogue au sens propre du terme : en langage naturel et à initiative partagée.
- Un modèle cognitif de l'élève (élaboré dynamiquement).

2.2.3. Systèmes Tuteurs Intelligents (STI) :

Les systèmes tuteurs intelligents ont donné de nouvelles perspectives à l'EAO surtout avec l'évolution progressive de la technologie du matériel et l'utilisation du multimédia. Il s'agissait de réaliser, en utilisant des techniques d'intelligence artificielle, des systèmes plus souples, plus interactifs, s'adaptant mieux à leurs utilisateurs.

Le développement des STI est fortement lié au développement des systèmes à base de connaissances en intelligence artificielle. Une première expérimentation dans ce sens a été menée à l'aide d'un système expert nommé GUIDON [Quéré, 1991] réalisé par W.J. Clancey à la fin des années 70. L'idée initiale était simple: si on dispose d'un système de résolution de problèmes de niveau expert, avec une base de connaissances explicites, on peut l'utiliser pour former des étudiants, en lui ajoutant des modules adéquats pour assurer la transmission d'information et de cette compétence du système vers l'étudiant (extrait de [Benadi, 2004]).

Il s'agissait principalement de concevoir des systèmes d'apprentissage individualisé, fondés sur des activités de résolution de problèmes, ces activités étant généralement considérées comme complémentaires d'un enseignement du domaine effectué par ailleurs (cours magistral par exemple, ou bien d'autres types d'environnements informatiques). Dans un STI, la résolution d'un problème proposé par le système ou par l'apprenant, peut, en principe, être effectuée, soit par le système, avec certaines capacités d'explication, dans un mode "observation" pour l'apprenant, soit par l'apprenant, dans un mode "action", avec un guidage et un contrôle plus ou moins rapprochés du système [Benadi, 2004].

Ainsi, la formation sera personnalisée [Prévot, 1992] :

- Elle respecte le rythme d'apprentissage de chaque apprenant ; celui-ci pourra, en effet, interrompre et reprendre à tout moment sa session de formation ;

- Elle adaptera en permanence le chemin d'apprentissage à la progression effective de chacun grâce à un modèle représentant l'évolution des connaissances de l'apprenant.

Les idées fondamentales de l'EIAO dans la décennie 70 sont:

- une représentation explicite *des connaissances du domaine* et des mécanismes de raisonnement, qui dotent le système de la capacité de répondre à des questions, de résoudre des exercices dont la solution n'a pas été explicitement prévue et dont l'énoncé peut être proposé par l'apprenant ;
- un processus de *modélisation de l'apprenant*, visant à disposer explicitement d'informations telles que son degré de maîtrise des connaissances du domaine : l'objectif général étant de permettre une adaptation dynamique et individualisée du système à son interlocuteur ;
- l'explicitation de *stratégies pédagogiques*, pour permettre au système d'engendrer dynamiquement ses interventions en fonction de la situation, d'objectifs pédagogiques et du modèle de l'apprenant ;
- la recherche de capacités de *communication* souples et variées, avec des possibilités d'intervention et de prise d'initiative de l'apprenant [Benadi, 2004].

Ces idées fondamentales servent de base à l'architecture générale proposée classiquement pour un STI :

- le module "représentation du domaine" (appelé initialement "module expert"),
- le module "modèle de l'élève",
- le module tutoriel (ou "pédagogue") et
- le module d'interface, ce dernier étant plus ou moins distingué du module tutoriel selon les systèmes.

2.3. Evolution des EIAO vers la distance :

Nous assistons depuis quelques années à un glissement des EIAO vers des environnements permettant la communication et l'interaction entre des machines et des humains distribués dans l'espace. Dans ce sens, un nouveau terme est apparu récemment pour qualifier les environnements d'apprentissage avec ordinateur : les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) [Balacheff et al., 1997]. Ce sigle permet de prendre en

compte l'évolution récente des technologies des télécommunications et d'évoluer vers la formation à distance. Des dispositifs particuliers sont développés afin de supporter de telles activités d'apprentissage à distance. Avant de les présenter, nous commençons par définir le domaine de la formation à distance.

3. Formation à Distance (FAD):

3.1. Définition :

Depuis de nombreuses années maintenant, la formation à distance a fait son apparition dans les systèmes éducatifs nationaux de nombreux pays. L'expression la plus utilisée est celle d'EAD (Enseignement À Distance) qui désigne une situation où la transmission des connaissances se fait en dehors de la relation face-à-face professeur - apprenant (situation dite « présenteielle ») [Sherry, 1996 ; Glikman, 1999]. Cette expression est couramment utilisée par les professeurs ou les responsables des modules car elle caractérise un point de vue enseignant. Un terme plus général pour caractériser cette situation est FAD (Formation À Distance) qui permet d'inclure à la fois le terme d'Enseignement à Distance (point de vue enseignant) et Apprentissage à Distance (point de vue apprenant). De plus, ce terme «formation» permet d'intégrer à la fois les formations initiales (premiers programmes d'études qui conduisent à l'exercice d'un métier ou d'une profession) et les formations tout au long de la vie (les activités qui permettent à un individu de développer ses connaissances et ses capacités au cours de sa vie, et d'améliorer ses conditions d'existence en complétant, par les moyens pédagogiques appropriés, les données initiales fournies par l'école ou l'enseignement supérieur [Opportunities Box, http]).

La Formation à Distance caractérise donc un système de formation conçu pour permettre à des personnes (des apprenants) de se former sans se déplacer dans un lieu de formation et sans la présence physique d'un formateur [Jézégou, 1998].

Keegan, après avoir examiné des définitions proposées par plusieurs spécialistes de la FAD, propose la définition suivante : la formation à distance est une forme d'enseignement caractérisée par :

- la séparation quasi-permanente entre le formateur et l'apprenant tout au long du processus d'apprentissage;

- l'influence d'une organisation administrative aussi bien en ce qui concerne la planification et la préparation des matériaux pédagogiques que la mise à la disposition des apprenants des services d'accompagnement et de support;
- l'utilisation de médias techniques (imprimerie, audio, vidéo, ordinateurs) pour assurer le lien entre le formateur et l'apprenant et médiatiser le contenu de la formation ;
- l'existence de mécanismes de communication bidirectionnelle afin que l'apprenant bénéficie mais prenne aussi l'initiative de dialogues avec le formateur ;
- la quasi-absence de la notion de groupe tout au long du processus d'apprentissage, de sorte que les apprenants sont toujours vus comme des individus isolés et non comme faisant partie d'un groupe, avec la possibilité d'organiser occasionnellement des rencontres, soit en présentiel, soit via des moyens électroniques à des fins didactiques ou de socialisation [Keegan, 1996].

3.2. Dispositif de Formation à Distance :

En formation à distance, la communication entre le professeur et l'apprenant est médiatisée par une forme de communication papier ou par une technologie quelconque [Sherry, 1996]. Un dispositif de formation à distance est un ensemble de moyens, informatiques ou non, mis en œuvre pour supporter une formation à distance (au sens de constituer le vecteur de la communication). Ces moyens peuvent s'appuyer sur une ou plusieurs situations de communication ou d'échanges entre les professeurs et les étudiants telles que des cours par correspondance, des systèmes de formation en ligne, des centres de ressources, des cours radiodiffusés ou télédiffusés, le téléprésentiel (soit le formateur se trouve dans un autre lieu que les apprenants, soit il est avec certains apprenants alors que d'autres sont à distance), des campus virtuels ou classes virtuelles, etc. [Collectif de Chasseneuil, 2000].

Un dispositif de formation à distance se doit de prendre en compte la singularité des apprenants, que ce soit dans leurs dimensions individuelle et collective [Collectif de Chasseneuil, 2000]. Les dispositifs se doivent de proposer une individualisation des parcours de formation [Jézégou, 1998] dans le sens où le formateur adapte sa pratique aux caractéristiques de l'apprenant auquel il s'adresse. L'activité d'individualisation relevant des formateurs et de l'institution demande une souplesse des dispositifs de formation [Jézégou, 1998], tant au niveau des contenus que de l'organisation de la formation.

L'objectif d'un dispositif de formation est donc de créer un environnement éducatif, adapté aux besoins et aux caractéristiques individuelles de l'apprenant, suffisamment souple pour que ce dernier ait la possibilité de devenir le responsable de ses choix par rapport aux contenus et à l'organisation de la formation [Jézégou, 1998].

3.3. Plates-formes informatiques pour la FAD :

3.3.1. Présentation générale:

Les plates-formes de formation à distance sont des solutions technologiques informatiques particulières créées par des entreprises privées ou publiques ou issues de travaux de recherche. Les plates-formes ont pour objectif de proposer un ensemble de fonctionnalités s'intégrant à un dispositif de formation à distance.

Ces plates-formes sont apparues dans les années 90 avec pour ambition d'aider les concepteurs et formateurs à mener à bien l'essentiel des fonctions pédagogiques impliquées par la formation à distance [Le Préau, 2000; Business Interactif, 2001] :

- Production et intégration des ressources pédagogiques (création de cours),
- Présentation de l'offre et des programmes de formation (bibliothèque de formation),
- Diffusion et accès aux ressources,
- Positionnement, construction et gestion des parcours de formation individualisés (gestion des compétences de l'apprenant),
- Animation des personnes et des groupes (accompagnement de l'apprenant en synchrone ou asynchrone),
- Administration financière et technique.

3.3.2. Description des fonctionnalités offertes:

Pour favoriser les échanges entre personnes à distance, dans une démarche de socialisation favorable aux apprentissages, de mutualisation par échange de pratiques, d'entraide entre apprenants (le tuteur n'étant pas la seule personne ressource), les plates-formes proposent toutes des fonctionnalités de communication asynchrone (communication en différé) et, moins souvent, synchrone (communication en temps réel), avec ou non des possibilités de sauvegarde des discussions considérées comme source d'information. Les forums et la messagerie peuvent être utilisés pour que les différents acteurs puissent communiquer entre eux quelque soit le lieu ou le moment. Ces outils apportent une grande flexibilité dans le dispositif de formation. Si les plates-formes s'appuient sur l'individualisation de la formation,

elles n'empêchent pas le travail en groupe. De nombreux dispositifs introduisent en effet le travail en binôme ou en équipe, grâce notamment aux fonctionnalités de type forum.

Au niveau synchrone, certaines plates-formes intègrent des outils qui rendent possible un échange en direct. On peut trouver un outil de bavardage; plus rarement un tableau blanc (pour le travail en simultané sur un même document en temps réel). Les plates-formes peuvent s'appuyer également sur des systèmes d'audioconférence ou de visioconférence, de vote en direct, etc. [Seridi, 2006].

Les plates-formes de la formation à distance permettent la création de parcours d'apprentissage différenciés adaptés à chaque apprenant. L'apprenant pourra consulter et naviguer dans des pages qui auront été publiées. Elles comportent des fonctionnalités pour la passation et la gestion de tests, pour la construction d'évaluations, pour le suivi du parcours de chaque apprenant (résultats obtenus, parcours dans la plate-forme, etc.), pour l'élaboration et l'envoi de travaux.

Dans le cadre d'un suivi personnalisé des activités d'un apprenant, ces plates-formes proposent au tuteur des fonctionnalités permettant de tenir un tableau de bord. Elles autorisent des opérations de positionnement, d'évaluation et d'auto-évaluation. Elles offrent pour certains un agenda permettant de matérialiser le calendrier des activités et leur échéancier.

D'autres fonctionnalités peuvent être offertes aux autres acteurs de la plate-forme. Nous en citons quelques unes :

- la création de cours et de plans de formation (création de parcours-type, de programmes de cours ; édition de tests, mise en ligne du parcours de formation, de notes de cours, de matériel de référence, de modules d'apprentissage interactifs ou non, sous forme textuelle ou multimédia, ...),
- la gestion des documents pédagogiques : classification, indexation, administration des matériaux pédagogiques ;
- la gestion administrative de la formation (scolarité) : inscription dans la plate-forme, dans une formation ; gestion de données administratives de la formation, scolarité.

3.3.3. Acteurs d'un dispositif de téléformation :

Les plates-formes ont été conçues dans le but de servir les besoins des acteurs d'un dispositif de téléformation, notamment le créateur de cours (professeur), le tuteur, l'administrateur et l'apprenant (figure 1).

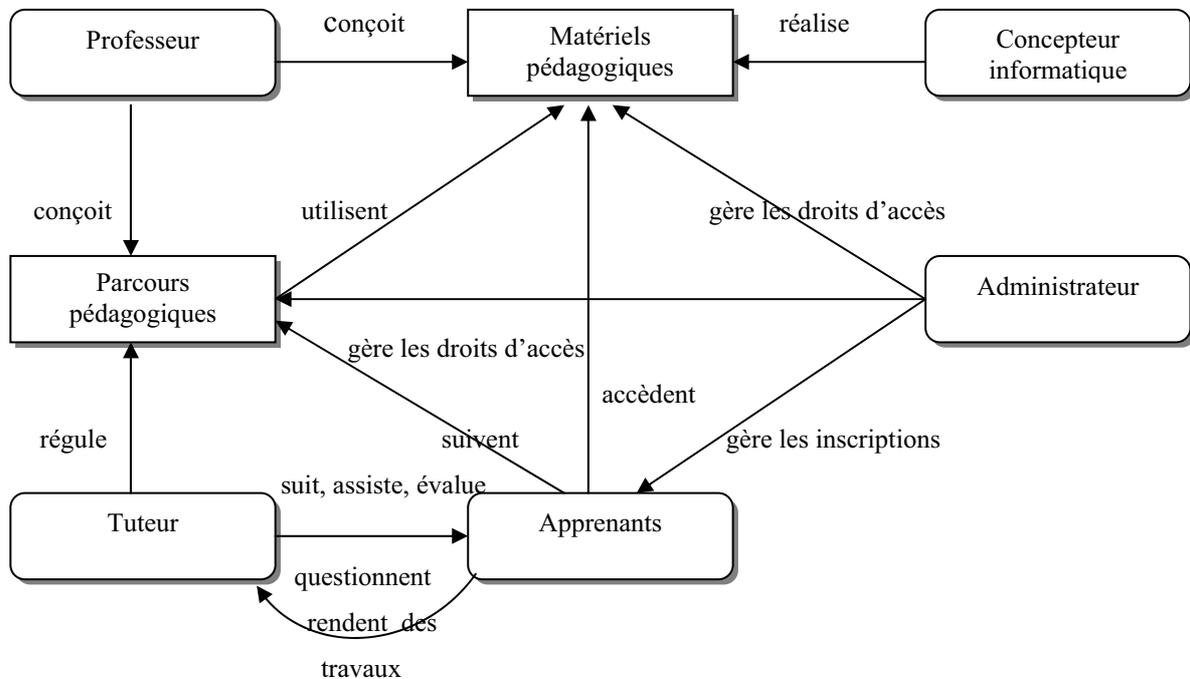


Figure 1 : Acteurs et fonctionnalités générales des plates-formes informatiques pour la formation à distance.

Les fonctionnalités données précédemment existent dans presque toutes les plates-formes développées, mais l'attribution des fonctionnalités aux acteurs précis diffère d'une plate-forme à une autre. Cependant, même si de la structure des rôles d'une plate-forme il est difficile de déduire une architecture exacte de fonctions, et plus encore d'emplois, l'accent doit être mis sur le fait que ces fonctionnalités sont au service des usagers de la plate-forme.

Chaque dispositif de téléformation identifie ses propres acteurs. Paquette [Paquette, 2002] identifie cinq acteurs et rôles génériques dans un dispositif de téléformation : apprenant (transformer les informations en connaissances), présentateur (rendre disponible les informations pour l'apprentissage), concepteur (construire, adapter et maintenir un système d'apprentissage), formateur (faciliter l'apprentissage sur le plan pédagogique) et gestionnaire (gérer les acteurs et les événements).

De son côté, Vantroys a dégagé les acteurs suivants : l'enseignant, le fournisseur de ressources pédagogiques, l'ingénieur pédagogique, l'apprenant, le tuteur, le référent (qui gère les groupes de formation), le responsable administratif, le conseiller en formation et l'administrateur de la plate-forme [Vantroys, 2003].

3.3.4. Quelques plates-formes :

Nous donnons quelques plates-formes de formation à distance :

- **WebCT** (Web Course Tools) : est un des systèmes de gestion de cours sur Internet le plus utilisé dans le milieu de l'enseignement supérieur et ce partout dans le monde car son interface permet l'utilisation de plus d'une dizaine de langues différentes. WebCT permet de créer des cours organisés de manière hiérarchique. Il offre des modèles de cours très largement modifiables et permet d'inclure des animations vidéos, du son, des tests, et de créer des glossaires [WebCT, [http](#)].
- **Claroline** (classroom on-line) : elle permet aux enseignants de créer, d'administrer et de construire leurs cours à travers le Web et aux étudiants de suivre ces cours et d'y participer. La plate-forme dispose d'outils de forum, publication de travaux, calendrier, partage de documents, gestion de liens, quiz, etc. [Claroline, [http](#)].
- **Ganesha** : est une plate-forme de téléformation ou LMS (Learning Management System). Elle permet à un formateur ou un centre de formation de mettre à la disposition d'un ou plusieurs groupes de stagiaires des modules de formation avec supports de cours, des questionnaires à choix multiples (QCM), des tests, des animations, des simulations, etc. [Ganesha, [http](#)].

4. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté plusieurs techniques informatiques favorisant l'apprentissage humain. Ces techniques essayent d'offrir aux apprenants, principaux acteurs, un ensemble d'outils informatiques pour rendre leur apprentissage plus efficace.

Nous avons commencé notre survol de ces techniques par les systèmes d'EAO ainsi que leur évolution vers l'EIAO. Avec l'apparition des nouvelles technologies d'information et de communication, les éducateurs ont tenté d'étendre ces domaines vers la distance en prenant en considération les principes de base de la formation à distance. Pour bien mener leurs objectifs,

le développement des dispositifs facilitant une telle formation était indispensable, c'étaient les plates-formes de formation à distance.

Une plate-forme de téléformation est, dans les grandes lignes, un outil qui permet aux enseignants et aux formateurs de piloter un enseignement ou un parcours de formation et à un apprenant de suivre ce parcours à distance, en ligne. Il s'agit d'un environnement logiciel, spécifiquement étudié pour répondre aux besoins de la formation à distance, accessible via Internet et qui regroupe les outils nécessaires aux principaux utilisateurs d'un dispositif ayant pour finalités la consultation à distance de contenus pédagogiques, l'individualisation de l'apprentissage et le télé-tutorat.

Plusieurs plates-formes ont été développées, chacune d'elles a ses propres objectifs, acteurs, services et fonctionnalités. Des caractéristiques communes entre elles peuvent être recensées. Parmi elles, ces plates-formes essaient d'offrir un environnement favorisant l'apprentissage des apprenants, facilitant les tâches de création du contenu pédagogique par l'enseignant ainsi que les autres tâches des autres acteurs.

Plusieurs environnements favorisent différents types d'interactions entre les paires pour engendrer des interactions intéressantes d'un point de vue pédagogique. C'est en prenant en compte cette nouvelle possibilité que nous devons mettre en œuvre des méthodes pédagogiques au cœur de ces nouveaux environnements pour favoriser l'apprentissage collaboratif. Nous présentons dans le chapitre suivant les principes de base de l'apprentissage collaboratif et les systèmes favorisant une telle stratégie d'apprentissage qui sont les systèmes d'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur.

Chapitre 2

Apprentissage Collaboratif Assisté par Ordinateur

1. Introduction :

A la fin des années 70, est né un nouveau domaine de recherche qui étudie les activités en groupe et l'utilisation des ordinateurs pour réaliser ces activités. Ce domaine de recherche a été nommé Travail Coopératif ou "Computer-Supported Cooperative Work" (CSCW). Le CSCW est un domaine multidisciplinaire. Il inclut, entre autres, des connaissances dans le domaine de l'informatique, la sociologie, la psychologie, la psychologie sociale, l'ergonomie, l'anthropologie et les sciences cognitives [Betbeder, 2003].

Avec le développement des théories dans le domaine de l'enseignement et des technologies de l'information et de la communication, un autre domaine de recherche a été créé. Ce nouveau domaine est l'Apprentissage Collaboratif Assisté par Ordinateur (ACAO) ou "Computer-Supported Collaborative Learning" (CSCL). Il inclut les connaissances des théories d'apprentissage et le travail en groupe assisté par ordinateur. Le but de CSCL est de créer des environnements avec des outils informatiques multi-utilisateurs pour les groupes d'apprentissage.

Nous présentons dans ce chapitre, les principaux fondements des systèmes d'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur. Nous commençons tout d'abord par le concept de l'apprentissage collaboratif. Ce terme connaît plusieurs définitions et par conséquent plusieurs dimensions. Nous présentons quelques unes et nous insistons sur celles concernant les groupes d'apprenants et les outils d'interaction entre eux.

Ce type d'apprentissage peut être appliqué dans les classes ou à distance. Nous présentons aussi quelques pratiques pédagogiques utilisées dans de telles circonstances. Nous terminerons ce chapitre par la présentation des systèmes d'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur avec leurs principes, leurs avantages et leurs limites d'application.

2. La collaboration dans un environnement d'apprentissage :

Nous avons grandi dans un climat de compétition entre les gens, les équipes, les départements, les élèves, les écoles, etc. Nous avons appris par les économistes que la compétition peut résoudre nos problèmes. Actuellement, la compétition que nous voyons est destructive. Il est préférable de travailler avec les autres pour réussir [Smith, 1995].

L'observation des êtres humains montre que ces derniers communiquent et collaborent entre eux pour l'accomplissement des tâches complexes. Plusieurs psychologues ont montré les effets du travail collectif sur le processus de développement cognitif des gens impliqués.

De manière générale, les gens préfèrent collaborer avec leurs pairs. Ceci peut être pour :

- bénéficier des connaissances et du savoir que possède le partenaire,
- avoir de bonnes relations personnelles avec les autres,
- effectuer un bon travail par la critique et l'échange d'information et d'expérience,
- économiser le temps et les efforts.

En ce qui concerne le travail en groupe, les raisons qui incitent les apprenants à travailler ensemble sont [Scott et al., 2000] :

- augmenter la possibilité de trouver une solution plus rapidement. Il est plus probable de trouver une solution ou une solution partielle quand plusieurs personnes travaillent sur le même problème, que quand une personne travaille seule,
- augmenter le choix de solutions : comme chaque personne réfléchit de manière différente, chacune peut proposer une solution différente,
- éviter la duplication et redondance des tâches : si le travail a été bien partagé entre les membres du groupe, chaque personne a une tâche à réaliser dont les autres membres sont informés.

Les principes de la collaboration ont été appliqués depuis longtemps dans plusieurs domaines tels que : l'économie, le sport, le militaire, l'éducation, etc.

2.1. Types d'Apprentissage :

2.1.1. Définition de l'apprentissage:

« L'apprentissage est l'acquisition de nouveaux savoirs ou savoir-faire, c'est-à-dire le processus d'acquisition de connaissances, compétences, attitudes ou valeurs, par l'étude, l'expérience ou l'enseignement ».

Pour la psychologie inspirée du béhaviorisme « l'apprentissage est vu comme la mise en relation entre un événement provoqué par l'extérieur (stimulus) et une réaction adéquate du sujet, qui cause un changement de comportement qui est persistant, mesurable, et spécifique ou permet à l'individu de formuler une nouvelle construction mentale ou réviser une construction mentale préalable »[Apprentissage, http].

2.1.2. Types d'apprentissage :

Il existe plusieurs types d'apprentissage. Ils ont tous pour objectif d'augmenter le niveau d'apprentissage individuel des apprenants. La façon d'atteindre cet objectif diffère d'un type à un autre.

2.1.2.1. Apprentissage individuel :

Dans l'apprentissage individuel, les élèves travaillent seuls pour atteindre leurs propres buts indépendamment des autres élèves. Pour être plus précis, l'élève a des objectifs et il travaille pour les atteindre. Aucune relation n'existe entre les élèves. Chaque élève possède un ensemble de matériels et il travaille selon sa vitesse ignorant le progrès (l'échec ou le succès) des autres élèves.

2.1.2.2. Apprentissage compétitif :

Dans l'apprentissage compétitif, les élèves travaillent l'un contre l'autre pour atteindre un but qu'un seul élève (ou peu d'élèves) peut (vent) seulement atteindre. Dans ce type d'apprentissage, il y a une interdépendance négative à travers l'accomplissement des buts. Les élèves perçoivent qu'ils peuvent atteindre leurs buts si et seulement si les autres échouent.

2.1.2.3. Apprentissage vu comme phénomène social : apprentissage collaboratif

L'apprentissage collaboratif est un autre type d'apprentissage qui considère que l'apprentissage est un phénomène social nécessitant la collaboration entre plusieurs acteurs de formation. La croyance que l'apprentissage est un phénomène social a été mise en évidence par plusieurs chercheurs depuis les années 30. Les contributions de la psychologie soviétique

ont contribué à bien comprendre le processus de l'apprentissage dans un contexte de collaboration.

Vygotsky a introduit le terme de la “*zone proximale du développement*” qui permet de comprendre comment les gens peuvent apprendre l'un de l'autre par le partage d'un noyau commun de connaissances avec les pairs [Lewis, 1995]. Il considère que la connaissance d'un individu possède un noyau central qui est possédé par l'individu, ce dernier est capable d'utiliser cette connaissance dans la réalisation autonome des tâches. Ce noyau est entouré par une région (zone proximale du développement) dans laquelle l'individu a quelques connaissances, mais il a besoin d'aide dans la réalisation des tâches qui dépendent de cette connaissance.

Comme il est montré dans la *figure 2*, quand on considère une communauté d'êtres humains, quelques parties du noyau de connaissance de chaque personne chevauchent ceux des autres et ce qui est plus important : la zone proximale du développement d'une personne chevauche le noyau de connaissances des autres.

Une étude a été réalisée par Lewis [Lewis, 1998], permettant d'analyser la performance d'une paire d'apprenants. Elle suggère que la performance du duo est meilleure que celle attendue d'une simple addition des performances de chaque individu.

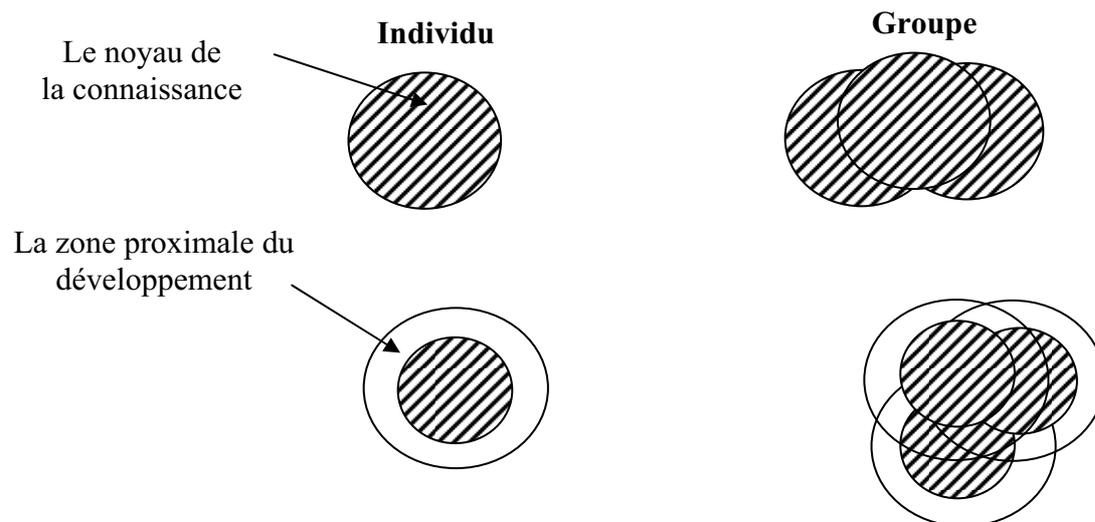


Figure 2: Le noyau de la connaissance et les zones proximales du développement.

2.2. Apprentissage collaboratif :

2.2.1. Définitions :

Le terme “apprentissage collaboratif” qui résulte de l’application des principes de la collaboration à des fins pédagogiques est un concept vaste. Quelques personnes utilisent les termes : apprentissage en groupes, apprentissage coopératif ou apprentissage collaboratif sans mettre de différences. D’autres personnes voient une différence légère mais importante. Comme il est indiqué dans l’éditorial du JCAL (Journal of Computer Assisted Learning) “à un niveau purement cognitif, la coopération et la collaboration doivent être assez similaires mais à un niveau intentionnel et contextuel les processus semblent être différents” [Lewis, 1996; Makrakis, 1998].

Un exemple, qui montre clairement la variété du concept de l’apprentissage collaboratif, est donné par Dillenbourg dans [Dillenbourg, 1999]. Selon lui, l’apprentissage collaboratif désigne « une *situation* dans laquelle *deux* ou *plusieurs* personnes *apprennent* ou essayent d’apprendre quelque chose *ensemble* ». Chaque élément de cette définition peut être interprété de différentes façons :

- « deux ou plusieurs » peut être entendu comme une paire, un petit groupe (3 à 5 sujets), une classe (20 à 30 sujets),... et tous les niveaux intermédiaires ;
- « apprendre quelque chose » peut être entendu comme « suivre un cours », « étudier un élément précis d’un enseignement », « réaliser des activités d’apprentissage comme la résolution de problèmes », « apprendre tout au long de la vie à partir du vécu quotidien », etc.
- « ensemble » peut être interprété comme différentes formes d’interaction : en présentiel ou à travers les ordinateurs, de façon synchrone ou non, fréquemment ou pas, avec un effort commun ou à travers une division systématique du travail.

2.2.1.1. La variété des échelles :

Les recherches sur l’apprentissage collaboratif se déroulent sur une échelle très variable aussi bien en termes de taille de la population des sujets concernés (de 2 sujets à plusieurs) que de temps (de 20 minutes à plusieurs années).

2.2.1.2. La variété des significations données au mot «apprentissage» :

La littérature concernant l’apprentissage collaboratif donne plusieurs significations au terme d’apprentissage. Selon Dillenbourg [Dillenbourg, 1999], certains chercheurs considèrent que l’apprentissage concerne plus ou moins toute activité collaborative dans un contexte

d'éducation alors que pour d'autres, l'activité d'apprentissage est perçue comme la résolution commune de problèmes et l'apprentissage est censé apparaître comme un effet de bord de la résolution de problèmes. On a aussi une catégorie d'études qui examinent l'apprentissage à partir du travail collaboratif, cet apprentissage se réfère à l'acquisition des connaissances ou de compétences qui se fait tout au long de la vie dans des communautés professionnelles.

Selon Henri et Lundgren-Cayrol, l'apprentissage collaboratif propose une démarche active centrée sur l'apprenant, qui se déroule dans un environnement où il peut exprimer ses idées, articuler sa pensée, développer ses propres représentations, élaborer ses structures cognitives et faire une validation sociale de ses nouvelles connaissances [Henri et al., 2001].

En fin de compte, l'apprentissage collaboratif décrit une situation dans laquelle certaines formes d'interaction (capables de déclencher des mécanismes d'apprentissage) sont attendues sans garantie qu'elles aient lieu. Une des préoccupations est d'ailleurs d'augmenter la probabilité d'apparition de ces formes d'interaction [Mbala, 2003].

2.2.1.3. La variété des significations données au mot « collaboration » :

Les termes *coopération* et *collaboration* ne sont pas utilisés de façon univoque. Certains auteurs emploient l'un ou l'autre sans différenciation. D'autres les distinguent, mais pas toujours avec la même définition et parfois même avec des sens contraires [George, 2001]. On trouve ces distinctions et cette ambiguïté dans la définition de ces termes dans les dictionnaires de la langue française. Le tableau suivant montre ces distinctions.

La source	Collaborer	Coopérer
<i>Le petit Larousse 2002</i>	Travailler avec d'autres à une œuvre commune	Agir conjointement avec quelqu'un
<i>Hachette 1998</i>	Travailler en commun à un ouvrage	Opérer, travailler conjointement avec quelqu'un
<i>Le petit Robert 1989</i>	Travailler en commun	Opérer conjointement avec quelqu'un, participer à une œuvre commune

Tableau 1 : La définition des termes « collaborer » et « coopérer ».

Nous donnons dans ce paragraphe quelques définitions de ces deux termes données dans la littérature puis celles pour lesquelles nous avons opté.

Dans les systèmes multi-agents, Ferber définit *la collaboration* comme étant "l'ensemble des techniques permettant à des agents de (se) répartir des tâches, des informations et des ressources de manière à réaliser une œuvre commune. Résoudre un problème de collaboration consiste donc à répondre à la question "qui fait quoi ? " par rapport au travail donné" [Ferber, 1994].

D'après Leroux, *la coopération* est la résolution d'un problème commun à plusieurs agents avec une distribution des tâches à effectuer entre les agents, tandis que *la collaboration* (contrairement à Ferber) est une résolution d'un problème par plusieurs agents, toutes les tâches qui composent le problème étant effectuées en commun par l'ensemble des agents [Leroux, 1995]. Pour Leroux, la principale différence entre la collaboration et la coopération se situe au niveau de la tâche à accomplir par chaque agent. Dans le cadre d'une collaboration, la tâche est commune à tous les agents alors que dans la coopération le problème à résoudre est divisé en sous-problèmes, chaque sous-problème étant traité par un des agents qui devient alors un spécialiste.

Lewis [Lewis, 1998] a défini la coopération et la collaboration comme suit :

"*La coopération* dépend d'une communauté d'acteurs qui se mettent d'accord pour s'aider l'un l'autre dans les activités ayant pour objectif d'atteindre les buts de chaque personne impliquée".

"*La collaboration*, quant à elle, dépend de l'établissement d'un sens et d'un langage commun dans la tâche qui conduit à pourvoir à la communauté un but commun".

Selon Rogalski, le terme *collaboration* est utilisé « pour les situations où les acteurs partagent les mêmes buts tout au long de la réalisation de la tâche » tandis que la *coopération* est utilisée pour « les situations où des sous tâches concourant à un but commun sont distribuées a priori à différents acteurs » [Rogalski, 1998].

Dans leur livre, Henri et Lundgren [Henri et al., 2001] consacrent plusieurs pages à la définition de l'apprentissage collaboratif [Walckiers et al., 2004]. D'après elles, la *coopération* repose sur la distribution des tâches et des responsabilités au sein du groupe pour

atteindre un but commun. Tandis que dans la *collaboration*, les apprenants travaillent ensemble pour atteindre l'objectif commun sans division des tâches à réaliser.

A partir de ces différents points de vue, nous constatons que la majorité des chercheurs s'accordent sur le principe que «*la coopération est la réalisation d'une tâche commune par une division des tâches à réaliser entre les membres du groupe*» (figure 3). Tandis que «*dans la collaboration les apprenants réalisent ensemble une tâche commune sans division des tâches à réaliser*» (figure 4). Nous rejoignons ces chercheurs et nous adoptons ces deux dernières définitions.

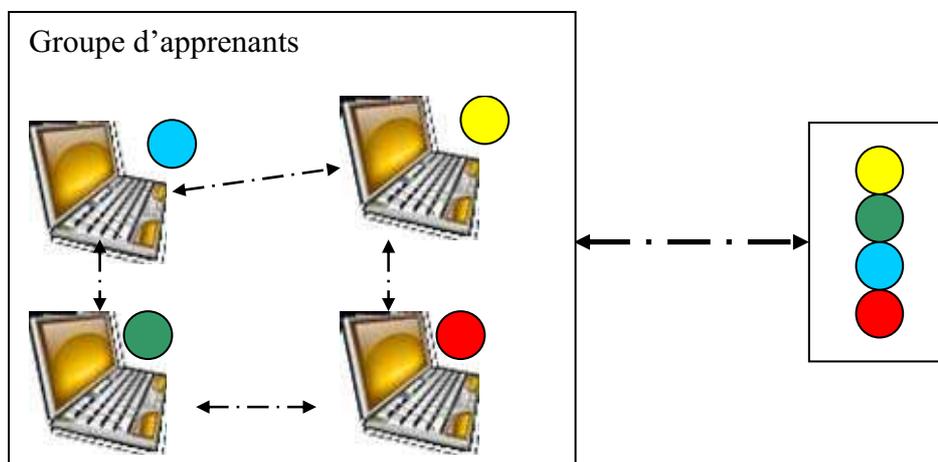


Figure 3 : La tâche coopérative, différente pour chacun.

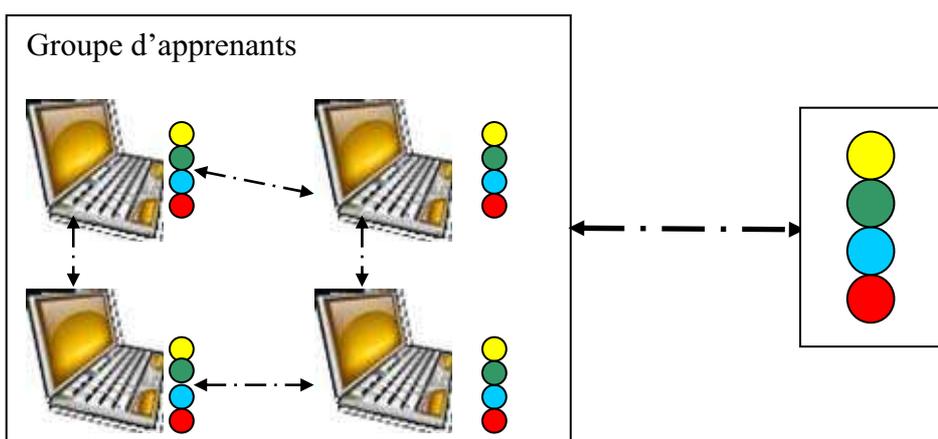


Figure 4 : La tâche collaborative, la même pour tous.

Dans ce travail, nous nous intéressons à l'application de la collaboration dans l'apprentissage/enseignement et plus précisément à l'apprentissage collaboratif. Une tâche

dans notre contexte peut être l'apprentissage d'un concept, la résolution d'un exercice ou d'un problème donné, etc.

2.2.1.4. Apprentissage collectif :

Comme il a été mentionné précédemment, la distinction la plus souvent utilisée entre coopération et collaboration concerne la division du travail : en collaboration, tous les acteurs effectuent toutes les tâches, alors qu'en coopération, il y a un partage entre les acteurs des différentes tâches.

Cette distinction n'est pas toujours très claire, en particulier pour une activité qui alterne des phases synchrones et asynchrones, et, très souvent, mixe ces deux aspects selon la tâche considérée. C'est pourquoi, plusieurs auteurs comme George [George, 2001], Jermann et Dillenbourg [Jermann et al., 1999], Betbeder [Betbeder, 2003] et Zourou [Zourou, 2006] utilisent le terme «collectif», terme plus général que collaboratif ou coopératif. Dans un contexte d'apprentissage, une activité collective est considérée comme une activité dont les acteurs partagent un but unique et qui favorise l'apprentissage d'aptitudes ou l'acquisition de connaissances.

2.2.2. Théories de l'apprentissage collaboratif :

Nous décrivons dans cette section les grands courants théoriques touchant l'apprentissage collaboratif : les théories provenant des sciences cognitives, celles dont l'orientation est plus socio-culturelle ou psycho-culturelle ou encore la théorie de l'activité (TA). L'objectif n'est pas de les opposer, mais plutôt de mettre en lumière leurs apports respectifs pour comprendre l'apprentissage collaboratif.

2.2.2.1. L'approche socio-constructiviste :

L'école de Genève, fortement inspirée par les théories piagésiennes, a entrepris dans les années 70 une recherche pour savoir comment l'interaction sociale affectait le développement cognitif individuel. Le rôle de l'interaction dans le développement s'explique, toujours selon ces chercheurs, par l'interaction structurante et un processus généré par ces interactions appelé *conflit sociocognitif* [Carré et al., 1999].

Le fondement principal de cette approche est que c'est surtout en interagissant avec les autres, en coordonnant sa conception de la réalité avec celles des autres, que l'individu maîtrise de

nouveaux concepts [Fouénard, 2003]. Le développement cognitif individuel est vu comme le résultat d'une spirale de causalité : un niveau donné de développement permet la participation à certaines interactions sociales qui produisent un nouvel état individuel rendant possible, à son tour, un type d'interactions sociales plus sophistiqué, etc.

Le conflit socio-cognitif résulte de la confrontation de représentations sur un sujet entre divers individus en interaction. La résolution de ce conflit permet de générer un progrès cognitif. L'apprentissage se trouve donc stimulé par les conflits socio-cognitifs, les connaissances se développant lorsque les apprenants reconsidèrent leurs points de vue par négociation ou argumentation. Ces travaux, dont Piaget est à l'origine, même si sa théorie se centre principalement sur les aspects individuels du développement cognitif, ont permis de mettre en évidence l'articulation du cognitif avec le social, et donc l'importance du dialogue et des expériences partagées dans la construction de connaissances [Fouénard, 2003].

2.2.2.2. L'approche socio-culturelle :

Alors que l'approche socio-constructiviste d'obéissance piagétienne s'intéresse au développement individuel dans le contexte d'interaction, l'approche socio-culturelle que propose Vygotsky souligne les relations causales entre l'interaction sociale et les changements cognitifs individuels. Dans une perspective vygotkienne, la dimension sociale est essentielle aux processus cognitifs régissant l'apprentissage. Les fonctions mentales humaines apparaissent sur un plan d'abord inter-individuel, dans l'interaction, puis ensuite seulement sur le plan intra-individuel. Les processus mentaux humains sont médiatisés par des outils sociaux et le concept de zone proximale du développement qui distingue les connaissances acquises des connaissances moins bien établies tend à mettre en valeur la nécessité d'assistance dans l'exécution de certaines tâches [Fouénard, 2003].

Ainsi, la connaissance vue comme construction sociale fournit un apport majeur pour une approche collaborative de l'apprentissage. Cette approche offre un cadre théorique permettant de mieux appréhender le processus d'apprentissage en jeu lorsque apprenants et enseignants prennent part à des activités d'apprentissage collaboratif.

2.2.2.3. La théorie de l'activité (TA) :

Le cadre d'analyse de la théorie de l'activité, issue des travaux de Vygotsky puis de Leontiev, est aussi utilisé comme référence de base de l'apprentissage collaboratif parce qu'elle définit

l'humain à travers son activité. Un individu, le sujet, réalise un certain nombre d'actions en vue d'atteindre un objectif, l'objet. Pour cela, il est aidé par un ensemble d'outils qui servent de médiation entre le sujet et l'objet. Engeström [Engeström, 1987] a élargi la définition de Leontiev en y incluant la notion de communauté. En effet, l'activité, qui est déterminée par son objet, est affectée par la participation de cet individu au sein de la communauté à laquelle il appartient.

La relation de l'individu à cette communauté est alors médiatisée par un ensemble de règles ou de conventions, implicites ou explicites, et par l'ensemble des outils mis à la disposition de cette communauté. D'autre part, la relation de la communauté à l'objet est médiatisée par une division du travail. Le résultat de l'activité est par conséquent le fruit d'actions entreprises par des individus allant dans le sens déterminé par son objet [Fouénard, 2003].

2.2.2.4. L'approche psycho-culturelle :

L'approche psycho-culturelle de l'éducation nous vient essentiellement de Bruner. Ce chercheur s'intéresse aux «interactions entre les facultés de l'esprit d'un individu et les moyens grâce auxquels la culture aide, ou au contraire, contrarie leur réalisation» [Bruner, 1998]. Dans cette perspective, le système éducatif ne peut être considéré comme neutre. «L'école ne peut jamais être considérée comme culturellement libre».

L'une des solutions proposées par Bruner pour sortir de ce travers propre aux hommes «qui s'enseignent les uns aux autres délibérément dans des cadres extérieurs à ceux dans lesquels le savoir enseigné sera utilisé» est de faire «un endroit où (...) les apprenants s'aident les uns les autres à apprendre, chacun selon ses aptitudes». Ce qui «n'implique nullement que l'on exclue la présence de quelqu'un qui joue le rôle d'enseignant. Cela veut simplement dire que l'enseignant ne joue pas ce rôle en ayant le monopole et que les apprenants s'appuient également les uns sur les autres» [Fouénard, 2003].

Le rôle de l'enseignant, ou du formateur, n'est pas remis en cause, il gagne seulement une nouvelle fonction, celle d'encourager les autres à partager.

2.2.3. Enjeux de l'apprentissage collectif :

Nous savons que différents modes d'apprentissage collectif ont toujours existé, par exemple la dynamique de groupe, l'étude de cas et la résolution collective des problèmes.

Cependant, pour des raisons souvent économiques (problème des effectifs), l'apprentissage est souvent vu comme un processus de transfert de connaissances entre un émetteur (enseignant, personne instituée) et un récepteur (l'apprenant). *Les relations entre apprenants sont souvent vues comme une gêne, une perturbation ou un bruit dans le système* [Derycke, 1991]. Or il apparaît que l'apprentissage collectif doit également avoir sa place dans le processus éducatif, et ceci pour plusieurs raisons ou enjeux.

2.2.3.1. Les enjeux au niveau cognitif :

L'importance de l'apprentissage collectif, c'est à dire l'existence de rapports inter-personnels entre l'apprenant et son environnement a été mis en évidence par différents chercheurs. Les relations inter-individuelles et les conflits inter-personnels sont importants dans la construction du savoir. C'est dans la mesure où plusieurs partenaires d'une même tâche vont être amenés à formuler des points de vue différents sur la perception de cette tâche et de sa résolution, qu'ils peuvent progresser. Ces différents points de vue vont les amener à coordonner leurs perspectives au départ divergentes pour accéder à une représentation la plus objective et la plus intégrée possible des objets sur lesquels ils travaillent [Derycke, 1991].

2.2.3.2. Les enjeux culturels :

Il apparaît nécessaire de "coopérer¹ pour apprendre". Mais nous pouvons également affirmer qu'il faut "apprendre à coopérer". Les deux objectifs "coopérer" et "apprendre" peuvent être donc interdépendants. Ceci apparaît comme une nécessité de nature politique et de nature économique.

- Au niveau des apprentissages premiers, chez les enfants, la coopération dans le processus d'apprentissage permet le développement d'aptitudes de citoyen apte à vivre en démocratie. Le monde moderne requiert des capacités relationnelles importantes. Les relations entre les races, les sexes, les nationalités sont devenues centrales. Comme le dit J.Dewey " la vie dans la classe représente le processus démocratique en microcosme et le cœur de la vie démocratique dans la coopération de groupe".
- Au niveau économique pour assurer la compétitivité des entreprises, il est nécessaire que les travailleurs acquièrent non seulement de nouvelles compétences d'ordre technique ou procédural mais également qu'ils soient capables de travailler en équipes. Là aussi "coopération" et "apprentissage" sont interdépendants. Dans le domaine

¹ Tout ce qui est dit sur la coopération reste valable pour la collaboration.

économique, les travailleurs doivent acquérir de nouvelles capacités. Or ces dernières, l'adulte va les apprendre dans ses interactions avec les autres acteurs du processus de formation. C'est à dire les enseignants, les tuteurs (humains) bien sûr mais aussi les experts (professionnels) voire même son encadrement direct dans le cas d'un dispositif de formation incluant la hiérarchie directe [Derycke, 1991].

2.2.4. Dimensions de l'apprentissage collectif :

Nous avons vu précédemment qu'au terme d'apprentissage collaboratif, plusieurs significations sont associées. Elles concernent l'organisation des apprenants, les tâches effectuées, etc. Ces caractéristiques représentent ses dimensions. Nous regroupons dans ce paragraphe, quelques dimensions relatives à l'apprentissage collaboratif et celles relatives à l'apprentissage coopératif. Nous utilisons le terme d'apprentissage collectif qui peut se substituer aux deux types d'apprentissage. En plus, pour faciliter la lecture, nous employons l'un des deux termes, mais tout ce qui est dit sur un terme reste valable pour le second.

2.2.4.1. La tâche :

Selon l'objectif final de la coopération des apprenants, on détermine la nature de la tâche à accomplir. On distingue en particulier :

- *L'apprentissage d'un concept* : permet d'étudier et d'apprendre un concept d'une matière.
- *La résolution d'un problème* : dans ce cas, les apprenants coopèrent pour résoudre un problème commun.
- *La réalisation d'un produit* : les apprenants coopèrent pour finaliser un produit.

2.2.4.2. Endroit des apprenants :

L'endroit d'existence des apprenants joue un rôle très important dans la nature de l'interaction entre les apprenants. On distingue deux types d'apprentissage collectif :

- *présentiel* : les apprenants peuvent être dans la même place favorisant les interactions face-à-face.
- *A distance* : les apprenants peuvent être dispersés dans des endroits différents. Les interactions dans ce cas peuvent être supportées par un réseau.

2.2.4.3. Organisation des apprenants :

Selon la manière de regrouper les apprenants et l'unité de concentration (l'apprenant individuel ou tout le groupe) et indépendamment de leur existence, on peut distinguer trois

types d'apprentissage collectif :

- *Apprentissage collectif intra-groupe* : tous les apprenants forment un seul groupe. La concentration est portée sur l'apprenant individuel.
- *Apprentissage collectif intergroupes* : les apprenants sont divisés en groupes. Ici, la concentration est portée sur tout le groupe.
- *Apprentissage collectif intra-groupe et intergroupes* : c'est la combinaison des deux types précédents. C'est à dire, la concentration est double à la fois sur l'apprenant individuel et sur tout le groupe.

2.2.4.4. Taille du groupe d'apprenants :

Le nombre des apprenants participant à une session d'apprentissage collectif diffère selon la nature et la structure de la tâche. On peut avoir plusieurs cas :

- Petit groupe (2-5 apprenants).
- Une classe (25-30 apprenants).
- Une communauté (de centaines jusqu'aux milliers d'apprenants).
- Une société (de centaines de milliers jusqu'aux millions d'apprenants).

Concernant les groupes de petites tailles, plusieurs chercheurs ont soulevé le problème de la taille idéale des groupes. Vayer et Roncin signalent que l'organisation d'un groupe dépend de sa dimension, laquelle est fonction de la nature des activités qui y sont développées. Ils distinguent trois tailles de groupe (extrait de [Dessus, 2005]):

- Le groupe de base, constitué de 4 ou 5 personnes, réunies à partir de choix personnels. C'est le groupe idéal pour créer et résoudre des problèmes. Un groupe plus important (plus de 6) a tendance à se subdiviser en deux sous-groupes.
- Le groupe restreint, de 8 à 12 personnes, idéal pour une activité collective de type discussion.
- Le groupe secondaire, ou organisation, correspond à la classe entière.

2.2.4.5. Critères de regroupement des apprenants:

Les critères de construction des groupes d'après Diane Arcand sont les suivants [Arcand, http] :

a. Regroupement au hasard :

On peut constituer les équipes collaboratives/coopératives en utilisant, par exemple, des cartes à jouer. Après avoir distribué les cartes, on demande aux élèves de se regrouper selon ce qu'ils ont en main : du cœur, du pique, du carreau ou du trèfle. On peut aussi leur remettre des cartons de couleur. Les équipes se composeront alors d'élèves ayant des cartons de même couleur ou des couleurs différentes. Ce type de regroupement permet de modifier facilement le nombre d'élèves par équipe (précisément parce que ce regroupement ne se fonde sur aucun critère d'affinité) tout en respectant le nombre total d'élèves par classe.

Les regroupements au hasard habituent les élèves à travailler avec plusieurs autres élèves de personnalité différente, reproduisant ainsi le travail en société, où l'on choisit rarement ses coéquipiers et ses coéquipières. Ce type de regroupement permet à l'élève d'acquérir des habiletés sociales telles que la tolérance, le respect et la valorisation des différences.

b. Regroupement par affinités :

Il est important, quelquefois, de laisser les élèves se regrouper à leur guise, surtout lorsqu'il leur faut exprimer des sentiments ou discuter de sujets qui les touchent personnellement. Un climat de confiance et de complicité doit régner lors de tels échanges.

c. Regroupement par proximité :

Lors d'une étape précise en cours d'activité, il peut s'avérer utile de réunir deux élèves pour une courte durée en vue de leur permettre de comparer ou de vérifier leur travail, d'échanger de l'information et de se soutenir. On demande à l'élève, par exemple, de discuter avec son voisin pour lui donner une explication. On l'invite ensuite à écouter attentivement l'explication de son partenaire. On peut aussi dire à l'élève d'échanger sa copie avec son voisin afin de vérifier s'il reste des erreurs dans ses phrases. On peut également lui proposer de faire relire son texte par un élève qui pourra vérifier si tout est complet.

d. Regroupement par champs d'intérêt :

On peut laisser les élèves libres de choisir un sujet ou un thème qui les intéresse ou on peut leur demander de choisir parmi des activités proposées celle qu'ils veulent préparer. Puis, on leur dit de se regrouper selon l'activité choisie. On peut, bien sûr, d'abord placer les élèves en équipe pour ensuite les inviter à choisir ensemble l'activité à préparer. Il faut cependant savoir que les deux types de regroupement permettent d'atteindre des objectifs différents. Le premier

respecte les goûts des élèves et suscite leur motivation et leur engagement. Le second permet aux élèves d'apprendre à faire des concessions et les initie à la pratique du consensus, lesquelles sont des habiletés de haut niveau. L'enseignant doit bien circonscrire les objectifs de collaboration à atteindre avant de choisir le type de regroupement à privilégier pour une activité donnée.

e. Regroupement formé par l'enseignant :

Dès le départ, l'enseignant se réserve le droit de former les équipes. Cette règle de fonctionnement en apprentissage collaboratif doit être connue par les élèves et doit leur être expliquée. En effet, les élèves doivent savoir que, pour certaines activités, il leur est possible de se regrouper soit au hasard, soit par proximité ou encore par affinités ou par champs d'intérêt. Pour d'autres tâches, c'est plutôt l'enseignant qui détermine la composition des équipes. On informe donc les élèves que, pour certaines activités, l'enseignant considérera les forces de chaque élève afin de constituer des équipes efficaces et productives.

En fait, le regroupement idéal en apprentissage collaboratif doit respecter une certaine hétérogénéité. On considère les forces du point de vue scolaire (si l'on forme des équipes de quatre élèves, on choisira un élève de force supérieure, deux élèves de force moyenne et un élève faible); on prend aussi en considération les diversités culturelles et linguistiques ainsi que le sexe des élèves. L'enseignant peut former des équipes pour une période variant de deux semaines à une étape scolaire. Lorsqu'il y a un regroupement à plus long terme, ces équipes deviennent des équipes de base.

On tient compte aussi des personnalités ou de toute autre considération qui pourrait faciliter la formation d'équipes d'apprentissage équilibrées. Il est donc très important que l'enseignant planifie les regroupements des élèves en ayant bien en mémoire les objectifs à atteindre, puisque le regroupement soutient cet objectif et influe sur la qualité du travail accompli. On doit aussi s'assurer que le travail comporte des défis et des objectifs à la mesure de l'ensemble de l'équipe. De là l'importance, pour l'enseignant, de former des équipes selon les critères qui viennent d'être énoncés.

2.2.4.6. Formes de coopération:

On peut avoir deux formes de coopération :

- *Coopération sur une seule machine* : tous les apprenants d'un même groupe coopèrent sur

une seule machine.

- *Coopération avec machines différentes* : chaque apprenant possède sa propre machine.

2.2.4.7. Manières et outils de coopération :

Il existe plusieurs classifications pour les outils coopératifs [Bafoutsou et al., 2002]. Nous utilisons une des classifications les plus simples, et la plus connue qui est la classification espace/temps (tableau 2). Cette classification prend en compte la localisation physique des membres du groupe et le moment où ils participent à la coopération.

Pour arriver à coopérer (ou à collaborer), les membres du groupe ont besoin d'un moyen de communication afin de prendre des décisions ensemble ou simplement informer les autres de l'avancement du travail ou du problème rencontré. Ils ont aussi besoin de partager des ressources, qu'elles soient informatiques ou physiques.

	Même lieu	Lieux différents
Même temps	Interaction face à face	Interaction synchrone répartie
Temps différents	Interaction asynchrone	Interaction asynchrone répartie

Tableau 2 : Types d'interaction.

a. Interaction face à face :

Quand les membres du groupe se trouvent en même temps et au même endroit, la communication se fait d'une manière directe, c'est-à-dire sans besoin d'un support externe. Il est toujours souhaitable d'avoir une personne qui coordonne la réunion ou des règles explicites pour les interventions.

b. Interaction synchrone répartie :

Quand les membres du groupe se trouvent séparés physiquement et qu'ils doivent travailler en même temps ensemble, ils ont besoin de communiquer de manière instantanée ou avec un délai de temps très court. De la même manière que dans l'interaction face à face, ils ont besoin d'accéder et de partager les mêmes documents, mais dans ce cas, chacun à partir de son propre lieu de travail.

Les besoins de planification ressemblent à la catégorie précédente, tous les membres du groupe sont conscients des activités à réaliser. Les mêmes contraintes existent pour fixer les dates de réunion. Pour ce type de réunions à distance, il existe plusieurs outils de communication. Par exemple, on peut citer les audioconférences, les vidéoconférences ou les systèmes de messages textuels instantanés. Des agendas électroniques peuvent être employés pour faciliter la planification des réunions de travail.

c. Interaction asynchrone :

Dans cette situation, les membres du groupe travaillent à des moments différents. La communication entre les membres n'est pas immédiate. L'accès aux documents ne pose pas trop de problèmes de synchronisation. Les utilisateurs peuvent utiliser les mêmes ressources (physiques ou informatiques) du fait qu'ils sont situés dans le même endroit.

La planification des activités est importante. Les membres de l'équipe doivent connaître les tâches à réaliser, la date limite et le flux des activités c'est-à-dire, qu'ils doivent savoir qui doit faire les activités précédentes, et à qui chacun doit rendre son travail pour en prendre la suite.

Des exemples d'outils pour ce type d'interaction : on peut mentionner les messages asynchrones tels que le courrier électronique ou les forums.

d. Interaction asynchrone répartie :

Dans ce dernier cas, les membres du groupe travaillent à des moments différents et dans des endroits différents. Les caractéristiques sont similaires aux caractéristiques de l'interaction asynchrone. La communication n'est pas réalisée de manière immédiate. Le partage des ressources se fait à distance. Dans ce cas, il n'y a pas non plus de problème de synchronisation, car l'accès aux données a lieu à différents moments. Le groupe doit être conscient des activités réalisées par chaque membre et de l'ordre d'exécution du travail. Les dates d'échéance et horaires des différents intervenants doivent être pris en compte.

2.2.5. Apports de l'apprentissage collaboratif :

Quoique que le terme "apprentissage collaboratif" est utilisé pour décrire une variété d'activités apparemment diverses, et possède peut être différents sens et buts dans différents contextes et cultures, il y a une croyance commune qu'il est une forme bénéfique à l'apprentissage.

Dans un sens plus large, l'apprentissage collaboratif entraîne le travail conjoint sur quelques

tâches ou issues dans une manière qui augmente l'apprentissage individuel à travers le processus de collaboration dans les groupes d'apprenants [McConnell et al., 1995].

Plusieurs chercheurs s'accordent à penser que l'apprentissage collaboratif n'est pas une théorie d'apprentissage mais un moyen, une démarche, favorisant la construction des connaissances. Pratiquer une activité collaborative permet et encourage les étudiants à poser des questions, élaborer et réfléchir sur leurs connaissances, et de ce fait, motive et améliore leur apprentissage [Soller, 2001].

Johnson et Johnson ont effectué des recherches visant à comparer les styles d'apprentissage coopératif, individuel et en compétition. Leurs résultats montrent que les étudiants apprennent plus efficacement lorsqu'ils travaillent de manière coopérative. Ils distinguent les apports d'un apprentissage coopératif pour les étudiants en trois catégories :

- Les efforts des apprenants sont plus efficaces pour la réalisation de la tâche.
- Les apprenants bénéficient d'un impact positif sur leurs relations interpersonnelles.
- Les apprenants acquièrent une meilleure capacité à développer, maintenir et ajuster des relations d'interdépendance avec les autres pour atteindre leurs buts [Johnson et al., 1998].

Pour distinguer les approches coopératives et collaboratives des autres approches d'apprentissage, Hooper [Hooper, 1992] propose que les interactions doivent :

- Faciliter l'assistance et la confiance mutuelles ;
- Etre une source d'encouragement ;
- Contribuer à la création d'une atmosphère calme ;
- Encourager le partage des compétences ;
- Traiter l'information d'une manière effective.

La pratique de l'apprentissage collaboratif, et la recherche des processus et des résultats de l'apprentissage collaboratif suggèrent que ce dernier puisse [McConnell et al., 1995] :

- Aider à clarifier les idées et les concepts à travers la discussion ;
- Développer une réflexion critique ;
- Offrir des opportunités pour les apprenants de partager l'information et les idées ;
- Développer les compétences de communication ;

- Offrir les opportunités pour les apprenants de prendre le contrôle de leur propre apprentissage, dans un contexte social ;
- Offrir la validation des idées d'individus et les manières de réflexion à travers la conversation (verbalisation), des perspectives multiples (restructuration cognitive) et argument (résolution des conflits conceptuels).

D'autres effets de l'apprentissage collaboratif sont donnés par d'autres chercheurs. Nous citons par exemple :

- Responsabiliser l'apprenant,
- Augmenter la confiance en soi des apprenants surtout quand ils sont appelés pour aider d'autres apprenants,
- Avoir un niveau élevé d'apprentissage,
- Donner la solution à l'isolement actuel et social de l'apprenant,
- Augmenter l'estime personnelle des apprenants surtout ceux qui apprennent par le mode de l'apprentissage à distance.

2.2.6. Obstacles de l'application de l'apprentissage collaboratif :

Si l'apprentissage collaboratif est assez puissant, pourquoi n'est-il pas pratiqué plus souvent ? Quelques obstacles significatifs gênent la prolifération de cette approche. Nous citons dans ce qui suit quelques-uns :

- Le refus d'une demande de collaboration (un apprenant répond défavorablement à une demande de collaboration d'un autre).
- Quelques apprenants utilisent d'autres apprenants comme des "cavaliers libres". Ces cavaliers effectuent la majorité du travail.
- Quelques apprenants, trop demandés pour aider les autres, sentent qu'ils sont exploités et cessent de collaborer/coopérer.
- Les activités de l'apprentissage collaboratif/coopératif dans la classe menacent apparemment le contrôle de la classe et ceci est un risque majeur pour les enseignants.
- Le manque de systèmes informatiques plus sophistiqués qui prennent en compte le processus de coopération/collaboration du début jusqu'à la fin [Lafifi, 2000].

2.2.7. Conditions requises pour une coopération efficace :

Quelques auteurs ont travaillé sur les conditions pour parvenir à une collaboration/coopération efficace. Ainsi, Johnson et Johnson [Johnson et al., 1998] énoncent cinq conditions nécessaires pour une coopération effective :

- ***Une interdépendance positive*** : chaque membre du groupe doit percevoir qu'il est lié aux autres au sens qu'il ne peut pas réussir sans les autres, et vice versa, et/ou qu'il doit coordonner ses efforts avec ceux des autres pour accomplir la tâche.
- ***Une responsabilité personnelle*** : chacun doit accomplir sa part de travail et faciliter le travail des autres.
- ***Une interaction en « personne »*** : chacun doit encourager et faciliter les efforts des autres pour accomplir la tâche afin d'atteindre les objectifs du groupe.
- ***Des habiletés sociales*** : les étudiants doivent se connaître et se faire confiance, savoir communiquer avec exactitude et sans ambiguïté, accepter et supporter chacun, et savoir résoudre les conflits de manière constructive.
- ***Une responsabilité de groupe*** : les membres doivent réfléchir sur la manière dont le groupe fonctionne et planifier comment améliorer leur processus de travail. Johnson et Johnson citent par ailleurs deux autres variables qui permettent une amélioration des résultats : la confiance et le conflit. Plus les membres du groupe se font confiance, plus leurs efforts coopératifs auront tendance à être efficaces. De même, les conflits au sein des groupes coopératifs, lorsqu'ils sont gérés de manière constructive, améliorent l'efficacité des efforts coopératifs. Ces conditions permettent le développement des habiletés citées précédemment.

3. Pratique de l'apprentissage coopératif dans les classes :

C'est l'apprentissage qui se déroule dans une salle où les apprenants sont divisés en groupes de petite taille (2-5 personnes). L'enseignant contrôle et gère le processus d'apprentissage dès le début (l'assignation des apprenants aux groupes selon la méthode d'enseignement adoptée) jusqu'à l'évaluation (individuelle et collective).

L'enseignant est indispensable et il joue un rôle important dans le déroulement du processus d'apprentissage. Pour cela, il coordonne les activités des apprenants et il est toujours disponible pour l'aide et l'encouragement.

Il existe plusieurs méthodes, techniques ou modèles de l'apprentissage coopératif. Tous ces modèles partagent l'idée que les élèves travaillent ensemble pour apprendre et ils sont

responsables pour leurs propres apprentissages aussi bien que celui des autres. Nous citons dans ce qui suit quelques modèles qui sont cités dans la littérature.

3.1. Le modèle du “découpage” (Jigsaw) :

Dans le modèle du découpage, le contenu de l’activité d’apprentissage est divisé en plusieurs parties distinctes et complémentaires. Chaque élève du groupe en choisit une qu’il approfondira seul puis avec les autres élèves de la classe qui ont choisi la même partie. Ce groupe “d’experts” prépare chaque membre à maîtriser l’apprentissage attendu. A la fin du travail en groupe d’experts, chaque élève retourne à son groupe de travail initial pour “enseigner” à ses camarades ce qu’il a appris [Aronson et al., 1978].

3.2. Le modèle Jigsaw II :

Jigsaw II est une modification du modèle Jigsaw développé à l’université de Johns Hopkins [Slavin, 1987]. Au lieu d’assigner à chaque membre des sections uniques, les élèves doivent étudier toute la leçon mais avec une concentration particulière sur la section assignée. Les élèves ayant le même sujet se rencontrent dans des groupes d’experts pour le discuter, puis ils retournent à leurs groupes pour enseigner toute la leçon à leurs camarades du groupe [Labidi et al., 2000].

3.3. Le modèle “apprendre ensemble” (Learning Together) :

Il incite les élèves à travailler dans des groupes hétérogènes afin de compléter ensemble une tâche ou activité conjointe. L’enseignant peut éventuellement attribuer une récompense au groupe selon des critères préétablis, afin d’encourager les élèves à s’aider mutuellement en vue de la maîtrise par chacun du contenu de la tâche [Johnson et al., 1987].

3.4. Le modèle de “la recherche en groupe” (Group Investigation) :

Il consiste à impliquer fortement les élèves dans l’organisation de recherches dans le but d’élaborer un produit commun. Les groupes sont alors formés en fonction des intérêts des élèves [Sharon, 1980].

3.5. Le modèle “ apprentissage en groupe” (Student Team Learning) :

Dans ce modèle, les équipes hétérogènes sont amenées à s’interroger et s’évaluer mutuellement. Il s’agit d’une forme de jeu pédagogique dans lequel la motivation à coopérer est induite par la compétition inter-équipes [Slavin, 1983].

3.6. Le modèle “résolution de problème” (Problem-Based Learning):

L’approche par résolution de problème consiste à fournir à un petit groupe d’apprenants un problème particulier à résoudre ensemble. L’origine de cette approche provient de la formation d’étudiants en médecine [Martin, 1996] mais elle s’applique à d’autres domaines. Dans une situation de confrontation à un problème en groupe, chaque individu peut bénéficier des fruits du travail collaboratif.

4. Le domaine de recherche CSCL :

Comme on l’a montré dans les sections précédentes, l’apprentissage collaboratif existe depuis longtemps. Cependant l’utilisation de l’ordinateur pour supporter une telle activité est bien nouvelle [Labidi et al., 2000].

Depuis les années 70, plusieurs systèmes tuteurs ont été développés. Tous ces systèmes sont basés sur le modèle tuteur-apprenant (ou un-à-un). Ce modèle a été critiqué depuis la fin des années 80 : l’ordinateur doit collaborer avec l’apprenant et ensuite faciliter l’acquisition de la connaissance par l’apprenant plutôt que jouer seulement le rôle d’un enseignant auteur [Gilmore et al., 1988]. Ceci introduit un nouveau paradigme de l’apprentissage collaboratif [Slavin, 1990].

Dans les années 90, plusieurs alternatives pour utiliser l’ordinateur afin de supporter l’apprentissage collaboratif ont été proposées (voir [Labidi et al., 2000] pour plus de détails sur ces alternatives).

L’Apprentissage Collaboratif Assisté par Ordinateur a pour objectif d’augmenter la puissance du processus d’apprentissage, en utilisant les systèmes qui implémentent un environnement de collaboration jouant un rôle actif dans son analyse et son contrôle. Introduire des partenaires interactifs dans un système éducatif crée des contextes sociaux plus réalistes, ce qui permet d’augmenter l’efficacité du système. Dans les tuteurs un-à-un, le système interagit avec un apprenant et a pour objectif de personnaliser le tuteur aux besoins de l’apprenant. D’un autre côté, dans l’environnement d’apprentissage collaboratif un-à-plusieurs, le système interagit avec un groupe d’apprenants.

Un système supportant l’apprentissage collaboratif peut prendre une partie active dans

l'analyse et le contrôle de la collaboration ou agir seulement comme un moyen qui facilite la collaboration (agir comme un véhicule qui facilite la collaboration). Dépendant de la quantité du contrôle emboîté dans le système, les systèmes supportant l'apprentissage collaboratif peuvent être classifiés en systèmes actifs, passifs ou quelque part dans le rang entre actif et passif.

L'Apprentissage Collaboratif Assisté par Ordinateur accommode une collaboration active alors que le Travail Coopératif Assisté par Ordinateur (TCAO) est plutôt passif. L'ACAO doit être considéré comme un super ensemble du TCAO depuis qu'il n'est plus seulement un véhicule pour les interactions coopératives, mais aussi un moyen d'offrir des contrôles supplémentaires pour guider l'apprentissage coopératif/collaboratif d'une façon active basée sur les besoins des apprenants impliqués dans l'apprentissage.

Un système de TCAO offre simplement les moyens pour la coopération. Mais les coopérants sont libres dans l'utilisation de ces moyens de la manière la plus effective possible. Tandis qu'un système d'ACAO n'offre pas seulement les moyens pour la coopération/collaboration mais peut aussi analyser et diriger les interactions coopératives/collaboratives basées sur le contenu de ces interactions.

4.1. Description du domaine de recherche CSCW :

Le terme CSCW a été défini par Paul Cashman et Irène Grief en 1987 lors d'un workshop organisé dans le but de regrouper des personnes de différentes disciplines s'intéressant à la façon dont les hommes travaillent et comment la technologie pourrait les supporter [Grudin, 1992]. Un environnement de CSCW est : « une application interactive multi-participant grâce à laquelle les hommes peuvent réaliser une tâche « en commun » à partir de leurs postes de travail respectifs » [David et al., 1996].

L'objectif du CSCW est de « permettre à un collectif d'acteurs de travailler ensemble via une structure informatique » [Benali et al., 2002]. L'objectif commun des travaux de CSCW est de permettre à un groupe d'individus de communiquer, de produire ensemble et de se coordonner.

4.2. Description du domaine de recherche CSCL :

Le domaine du CSCL est un domaine de recherche et d'application relativement récent. Le premier atelier dans ce domaine date de 1991 et la première conférence internationale s'est

tenue en 1995 à Bloomington (Indiana, USA) [Koschmann, 1995]. Ce domaine est centré sur l'utilisation des technologies pour la collaboration en éducation. Le workshop de 1991 avait pour objectif de réunir des personnes de divers domaines s'intéressant à l'apprentissage collaboratif, par le biais d'une pratique d'expériences en classe, de théories sur l'apprentissage ou du développement de logiciels.

Le principal fondement pédagogique du CSCL est le courant constructiviste, qui promeut les interactions entre personnes et l'apprentissage par la pratique. Le constructivisme est basé sur les théories psychologiques du début du 20^{ème} siècle de Piaget et Vygotsky. Selon les constructivistes, le savoir est construit par chaque individu grâce à ses interactions avec un environnement. L'idée sous-jacente est de faire émerger des conflits socio-cognitifs entre apprenants, ce qui permet aux étudiants d'apprendre de leurs désaccords, lorsqu'ils identifient et résolvent les conflits, présentent des alternatives, demandent et donnent des explications [Constantino-Gonzalès et al., 2002].

4.3. Activités pédagogiques et soutien informatique dans les CSCL :

L'apprentissage collaboratif n'était pas possible dans la formation à distance traditionnelle. Mais, avec l'arrivée des technologies de l'information et de la communication, plusieurs plates-formes ont été construites. Ce qui rend possible l'apprentissage collaboratif dans la formation à distance.

Toutes les plates-formes existantes proposent des outils de communication entre apprenants. Les outils de forum de discussion et de courriers électroniques sont les plus répandus (communication asynchrone) [George, 2001].

« Les plates-formes de téléformation sont avant tout conçues comme des outils pour la gestion de cours par correspondance électronique [...] avec une dose plus ou moins forte de travail collaboratif (plutôt moins que plus) » [Bouthry et al., 2000].

Le choix des outils de communication est un facteur essentiel dans la réussite d'une activité collaborative. L'approche « naïve » d'un CSCL consiste à penser qu'introduire des outils dits « collaboratifs » (outils de communication ou tableau blanc partagé) suffit à promouvoir une activité collective. Or, mettre à disposition un outil de communication dit « collaboratif » ne suffit pas pour collaborer [Constantino-Gonzalès et al., 2002]. Cette vision laisse de plus supposer que les apprenants collaborent tous de la même façon, ce que contredisent différents travaux comme ceux de [Chin et al., 2000] dont les résultats montrent notamment l'intérêt de

laisser les apprenants organiser eux-mêmes leur méthode de collaboration (extrait de [Mbala, 2003]).

Le domaine des CSCL suscite chez les chercheurs un très grand intérêt depuis quelques années. Nous donnons quelques approches, issues de ces systèmes, qui diffèrent selon les activités mises en place pour favoriser l'apprentissage collaboratif et selon le rôle que tient l'ordinateur pour soutenir ces activités.

4.3.1. Les activités pour favoriser l'apprentissage collaboratif :

Les systèmes CSCL se fondent sur diverses stratégies pédagogiques pour favoriser l'apprentissage collaboratif. La stratégie la plus utilisée est sans aucun doute *la résolution collaborative de problème*. Par exemple, le système C-CHENE permet la résolution de problème entre élèves dans le domaine de la physique et plus particulièrement dans la construction de chaînes cinématiques. Dans le domaine des mathématiques, *Algebra Jam* permet à des groupes d'élèves de résoudre des problèmes d'algèbre collectivement. Ces environnements CSCL utilisant la résolution de problème comme méthode pédagogique privilégie les interactions synchrones entre apprenants. L'activité collaborative est ponctuelle et les groupes d'apprenants ne sont constitués que le temps de la collaboration pour résoudre le problème.

La méthode pédagogique *Jigsaw* est également utilisée dans plusieurs environnements CSCL. Par exemple le système ICLS (Intelligent Collaborative Learning System) repose sur la méthode *Jigsaw* et a notamment été utilisé avec des étudiants en informatique. Cette méthode est aussi utilisée dans l'environnement "*Mission to Mars Webliographer*" qui permet à des élèves de collaborer et de synthétiser des ressources trouvées sur Internet lors de recherches dans le domaine scientifique.

La construction collective de connaissance est une activité pédagogique qui est utilisée dans quelques environnements CSCL. CSILE (Computer Supported Intentional Learning Environment) [Scardamalia et al., 1994] fait partie de ces environnements. Dans CSILE, les étudiants peuvent extérioriser leurs pensées dans la base de données (que contient l'environnement) sous forme de texte ou de graphique, et peuvent manipuler ces connaissances pour en construire d'autres. Des résultats d'expérimentation montrent que l'utilisation de cette base de donnée collective aide les classes à devenir des communautés

construisant des savoirs dans lesquelles les étudiants deviennent des PRODUCTEURS de connaissance [George, 2001].

4.3.2. Le soutien informatique à l'apprentissage collaboratif :

Nous distinguons deux types de systèmes: les systèmes « structurants » et les systèmes « assistants ». Les systèmes « structurants » proposent une interface qui guide les apprenants dans la réalisation de leurs activités collaboratives. Ces systèmes structurent les activités et les situations d'interaction. Un exemple de structuration se trouve dans l'environnement CROCODILE qui a pour objectif de faciliter les négociations entre les apprenants en représentant et structurant les connaissances par un graphe qui fait ressortir le degré d'accord ou de désaccord.

Les systèmes « assistants » recueillent les données issues de l'interaction et analysent celles-ci pour assister les apprenants ou les formateurs les encadrant. Nous pouvons classer l'assistance apportée par ces systèmes en deux catégories. La première concerne les systèmes qui fournissent aux participants des informations issues de l'analyse, par exemple le nombre d'échanges entre deux participants. La deuxième catégorie des systèmes assistants correspond aux systèmes qui fournissent des conseils. L'objectif est de diriger les apprenants dans leurs activités et dans leurs apprentissages [George, 2001].

4.4. Avantages et obstacles des systèmes de CSCL :

4.4.1. Avantages :

Il y a un certain nombre d'études expérimentales et outils qui illustrent les avantages des systèmes de CSCL. Ikeda et Mizoguchi [Ikeda et al., 1995] résument les avantages de CSCL comme suit :

- Avoir des apprenants motivés ;
- L'apprentissage est plus stimulé à travers la communication sociale entre les humains.
 - L'apprentissage par l'enseignement qui facilite l'apprentissage par l'externalisation de la compréhension de chacun.
 - L'apprentissage par le diagnostique qui approfondit la compréhension par le diagnostique des autres apprenants.
 - L'apprentissage par la discussion ouverte qui facilite la capacité de réflexion à travers l'interaction.
- L'apprentissage de comment discuter et comment négocier.

Okamoto et Inaba [Okamoto et al., 1997] ont extrait les avantages de CSCL comme suit :

- Le développement de grandes compétences cognitives.
- Le développement des attitudes positives vis-à-vis du sujet étudié.
- Le développement des compétences de communication aussi bien que les compétences sociales et interpersonnelles.
- Augmenter l'estime de soi.
- L'accommodement des différences culturelles et raciales.

4.4.2. Obstacles du développement des systèmes de CSCL :

Malgré les avantages apportés par les systèmes de CSCL, ces derniers se trouvent face à quelques obstacles qui gênent leur développement. Santos, Borges et Sistemas [Santos et al., 1999] identifient les raisons suivantes au problème du bas niveau de la coopération dans les environnements de CSCL :

- *La culture* : une des difficultés qui détermine les résultats négatifs dans l'utilisation des environnements de CSCL est que les gens ne sont pas éduqués à travailler en groupe.
- *Les stimulus*: plusieurs environnements de CSCL offrent exclusivement des outils pour supporter l'exécution des tâches, au lieu de mécanismes qui favorisent les fonctions du groupe, telle que l'activité cognitive.
- *La technologie* : il n'y a pas d'intégration des outils à l'intérieur des environnements, et les gens ont des difficultés à agir avec eux.

4.5. Quelques systèmes d'ACAO :

Récemment, il y a eu quelques intérêts dans le domaine de l'ACAO. Comme résultat, quelques systèmes d'ACAO ont été développés. Nous en citons quelques-uns : CSILE [Scardamalia et al., 1994], CaMILE (Collaborative and Multimedia Interactive Learning Environment) [Santos et al., 1999], Belvedere [Suthers et al., 1995], Fle3 [Leinonen et al., 2003], etc.

5. Conclusion :

Depuis plusieurs années, les chercheurs en éducation ont orienté leur intérêt vers les environnements favorisant l'apprentissage collaboratif. Ce dernier a été appliqué assez longtemps dans les écoles américaines. Malgré la diversité des définitions et sens attribués à ce terme, plusieurs chercheurs ont montré des résultats positifs issus de leur application

[Zourou, 2006; Smith, 2005; Roberts, 2005], d'autres ont dégagé des conditions pour la réussite de cette stratégie [Johnson et al., 1998].

Avec le développement des NTIC, un nouveau domaine de recherche a connu une évolution remarquable, c'est le CSCL. Ainsi, plusieurs tentatives d'implémentation de systèmes favorisant l'apprentissage collaboratif ont été proposées. Quelques systèmes ont vu le jour, d'autres sont restés dans les laboratoires de recherche (sous forme de prototype ou d'architecture). L'idée principale est de favoriser la collaboration entre les intervenants, en leur offrant les outils, les soutiens, l'assistance pédagogique et technique, etc.

Quelques systèmes d'ACAO ont utilisé les agents intelligents pour supporter les différentes activités des apprenants et soutenir les différentes fonctionnalités offertes. Le chapitre suivant donne une description des agents intelligents et leurs apports dans les systèmes d'ACAO.

Chapitre 3

Agents Intelligents et Systèmes d'ACAO

1. Introduction :

Les systèmes multi-agents constituent un domaine relativement jeune, apparu dans les années 80, issu de la rencontre de l'Intelligence Artificielle et des Systèmes Distribués. Il y a plusieurs raisons à cela : il y a l'idée que plutôt de tenter de résoudre un problème par une seule entité intelligente, il serait plus simple de faire coopérer plusieurs intelligences entre elles, afin de résoudre le problème par une équipe, ce qui simplifie la construction, la maintenance et l'exécution de ces systèmes complexes [Ricordal, 2001].

Plusieurs chercheurs [Desprès, 2001; George, 2001; Mbala, 2003; Betbeder, 2003 ; Stamatis et al., 1999] ont indiqué que les agents peuvent être utilisés dans plusieurs domaines complexes et peuvent offrir des solutions efficaces pour différents problèmes. Un domaine d'application de ces agents est la formation.

Dans ce domaine, les agents peuvent assurer les différentes fonctionnalités offertes aux différents acteurs. Par leurs natures d'autonomie, de communication et d'adaptabilité, ces agents peuvent être utilisés par les systèmes d'ACAO.

L'objet de ce chapitre est de montrer cette utilisation à travers la description de quelques systèmes ainsi que les raisons de leur sélection pour l'implémentation de ces systèmes. Nous commençons tout d'abord par donner la définition du terme d'agent.

2. Les agents:

Parler des notions d'agent et de système multi-agents n'est pas un sujet aisé. Ceci est du principalement à la diversité des significations données à ces notions. Pour illustrer cette diversité, Mbala [Mbala, 2003] a donné un aperçu de ce qui a souvent été considéré comme agents logiciels. Ainsi :

- Pour Minsky et Riecken [Minsky et al., 1994], les agents sont des logiciels qui implémentent une primitive ou qui agrègent une fonction cognitive.
- Pour Moulin et Chaib-Draa [Moulin et al., 1996], les agents sont des logiciels qui offrent des caractéristiques d'intelligence distribuée.
- Coutaz [Coutaz, 1990] et Wiederhold [Wiederhold, 1992] considèrent que les logiciels servant d'interface entre les humains et les autres logiciels sont des agents.
- Boy [Boy, 1991] et Maes [Maes, 1997] classent comme agents les logiciels jouant le rôle d'«assistant intelligent».
- White [White, 1997] considère que les agents sont des logiciels capables de migrer d'un ordinateur à un autre sans intervention externe.
- Pour Finin et ses collègues [Finin et al., 1997] ainsi que Genesereth [Genesereth, 1997], les agents sont des logiciels utilisant un langage de communication entre agents.
- Shoham [Shoham, 1997] classe des logiciels manifestant un caractère intentionnel et d'autres aspects d'«états mentaux» comme des agents.

2.1. Définitions:

Comme indiqué précédemment, la notion d'agent n'est pas simple à définir. Il existe en effet plusieurs définitions ou significations données à cette notion. C'est la raison pour laquelle plusieurs auteurs essayent d'en donner une définition avant de se pencher sur l'utilisation de ce paradigme dans tel ou tel contexte.

Ferber [Ferber, 1995] définit un agent comme une entité physique ou virtuelle :

1. qui est capable d'agir dans un environnement,
2. qui peut communiquer directement avec d'autres agents,
3. qui est mue par un ensemble de tendances (sous la forme d'objectifs individuels ou d'une fonction de satisfaction, voire de survie qu'elle cherche à optimiser),
4. qui possède des ressources propres,
5. qui est capable de percevoir (mais de manière limitée) son environnement,
6. qui ne dispose que d'une représentation partielle de cet environnement (et éventuellement aucune),
7. qui possède des compétences et des offres de services,
8. qui peut éventuellement se reproduire,

9. dont le comportement tend à satisfaire ses objectifs, en tenant compte des ressources et des compétences dont il dispose, et en fonction de sa perception, de ses représentations et des communications qu'il perçoit.

Cette définition met l'accent sur l'insertion d'un agent dans un environnement et en interaction avec les autres agents. Elle met aussi l'accent sur la capacité d'agir et sur l'autonomie puisqu'il dispose de tendances et d'objectifs.

Jennings et Wooldridge [Jennings et al., 1998] définissent un *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. La figure 5 proposée par Wooldridge [Wooldridge, 1999] offre une abstraction de haut niveau de la notion d'agent. On voit dans ce diagramme l'action de l'agent qui affecte son environnement.

Comme base de travail, nous retiendrons la définition proposée par DeLoach et ses collègues [DeLoach et al., 2001]. Ils définissent un agent, comme un ensemble de processus qui communiquent entre eux pour atteindre un objectif donné.

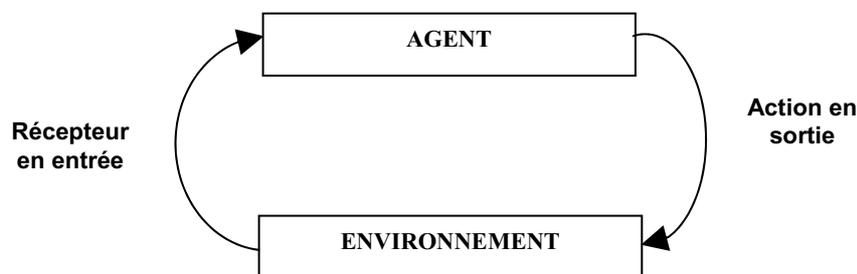


Figure 5 : Un agent dans son environnement.

2.2. Modèles d'agents :

Ferber [Ferber, 1995] classe les agents en fonction de leur caractère cognitif ou réactif et en fonction du comportement téléonomique (dirigé vers des buts explicites) ou réflexe (régé par des perceptions).

2.2.1. Agents réactifs :

Les systèmes multi-agents réactifs sont issus des travaux en éthologie et dans le domaine de la vie biologique. Ces agents opèrent selon un cycle Perception/Action (figure 6). Leur

comportement est une machine à états finis qui établit une relation entre une entrée sensorielle et une action en sortie [Briot et al., 2001]. Les agents réactifs ne disposent pas de capacités de mémorisation. Par conséquent, ils n'ont pas une représentation de leur environnement ou des autres agents [Drogoul, 1993].

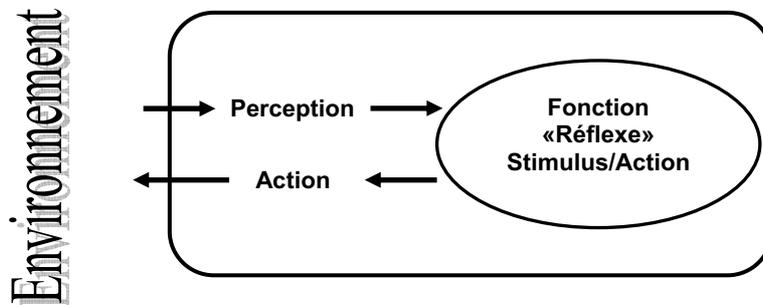


Figure 6 : Modèle d'agent réactif.

2.2.2. Agents cognitifs :

Les agents cognitifs se calquent sur le modèle humain. Chaque agent dispose d'une représentation partielle de l'environnement et des autres agents. Ils agissent selon un cycle Perception/Décision/Action (figure 7).

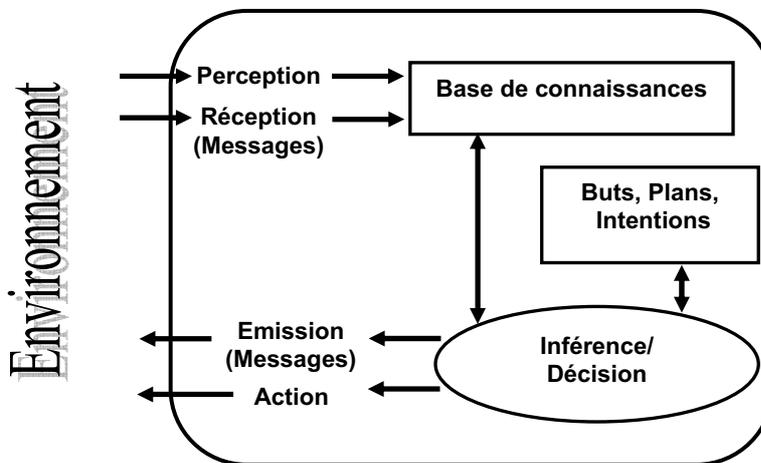


Figure 7: Modèle d'agent cognitif.

Chaque agent a donc la possibilité de raisonner en fonction de ses propres buts, des connaissances qu'il a des autres agents. Les agents ont de plus, la capacité de communiquer avec les autres agents selon un mode de communication proche de celui présent dans les conversations humaines. A l'opposé des agents réactifs, les agents cognitifs sont capables, à eux seuls, d'effectuer des opérations complexes et de résoudre certains problèmes [Drogoul, 1993].

2.2.3. Agents hybrides :

Dans le but d'apporter une solution aux problèmes d'adaptation du comportement des agents cognitifs à l'évolution de l'environnement en temps réel, certaines recherches se sont intéressées au développement de modèles d'agents hybrides pour allier les capacités réactives à des capacités cognitives [Guessoum, 1996]. Cela permet de concilier les avantages sans les inconvénients de chacun des deux modèles précédents. Les réactions d'un agent hybride sont guidées par ses objectifs et non plus seulement par les stimuli provenant de l'environnement.

A l'intérieur de chacune de ces classes, différentes architectures d'agents peuvent être choisies. Ce choix dépend du domaine d'application mais aussi des fonctionnalités de l'agent souhaitées par le concepteur.

2.3. Caractéristiques d'un agent :

D'après Jennings et Wooldridge [Jennings et al., 1998], un agent intelligent 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.

Aux caractéristiques citées précédemment, on peut ajouter d'autres :

- *L'intelligence* : un agent peut être intelligent. Il y a plusieurs alternatives pour cette notion. Pour Gondran [Gondran, 1989] et d'après Shoham [Shoham, 1993], un agent est intelligent s'il possède des capacités de représentation symbolique et/ou des fonctions cognitives. Il doit non seulement planifier ses propres actions mais aussi tenir compte de celles des autres.
- *L'adaptabilité* : elle est à la base de la survie des agents évoluant dans un environnement dynamique. Pour cela, un agent adaptatif devrait être capable de contrôler ses aptitudes (communicationnelles, comportementales, etc.) selon l'agent

avec lequel il interagit et selon l'environnement dans lequel il évolue [Guessoum, 1996].

2.4. Les Systèmes Multi-Agents (SMA) :

Un système multi-agents est un ensemble d'agents hétérogènes communiquant entre eux pour accomplir un objectif identifié. Ferber [Ferber, 1995] définit un système multi-agents comme étant un système composé des éléments suivants :

- un environnement E, l'environnement est le lieu où les agents se situent. Chaque agent n'a qu'une vue partielle de son environnement. Généralement, cette vue correspond à la zone qui entoure l'agent dont la portée équivaut à sa capacité de perception;
- un ensemble d'objets O. Ces objets sont situés, c'est-à-dire que, pour tout objet, il est possible, à un moment donné, d'associer une position dans E. Ces objets sont passifs, c'est-à-dire qu'ils peuvent être perçus, créés, détruits et modifiés par les agents ;
- un ensemble A d'agents, qui sont des objets particuliers ($A \subseteq O$), lesquels représentent les entités actives du système ;
- un ensemble de relations R qui unissent les objets (et donc les agents) entre eux ;
- un ensemble d'opérations Op permettant aux agents de A de percevoir, produire, consommer, transformer et manipuler les objets de O ;
- des opérateurs chargés de représenter l'application de ces opérations et la réaction du monde à cette tentative de modification.

Dans les systèmes multi-agents, la communication joue un rôle crucial. Elle est à la base des interactions. En communiquant, les agents coopèrent et coordonnent leurs actions pour réaliser des tâches complexes [Ferber, 1995]. La forme de l'interaction dépend du type des agents en interactions. Dans les SMA réactifs, les agents interagissent à travers l'environnement. Les agents cognitifs utilisent un moyen plus évolué. Il s'agit de messages échangés entre agents par l'intermédiaire d'un canal de communication.

3. Agents intelligents et ACAO :

3.1. Les agents dans le domaine d'ACAO :

Récemment, différents systèmes supportant l'apprentissage collaboratif basés sur le modèle d'agent ont été développés. Chacun de ces systèmes possède sa propre vue sur l'agent. L'idée principale consiste à dire qu'il n'y a pas une standardisation concernant les composants d'un système, ou le rôle affecté à chaque agent dans le système. *L'architecture du système et le*

rôle donné à chaque agent dépendent à la fois du type d'application et des fonctionnalités globales du système [Balacheff et al., 2001].

Dans le domaine d'ACAO, différentes études ont cherché à déterminer comment des agents informatiques pouvaient être utilisés pour supporter l'apprentissage collectif (coopératif ou collaboratif). Une des possibilités étudiées consiste à avoir des agents médiateurs (mediator agents) entre apprenants [Norrie et al., 1995; Ayala et al., 1996]. Lorsqu'un apprenant rencontre un problème, il le signale à son agent qui communique alors avec les autres agents médiateurs pour trouver un apprenant à même de l'assister.

Toujours dans ce domaine, Dillenbourg et ses collègues [Dillenbourg et al., 1997] ont également mené une recherche intéressante en étudiant des binômes d'apprenants en situation de résolution collaborative de problème dans un environnement MOO (mode virtuel textuel). A l'issue de cette étude, ces chercheurs proposent de concevoir des agents observateurs de communication entre apprenants dont l'objectif est de fournir des statistiques à propos des interactions à des tuteurs humains, à des tuteurs artificiels ou aux apprenants eux-mêmes.

3.2. Quelques systèmes d'apprentissage collaboratif à base d'agents :

Nous présentons dans cette section quelques systèmes d'apprentissage collaboratif à base d'agents (le lecteur peut consulter [Santos et al., 1999] et [Lonchamp, 2006] pour plus de détails sur d'autres systèmes).

3.2.1. GRACILE (japanese GRAMmar Collaborative Intelligent Learning Environment) :

C'est un système d'apprentissage collaboratif de la langue japonaise. L'apprentissage s'effectue par la construction des phrases en japonais, tout en respectant sa grammaire. Ce système est destiné spécialement aux élèves étrangers. Pour cela, Ayala et Yano ont développé deux types d'agents logiciels : un agent médiateur et un agent du domaine [Ayala et al., 1995; Ayala et al., 1996]. Les agents médiateurs jouent le rôle de facilitateurs qui supportent la communication et la collaboration entre les apprenants, tandis que les agents du domaine sont les sources de la connaissance et ils peuvent offrir l'assistance concernant l'application de la connaissance du domaine.

Dans ce système, chaque apprenant est doté d'un agent médiateur et d'un ensemble d'agents du domaine. Les agents médiateurs collaborent par l'échange des croyances et des capacités

de leurs apprenants. Chaque agent médiateur représente les possibilités de collaboration de son apprenant dans un groupe d'apprenants (le système est destiné à être utilisé par un nombre limité d'apprenants via Intranet). Pour ce faire, il construit un ensemble d'objectifs dont son apprenant peut recevoir l'aide des autres apprenants.

Les auteurs ont montré qu'une expérimentation a été réalisée et a donné de bons résultats.

3.2.2. SHIECC :

Sa caractéristique principale est d'intégrer un ITS dans un réseau afin de définir un environnement tuteur intelligent coopératif. Les élèves sont divisés en groupes de 2 ou 3 interagissant entre eux et avec un terminal. Les groupes sont reliés via un réseau (Intranet).

L'environnement SHIECC est constitué d'un ensemble d'aires coopératives. Chaque groupe avec un terminal constitue une aire coopérative. Tandis que l'enseignant avec son terminal constitue une aire coopérative spécifique.

SHIECC est un système multi-agents constitué d'un ensemble d'agents hétérogènes (humains et artificiels). Il contient un *Agent Système* qui est un agent composé de l'Agent Tuteur et de l'Agent Pédagogique, un *Agent Elève* qui est constitué des apprenants et l'*Agent Enseignant* qui est un agent humain.

- *Agent Tuteur* : a pour rôle de présenter la connaissance aux élèves dans les différentes aires coopératives. Il est le responsable du contrôle de l'interaction des groupes des élèves avec le système durant la progression du cours. Le tuteur agit selon le comportement du groupe. Il interagit avec l'agent pédagogique pour sélectionner la stratégie d'enseignement à appliquer.
- *Agent Pédagogique* : il définit et propose les stratégies pédagogiques à appliquer. Ceci est une caractéristique très importante dans les ITS. L'agent pédagogique coopératif définit principalement les stratégies d'apprentissage coopératif.
- *Agent Enseignant* : le rôle de l'enseignant dans ce système est primordial. Dans l'apprentissage coopératif, l'enseignant prépare le groupe d'élèves pour effectuer une activité spécifique. Il observe le travail du groupe dans chaque étape de la session d'apprentissage. En plus, il a l'autorité totale à l'intérieur du système.
- *Agent Elève* : un groupe de 2 ou 3 apprenants interagissant avec le système afin de

comprendre le cours.

Il faut noter que les activités de l'apprentissage coopératif dans SHIECC sont composées de six phases principales : (1) la préparation des groupes d'apprenants, (2) la présentation de la nouvelle connaissance (présentation de la leçon sur les terminaux des différentes aires coopératives), (3) l'assimilation de la connaissance (les apprenants essayent d'assimiler le cours, plusieurs modèles peuvent être choisis par les apprenants : le modèle Jigsaw, le modèle Jigsaw II et le modèle de l'apprentissage en groupe), (4) l'application de la connaissance acquise, (5) l'évaluation du groupe et (6) l'évaluation individuelle.

SHIECC présente trois phases coopératives, *l'assimilation de la leçon, l'application de la connaissance et l'évaluation du groupe* [Labidi et al., 2000].

3.2.3. SIGFAD :

C'est un système multi-agents pour soutenir les utilisateurs en formation à distance. Il a comme objectifs majeurs :

- de cerner le rôle du tuteur et des autres utilisateurs dans la réussite d'une session de formation à distance basée particulièrement sur l'apprentissage collaboratif,
- de construire des outils informatiques (pour le tuteur en particulier) capables de faciliter le suivi de l'apprentissage collaboratif distribué.

Donc, SIGFAD (Système pour le soutien des Interactions dans des Groupes de Formation A Distance) fait partie de la catégorie des systèmes d'ACAO offrant des outils aux tuteurs pour le bon suivi et le soutien des activités des apprenants. Pour ce faire, il offre plusieurs fonctionnalités : déterminer les apprenants actifs, repérer les apprenants dormants dans un groupe donné, déterminer les groupes dynamiques, etc. Il offre aussi les outils pour extraire les interactions effectuées entre les différents apprenants, encourager ces interactions au cas où leur volume serait insuffisant, fournir des indicateurs permettant de voir la progression de la session de formation et l'état du groupe [Mbala, 2003].

Comme d'autres systèmes, SIGFAD possède sa propre grille d'agents : *agent apprenant, agent tuteur, agent constructeur de la base des données des interactions et agent superviseur des interactions.*

3.2.4. SPLACH :

SPLACH (Support d'une pédagogie de Projet pour L'Apprentissage Collectif Humain) [George, 2001] est un environnement support de projets collectifs intégrant un système d'analyse et d'assistance aux activités collectives. Il est conçu pour permettre la mise en œuvre d'une pédagogie de projet dans un contexte de distance. Le groupe d'apprenants est réparti en équipes de trois apprenants et le tuteur de l'activité joue le rôle de chef de projet. Un projet est structuré en phases synchrones et asynchrones.

Ici encore, il s'agit d'un environnement dédié à l'apprentissage, dont différents aspects (par exemple la structuration de l'activité) sont étudiés en fonction des objectifs d'apprentissage.

3.2.5. I-Help :

I-Help(Intelligent Help) est un système d'enseignement mutuel. Il offre un soutien aux personnes qui cherchent des réponses et à celles qui fournissent ces réponses. Il peut afficher les questions des utilisateurs, coordonner les questions et les réponses, recommander des aides en ligne pertinentes et sonder les profils des utilisateurs afin de déterminer qui peut être le mieux à même de régler une situation particulière. Le système prévient en outre le surmenage des employés les plus compétents et les plus efficaces en leur permettant de définir des seuils et de limiter leur accessibilité à certaines personnes. Il est captivé par la possibilité de réellement appliquer la technologie de l'intelligence artificielle à un système de grande envergure servant à des centaines, voire à des milliers de personnes [Vassileva et al., 2003].

I-Help pourrait contribuer à mieux comprendre comment l'entraide peut accroître les connaissances, tant de ceux qui l'obtiennent que de ceux qui la fournissent, particulièrement quand les demandes faites à ces derniers sont modérées et réparties sur un plus grand nombre de personnes [Vassileva et al., 2003]. Il est basé sur les principes de négociation et de paiement pour économiser les compétences des utilisateurs qui sont trop demandés et pour motiver les utilisateurs à aider.

L'architecture de I-Help est basée sur deux types d'agents : *agents personnels* (associés aux êtres humains) et *agents d'application* (des applications logicielles).

3.2.6. I-MINDS (Intelligent Multi-agent INfrastructure for Distributed Systems in education):

C'est un système d'apprentissage coopératif. Il est basé sur l'utilisation de la méthode d'apprentissage Jigsaw. Il supporte les interactions entre les apprenants d'un côté et entre les apprenants et l'enseignant d'un autre côté. Les apprenants sont organisés en groupes.

De sa part, ce système utilise un ensemble d'agents pour réaliser ces tâches :

- *Agent de l'enseignant* : responsable de la gestion des profils de tous les apprenants, de l'évaluation des progrès et de la participation des différents apprenants. Il peut répondre aux questions des apprenants.
- *Agent de l'apprenant* : il travaille principalement comme « aidant » de l'apprenant. Il gère les canaux de communication entre les apprenants et entre l'apprenant et l'enseignant. En plus, il présente le matériel d'enseignement à l'apprenant.
- *Agent de groupe* : il se charge de former les groupes d'apprenants en se basant sur leurs profils et il s'occupe de la conduite de l'apprentissage coopératif selon la méthode Jigsaw. Il supervise et facilite les activités du groupe et suit la participation de l'apprenant [Soh et al., 2006].

4. Discussion et Synthèse:

Le domaine de l'ACAO est un domaine de recherche relativement récent. Plusieurs de ses axes sont en cours de développement. Les systèmes d'ACAO développés couvrent l'un de ces axes. Comme résultat, ils appliquent une pédagogie particulière (pédagogie de projet, résolution collaborative de problème, apprentissage par la construction mutuelle de connaissances, apprentissage par la négociation, etc.) et s'articulent autour d'un acteur particulier (apprenant, enseignant, tuteur, etc.). Dans ce qui suit, nous effectuons une étude comparative entre les systèmes d'ACAO permettant de les classer en différentes catégories.

4.1. Catégories des systèmes :

4.1.1. Systèmes pour le soutien des tuteurs :

Une catégorie de ces systèmes s'intéresse aux soutiens des tuteurs pour le bon suivi des apprenants. Ces systèmes offrent un ensemble d'outils pour suivre la progression des apprenants, les difficultés rencontrées, la collaboration entre eux, la résolution des conflits inter- personnels, etc.

4.1.2. Systèmes offrant divers mécanismes de collaboration :

Une autre catégorie de ces systèmes offre aux apprenants des outils facilitant leurs processus d'apprentissage et surtout ceux de collaboration. Ces outils ou mécanismes de collaboration vont de ceux traditionnels à ceux nouvellement développés grâce au développement des nouvelles technologies de l'information et de la communication (les interfaces semi-structurées basées sur les actes de langages sont des exemples de ces nouveaux outils).

4.1.3. Systèmes d'analyse des interactions :

L'analyse des interactions des apprenants a intéressé plusieurs chercheurs qui ont tenté de concevoir des systèmes répondant à cette préoccupation. A travers ces interactions, le système peut extraire les profils sociaux des apprenants, peut identifier les moments d'impasse entre ces apprenants, etc.

4.1.4. Systèmes pour le soutien des apprenants :

Une dernière catégorie, à mentionner dans ce manuscrit, concerne les systèmes soutenant les apprenants pour la construction collective de connaissances à travers la discussion ou par la réalisation de produits spécifiques (projet, rapport, présentation, journal, etc.). On retrouve aussi, les systèmes basés sur la résolution collective de problèmes (synchrones ou asynchrones).

4.2. Ressemblances et différences :

Après avoir donné les catégories des systèmes d'ACAO, nous donnons maintenant les points communs, les différences et les insuffisances de tels systèmes.

4.2.1. Ressemblances :

4.2.1.1. Prise en compte du processus de collaboration :

Une caractéristique commune entre la plupart de ces systèmes est la prise en considération du processus de collaboration entre les différents participants. Ce support peut être actif (par l'analyse des interactions) ou passif (juste comme un moyen de communication).

4.2.1.2. Agents soutenant les activités des acteurs :

Des agents soutenant les activités de chaque acteur existent toujours notamment ceux associés aux apprenants, aux enseignants et aux tuteurs mais bien sûr avec des rôles différents d'un système à un autre (malgré qu'ils aient le même nom).

4.2.2. Différences :

4.2.2.1. Agents propres à chaque système :

Concernant l'utilisation des agents intelligents, chaque système adopte sa propre définition des agents ainsi que la typologie de ces agents. Malgré que la plupart de ces systèmes utilisent des agents cognitifs, chacun d'entre eux possède ses propres architectures et principes de fonctionnement.

4.2.2.2. Manque d'outils d'évaluation :

Une tâche importante de n'importe quel système d'apprentissage (collaboratif ou non) est l'évaluation de l'acquisition des connaissances des apprenants. Malheureusement, la plupart des systèmes d'ACAO existants n'ont pas assez développé cette fonctionnalité. Même lorsqu'elle existe, elle est très modeste (elle contient juste quelques questions à choix multiples dans la plupart des cas).

4.2.2.3. Regroupement toujours aléatoire des apprenants :

Plusieurs systèmes s'intéressent à l'apprentissage collaboratif en groupes (les apprenants sont organisés en groupes). Il y a eu plusieurs études menées portant sur la taille idéale du groupe. Dans le chapitre 2, on a présenté quelques points de vue donnés par des chercheurs concernant ce problème.

Mais, comment les regrouper ? Malheureusement, la plupart des systèmes répondent à cette question par « aléatoire », malgré qu'il existe plusieurs méthodes de regroupement.

4.2.2.4. Non prise en compte des besoins réels des apprenants lors d'une collaboration :

La majorité de ces systèmes offre les outils de collaboration aux apprenants pour les faire collaborer sans savoir si cette collaboration est bénéfique ou simplement si elle répond aux besoins et préférences de l'apprenant. Mettre tout simplement deux personnes en contact ne garantit pas qu'il y aura communication, ni bon résultat.

5. Conclusion :

Les systèmes d'ACAO traitent une quantité de données assez importantes et très hétérogènes. Elles sont liées aux différentes fonctions relatives à la gestion des interactions entre les acteurs, à la gestion du contenu pédagogique, aux soutiens et assistances aux différents acteurs, etc.

L'utilisation des agents intelligents nous semble très prometteuse pour le développement de tels types de systèmes de par leurs propriétés (autonomie, adaptabilité, etc.). Plusieurs systèmes à base d'agents ont été développés. Chacun d'eux possède sa propre architecture et son propre mode de fonctionnement.

Comme on l'a déjà mentionné, quelques systèmes ont utilisé des **agents médiateurs** entre apprenants (cas de GRACILE). L'objectif de ces agents médiateurs est de jouer le rôle de facilitateur en supportant la communication et la collaboration entre les apprenants. D'autres

systemes (SPLACH, SHIECC, SIGFAD, I-Help et I-MINDS) ont utilisé **des agents assistants** qui assistent les différents acteurs du système dans leurs tâches (tuteur, apprenant, enseignant, chef de projet, coordonnateur, etc.). D'autres types d'agents ont également été utilisés, ce sont **les agents d'analyse** des interactions entre les apprenants (utilisés par SPLACH et SIGFAD).

Par ailleurs, certains systèmes ont utilisé des agents spécifiques dont le rôle dépend des fonctionnalités propres du système et le domaine d'application. Nous trouvons par exemple des agents pour former des groupes d'apprenants, des agents de recherche d'information, des agents d'application (logiciel, ressources, etc.), etc.

Une étude comparative a été établie à la fin de ce chapitre. Elle a pris en considération seulement quelques systèmes d'ACAO basés sur le modèle d'agent. Ces systèmes souffrent de plusieurs insuffisances. Ces dernières concernent particulièrement la non prise en compte des préférences et des besoins réels des apprenants lors d'une collaboration entre leurs pairs d'un côté et l'absence des mécanismes et outils d'évaluation de l'acquisition des connaissances d'un autre côté.

Pour pallier ces problèmes, nous avons développé un système d'ACAO appelé SACA. Avant de le présenter, nous allons présenter les outils choisis pour faciliter les différentes activités pédagogiques des principaux acteurs (i.e. apprenants). Nous les présentons dans la deuxième partie de cette thèse. Cette partie est composée de trois chapitres, chacun d'eux est réservé à une activité pédagogique effectuée par les apprenants (apprentissage, évaluation et collaboration).

PARTIE II :

Description des activités et outils pédagogiques dans les systèmes d'ACAO

Chapitre 4

Les Hypermédias : des outils d'apprentissage

1. Introduction :

Les hypermédias permettent de développer rapidement des systèmes interactifs, en particulier dans le domaine de l'éducation. L'hypermédia agit tantôt comme un support de formation (consultation, ...) tantôt comme un support d'enseignement (exercices, cours guidés, etc.).

Notre objectif est de concevoir un système accessible via le web. Les hypermédias constituent de bons outils pour la représentation des éléments des connaissances des différentes matières ou modules constituant le contenu de la formation des apprenants. Ils ont un impact important sur le processus d'apprentissage en particulier parce qu'ils permettent et favorisent une pluralité d'approches cognitives. Mais, nous savons que les hypermédias utilisés dans un contexte éducatif présentent les problèmes de la désorientation et de la surcharge cognitive de l'apprenant. Tout système éducatif désirant utiliser l'hypermédia comme outil doit prendre en compte ces problèmes.

Nous donnons dans ce chapitre une brève introduction aux hypermédias, leurs utilisations dans le domaine de l'enseignement et nos solutions pour les problèmes cités précédemment.

2. Entre hypertextes et hypermédias :

Le terme « hypertexte » est un néologisme anglais créé par le chercheur Theodor Holm Nelson en 1965 pour décrire un concept inventé déjà vingt ans auparavant par Vannevar Bush. Cependant, le monde informatique ne fait la connaissance de ce concept qu'à partir de 1987, lorsque la société Apple introduit le logiciel HyperCard dans sa gamme de produits [Reyes, 2007].

Aujourd'hui, lorsqu'on parle d'hypertexte, on fait référence à un autre concept également introduit par Nelson, celui d'hypermédia [Nelson, 1965]. La différence principale entre les

deux vocables réside du côté du contenu des nœuds. Les nœuds, comme nous le verrons, ne contiennent plus seulement du texte, mais peuvent être composés de médias divers, tels que des images, des séquences animées, des vidéos, des sons, etc. [Reyes, 2007].

L'hypermédia peut être décrit en termes informatiques : c'est une base de données textuelles, visuelles, graphiques, sonores où chaque îlot d'information est appelé nœud ou cadre. L'ordinateur établit des liens potentiels entre ces nœuds et peut créer un mouvement rapide dans cette masse d'information, une interface ou un mode de présentation visuelle en somme, facilitant l'interaction entre l'utilisateur et l'hypermédia [Rhéaume, 1991].

Selon Fraissé [Fraissé, 1999], "la notion d'hypermédia désigne un ensemble de techniques mises en œuvre pour faciliter l'activité de lecture au moyen d'ordinateurs".

Mais hypertextes et hypermédias peuvent être classés dans une catégorie plus large que Jean-Pierre Balpe a défini comme « hyperdocuments » : tout contenu informatif informatisé dont la caractéristique principale est de ne pas être assujéti à une lecture préalablement définie mais de permettre un ensemble plus ou moins complexe, plus ou moins divers, plus ou moins personnalisé de lectures [Balpe, 1990]. Selon cette définition, le domaine des hyperdocuments comprend plusieurs produits le représentant, ceux-ci sont : les bases de données, les hypertextes, les hypermédias, etc.

Plusieurs auteurs utilisent indifféremment les trois concepts, «hyperdocument», «hypertexte» et «hypermédia» pour montrer que le contenu ne représente pas l'intérêt majeur des systèmes hypermédias, c'est plutôt l'hyperespace et sa structure qui intéressent les utilisateurs. L'hypermédia repose donc sur la technologie de l'hypertexte et son organisation à base d'hyperliens, et désigne les documents qui résultent d'une combinaison du multimédia et de la structure hypertexte [Reyes, 2007].

3. Composants techniques :

En ce qui concerne sa structure, un système hypertexte intègre plusieurs concepts [Saleh et al., 2005a] :

- *Nœuds* : ce sont des unités élémentaires associées à des fragments d'information d'un ou de plusieurs types : texte, graphique, image, son, etc.

- *Liens* : ils constituent le principal moyen pour organiser un document d'une manière non séquentielle. Ils permettent à l'utilisateur de se déplacer d'un endroit à un autre dans un document, ou d'un document à un autre, ou d'un endroit d'un document à un endroit d'un autre document.
- *Ancre (ou Hyperobjet[Lafifi, 2000])* : dans le cas d'un texte, l'ancre repère un endroit d'un texte, c'est-à-dire une unité sémantique de niveau inférieur à celui du nœud.

En ce qui concerne ses outils de parcours et de gestion, un système hypertexte intègre [Balpe et al., 1996] :

- *des outils de localisation (navigateurs)* : un navigateur est un outil de visualisation globale ou partielle du graphe représentant la base d'informations gérée par le système, dans lequel l'utilisateur peut repérer sa propre position ou choisir son parcours.
- *des outils de gestion* : le système doit également permettre à tout instant l'ajout ou la suppression de nœuds ou de liens, la modification de l'information contenue dans les nœuds, ainsi que la modification de la structure du graphe.

4. Usages pédagogiques des hypermédias :

Malgré quelques progrès, nous constatons que la recherche sur les systèmes hypermédias pédagogiques a consacré l'essentiel de ses efforts à favoriser la modalité d'enseignement en ligne. Cependant, l'utilisation des hypermédias ne peut se limiter à des modèles exclusivement à distance, elle comprend aussi l'enseignement hybride. De plus, paradoxalement, on peut noter que la plupart de systèmes sont centrées sur l'apprenant et laissent de côté l'aspect enseignant, c'est-à-dire les systèmes pour la création de documents et de contenus pédagogiques [Reyes, 2007].

Un cadre d'usage plus large doit mettre en valeur la vocation des hypermédias pour la construction d'un environnement de travail, un cadre favorable à la mise en œuvre de nombreuses activités éducatives. En regroupant les perspectives de Bruillard [Bruillard, 1997] et de Perriault [Perriault, 2002], les hypermédias peuvent être perçus comme :

- outil de consultation et de traitement de l'information :
- didacticiels et cédéroms,
- applications de mise en forme de l'information,
- bases de données documentaires,

- bases de données textuelles (pour le téléchargement d'ouvrages),
- consultation de sites sur le Web,
- outil de structuration ;
- outil de création individuelle ou collaboratives (par exemple les hypermédias collaboratifs [Saleh et al., 2005b ; Lafifi, 2000]) ;

En considérant le Web comme support, Masselot-Girard identifie quatre modalités de lecture [Masselot-Girard, 2000] :

- la lecture strictement alphabétique ;
- la lecture des images, schémas, tableaux, graphes et cartes ;
- la lecture des textes linguistiques et des textes iconiques ;
- la lecture du système hypertextuel.

Ces modalités montrent bien de quelle manière le Web crée un environnement complexe aussi bien pour sa lecture que pour son écriture. D'une part, les étudiants doivent développer, à l'aide de l'enseignant, les outils cognitifs adéquats pour lire et s'appropriier des contenus pédagogiques et, d'autre part, les enseignants doivent disposer des éléments suffisants pour produire un hypermédia. Dans les deux cas, les indices pour construire un contrat de lecture sont déterminés par les dimensions syntaxiques, sémantiques et pragmatiques des objets hypermédias [Reyes, 2007].

5. Hypermédia et Enseignement :

5.1. Les hypermédias : des outils d'apprentissage

Dans le modèle éducatif traditionnel, les concepteurs imposent leurs buts et stratégies pédagogiques. A l'heure actuelle, "le constructivisme" connaît un grand succès dans l'éducation et les concepteurs ne doivent plus imposer un modèle d'apprentissage spécifique mais permettre aux élèves de construire leurs propres connaissances.

D'un autre côté, les méthodes d'enseignement traditionnelles sont basées sur une relation linéaire et hiérarchique, alors que les nouvelles méthodes ont pour but de permettre aux élèves de sélectionner et développer leurs propres stratégies ainsi que de chercher de nouveaux domaines de connaissances [Bibbo et al., 1999].

On peut donc dire que l'hypermédia avec sa structure non linéaire peut constituer un cadre efficace pour l'apprentissage/enseignement. En effet, une caractéristique majeure des hypermédias est qu'ils permettent aux utilisateurs de lier l'information de différentes manières et de faire que ces relations soient aussi claires que les relations qu'elles décrivent.

Plusieurs chercheurs et éducateurs ont noté le potentiel de l'hypermédia dans l'éducation. Trotter dans [Trotter 1989], par exemple, indique que l'hypermédia utilise une stratégie qui est favorable aux élèves depuis que l'apprenant peut utiliser une variété de médias pour approcher le sujet.

Encore, d'après Liao [Liao, 1999], Moore dans [Moore, 1994] indique que plusieurs publications et recherches ont noté les avantages de l'utilisation de l'hypermédia incluant l'addition et la combinaison du son et de l'image, les opportunités interactives pour l'apprenant, la capacité du système de "se rappeler" et l'augmentation du contrôle de l'apprenant sur le sujet de la matière.

5.2. Intérêts des hypermédias :

L'un des premiers intérêts de l'utilisation des hypermédias dans une situation pédagogique est certainement la rapidité et la facilité avec lesquelles un apprenant peut accéder à l'information. L'apprenant ayant l'opportunité de parcourir une base de données assez vaste et complète que possible, peut acquérir "par imprégnation" non seulement la connaissance consciemment recherchée, mais une part sans doute non négligeable de tout ce qu'il a fortuitement rencontré [Jones, 1989].

Il y a dans les hypermédias des potentialités qui nous semblent importantes :

1. Ils peuvent constituer pour l'apprenant d'excellents outils pour le travail autonome, dans la mesure où l'apprenant n'est pas tenu de suivre une logique programmée, qui peut être fort étrangère à ses propres démarches [Saustier et al., 1991].
2. Ils permettent (ou permettront) de mettre l'élève en situation d'agir, de créer [Baude, 1991], etc.

5.3. Quelques fonctionnalités pédagogiques :

Un hypermédia peut généralement aider un utilisateur à rapprocher des éléments d'informations pour les comparer, les confronter et les analyser. Cette possibilité lui permet

d'avoir plusieurs points de vue sur un même sujet (connaissances théoriques, illustrations, explications, exercices, études de cas, simulation, etc.).

L'hypermédia permet aussi à l'apprenant de s'entraîner à sélectionner l'information selon les critères de pertinence. L'apprenant doit définir ces critères, en fonction de son objectif initial, parmi les possibilités offertes par le système.

5.4. Les hypermédias : des outils pour le travail autonome et d'adaptation

On mentionne souvent qu'une des caractéristiques majeures des documents hypermédias serait de laisser à l'apprenant une autonomie importante dans l'élaboration et le choix des stratégies d'apprentissage : la variété des parcours potentiels dans un hypermédia correspondrait, au plan cognitif, à des modalités variantes de prise d'information et de structure à priori flexible [Gaonac'h, 1991].

En plus de cette autonomie, les hypermédias peuvent s'adapter aux différents niveaux des apprenants. Dans un contexte d'auto-formation, l'adaptation permet plusieurs utilisations d'un même environnement d'apprentissage et, utilisée à bon escient, permet de supprimer certains bruits informatiques qui parasitent l'acquisition des connaissances que l'on cherche à "faire apprendre".

L'hypermédia permet à chaque apprenant de construire sa propre vue sur son contenu. En plus, quelques caractéristiques essentielles de l'utilisateur sont utilisées comme critères d'adaptation dans les systèmes hypermédias (le lecteur peut consulter [Chikh et al., 1999] pour quelques critères détaillés d'adaptation).

6. L'hypermédia dans notre système :

Dans notre système, l'hypermédia est utilisé comme un outil d'apprentissage des différents concepts des matières de formation. Il est conçu par les enseignants (auteurs) en utilisant un ensemble d'outils permettant de créer les nœuds et les liens ainsi que les hyperobjets (contenant différents types d'information : textes, son, images, etc.).

Pour éliminer les problèmes issus de l'utilisation des hypermédias à des fins pédagogiques qui sont la désorientation et la surcharge cognitive des apprenants, l'accent est mis sur

l'organisation de l'hypermédia qui sépare l'information de la connaissance. Ceci permet de diminuer la capacité de mémorisation des informations par l'apprenant et diminuer ainsi les effets de la surcharge cognitive. L'information correspond ce à quoi l'apprenant veut accéder et la connaissance porte sur la structure du document c'est à dire sur le comment y accéder.

Concernant le deuxième problème (i.e. désorientation), l'apprenant dispose d'un agent artificiel qui joue le rôle de conseiller pédagogique. Ce dernier est doté d'un ensemble de règles pédagogiques permettant d'aiguillier l'apprenant vers les concepts qui correspondent le mieux à son état cognitif (son fonctionnement est donné dans le chapitre 7). En plus, plusieurs outils sont offerts afin de réduire cet effet de désorientation (annotation, sauvegarde des traces, etc.).

La figure 8 représente l'architecture de l'hypermédia adopté pour être utilisé dans notre système. Cette architecture était le résultat de notre travail de magister (soutenu en 2000). Le lecteur peut consulter [Lafifi, 2000 ; Bensebaa et al., 2000 ; Lafifi et al., 2000 ; Lafifi, 2001a ; Lafifi, 2001b] pour plus de détails.

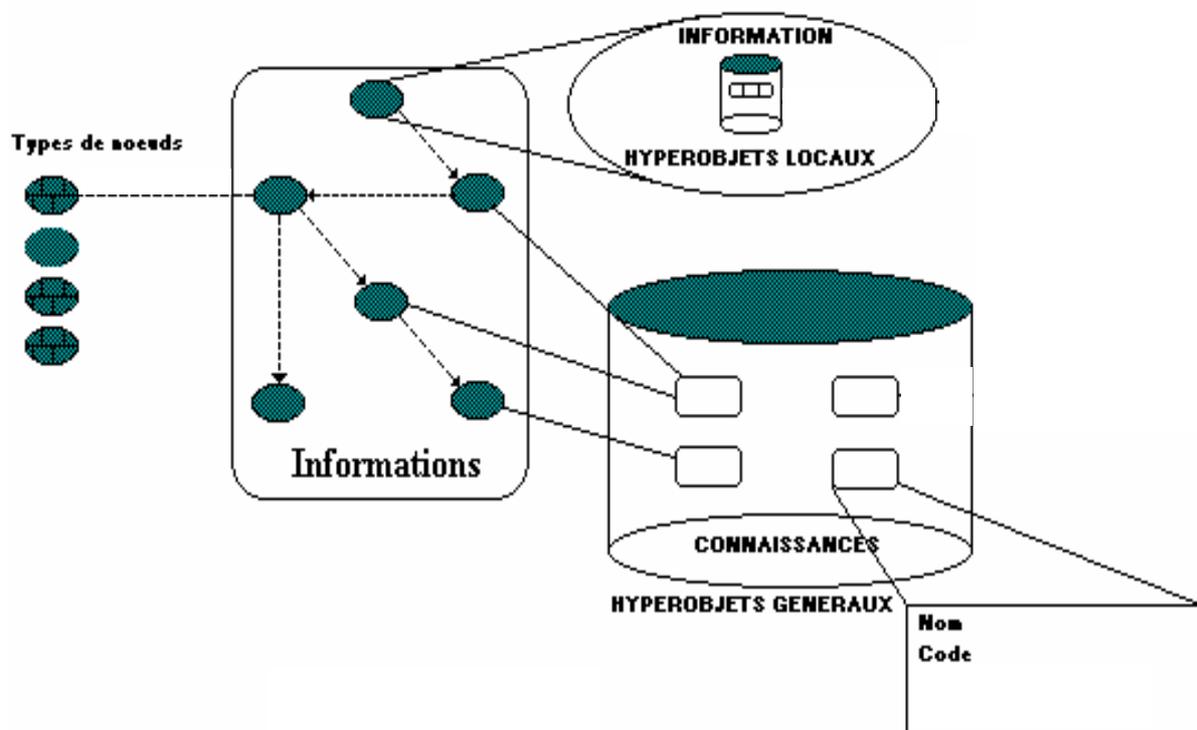


Figure 8 : Architecture de l'hypermédia adopté.

7. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les concepts de base des hypermédias pédagogiques. Ces derniers peuvent être des outils efficaces pour soutenir les activités de synthèse et de production d'un apprenant. Ce dernier a la possibilité d'adjoindre à l'hypermédia des informations, des annotations diverses (commentaires, critiques, etc.), ce qui favorise la mémorisation et entraîne l'assimilation.

Les problèmes classiques posés par leurs utilisations dans un contexte pédagogique nous ont poussé à adopter une solution. Elle consiste, tout d'abord, à séparer l'information de la connaissance. En d'autres termes, il faut clairement séparer le contenu à consulter (informations) et le comment y accéder (chemins ou liens). Ensuite, développer un agent artificiel qui conseille et oriente l'apprenant vers la connaissance la mieux adaptée à son profil cognitif ainsi qu'à son état de connaissance actuel. Pour connaître ce profil, une étape d'évaluation est indispensable. Nous présentons dans le chapitre suivant, les concepts de base ainsi que les moyens et les types d'évaluation dans les environnements d'apprentissage

Chapitre 5

L'évaluation dans un système d'apprentissage

1. Introduction :

L'évaluation est indissociable des activités d'apprentissage conduites par les enseignants ou menées par les élèves. Elle fait l'objet, dans différentes disciplines (didactique, sciences de l'Education, etc.), depuis longtemps de travaux et de réflexions qui contribuent à en délimiter le champ et à préciser la nature des activités support qui permettent de la mettre en œuvre. D'une manière générale, l'évaluation permet la régulation et la vérification des apprentissages. Mais c'est aussi une activité sociale [Chardenet, 1999] qui joue un rôle primordial dans l'insertion des élèves par la mise en place d'examens et de concours.

Historiquement, les outils informatiques utilisés dans le cadre scolaire ou de la formation ont toujours intégré des moyens d'évaluer les apprenants. Les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) [Tchounikine, 2002] ne dérogent pas à cette règle.

Nous présentons dans ce chapitre l'utilité de l'évaluation dans les environnements d'apprentissage humain, leurs types, les moyens de l'effectuer, etc. Nous insistons sur les types d'évaluation offerts ainsi que sur les stratégies utilisées dans notre système.

2. Généralités sur l'évaluation dans les systèmes d'apprentissage :

2.1. Enjeux de l'évaluation :

L'évaluation est un processus systématique de récolte, d'analyse et de mise en valeur d'informations et de données sur des activités, des caractéristiques et des résultats de projets, de personnes et de produits. L'évaluation permet de diminuer certains éléments d'incertitude, d'augmenter l'effectivité et de créer des bases permettant de prendre des décisions. Elle peut se concentrer sur un examen des processus (évaluation des processus) ou sur les résultats et les effets (impacts) des mesures mises en œuvre (évaluation des résultats).

L'évaluation est utilisée dans de nombreux domaines, mais nous nous intéressons ici à l'évaluation des apprentissages donc principalement à l'évaluation telle qu'elle se pratique à l'école, les universités ou dans les systèmes d'apprentissage collaboratif (à distance ou présentiel).

L'utilisation d'un processus d'évaluation est nécessaire dans un contexte d'apprentissage/enseignement, car :

- une formation sans véritable évaluation n'est qu'une vue de l'esprit,
- évaluer : c'est produire de l'information sur la qualité de ce que l'on fait,
- et l'évaluation donne un sens à *nos actions et à celles de nos élèves*. Il ne peut y avoir de formation si l'élève n'est pas renseigné sur son état dans le processus d'apprentissage.

2.2. Evaluation, objet d'étude scientifique:

Pour Charles Hadji [Hadji, 1990], Evaluer signifie: interpréter, vérifier ce qui a été appris, compris et retenu, vérifier les acquis dans le cadre d'une progression, juger un travail en fonction des critères donnés, estimer le niveau de compétence d'un apprenant, situer l'apprenant par rapport à ses compétences, déterminer le niveau d'une production donnée par l'apprenant. L'évaluation est en fait un aspect primordial et inévitable dans une démarche d'apprentissage. De ce fait, l'évaluation est censée intervenir avant, pendant et à la fin de l'apprentissage sous diverses formes [Hadji, 1990].

L'évaluation joue un rôle particulier en EIAH. Selon Charles Juwah [Juwah, 2003], chercheur dans le domaine des EIAH, l'évaluation doit :

- être motivante pour l'apprenant ;
- encourager une activité d'apprentissage soutenue ;
- contribuer à la progression de l'apprenant ;
- être faible en coût humain et facilement maintenable.

Son point de vue est que l'évaluation joue un rôle primordial dans l'activité pédagogique, non seulement comme le moyen de vérifier les acquisitions mais aussi comme le moyen de motiver ces apprentissages et d'inciter les élèves à progresser. C'est la volonté d'obtenir de bons résultats qui doit inciter l'élève à apprendre et c'est la satisfaction qu'il éprouve à réussir

qui doit lui donner l'envie de persévérer et d'aller plus loin. L'enseignant n'est plus seulement confronté à la nécessité de comprendre ce qui fait obstacle à la réussite de ses élèves mais il peut aussi, lorsqu'il utilise certains outils informatiques, se servir de l'évaluation comme un "moteur" pour les apprentissages [Dintilhac et al., 2005], l'évaluation devenant un moyen pédagogique.

2.3. Utilité de l'évaluation :

L'évaluation a pour fonction essentielle de permettre la représentation de l'état cognitif de l'apprenant. A l'issue de l'évaluation, le système peut disposer d'informations en termes de connaissances acquises, de connaissances en voie d'acquisition ou de connaissances non acquises [Govaere, 2000].

On peut résumer l'utilité de l'évaluation comme suit :

- L'évaluation permet à l'enseignant de contrôler et vérifier l'acquisition des connaissances par les apprenants.
- L'évaluation est un point crucial dans le système d'apprentissage car elle conduit le futur des apprenants.
- Elle est un outil d'apprentissage nécessaire pour l'enseignant et l'apprenant.
- Elle permet la représentation de l'état cognitif de l'apprenant.
- Elle permet de juger le niveau des élèves.

2.4. L'évaluation pour l'enseignant :

L'enseignant doit transmettre un corpus de connaissances à ses élèves. L'évaluation lui permet de vérifier et de contrôler l'acquisition des connaissances par ses élèves. Pour les enseignants, l'évaluation est un outil indispensable pour vérifier si les objectifs, qu'ils ont définis, ont été atteints par les apprenants. Elle leur permet d'attribuer une « note » au travail effectué par l'apprenant. Les notes permettent de faire des moyennes, qui permettent de sélectionner l'orientation scolaire des apprenants.

La note est ainsi un élément crucial car elle conditionne le futur des apprenants. Elle est aussi un indicateur qui permet à l'apprenant d'adapter sa démarche d'apprentissage et lui permet de savoir si la méthodologie qu'il emploie est en accord avec ce qui est attendu par l'enseignant [Durand, 2006].

2.5. Les pratiques d'évaluation :

Il existe plusieurs types d'évaluation des apprenants, nous en présentons quelques uns [Durand, 2006].

2.5.1. L'évaluation pronostique :

L'évaluation pronostique permet d'évaluer la capacité d'un apprenant à commencer un apprentissage, un cycle d'étude ou à exercer une profession. C'est une évaluation en amont d'une réalisation ou d'un apprentissage. Elle consiste à déterminer si l'élève sera apte ou non à suivre un cursus scolaire déterminé. Un des exemples est celui des concours d'entrée à un établissement.

2.5.2. L'évaluation formative :

L'évaluation formative est une « évaluation dont l'ambition est de contribuer à la formation ». Elle a pour but de réguler l'enseignement. L'évaluation fournit des informations permettant à l'enseignant d'adapter son enseignement aux particularités de l'apprenant. Elle vise à emmener chaque apprenant, en tenant compte de ses différences, à un niveau de connaissance. Contrairement aux autres types d'évaluation, l'évaluation formative ne se contente pas d'évaluer les productions des élèves mais aussi les situations actives permettant de comprendre la démarche des apprenants, leurs rapports aux savoirs, etc.

2.5.3. L'évaluation diagnostique :

L'évaluation formative s'appuie en partie sur l'évaluation diagnostique. L'évaluation diagnostique permet d'évaluer un niveau de compétence bien souvent juste avant une nouvelle phase d'apprentissage. Elle a lieu généralement en début d'année ou en début d'unité. Son but principal est d'identifier les intérêts des élèves et de faire un bilan des acquis de façon à planifier un programme qui correspond aux besoins de chaque élève.

2.5.4. L'évaluation sommative :

Elle est la plus pratiquée, compte tenu de la facilité de sa mise en œuvre. Elle sert à élaborer un bilan après un ensemble de tâches d'apprentissage constituant un tout (exemple : un chapitre de cours, l'ensemble du cours, un trimestre, etc.). Les examens périodiques, les interrogations d'ensemble sont donc des évaluations sommatives afin que l'apprenant puisse montrer qu'il a la capacité de réutiliser de manière de plus en plus autonome les savoirs et savoir-faire acquis.

Alors que l'évaluation formative prend, généralement, un caractère privé (dialogue particulier entre l'enseignant et son apprenant), l'évaluation sommative est publique : classement des apprenants, communication des résultats, attribution d'un certificat ou d'un diplôme, etc.

Le tableau suivant récapitule les types d'évaluation (mentionnés précédemment) en termes d'objectifs (utilisation de l'évaluation) et d'insertion dans les processus d'apprentissage (à quel moment l'évaluation est-elle menée ?)[Durand, 2006].

Type d'évaluation	Pronostique	Diagnostique	Formative	Sommative
Objectif	Prédire. Contrôler l'accès à un cycle ou une année d'étude	Informé. Evaluer un niveau de compétence	Informé. Réguler l'activité de l'apprenant	Certifier. Etablir un bilan certifié des résultats de l'apprenant
Moment d'insertion	Avant l'apprentissage	Juste avant un apprentissage	Pendant l'apprentissage	Après l'apprentissage

Tableau 3 : Synthèse sur les pratiques d'évaluation.

2.6. Quelques systèmes d'évaluation :

Nous présentons dans ce paragraphes quelques systèmes d'évaluation des apprenants et le type d'évaluation adopté (cités par Durand [Durand, 2006]).

Les systèmes de tests adaptatifs (CAT : Computer Adaptive Test) [Green et al., 1984] supportent l'évaluation sommative et permettent d'envisager leur usage dans le contexte d'une évaluation pronostique.

Le logiciel Pépite [Delozane et al., 2004] adopte l'évaluation diagnostique. Contrairement à l'évaluation sommative ou pronostique rencontrée dans les CAT, l'évaluation diagnostique de Pépite permet d'obtenir un bilan de compétences de l'apprenant, et non un simple score.

L'évaluation sommative qui a pour mission de certifier les connaissances de l'apprenant et l'évaluation diagnostique peuvent être associées. Dans la classe, l'enseignant fait souvent appel aux deux, l'évaluation diagnostic permettant à l'enseignant de réguler l'apprentissage.

L'évaluation formative est présente sous l'angle de l'assistance à la régulation des activités par l'enseignant. L'objectif est alors de fournir des indicateurs à l'enseignant lui permettant de mener des évaluations formatives en relation avec une activité d'apprentissage. Ces dernières années, de nombreux systèmes de "monitoring" de l'activité pédagogique sont apparus, tels que FORMID SUIVI [Gueraud et al., 2004], mais aussi Aplusix [Sander et al., 2005] qui enregistre la totalité des actions des apprenants.

3. Programmes d'évaluation :

3.1. Exercices en ligne :

Ils peuvent être automatiquement corrigés tout en transmettant à la fois aux apprenants les rétroactions constructives pour l'avancement de leurs apprentissages et à l'enseignant les résultats pour suivre le niveau et l'état d'avancement de ses apprenants. Les devoirs peuvent être aussi renvoyés directement à l'enseignant ou déposés dans une base de données qu'il peut consulter.

3.2. Travaux à remettre :

Il s'agit de définir aux étudiants des consignes et des échéances de travaux à effectuer et à rendre sous format électronique (dans un espace réservé sur la plate-forme, par exemple le courrier électronique).

3.3. Exercices et tests d'auto-évaluation :

C'est aussi un outil d'entraînement qui permet à l'apprenant de vérifier tout seul son niveau d'acquisition des connaissances et prendre conscience de sa réussite et de ses erreurs. L'apprenant visualise en temps réel le résultat de ses devoirs.

4. Moyen d'évaluation : Exercices

Un exercice est le moyen qui permet de mesurer le niveau de connaissance d'un apprenant ainsi que son degré d'acquisition de la connaissance qui lui est présentée. La conception d'un exercice est l'une des tâches de l'enseignant. Chaque type d'exercices permet de tester

différents types de connaissances. Parmi ces types, on cite : «les définitions», «les correspondances entre éléments», «le degré de dépendance», «les méthodes et les règles», etc. [Benadi, 2004].

Les exercices ou questions peuvent être de trois types [Jean, 2000]:

1. questions fermées (questions de type vrai/faux, QCM, ...),
2. questions semi-ouvertes (questions à un seul mot à introduire, questions ouvertes mais dirigées, ...) et
3. questions ouvertes.

4.1. Exercices avec réponse ouverte (ou items subjectifs) :

Il s'agit de questions à réponse élaborée ou développée (ou items de type essai ou tests traditionnels). L'évalué doit lire un énoncé présentant un problème à résoudre et le cadre de référence nécessaire à sa résolution, résoudre le problème présenté, structurer sa réponse en tenant compte du cadre de référence, rédiger ou exprimer oralement la réponse avec ses propres mots, son style et son écriture ou encore agir en situation (épreuve pratique).

Chaque évalué fournit généralement une " réponse " (écrite, orale, pratique) différente avec des degrés variables de pertinence, de justesse et de précision.

4.2. Exercices avec réponse semi-ouverte :

Ce type d'exercice contient l'énoncé de l'exercice, le rôle de l'apprenant est de résoudre cet exercice dont la réponse est dirigée et/ou limitée (exemples : exercice à un seul mot à introduire, exercice de type déroulement d'un algorithme).

4.3. Exercices avec réponse fermée (ou items objectifs) :

C'est un type d'exercice où la réponse est limitée. Nous trouvons des modèles d'exercices comme :

- Questions à choix multiples (QCM).
- Questions de type « vrai/ faux »
- Questions de type « phrase à compléter ».
- Questions de type « liste de correspondance ».
- Questions de type « réarrangement (classement) ».

5. Evaluation des apprenants dans notre système :

5.1. Evaluation paramétrique :

Nous proposons une nouvelle méthode d'évaluation qui permet d'assurer une évaluation paramétrique. Les paramètres concernent les exercices d'évaluation, leurs modèles, leurs séquences de présentation, leurs nombres, etc. D'autres paramètres peuvent être utilisés pour adapter le système au changement du niveau de connaissance de l'apprenant (prise en compte du niveau de l'apprenant dans chaque action à proposer : évaluation, apprentissage ou collaboration), c'est donc une évaluation adaptative.

Parmi ces paramètres, on peut citer :

- Modèles d'exercices à présenter.
- Nombre d'exercices à présenter par objectif pédagogique.
- Nombre d'exercices à présenter pour chaque modèle d'exercices.
- Temps de résolution autorisé pour chaque type d'exercice.
- Etc.

5.2. Formes d'évaluation :

Dans notre système, trois formes d'évaluation sont disponibles : individuelle, semi-collaborative et collaborative [Lafifi et al., 2007b]. Elles diffèrent par les personnes impliquées et le moyen d'établissement de la solution.

5.2.1. Evaluation individuelle :

Un ensemble d'exercices de différents modèles et difficultés sont présentés à l'apprenant. Ce dernier doit répondre tout seul aux questions proposées. Aucune possibilité de contact avec ses homologues n'est autorisée.

5.2.2. Evaluation semi-collaborative :

Dans cette forme, l'apprenant peut contacter ses homologues (du groupe) afin de trouver la solution d'un exercice proposé. Néanmoins, la solution finale doit être établie par l'apprenant concerné. Dans ce mode, il y a une alternance des activités collaboratives et individuelles. En effet, les apprenants peuvent entamer une suite de discussions et négociations pour trouver la solution de l'exercice présenté. Ensuite, l'apprenant concerné par l'exercice doit établir la

solution finale [Lafifi et al., 2007b]. La nouveauté de notre méthode est qu'après le travail collaboratif, un autre exercice est soumis à l'apprenant qui doit, dans ce cas, résoudre l'exercice individuellement (aucun contact n'est autorisé).

La solution soumise peut ne pas correspondre à celle proposée par les membres du groupe. Elle reflète l'opinion et l'idée de l'apprenant évalué. Elle ne nécessite ni un consensus, ni un vote (par comparaison avec l'évaluation collaborative).

5.2.3. Evaluation collaborative :

C'est l'une des activités pédagogiques conçues pour favoriser l'apprentissage collaboratif entre les apprenants. Les exercices sont soumis au groupe, au lieu des individus. La solution finale doit être établie par un membre du groupe (après discussion et consensus sur la solution à adopter). Là aussi, il y a une alternance des activités individuelles et collaboratives. Dans ce type d'exercice, il doit y avoir un consensus ou un vote pour soumettre la solution finale de l'exercice proposé.

5.2.3.1. Quelques recommandations concernant l'évaluation collaborative :

Différentes phases dans l'évolution d'un groupe et de son travail (dans la vie du groupe) ont été mises en évidence dans la littérature. Nous présentons ci-dessous la succession de phases proposée par Fages [Fages, 1990] :

1. Délimiter clairement le problème,
2. Formuler librement des solutions : liberté de dialogue, tous les participants doivent/peuvent s'exprimer,
3. Comparer les solutions : écoute réciproque et volonté de trouver un consensus,
4. Choisir la solution la plus pertinente,
5. Réaliser, appliquer : répartition des rôles, mise en place d'un calendrier,
6. Évaluer le travail réalisé.

Pour que le groupe évolue à travers ces différentes phases, chacun doit contribuer au bon fonctionnement du groupe et à la réalisation de la tâche. Chacun ne peut avancer que si les autres contribuent par leur travail et leurs compétences à la réalisation des objectifs partagés [Faerber, 2002] : l'interdépendance positive peut naître au sein du groupe. Chaque apprenant a une responsabilité dans la réussite collective et occupe une place particulière dans le groupe.

6. Conclusion :

Pour connaître le niveau de connaissance de l'apprenant à tout moment pendant son processus d'apprentissage, un processus d'évaluation est nécessaire. Ce processus consiste à lui présenter un ensemble d'exercices/questions de différents modèles et de différentes difficultés. Cette évaluation se présente sous des formes différentes, suivant le rôle qu'elle doit jouer. Par exemple, on utilisera l'évaluation :

- formative pour réguler l'apprentissage ;
- sommative pour certifier des compétences ;

Notre objectif était de proposer une méthode d'évaluation qui puisse être adoptée par un système d'apprentissage collaboratif. Cette méthode consiste à utiliser un ensemble de paramètres modifiables par les responsables de la formation qui concernent les différents aspects de l'évaluation (type d'exercices, temps, etc.). Ces paramètres changent selon le contexte d'utilisation, l'échantillon cible, etc.

Par l'utilisation de tels paramètres d'évaluation, ce système d'apprentissage collaboratif peut être utilisé par plusieurs catégories d'apprenants ayant différents connaissances et objectifs et dans différents contextes. Ce qui donne un atout considérable à notre système. Pour chaque population, l'enseignant doit uniquement initialiser l'ensemble des paramètres d'évaluation en tenant compte de certaines caractéristiques des apprenants: leur niveau de connaissance de base, le niveau final à atteindre, etc.

Pour favoriser l'apprentissage collaboratif entre les apprenants, une activité pédagogique a été proposée aux apprenants, il s'agit de la résolution collaborative des problèmes (ou des exercices). Les apprenants sont amenés à dialoguer, coordonner leurs efforts, argumenter leurs solutions et défendre leurs opinions. Ceci permet de maximiser les interactions entre les apprenants qui est l'un des objectifs majeurs du système et d'augmenter les compétences sociales des apprenants. Les interactions doivent être médiatisées par des outils qui feront l'objet du chapitre suivant.

Chapitre 6

Mécanismes de recherche de collaboration

1. Introduction :

Lorsque deux individus tentent de comprendre et apprendre ensemble un phénomène, ils doivent faire en sorte d'arriver à une compréhension partagée de la situation. Pour ce faire, ils ont besoin de moyens de communication facilitant ainsi leurs échanges. Donc, nous pouvons affirmer que la communication est au centre de l'apprentissage collaboratif. Les deux communicants fournissent un effort collaboratif pour améliorer l'efficacité de la communication. Ils doivent, avant d'entamer tout processus de collaboration, choisir l'outil de support de cette collaboration ainsi que le mode de cette collaboration (synchrone ou asynchrone).

L'objet de ce chapitre est de présenter les mécanismes utilisés pour favoriser une collaboration entre les apprenants d'un côté ainsi que les enjeux et les critères de recherche de collaborateurs (ou partenaires) d'un autre côté. Nous commençons tout d'abord par présenter un aperçu sur les nouvelles technologies d'information et de communication.

2. Les nouvelles technologies d'information et de communication au service de l'apprentissage collaboratif:

Les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) regroupent l'ensemble des nouveaux outils de communication apparus ces dernières années essentiellement dans le domaine de l'informatique. Elles rendent accessibles des bases de données, facilitent le traitement de l'information et permettent la diffusion de celles-ci.

Les logiciels de traitement de texte, les logiciels de communication, ceux de dessin sont des environnements qui permettent de développer des habiletés d'un haut niveau intellectuel comme l'habileté à structurer, c'est-à-dire, synthétiser, classifier, ordonner, organiser les données, et créer de nouveaux liens entre les informations.

Les NTIC rendent la mise en œuvre de l'apprentissage collaboratif plus facile, fournissent des moyens supplémentaires d'aide au diagnostic, à la prise de décision et au pilotage des processus de production.

2.1. Les réseaux informatiques :

Les réseaux informatiques qui permettaient à leur origine de relier des terminaux passifs à de gros ordinateurs centraux autorisent à l'heure actuelle l'interconnexion de tous types d'ordinateurs, que ce soit de gros serveurs, des stations de travail, des ordinateurs personnels ou de simples terminaux graphiques. Les services qu'ils offrent font partie de la vie courante des entreprises et administrations (apprentissage, gestion, commerce, bases de données, recherche, etc.) et des particuliers (messagerie, loisirs, etc.).

De nombreuses applications fonctionnent selon une architecture client/serveur, cela signifie que des machines clientes (des machines faisant partie du réseau) contactent un serveur, une machine généralement très puissante en terme de capacités d'entrée-sortie, qui leur fournit des services. Ces derniers sont des programmes fournissant des données telles que l'heure, des fichiers, etc. Ces services sont exploités par des programmes, appelés programmes clients, s'exécutant sur les machines clientes.

2.2. Les outils de communication :

Ces outils sont dédiés à tous les travaux nécessitant la communication entre les apprenants et les tuteurs, les apprenants et leurs pairs, etc. Ces outils peuvent être synchrones ou asynchrones [Greco, http].

<i>Outils asynchrones</i>	<i>Outils synchrones</i>
Courrier électronique	Chat
Liste de diffusion	Tableau blanc
Forum	Visioconférence

Tableau 4: Outils de communication.

2.2.1. Les outils asynchrones :

C'est le système le plus utilisé, car il est très souple. Il permet des réponses relativement rapides mais les outils sont plus (ou moins) chronophages que les outils synchrones.

- Ils permettent une traçabilité des contacts.
- Ils permettent aux utilisateurs de gérer leur temps : la communication asynchrone n'imposant pas, par définition, d'horaires particuliers. Il n'est pas nécessaire de trouver des plages horaires communes.
- Les apprenants structurent mieux leurs savoirs en terme d'appropriation/restitution puisqu'ils prennent le temps de la réflexion.

2.2.1.1. Messagerie électronique :

Un message électronique est un message transmis sur un réseau. À l'instar des courriers postaux traditionnels, où le courrier électronique est placé à l'intérieur d'une enveloppe. Certains éléments figurant sur l'enveloppe sont ajoutés par le serveur de messagerie pour permettre l'acheminement, d'autres sont spécifiés par l'utilisateur. Les données apparaissant sur l'enveloppe sont souvent qualifiées de champs.

2.2.1.2. Forum :

C'est un service permettant l'échange et la discussion sur un thème donné où chaque utilisateur peut lire à tout moment les interventions de tous les autres et apporter sa propre contribution sous forme de textes.

C'est un système de communication d'un à plusieurs contrairement au courrier électronique dont la vocation est plutôt la communication d'un à un.

2.2.1.3. Liste de discussion :

C'est un outil très simple mais très efficace. Un processus d'inscription, généralement rapide, permet de devenir membre de la liste (on peut éventuellement consulter en ligne les archives de la liste). Ensuite, il suffit d'envoyer un message électronique à l'adresse de la liste pour qu'il soit diffusé à tous ses membres. Ce système permet ainsi des discussions entre tous les membres.

2.2.2. Les outils synchrones :

Ils peuvent être utilisés dans une situation de formation en ligne durant laquelle l'apprenant est en contact simultané (communication temps réel) avec son formateur ou les membres de

sa classe virtuelle (ou son groupe). Il peut échanger avec eux au moyen de chat, de partage d'application, de tableau blanc partagé ou encore de système de visioconférence [Glossaire, <http>].

2.2.2.1. Chat :

Dialogue écrit (par clavier) mais synchrone, il peut réunir des internautes provenant du monde entier. La conversation apparaît simultanément sur tous les écrans des participants. Il est possible d'assister aux "conversations" ou d'y participer simplement en accédant à un canal thématique par le moyen d'un logiciel spécialisé. Ce procédé de dialogue en direct, permet de communiquer soit avec une seule personne (dialogue fermé), soit avec l'ensemble des personnes présentes, chacun pouvant y répondre (dialogue ouvert).

2.2.2.2. Tableau blanc :

Il permet le partage synchrone d'une fenêtre graphique et textuelle à l'intérieur de laquelle tous les utilisateurs peuvent interagir simultanément : c'est une des fonctions autorisant le partage de documents et la possibilité d'élaborer des documents en temps réel.

2.2.2.3. Visioconférence :

La visioconférence permet la communication en temps réel entre deux personnes ou un groupe de personnes. Le dispositif repose sur l'emploi de "webcaméras" et de micros, permettant à plusieurs participants d'interagir lors d'une session de formation. Il y a donc transmission multidirectionnelle de sons et d'images (vidéo), c'est-à-dire émission et réception à partir de plusieurs endroits.

Nous donnons dans le tableau suivant les avantages et les inconvénients de chaque outil ainsi que les caractéristiques de leur utilisation dans le contexte de l'apprentissage collaboratif.

Outil	Avantages	Inconvénients	Caractéristiques d'usage dans un système d'Apprentissage collaboratif
Messagerie électronique	<ul style="list-style-type: none"> • Relation individualisée. • Simplicité d'utilisation et flexibilité. • Rapidité. • Données exploitables. 	<ul style="list-style-type: none"> • C'est peu pratique. À l'usage, lorsque on a beaucoup de courrier, on s'aperçoit que les outils sont lents, et lorsqu'un problème arrive on est désarmé. • Aucune sécurité. Les messages ne sont jamais sur notre ordinateur. • Aucune confidentialité. Les administrateurs des serveurs HTTP peuvent tout voir et tout faire. • Le nombre des emails devient rapidement envahissant, nécessité de les organiser. • Vecteur de virus. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'envoi d'un message électronique à des destinataires multiples est approprié. • Pour envoyer un mot de bienvenue au début de la formation, donnant un sentiment d'appartenance à une communauté. • Laisse une latitude d'utilisation à l'apprenant comme à l'accompagnateur.
Forum	<ul style="list-style-type: none"> • Il permet de consulter par auteur, thème, date et d'archiver l'ensemble des contributions. • Il permet de procéder à des discussions informelles. • Il permet de véhiculer des annonces non urgentes. • Nombre illimité de forums. • Possibilité de rendre privé un forum (accès par code). • Possibilité pour les non membres de voir les contributions. • Possibilité de modérer le forum (modification ou suppression facile des messages). 	<p>Crainte pour certains de laisser un message écrit qui sera lisible par tous.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Création d'une dynamique de groupe en permettant aux élèves d'échanger entre eux en offrant à tous la possibilité de consulter les précédents messages et de répondre aux messages de leur choix. ▪ Des forums sur des thèmes précis peuvent être ouverts, permettant à chacun de poser des questions et/ou d'apporter des contributions utiles. ▪ Favoriser la communication dans le cadre de la réalisation de projets collaboratifs, de travaux de groupe, etc.
Liste de discussion	Facilite l'envoi en grand nombre en terme de rapidité.	Possibilité d'une surabondance de messages, dont beaucoup ont peu de rapport avec le sujet.	<ul style="list-style-type: none"> • Diriger, coordonner le travail d'un groupe d'apprenants à distance (surtout pour le tuteur). • Diffuser une information à un grand nombre d'acteurs, rapidement et facilement.

Chat	<ul style="list-style-type: none"> • Fonctionnalités de prise de parole, de transmission de documents joints, de sauvegarde des débats, etc. • Permet une communication plus conviviale et plus rapide que le mail. • Il est intéressant et significatif dans sa spontanéité, plus émotionnel, moins formel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilité d'une surabondance de messages, dont beaucoup ont peu de rapport avec le sujet. • Nécessite une petite formation de prise en main. • Difficulté pour gérer un groupe. 	<ul style="list-style-type: none"> • Suivi individuel ou collectif (Travaux Dirigés, examen,...) • Débats (entre tuteur et apprenant, entre apprenants,...) • Travaux dirigés (exercices collaboratifs).
Tableau blanc	<ul style="list-style-type: none"> • Ne nécessite pas un haut débit. • Facilite le travail sur les contenus graphiques (graphes conceptuels, photographie, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Dessiner avec la souris est assez laborieux (préconisation d'une tablette graphique). • La connexion doit être simultanée tout au long du partage, d'où une durée de connexion conséquente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Travaux collaboratifs. • Analyse et commentaires d'images (illustrations, photographies, schémas, etc.). • Explications complexes personnalisées qui nécessitent des graphes, des schémas, etc. • Résolution collaborative de problèmes (exercices).
Visioconférence	<ul style="list-style-type: none"> • Ressemble au présentiel. • Favorise les aspects non verbaux de la communication. • Dans un futur « proche », avec le développement du haut débit, son usage aura vraisemblablement plus de chance de se développer. 	<ul style="list-style-type: none"> • La visioconférence utilise des technologies différentes de celle de l'Internet. Il est nécessaire de maîtriser les fonctionnalités et l'aspect technique du dispositif. • Haut débit indispensable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cours magistral à distance. • Débats. • Tutorat en temps réel.

Tableau 5: Caractéristiques et usages des outils de communication dans un contexte d'apprentissage collaboratif.

3. Choix de collaborateurs pour une activité collaborative:

3.1. Caractérisation de la dimension sociale d'une activité collaborative :

Dans une étude visant à étudier les différents modes de collaboration au sein de groupes d'apprentissage, Sidir [Sidir 2004] a mis en évidence que, quelque soit le mode de collaboration, « l'apprenant est au centre du processus et son engagement personnel à collaborer avec ses pairs repose sur l'intérêt intrinsèque qu'il trouve à travailler en groupe. La motivation de l'apprenant, la dynamique du groupe et le climat socio-affectif dans lequel se déroule l'apprentissage jouent un rôle déterminant dans le processus de collaboration ». Tout au long du processus de collaboration, la dynamique de groupe joue un rôle fondamental (engagement personnel et liens entre les membres), ce qui fait de ce processus un processus complexe et évolutif dans le temps [Laperrousaz, 2006].

La dimension sociale est donc une dimension importante dans la réalisation d'une activité de groupe. Au début d'une activité collaborative, les apprenants forment rarement une communauté partageant déjà une compréhension du domaine, du problème et des activités, mais forment plutôt une population de novices essayant de négocier un objectif commun [Guribye et al., 2003]. L'un des objectifs de l'activité collective peut d'ailleurs être de former une communauté [Betbeder et al., 2005]. Les apprenants ont donc besoin de négocier et de comprendre les conditions de la collaboration et les règles et techniques pour coordonner l'effort collaboratif, tout en résolvant les tâches qu'ils ont à réaliser [Guribye et al., 2003]. Ils sont appelés dans certain cas à choisir leurs collaborateurs ou à formuler des conditions pour la construction d'un groupe d'apprenants.

3.2. Recherche de collaborateurs :

3.2.1. Enjeux de recherche de collaborateurs :

Le choix de collaborateurs ou partenaires potentiels dans un processus de collaboration est très important. Il se base sur la réputation des apprenants, la mise en scène de leur identité [Senteni et al., 2001] et leur comportement. « A qui ai-je affaire ? » est sans doute la première question que l'on pose au moment de s'engager dans un processus de collaboration. D'autres questions peuvent être posées : quels sont les « bons » partenaires ? Par quoi peut-on les identifier ? De quelle façon la réputation des apprenants peut-elle s'établir et servir de base au choix de collaborateurs intéressants ? Comment évaluer le processus de collaboration déjà entamé ?

3.2.2. Le rôle de l'identité dans le choix des partenaires :

Pour que les engagements entre partenaires puissent s'établir, se structurer et s'organiser, ceux-ci doivent dans un premier temps apprendre à se connaître et se choisir. Dans le schéma participatif, l'identité des partenaires, devient même une fin en soi; l'apprenant y cherche à la fois à construire sa propre identité et à la faire reconnaître par les autres. C'est pourquoi la mise en relation et les contextes et outils destinés à favoriser les prises de contact ont fait l'objet d'une attention particulière dans de nombreux environnements de travail de groupe.

Différentes approches ont été utilisées, telles que l'utilisation de scénarios de présentation, de fiches personnelles, l'identification de rôles complémentaires, etc. [Inaba, 2000].

3.2.3. Apprendre pour devenir quelqu'un :

L'apprenant inscrit dans une démarche de formation d'adulte cherche souvent à se transformer; il ne désire pas seulement apprendre pour devenir quelqu'un, il veut aussi devenir quelqu'un d'autre [Chapelle, 2000]. Le travail cognitif en cause dans la formation s'accompagne souvent d'une remise en question identitaire, l'issue de la formation se traduisant dans le meilleur des cas par une promotion, c'est à dire par un changement de rôle social.

Dans les environnements d'apprentissage collaboratif, « la personne en apprentissage peut être représentée par une fiche de présentation individuelle, son bilan personnel, son profil de compétences ou de tout autre élément susceptible de fournir des informations incitant les autres à l'interaction et permettant de la cibler ». C'est aussi le cas des sites Internet personnels, où des touches plus personnelles sont rajoutées aux informations purement professionnelles dans une recherche de convivialité ou tout simplement dans une démarche ciblée de communication dont l'objectif est de se rendre intéressant et attirant pour les autres [Senteni et al., 2001].

3.2.4. Représentation des apprenants :

La représentation des apprenants est très importante. Cette représentation devient une dimension de l'espace virtuel qui affecte le comportement de l'utilisateur défini comme l'ensemble des données perceptibles et signifiantes pour les autres membres de la communauté avec lesquels il est amené à communiquer. Pour les autres, c'est un outil pour «se faire une idée des gens avec qui on parle» ou interagisse, pour la personne elle même, c'est un objet avec lequel penser. Par le biais de sa manipulation, la personne en formation

mène de front deux projets : celui de se décrire dans l'action afin de pouvoir agir et celui d'agir.

Pour l'apprenant en situation d'apprentissage médiatisé par ordinateur, sa propre représentation dans l'univers virtuel a un effet de miroir et joue un rôle similaire à celui de l'image de soi (au sens propre d'image dans un miroir) dans la construction de l'identité chez l'enfant [Wallon, 1949]. On doit y penser en termes d'objectivation et se donner les moyens de vérifier si le processus ainsi mis en œuvre est effectivement suivi de l'appropriation indispensable pour incorporer l'image virtuelle et la faire coïncider avec l'expérience interne de l'apprenant, l'aidant ainsi à atteindre les objectifs qu'il s'est fixé dans son projet identitaire. On pourra alors prévoir dans l'environnement de formation des étapes ou des passages obligés permettant de vérifier le degré d'appropriation [Senteni et al., 2001].

3.2.5. Assister la sélection de partenaires :

Dans certains environnements, la sélection de partenaire est assistée par des mécanismes intelligents et reste relativement aveugle. Ces environnements se basent sur l'utilisation des critères de sélection [Vassileva et al., 2003]. Nous rejoignons les auteurs de ces environnements dans l'objectif final à atteindre qui est d'offrir des outils de sélection assistant les apprenants dans leurs tâches de choix de partenaires. Les critères de sélection peuvent être déduits du comportement des être humains. Nous appuyons nos points de vue par ceux des sociologues.

3.3. Un peu de sociologie : le comportement de l'être humain

Le comportement d'un être humain est la partie de son activité qui se manifeste à un observateur. C'est l'ensemble des attitudes, des actions et des réactions des hommes, c'est-à-dire la manière d'être et d'agir des hommes.

En d'autres termes, le comportement de l'être humain est le reflet de ses désirs et de ses préférences, de ses motivations et de ses affects, de ses pensées et de ses croyances [Comets, 2007].

Les comportements humains peuvent être innés ou acquis :

- l'inné est l'ensemble des dispositions que l'homme possède à la naissance et qu'il n'a pas appris par la culture.
- l'acquis est tout ce que la société transmet à l'individu au cours de son existence

[Comportement, <http>].

3.3.1. La connaissance (savoir) :

La connaissance est l'état de celui qui connaît ou sait quelque chose. Le concept de connaissance renvoie à la capacité de disposer d'une représentation mentale d'une réalité plus ou moins bien circonscrite, soit simplement informative, soit intégrant des modèles de compréhension ou de comportement plus ou moins élaborés. Toute connaissance d'un objet au sens le plus large du terme implique ainsi de disposer de descripteurs, de valeurs et de relations. Par extension, le terme de "connaissance" désigne également ce qui est connu, ou même, plus généralement, ce qui est tenu d'être connu. Les connaissances sont acquises par une multitude de processus cognitifs: perception, apprentissage, raisonnement, etc.

3.3.2. Les relations avec les autres :

La connaissance du comportement humain, dans toutes ses modalités, est un élément essentiel pour comprendre l'être humain, et la place qu'il occupe parmi les autres êtres vivants [Comets, 2007].

La sociabilité est définie de manière plus contemporaine comme : l'ensemble des relations qu'un individu (ou un groupe) entretient avec d'autres, compte tenu de la forme que prennent ces relations [Degenne et al., 1998].

Les relations que l'individu établit avec les autres peuvent être :

- Des relations dans le sens d'une recherche de plaisir, de gratification.
- Des relations avec la famille.
- Des relations en travail pour accomplir des activités en commun.
- Des relations entre les élèves.
- etc.

Les relations interpersonnelles peuvent être soit entre deux ou entre un petit nombre de personnes, soit plus largement à l'intérieur d'un groupe.

3.4. Critères de recherche de collaborateurs :

Lorsqu'une personne veut collaborer, elle doit établir des critères qui doivent être vérifiés par d'éventuels collaborateurs. Dans le domaine informatique, on n'a pas trouvé assez de critères.

En réalité, tous les systèmes déjà conçus (et utilisant les fonctions de recherche de collaborateurs) se basent sur le niveau cognitif (connaissance) des apprenants demandeurs de collaboration et des apprenants sollicités. Avant d'identifier les critères choisis (qui seront détaillés dans le chapitre suivant), nous présentons le point de vue des sociologues dans le cadre des études des relations humaines et la dynamique des groupes.

3.4.1. La sociabilité :

Un être humain n'est jamais complètement isolé. Sa vie tout entière dépend des échanges qu'il entretient avec ses semblables. Il fait partie d'un ensemble dont il dépend depuis sa naissance. Depuis cette époque, il a appris à faire siens les comportements et pour tout dire les valeurs des personnes de son entourage au premier rang desquels se trouvent ses parents [Comportement, http].

Selon les sociologues l'être humain devient sociable, s'il est capable de s'intégrer avec n'importe quel groupe sans difficulté et peut collaborer avec les autres [Hachimi, 2004].

3.4.2. La positivité :

On dit qu'une personne est positive si son comportement avec les autres peut être utile. Il faut qu'elle soit compréhensive en acceptant les idées et les avis des autres [Hachimi, 2004]. En outre, elle est empathique c'est-à-dire a la capacité d'écouter et de ressentir le point de vue des autres, de chercher à les comprendre et à les respecter, même si elle n'est pas totalement d'accord avec eux. "Je comprends bien ce que tu veux dire, mais je ne pense pas forcément comme toi". Ce comportement permet d'être proche et aimé des autres, de s'affirmer car nous écoutons plus volontiers nos points de vue si nous nous sommes montrés capables d'écouter.

3.4.3. Le domaine des connaissances:

Il faut que la personne choisie soit du même domaine ou de domaines proches afin d'augmenter les chances de la réussite d'une collaboration. Si on prend un spécialiste en sciences humaines, il ne peut pas aider une personne en sciences techniques sauf s'il s'agit du côté humain. Un critère important est que les deux collaborateurs doivent appartenir au même domaine ou à des domaines proches ou convergents. Le domaine englobe l'ensemble des connaissances acquises, avec leurs type et nature.

3.4.4. L'appréciation concernant un processus de collaboration:

L'appréciation est le jugement porté sur un collaborateur ou sur son travail. Lorsqu'elle est communiquée à l'intéressé, elle permet de corriger les comportements. L'appréciation peut concerner :

- le contenu des interactions échangées ;
- le comportement humain du collaborateur ;
- l'atteinte des objectifs fixés ;
- etc.

3.4.5. La personnalité :

Il faut que la personne choisie possède des caractéristiques personnelles ressemblant à celles de la personne cherchant la collaboration pour qu'elles puissent s'adapter et communiquer. Par exemple, on ne peut pas bien communiquer avec une personne agressive, ni avec une personne avare qui ne veut pas donner.

4. Conclusion :

La collaboration est une des caractéristiques des êtres humains. Appliquée depuis longtemps dans différents domaines, elle leur est bénéfique à différents niveaux, car, à n'importe quel moment, l'être humain a besoin de communiquer avec ses semblables pour satisfaire ses besoins ainsi que ceux des autres. Il aide et demande de l'aide. Un petit geste de la main, un mouvement de la tête, un changement subtil dans la voix peuvent aboutir à des effets forts sur l'interaction entre les humains. Par ces interactions, l'être humain acquiert des informations et apprend. Il peut, même, contribuer, avec ses semblables, à réaliser des tâches communes. En plus des informations, il peut également acquérir des compétences communicationnelles et sociales. Ainsi, l'intérêt de l'application de la collaboration dans l'enseignement n'est plus à démontrer, puisque l'éducation est un processus collaboratif.

Avec le développement des NTIC, plusieurs mécanismes sont utilisés pour soutenir la collaboration entre les apprenants. Ces mécanismes peuvent être asynchrones ou synchrones. Nous avons présenté quelques outils appartenant à chacune des deux classes avec leurs principales caractéristiques ainsi que les caractéristiques de leurs utilisations dans le contexte de l'apprentissage collaboratif.

Notre problématique de départ était de prendre en compte les besoins des apprenants durant une collaboration. Pour ce faire, nous avons donné les premiers piliers de cette prise en considération. Ils concernent le choix de quelques critères à utiliser pour exprimer ces besoins. Nous avons eu recours aux études en sciences sociales vu le manque de systèmes implémentant ou utilisant ces critères. Le seul critère qui a été largement utilisé par le peu de systèmes implémentés était l'état cognitif (de connaissances) des apprenants.

Nous voyons dans les chapitres suivants, quels sont tous ces critères et la manière de faciliter leurs utilisations pour la recherche de collaborateurs.

PARTIE III :

Conception et Description de l'environnement SACA

Chapitre 7

Spécification et Conception de SACA

1. Introduction :

Nous présentons dans ce chapitre, les spécifications et la conception de SACA. Elles concernent les différentes fonctionnalités offertes. Ces fonctionnalités concernent les différents scénarios d'utilisation. Nous insistons sur ceux réalisés par les apprenants qui sont les acteurs principaux de notre environnement et de n'importe quel autre environnement d'apprentissage collaboratif. Ces scénarios concernent les activités d'apprentissage, d'évaluation, avec leurs différentes formes, et de collaboration.

Notre premier objectif est de concevoir un environnement favorisant une collaboration effective. Pour ce faire, plusieurs outils et techniques sont proposés. Nous mettons l'accent en particulier sur ceux facilitant la sélection et le choix de collaborateurs vérifiant un certain nombre de critères.

Tous les scénarios cités précédemment sont pris en compte par des agents logiciels. Leurs rôles ainsi que leurs interactions sont présentés afin de bien cerner les objectifs globaux de SACA. Avant de clôturer ce chapitre, nous donnons les principes et les critères de recherche de collaborateurs dans SACA qui constituent son aspect innovant. Enfin, nous terminons par une conclusion.

2. Présentation générale de SACA :

2.1. Naissance de SACA :

La conception de SACA constitue une suite de nos recherches dans le cadre d'un magister en informatique soutenu à l'université d'Annaba en 2000. L'objectif était de concevoir un hypermédia éducatif favorisant la collaboration entre les apprenants. Dans les perspectives, nous avons proposé de concevoir un système d'apprentissage collaboratif à base d'agents, c'était SACA.

2.2. Description globale :

SACA est un système favorisant l'apprentissage collaboratif entre les apprenants et offrant des services pour leurs soutiens ainsi que pour l'assistance des autres acteurs (enseignant tuteur, enseignant auteur et formateur) dans leurs tâches assignées.

2.2.1. Organisation des apprenants :

Dans notre contexte, les apprenants sont organisés en groupes virtuels de petites tailles. Ainsi, lorsque nous parlons de *groupe d'apprenants*, nous faisons référence à la notion de *groupe restreint*, c'est-à-dire un groupe composé de six à dix apprenants, dans lequel chacun peut avoir une perception individualisée de chacun des autres, et réciproquement. Nous faisons ce choix car en dessous de six apprenants, les échanges entre apprenants ne sont pas suffisamment riches tandis qu'au-delà de dix apprenants, il est difficile pour chacun d'avoir une représentation des autres au sein du groupe, les apprenants sont trop nombreux pour travailler tous ensemble, des sous-groupes de travail risquent de s'organiser.

2.2.2. Acteurs humains :

Outre les apprenants, les acteurs humains de SACA sont:

- **Formateur** : chef d'orchestre de l'environnement. Il a un regard sur tout ce qui se passe dans SACA.
- **Auteurs** : des enseignants responsables de la création et de la gestion des matières ou des modules de formation.
- **Tuteurs** : prennent en charge le suivi individuel et collectif des apprenants. Chaque tuteur s'occupe de tutorer un certain nombre de groupes.

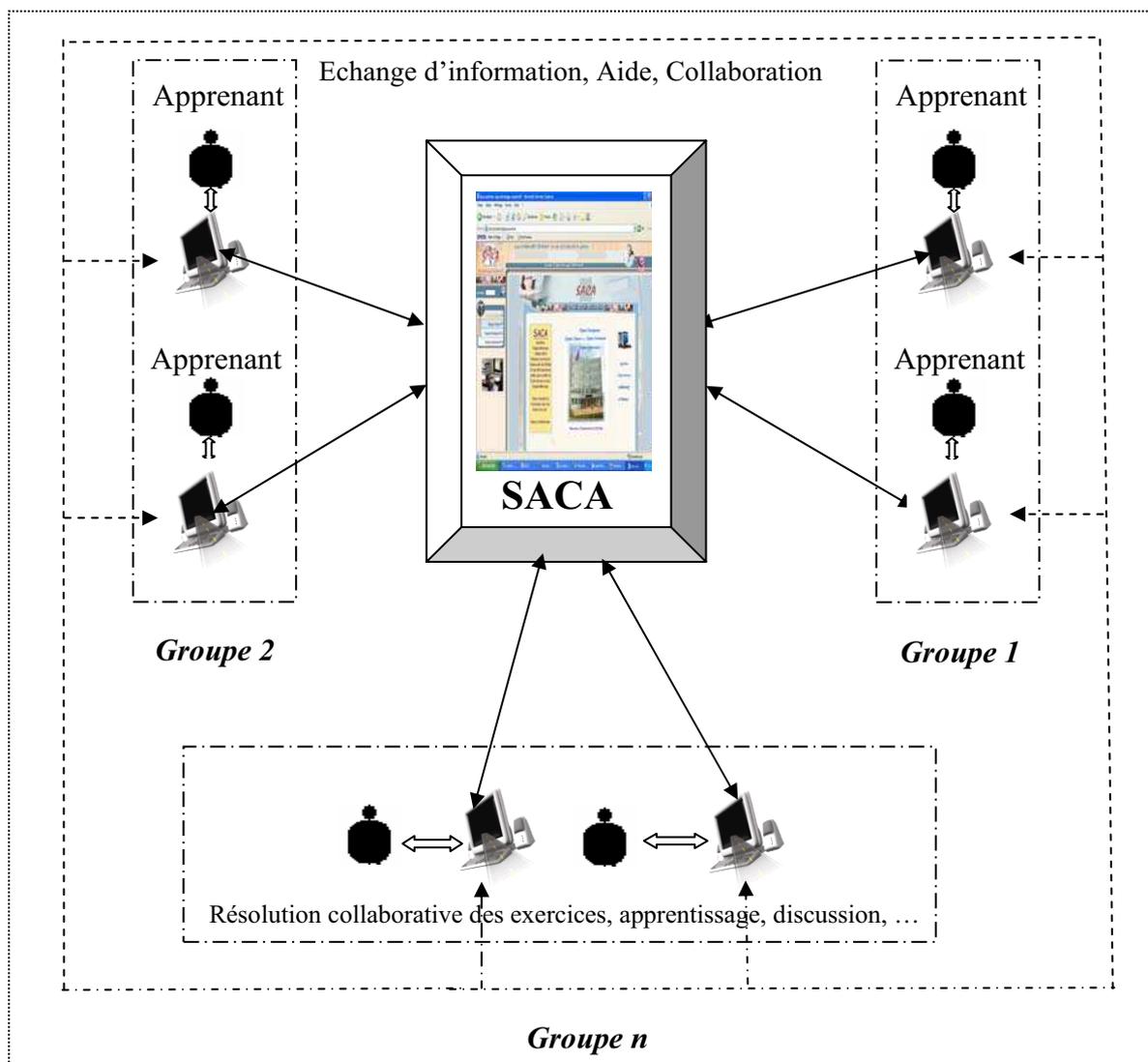


Figure 9 : Organisation des apprenants en groupes virtuels (restreints).

2.2.3. Outils de collaboration :

Plusieurs outils de collaboration peuvent être utilisés pour faciliter la communication entre les différents acteurs de l'environnement. Ces outils sont :

- a. Forums : un ensemble de forums sont mis à la disposition des acteurs. Nous distinguons :
 - Forum public : concerne tous les acteurs.
 - Forum par matière (module) : concerne un module ou une matière.
 - Forum par groupe : réservé à chaque groupe d'apprenants.
- b. Chat.
- c. Messagerie électronique.
- d. Interface semi-structurée [Lafifi et al., 2007a].

La figure suivante (figure 10) présente une description globale de l'environnement SACA.

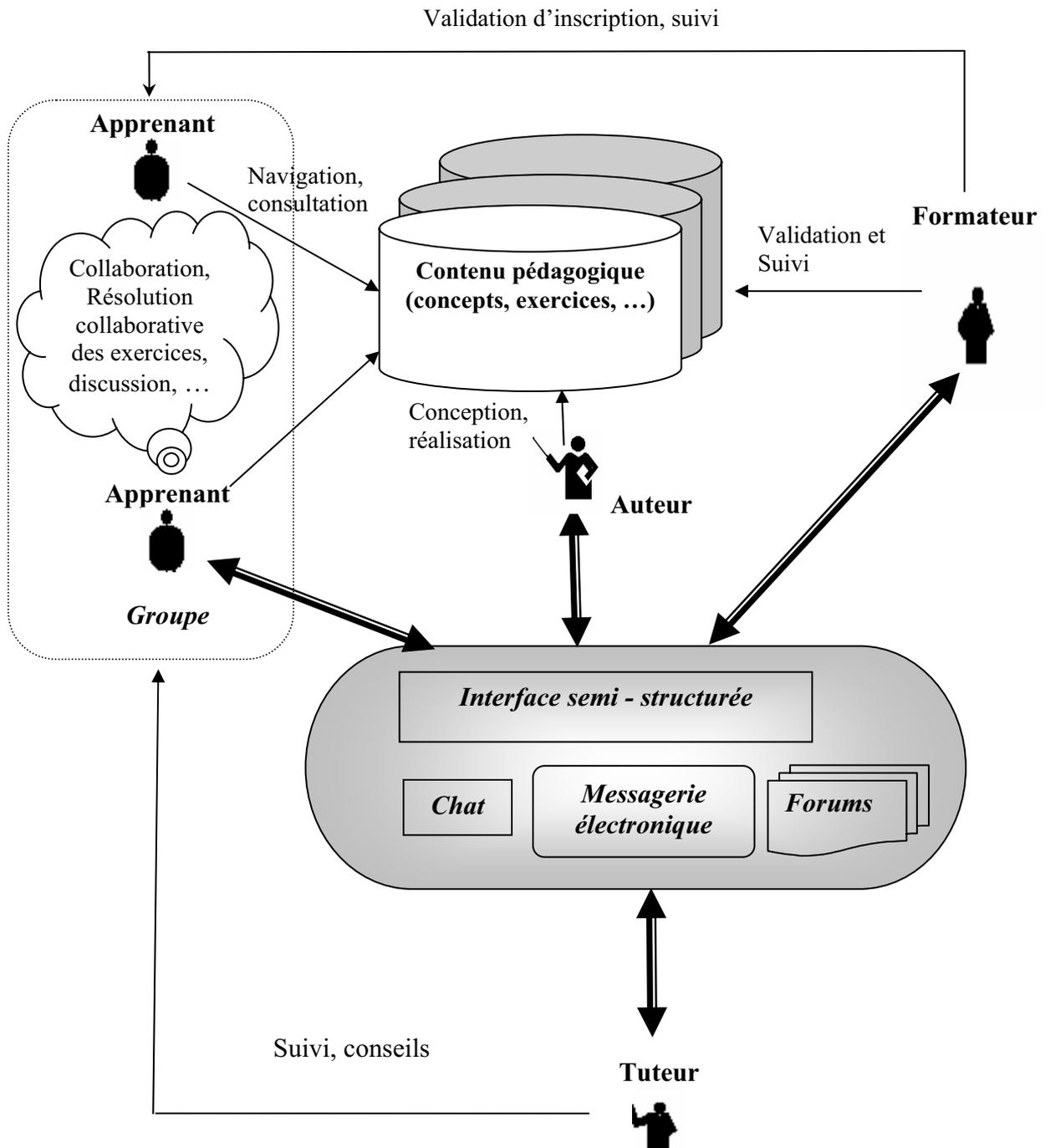


Figure 10: Description globale de SACA.

2.3. Objectifs de SACA :

SACA est un système facilitant et favorisant l'apprentissage collaboratif ainsi que la résolution collaborative des exercices. Il est doté des caractéristiques et des objectifs décrits ci-dessous.

2.3.1. Gestion des connaissances :

La raison d'être d'un système de formation est la transmission des connaissances aux apprenants sous différentes formes (savoir et savoir-faire). Dans SACA, la connaissance est organisée en unités d'enseignement appelées modules ou matières. Ces matières forment les cursus de formation à suivre par les apprenants inscrits dans le système.

2.3.2. Suivi de la collaboration :

Pour assurer une collaboration effective entre les apprenants, toutes les informations sur les apprenants collaborateurs ainsi que celles issues de la post-collaboration doivent être analysées et traitées (appréciation, durée, contenu, outil utilisé, etc.).

Les tuteurs peuvent suivre les processus de collaborations effectuées au sein de leurs groupes en :

- identifiant les difficultés, les impasses, les conflits, etc.
- sollicitant les apprenants dormants (dont le taux de participation dans les activités des groupes est jugé faible).
- aidant les apprenants dans leurs processus d'apprentissage et d'évaluation.
- résolvant les conflits qui peuvent apparaître.
- etc.

2.3.3. Recherche de collaborateurs :

Dans un contexte d'apprentissage collaboratif, les relations entre les apprenants sont cruciales pour le bon déroulement d'une session de collaboration. L'étude des relations sociales est un domaine complexe. Ces relations sont relatives, i.e. une personne qui est bonne pour X peut être mauvaise pour Y ou le contraire. Donc, dans le cadre des relations personnelles, il est préférable de laisser le choix aux personnes concernées.

SACA offre aux apprenants des mécanismes de choix du futur collaborateur. Par cela, ils deviennent les maîtres de leurs choix. Néanmoins, toujours dans le cadre de l'assistance, plusieurs formes de recherche ont été proposées allant du simple jusqu'à l'avancée. Ces mécanismes de recherche sont basés sur quelques critères concernant les compétences sociales et cognitives des apprenants ainsi que sur leurs comportements pendant les processus de collaboration déjà effectués.

2.3.4. Assurer une évaluation plus fine à plusieurs façades :

Pour évaluer les connaissances des apprenants, plusieurs formes d'évaluation sont offertes. Dans SACA, des exercices de différents modèles et types peuvent être utilisés : exercices classiques, problèmes, projets, etc. Ils sont assignés aux apprenants individuellement (résolution individuelle ou semi-collaborative) ou à tout le groupe (résolution collaborative).

2.3.5. Suivi individuel et collectif des apprenants:

Un des objectifs de SACA est le soutien des apprenants pendant les processus à mener, notamment l'apprentissage, l'évaluation et la collaboration avec leurs homologues. C'est le tuteur qui va assumer cette responsabilité. Il conseille ses apprenants, répond à leurs questions, etc. En plus, il a un regard sur leurs progressions, les difficultés rencontrées pendant les différents scénarios d'apprentissage, leurs états cognitifs et sociaux, etc.

Dans le cas de suivi collectif, le tuteur a un regard sur la contribution de chaque apprenant dans le groupe ainsi que sur la dynamique du groupe.

2.3.6. Modéliser l'apprenant :

La modélisation de l'apprenant vise la construction d'un modèle cognitif à partir de l'observation de son comportement vis-à-vis de l'interface d'un système informatique [Self, 1988]. Cette modélisation doit pouvoir fournir des informations sur la connaissance acquise, celle en cours d'acquisition, etc. Le modèle cognitif est construit de façon incrémentale en gardant une trace des activités effectuées et de la qualité des actions de l'apprenant.

Pour répondre à nos objectifs et regrouper toutes les informations sur l'apprenant, il nous paraît important d'élargir un modèle de l'apprenant au delà de la dimension cognitive en y intégrant des indications sur son comportement et sur ses compétences sociales. Nous définissons les compétences d'un apprenant comme l'ensemble de ses comportements, de ses habilités qui lui permettent d'exercer une fonction, une activité ou une tâche à un certain degré de performance.

3. Architecture de SACA:

3.1. Structure de la matière (module) à enseigner :

La matière à enseigner est composée d'un ensemble de concepts agrégés en objectifs pédagogiques.

3.1.1. Objectif Pédagogique (OP):

Un objectif pédagogique correspond à une structure mentale, une abstraction, quelquefois représentée par des réseaux conceptuels. L'enseignant peut créer des objectifs pédagogiques, leur associer un niveau de difficulté et établir des relations de "pré-requis" entre eux. Le niveau de difficulté peut être déterminé selon la nature de la connaissance sous-tendue par l'objectif pédagogique [Bensebaa et al., 2000; Lafifi, 2000].

3.1.2. Objectif pédagogique pré-requis :

Chaque objectif pédagogique possède un ensemble d'objectifs pédagogiques pré-requis. Ces pré-requis traduisent le fait que certaines connaissances doivent être suffisamment assimilées si l'on veut que l'élève profite pleinement des concepts de l'objectif pédagogique.

3.1.3. Les objectifs pédagogiques dans SACA :

Dans SACA, les objectifs pédagogiques sont représentés par des agents artificiels appelés *Agents du Domaine (AD)*. Ces agents détiennent un ensemble d'informations telles que la connaissance représentée par l'objectif pédagogique, les agents du domaine associés aux objectifs pédagogiques pré-requis, les différents concepts de l'OP, etc. A chaque agent du domaine est associé un certain nombre d'exercices de différentes difficultés (*agence d'évaluation*)[Lafifi et al., 2007c].

3.2. Architecture multi-agents de SACA :

SACA est composé d'un certain nombre d'agents artificiels. Ces derniers collaborent pour atteindre les objectifs du système.

3.2.1. Rôles des agents artificiels :

La figure 11 montre l'architecture multi-agents du système. A chaque acteur humain sont associés un certain nombre d'agents artificiels. En effet, à chaque **apprenant** sont associés les agents suivants :

- *Agent assistant de l'Apprenant (AA)* : Il propose à l'apprenant une interface qui lui facilite la tâche d'apprentissage. Il détient le modèle-élève de l'apprenant, son historique d'apprentissage et son historique de collaboration et d'évaluation ainsi que d'autres informations [Lafifi et al., 2007a]. Le modèle-élève est ici considéré comme un ensemble de croyances possédées par le système sur l'apprenant. Il offre

l'information nécessaire afin d'appréhender les progrès de l'apprenant et d'augmenter les *opportunités d'apprentissage et de collaboration*. Le modèle-élève est utilisé pour prendre des décisions d'enseignement adaptées à l'apprenant [Tchétaghi et al., 2002]. Dans SACA, l'agent pédagogique analyse et reporte toute action de l'apprenant au niveau de son modèle afin que celui-ci traduise à chaque instant son niveau de connaissance ou son profil social. Cette analyse porte sur :

- les réponses de l'apprenant aux exercices portant sur un objectif pédagogique,
 - le choix d'un concept,
 - le choix d'un objectif pédagogique,
 - ou le choix d'un apprenant collaborateur parmi un ensemble d'éventuels collaborateurs.
-
- **Agent Pédagogique (AP) :** Son rôle est de choisir les objectifs pédagogiques à présenter à l'apprenant en s'appuyant sur l'état de la connaissance de l'apprenant (modèle élève), le niveau final à atteindre (profil final) et une stratégie pédagogique.

 - **Agent de Collaboration (AC) ou médiateur :** Cet agent peut prendre en charge le processus de collaboration entre les apprenants (demande de collaboration, recherche de collaborateur, choix de l'outil de collaboration, etc.) ainsi que les problèmes associés (collaboration interrompue, double collaboration, etc.). Il peut négocier une éventuelle collaboration avec les agents de collaboration (médiateurs) des autres apprenants. Pour cela, des règles de négociation peuvent être utilisées.

 - **Agent d'Évaluation (AE) :** Son rôle est de mesurer le niveau de connaissance de l'apprenant en lui proposant un ensemble d'exercices de différents modèles et de difficultés variables. Il est sollicité pour vérifier l'acquisition, par l'apprenant, des connaissances d'un objectif pédagogique de la matière à enseigner [Lafifi et al., 2007b].

L'enseignant (auteur) est responsable de l'organisation de la matière à enseigner et sa structuration en objectifs pédagogiques (ensemble de concepts) ainsi que l'initialisation des paramètres liés à l'évaluation de la population cible (modèles d'exercices, temps de résolution, etc.). De plus, à chaque concept sera associé un ensemble d'exercices de différentes

difficultés pour évaluer les connaissances des apprenants. Pour effectuer ces tâches, l'enseignant dispose de deux agents:

- **un Agent assistant de l'eNseignant (AN)** : Il propose à l'enseignant une interface pour l'assister dans la création et l'organisation des concepts de la matière à enseigner, la création des exercices et la gestion des paramètres de la population cible.
- **un Agent médiateuR de l'enseignant (AR)** : C'est un agent dont le rôle est de faciliter la communication de l'enseignant avec les apprenants ou avec d'éventuels enseignants (c'est une extension ultérieure de notre système par la prise en compte de plusieurs enseignants pour la même matière) [Lafifi et al., 2004].

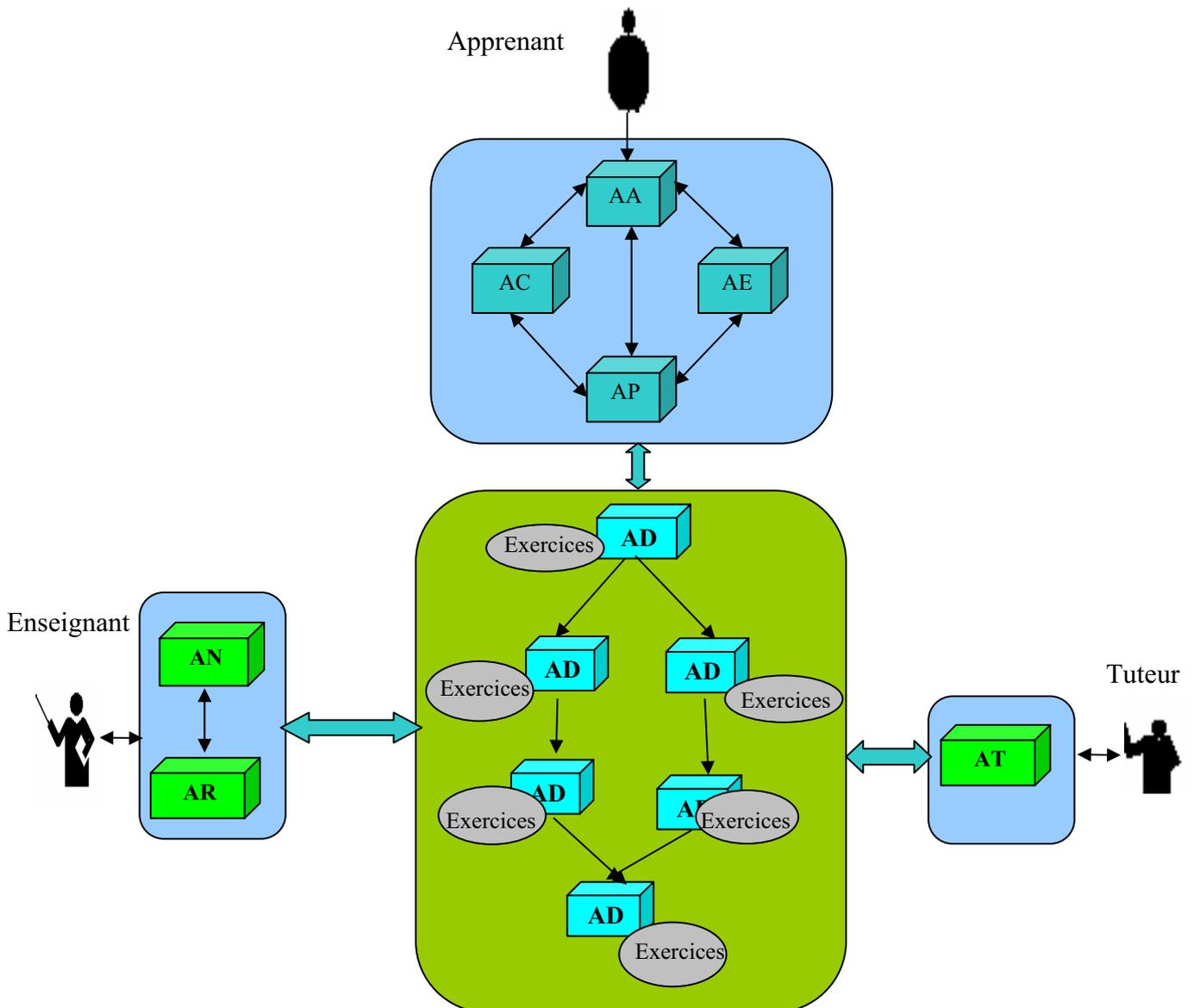


Figure 11 : Architecture multi-agents de SACA.

A chaque tuteur humain est associé un agent intelligent. Ce dernier l'assiste dans les tâches de suivi et de soutien des apprenants. Il communique avec les autres agents artificiels pour l'extraction des profils cognitifs et sociaux des apprenants.

Ces agents communiquent entre eux via des messages. Le format des messages envoyés est toujours le même et reprend les principes du langage de communication entre agents : KQML (Knowledge Query and Manipulation Language [Finin et al., 1993]). Ainsi, chaque message possède cinq champs : une performative (e.g. demande, répondre, etc.), l'expéditeur, le destinataire, le type du contenu et le contenu.

3.2.2. Principes de fonctionnement de SACA :

3.2.2.1. Fonctionnement de l'agent pédagogique (AP):

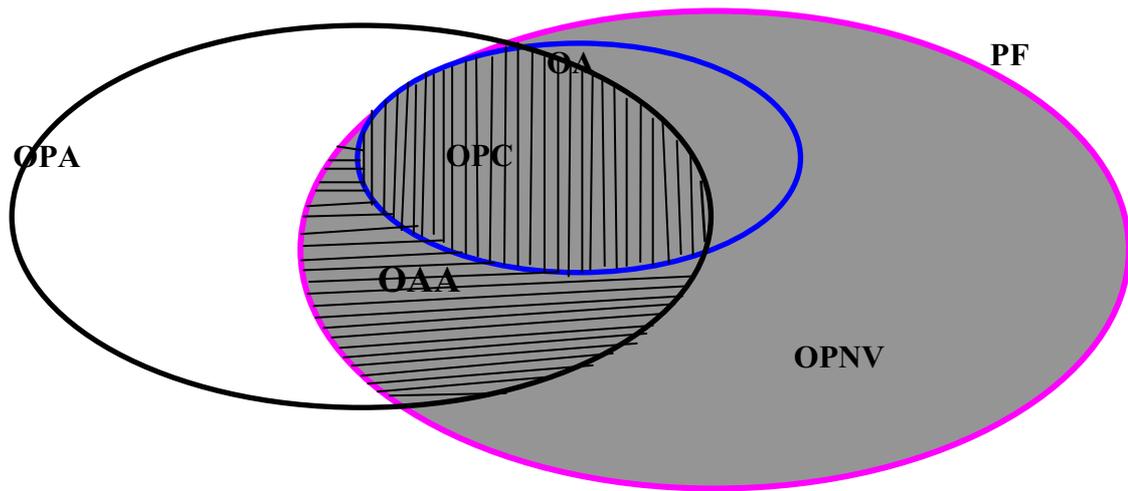
Véritable conseiller pédagogique, il va proposer l'OP le mieux adapté en fonction :

- de l'état de la connaissance de l'apprenant (où en est-il ?),
- du profil final (que faut-il lui apprendre ?),
- de la stratégie pédagogique (quelle stratégie d'enseignement ?).

Lors de ce choix, l'AP tient compte de l'ensemble des modèles-élèves. Il aiguille l'apprenant vers l'OP qui correspond le mieux à son "*état de la connaissance*" et dans lequel il a le plus d'*opportunités de collaboration*. Ainsi, il constitue d'abord l'ensemble des **Objectifs Pédagogiques Candidats (OPC)**. Cet ensemble est le résultat de l'intersection des deux ensembles suivants (figure 12):

- Le premier est constitué des **Objectifs Pédagogiques Acquis** par au moins un apprenant (hormis l'apprenant concerné) (**OPA**).
- Le deuxième contient les objectifs pédagogiques non encore vus et dont les pré-requis sont satisfaits par le modèle-élève de l'apprenant concerné (**OA** : Objectifs Admissibles).

Si l'ensemble, résultat de l'intersection, est vide alors **OPC** est égal à **OA**. Sur l'ensemble **OPC** va alors s'appliquer une séquence de règles pédagogiques (règles inter-objectifs pédagogiques) de la stratégie pédagogique choisie jusqu'à isoler celui qui convient le mieux à l'état de l'apprenant. Une autre séquence de règles pédagogiques (règles inter-concepts) s'applique alors pour obtenir le(s) concept(s) à proposer à l'apprenant.



-  PF_i : Profil Final de l'apprenant i.
-  OAA_i : Objectifs Acquis par l'Apprenant i.
-  OPC_i : Objectifs Pédagogiques Candidats (pour être destinataires de l'orientation de l'apprenant i).
-  OA_i : Objectifs Admissibles non encore vus par l'apprenant i.
-  OPA : Objectifs Pédagogiques Acquis par au moins un apprenant.
-  $OPNV_i$: Objectifs Pédagogiques Non encore Vus par l'apprenant i.

Figure 12 : Relations entre les différents ensembles des objectifs pédagogiques.

3.2.2.2. Fonctionnement de l'agent d'évaluation (AE) :

Cet agent se manifeste suite à une demande d'évaluation d'un objectif pédagogique émise par l'agent pédagogique. Il présente aux apprenants une suite d'exercices de différents modèles en respectant les paramètres liés à la population (nombre et modèles d'exercices à présenter, temps de résolution, séquence de présentation des exercices, etc.). Le résultat de l'évaluation est transmis à l'agent pédagogique.

Une autre fonction importante de l'AE est le calcul du profil cognitif de son apprenant (relatif à un objectif pédagogique ou relatif à toute la matière) [Lafifi et al., 2006b].

3.2.2.3. Fonctionnement de l'agent de collaboration (AC):

Cet agent se déclenche suite à :

- a) Une demande de collaboration de la part de son apprenant.
- b) Une demande de recherche d'un collaborateur.
- c) Une réception d'une demande de collaboration de la part d'un autre agent de collaboration (d'un autre apprenant).

Pour répondre à la requête a), l'AC envoie la demande de collaboration à l'agent de collaboration de l'apprenant sollicité. La réponse de ce dernier sera transmise via son AC (acceptation ou refus).

Pour répondre à la requête b), l'AC envoie cette demande de collaboration aux agents de collaboration des autres apprenants. Si l'apprenant spécifie quelques besoins ou préférences, son AC les transmet aux agents de collaboration des autres apprenants du système. Sinon, l'AC envoie une demande de collaboration aux autres AC prenant en compte les compétences de l'apprenant (cognitive et sociale).

Les différentes réponses favorables reçues sont classées selon l'état cognitif de l'apprenant (même profil cognitif, même OP en cours d'apprentissage, etc.) et son état comportemental (social) (bon collaborateur, apprenant solitaire, etc.). Des facteurs de pondération sont utilisés pour l'établissement de ce classement.

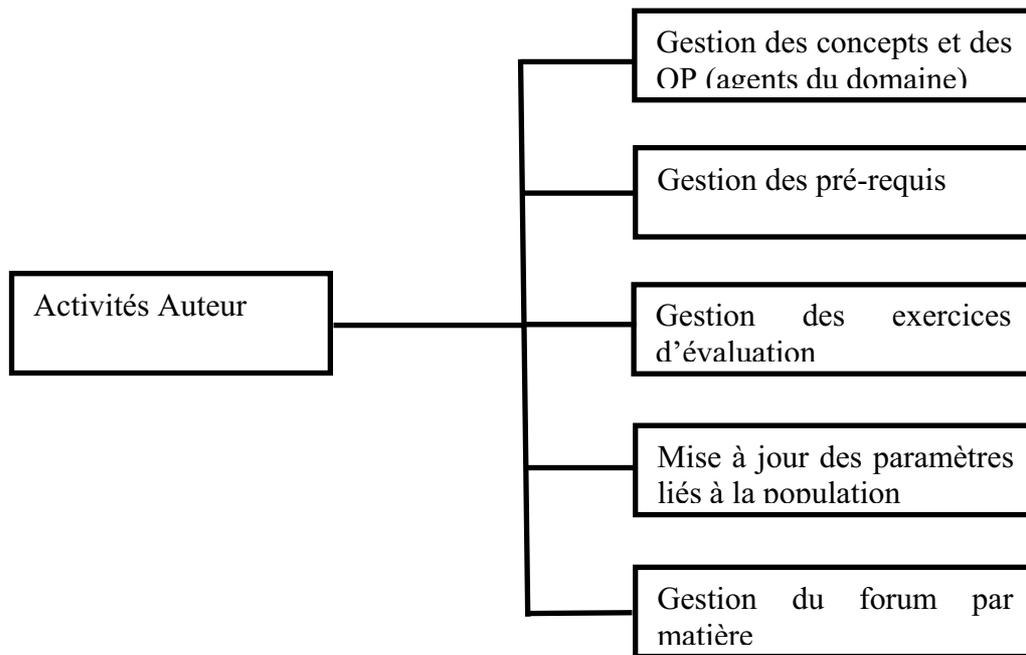
Dans c), à la réception des demandes de collaboration, l'AC les présente à son apprenant. Les demandes seront classées selon les appréciations précédentes de l'apprenant. La réponse de l'apprenant sera transmise (via son AC) à l'agent de collaboration de l'apprenant demandeur de collaboration [Lafifi et al., 2006a; Lafifi et al., 2006c].

4. Description des activités pédagogiques des acteurs de l'environnement :

Nous présentons les activités pédagogiques assurées par les différents intervenants de l'environnement.

4.1. Activités pédagogiques de l'auteur :

L'auteur est le premier responsable de l'organisation et la création du contenu pédagogique (concepts, exercices, etc.) [Lafifi et al., 2007c]. Les différentes activités pédagogiques assurées par l'apprenant sont représentées par le diagramme suivant :



4.1.1. Gestion des concepts et des OP :

Chaque matière est composée d'un ensemble de concepts regroupés en objectifs pédagogiques. L'enseignant auteur est le responsable du contenu pédagogique à transmettre à ses apprenants (contenu, organisation, ...). Les concepts sont organisés sous forme d'un hypermédia (cf. chapitre 4).

C'est aux auteurs de concevoir des objectifs pédagogiques. Ces derniers couvrent les fonctions et les objectifs d'enseignement visés dans un programme éducatif, permettant ainsi de promouvoir la transmission de connaissances pour un apprenant ou un groupe d'apprenants.

Les OP définissent les interactions entre plusieurs éléments [Seridi, 2006] :

- Les méthodes d'apprentissage envisagées.
- Les procédés utilisés pour parvenir à mettre en place ces méthodes.
- Le contenu des connaissances à transmettre.
- Les classes d'étudiants à qui sont destinées les méthodes.

Pour une meilleure gestion des OP, les auteurs travaillent à partir d'outils que le système leur propose. Bien que chaque auteur ait un degré de liberté immense dans la mise en place de sa

matière, des types de modèles ont été prédéfinis afin de faciliter leurs tâches et afin de structurer et d'harmoniser les contenus pédagogiques au sein des formations.

Les concepts constituent l'unité minimale entrant dans la composition des matières/modules d'enseignement. Ils contiennent différents types d'information : textuel, visuel, sonore, etc.

4.1.2. Gestion des pré-requis :

L'auteur peut créer des relations de pré-requis entre les objectifs pédagogiques. Cette notion signifie que l'apprenant désirant apprendre un OP (X) doit acquérir tous ses OP pré-requis. Lorsqu'un apprenant tente de consulter un OP alors qu'il n'a pas acquis les concepts des OP pré-requis définis par l'auteur, le système lui indique les chemins pédagogiques qu'il peut emprunter afin d'assimiler les concepts nécessaires à la bonne compréhension du contenu d'un OP auquel il désirait accéder.

4.1.3. Gestion des exercices d'évaluation:

A chaque concept est associé une batterie d'évaluation contenant un certain nombre d'exercices de différents modèles et difficultés. L'auteur dispose d'une interface pour concevoir une panoplie de catégories d'exercices.

Les exercices que propose SACA appartiennent à deux grandes catégories:

- questions fermées (QCMs, Vrai/Faux, ...),
- questions semi-ouvertes (questions à un seul mot à introduire, questions ouvertes dirigées, ...).

4.1.4. Mise à jour des paramètres liés à la population :

Pour chaque matière, un ensemble de paramètres (d'évaluation) liés à la population doivent être initialisés afin qu'elle soit prête pour l'utilisation. Ces paramètres dépendent de la catégorie des apprenants. Ils concernent les objectifs pédagogiques, les méthodes de présentation des exercices ainsi que leurs solutions, etc.

4.1.5. Gestion du Forum par matière :

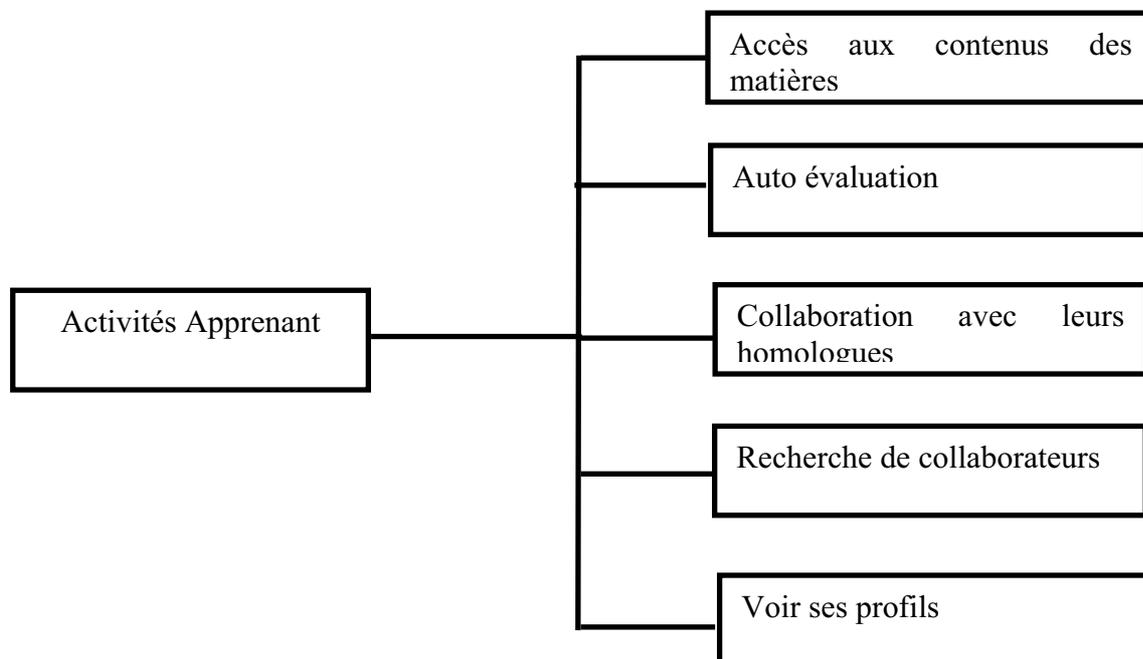
A chaque matière est associé un forum. L'idée est d'offrir l'opportunité aux apprenants de poser leurs questions à leurs enseignants ou à leurs collègues directement dans le forum.

L'auteur (responsable de la matière dont le forum est associé) joue le rôle de modérateur. Il veille sur la qualité du contenu des messages envoyés ainsi que sur leurs réponses.

Le forum est l'un des outils les plus adaptés à l'animation et à la gestion des groupes d'apprentissage en formation à distance. Ceci prend une importance singulière en apprentissage collaboratif. Il est donc très important que l'auteur puisse gérer très efficacement les forums concernant les matières dont il est responsable. Il doit donc intervenir à des moments bien précis en vue d'assurer la réussite de tous les forums.

4.2. Activités pédagogiques de l'apprenant :

Les activités pédagogiques réalisées par l'apprenant sont décrites par le diagramme suivant :



4.2.1. Accès aux contenus des matières (modules) :

L'apprenant a accès aux contenus des matières appartenant à son niveau. Il peut naviguer d'un concept à un autre du même objectif pédagogique (agent du domaine) utilisant les liens existant entre eux (de l'hypermédia). Des techniques d'adaptation de présentation du contenu peuvent être utilisés pour tenir compte de son profil cognitif et son évolution.

4.2.2. Auto-évaluation :

A travers cette fonctionnalité, l'apprenant peut choisir n'importe quel objectif pédagogique constituant la matière à enseigner pour tester son niveau d'acquisition des connaissances ou contrôler sa progression.

4.2.3. Collaboration avec ses homologues :

L'apprenant a la possibilité de collaborer avec ses homologues en utilisant les outils de communication disponibles dans l'environnement SACA. Ils collaborent essentiellement pour :

- *Apprendre un concept d'une matière ensemble* : c'est le premier objectif visé de la collaboration (dans SACA).
- *Résoudre un exercice ensemble* : dans le cadre des exercices destinés à tout le groupe, la collaboration devrait être nécessaire pour donner une solution collective.
- *Discussions diverses* : à propos du contenu de la formation, la réalisation d'une œuvre commune, etc.

4.2.4. Recherche de collaborateurs :

4.2.4.1. Principe :

C'est l'aspect innovant de notre travail de recherche. Il consiste à effectuer une recherche de collaborateurs pour un apprenant demandant la collaboration. L'apprenant doit spécifier ses préférences et ses besoins pour que le système puisse les prendre en considération. Les besoins concernent les niveaux sociaux et cognitifs des apprenants ainsi que leurs états de connaissances actuels.

Les préférences de l'apprenant tenant en compte ses avis sur des tâches de collaboration précédentes et la tendance sociale de l'apprenant recherché (il accepte souvent les demandes de collaboration, il accepte rarement la collaboration, etc.).

C'est l'agent de collaboration de l'apprenant cherchant des collaborateurs qui prend en charge ce processus dès le début (expression des besoins).

4.2.4.2. Critères de recherche :

Pour extraire les critères de recherche de collaborateurs, nous avons du recourir à des interviews avec des spécialistes. Ces critères sont utilisés dans le cadre de la dynamique de groupe tels que la positivité du collaborateur, son comportement, sa connaissance, etc. Dans SACA, nous avons utilisé les critères de recherche suivants :

- i. ***Le profil cognitif*** : indique le niveau cognitif de l'apprenant recherché (excellent, bon, moyen, etc.). Ce profil est déterminé, comme il a été indiqué précédemment, par l'agent de l'évaluation à partir des résultats d'évaluation concernant les

exercices proposés à l'apprenant. Ce profil peut être associé à un OP, à une matière ou à toutes les matières de son niveau de formation.

- ii. ***Le profil social*** : indique l'état social de l'apprenant (collaborateur, isolé, etc.). Il est déterminé en fonction de quelques critères notamment sa participation dans chaque outil de communication et ses réponses aux demandes de collaboration provenant des autres apprenants.
- iii. ***Etat actuel de connaissance*** : l'apprenant peut chercher un collaborateur qui a le même état de connaissance actuel que le sien ou un état bien précisé (selon les préférences de l'apprenant). L'état de connaissance détermine la connaissance en cours d'assimilation, les tentatives d'évaluation, etc.
- iv. ***Positivité de l'apprenant*** : il indique le comportement de l'apprenant vis-à-vis des demandes de collaboration provenant des autres apprenants (il est classé très positif s'il répond favorablement à la plupart des demandes).
- v. ***Appréciation sur les collaborations déjà réalisées*** : afin d'offrir plus d'opportunité de réussir une prochaine collaboration, les avis précédents concernant les collaborations déjà achevées sont prises en compte pour une nouvelle recherche de collaborateurs.

4.2.4.3. Types de recherche :

Pour faciliter le processus de recherche de collaborateur, nous proposons plusieurs types de recherches (figure 13). Ils sont divisés en deux catégories. La première concerne ceux issus de spécifications des besoins de l'apprenant (spécification des valeurs des critères de choix de collaborateurs utilisés) et la deuxième concerne ceux issus de la non-spécification de tels critères.

a. Recherche simple :

Ici, l'apprenant doit spécifier un seul critère de recherche : profil social, profil cognitif, nom, sexe, âge, etc. Sa simplicité réside dans le fait d'utiliser un seul critère sans aucune utilisation des opérateurs booléens.

b. Recherche avancée :

Tous les critères peuvent être utilisés. Pour chaque critère un ensemble de valeurs sont associées. Des opérateurs booléens (Et, Ou et Sauf) sont disponibles afin d'exprimer des requêtes de recherche plus complexes. Ceci peut donner une liste de collaborateurs plus restreinte ou plus élargie (selon la combinaison des opérateurs).

c. Recherche automatique (recommandée) :

C'est le type de recherche qui prend en compte les besoins de l'apprenant. Pour ce faire, l'agent de collaboration établit un classement suivant la valeur d'un paramètre appelé : coefficient de collaboration. Ce dernier est calculé en fonction des critères précédemment énoncés avec des pondérations. Ces pondérations doivent être établies par des spécialistes en sciences sociales.

d. Recherche thématique :

C'est le type de recherche classique. Il consiste à rechercher tous les apprenants satisfaisant un critère (ou mot clé) donné par l'apprenant (nom, age, niveau social, niveau cognitif, etc.). Dans ce cas, l'apprenant peut introduire des mots clés exprimant sa recherche indépendamment des critères de recherche (semblable à la recherche effectuée par les moteurs de recherche, sauf qu'ici, c'est la base de données des apprenants qui est utilisée).

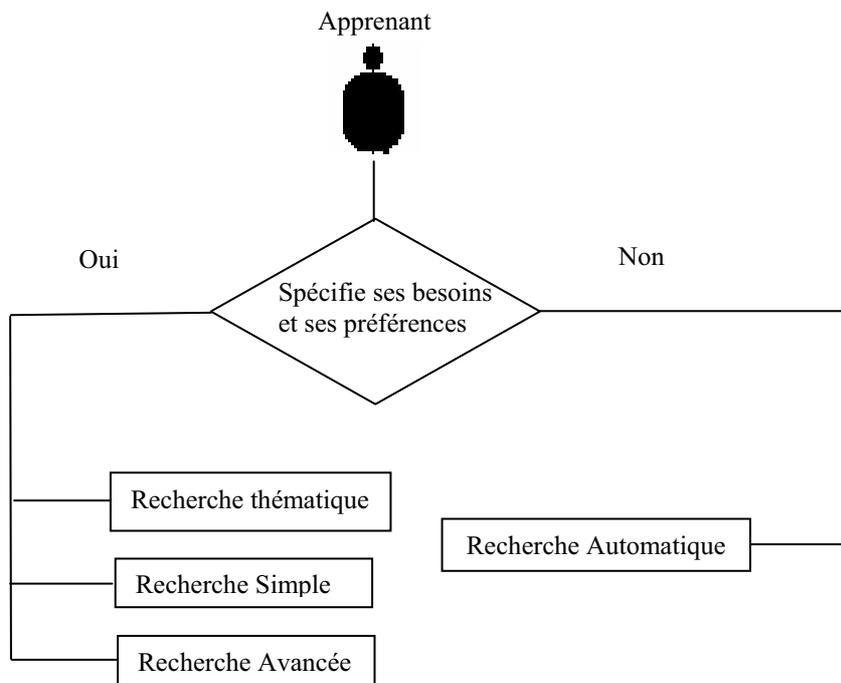


Figure 13 : Types des recherches.

4.2.5. Voir ses profils:

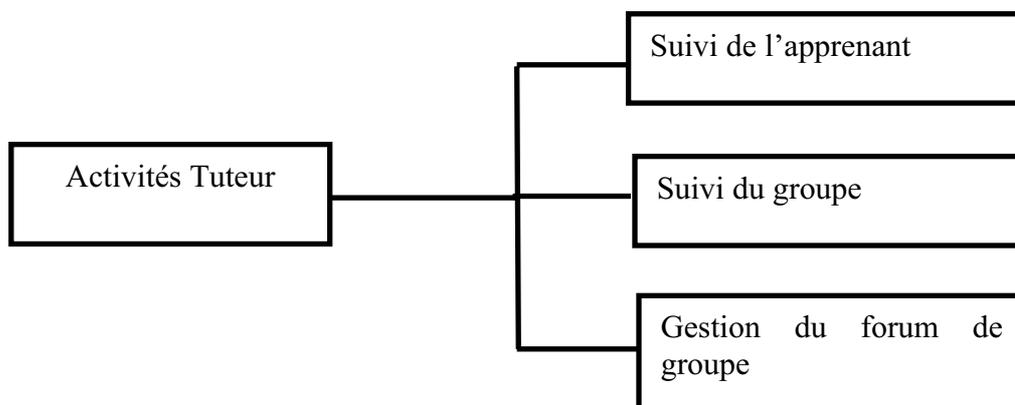
Dans SACA, un apprenant possède deux profils : cognitif et social. Afin de motiver l'apprenant pendant le processus d'apprentissage, le système lui donne la possibilité de voir ses profils ainsi que leurs progressions.

4.3. Activités pédagogiques du tuteur :

Lorsqu'un groupe est engagé dans une activité collaborative, il est engagé dans un processus de collaboration qui est dirigé vers l'atteinte des objectifs fixés. Or, ce processus de collaboration, directement lié au déroulement d'une activité collaborative à distance, nécessite une forte médiation humaine [Cerratto, 1999; Arnaud, 2003]. Par exemple, le groupe évolue dans le temps et le tuteur doit être capable de repérer l'étape courante de la vie du groupe. L'une des tâches du tuteur est donc d'entretenir la participation et la collaboration des apprenants [Borges et al., 2003].

Dans ce cadre, le rôle du tuteur est de comprendre les processus sociaux et cognitifs mis en œuvre dans l'apprentissage, et de comprendre comment la construction du savoir s'opère entre les individus et le groupe [Lally et al., 2002]. Le tuteur procède donc à une analyse permanente de la situation collective : analyser les échanges (motivation, implication des apprenants), comprendre les implications de cette situation au niveau de l'apprentissage et de l'activité collective puis agir auprès des apprenants [Laperrousaz, 2006].

Dans SACA, les activités pédagogiques du tuteur sont décrites par le diagramme suivant :



4.3.1. Suivi de l'apprenant :

Le tuteur doit veiller à ce que chacun des participants contribue aux discussions en les aidant à établir et à maintenir des conversations fructueuses en terme d'apprentissage, il peut

d'ailleurs être amené à initier des discussions. Pour chaque apprenant appartenant à l'un des groupes tutorés, le suivi consiste à :

- Voir la progression de son apprentissage.
- Voir le profil cognitif relatif à un objectif pédagogique, à une matière ou global.
- Voir l'historique des activités réalisées par l'apprenant : apprentissage, évaluation et collaboration (liste des messages envoyés et reçus, outil utilisé, ...).
- Voir le taux de participation dans chaque outil (forum, chat, etc.).
- Répondre à ses questions.
- etc.

4.3.2. Suivi du groupe :

Le suivi du groupe consiste à motiver les interactions entre les membres d'un groupe, si un groupe est dormant ou peu dynamique et de voir l'historique du processus d'évaluation collaborative des exercices. Enfin, il permet au tuteur de suivre à tout moment la dynamique d'un groupe et son évolution (des RDV peuvent être planifiés pour tout le groupe dans un outil de communication spécifié).

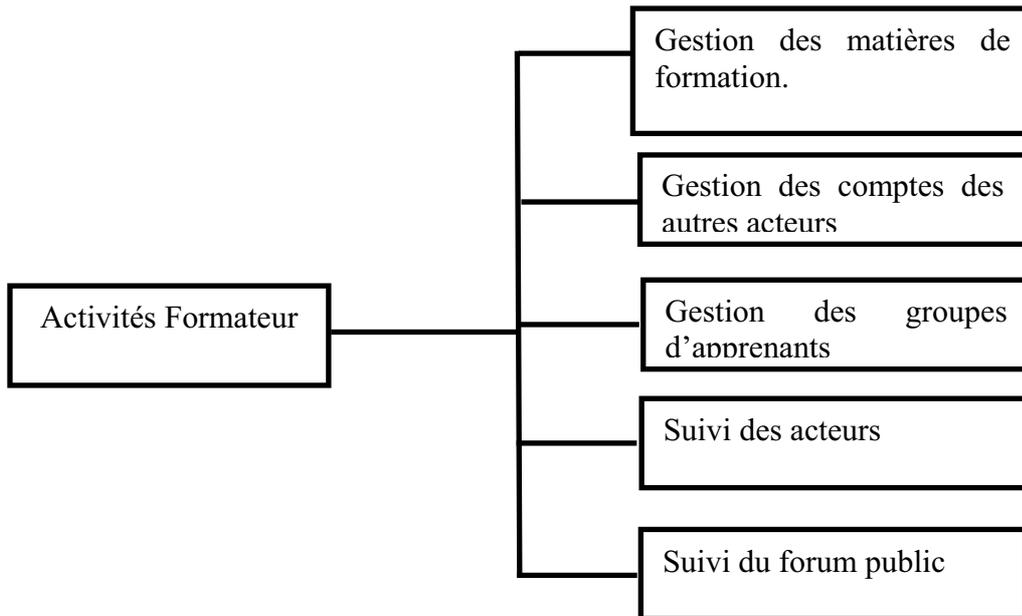
4.3.3. Gestion du forum de groupe :

Le forum est aussi probablement l'un des outils majeurs de création et de maintien du sentiment d'appartenance au groupe, à la communauté, etc. Son caractère asynchrone et collectif lui assure une grande efficacité comparée à d'autres outils de communication comme le bavardage, le tableau blanc, le courriel, etc.

Le forum par groupe est le moyen qui regroupe tous les apprenants d'un groupe avec leur tuteur. Ce dernier est responsable de la gestion de ce forum. Il veille sur la qualité des messages envoyés ainsi que sur leurs contenus (il peut supprimer des messages non conformes ou non significatifs).

4.4. Activités du Formateur :

Le formateur assume deux types de responsabilités : administrative et pédagogique. Il assure donc les activités suivantes :



4.4.1. Gestion des matières de formation:

Le formateur doit créer les parcours de la formation qui sont composés d'un ensemble de matières ou modules. Pour chaque matière, le formateur désigne un responsable.

4.4.2. Gestion des comptes des autres acteurs :

Chaque intervenant dans SACA doit posséder un compte témoignant de son appartenance au système. C'est le formateur qui va gérer ces comptes (validation, modification, suppression, etc.).

4.4.3. Gestion des groupes d'apprenants :

Le formateur doit désigner la méthode de regroupement des apprenants. Il gère aussi les conflits propres à la gestion des groupes (abandon, changement, etc.). En plus, il s'occupe de l'affectation des tuteurs à ces groupes.

4.4.4. Suivi des autres acteurs :

En tant que responsable pédagogique, le formateur a un regard sur toutes les activités des autres acteurs. Dans ce sens, il peut accéder au contenu pédagogique des modules, voir l'historique des activités pédagogiques des apprenants, la dynamique de chaque groupe, les outils de communication les moins utilisés, les profils cognitifs et sociaux des apprenants, les interventions des tuteurs dans chaque groupe, les contenus des différents forums, ...

4.4.5. Suivi du forum public :

Le formateur gère le forum public destiné à tous les acteurs du système. Il veille sur la qualité des messages envoyés, leurs réponses, leurs contenus, etc. C'est le lieu où les apprenants peuvent le contacter et exprimer leurs besoins et remarques sur le contenu de la formation (contenu des modules par exemple), les difficultés rencontrées, leurs souhaits, etc.

5. Scénarios pédagogiques dans SACA :

Cet environnement est conçu principalement afin d'aider et soutenir les apprenants dans leurs activités. Trois scénarios pédagogiques peuvent être utilisés par les apprenants : apprentissage, évaluation et collaboration. Nous présentons leurs déroulement dans ce qui suit.

5.1. Scénario d'apprentissage :

L'apprenant doit choisir une matière non acquise appartenant à son cursus de formation. Ensuite, il doit choisir un OP (représenté par un agent du domaine) parmi ceux non acquis. Lors de sa navigation, l'apprenant passe d'un concept à un autre du même agent du domaine ou entre les éléments de connaissances du même concept en déclenchant des liens composant l'hypermédia. Un ensemble d'outils est offert aux apprenants pour sauvegarder leurs états d'avancement et les chemins déjà parcourus [Lafifi et al., 2007a].

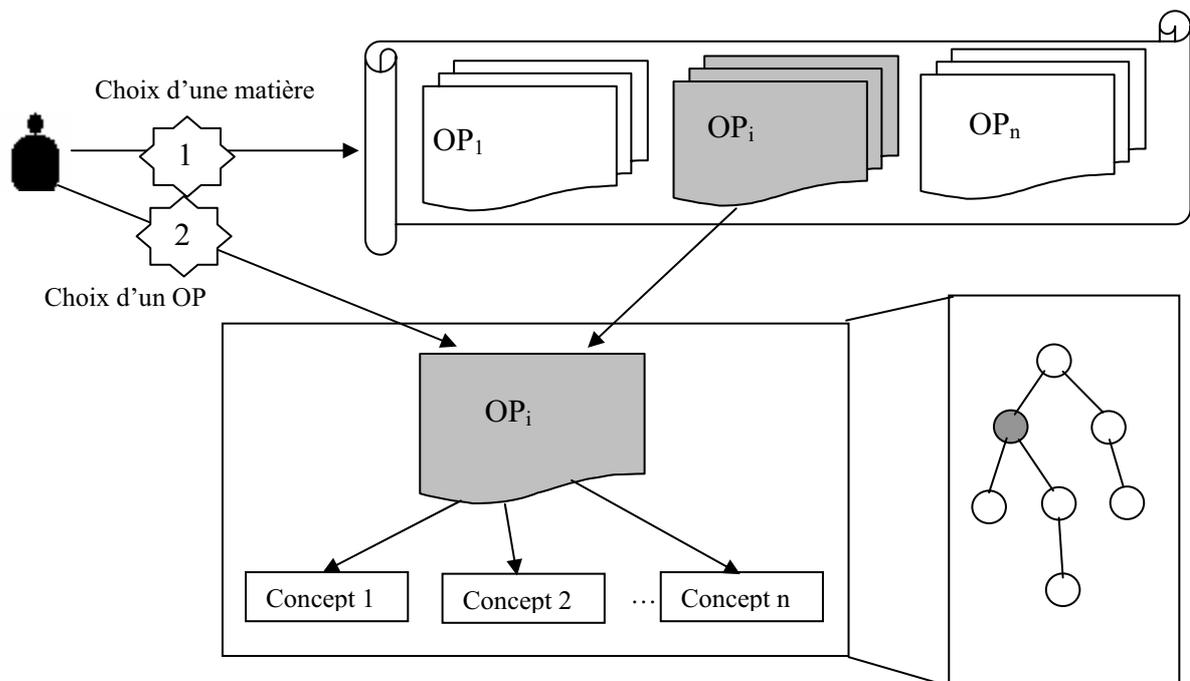


Figure 14: Scénario d'apprentissage.

5.2. Scénario d'évaluation :

Dans SACA, il y a trois formes d'évaluation : individuelle, semi-collaborative et collaborative.

5.2.1. Evaluation individuelle :

A chaque fin de visite du dernier concept de l'objectif pédagogique en cours d'acquisition, l'agent pédagogique envoie une demande d'évaluation de cet OP à l'agent évaluateur. Celui-ci présente, un ensemble d'exercices de différents niveaux et de différents modèles en tenant compte des paramètres liés à la population cible [Lafifi et al., 2007b].

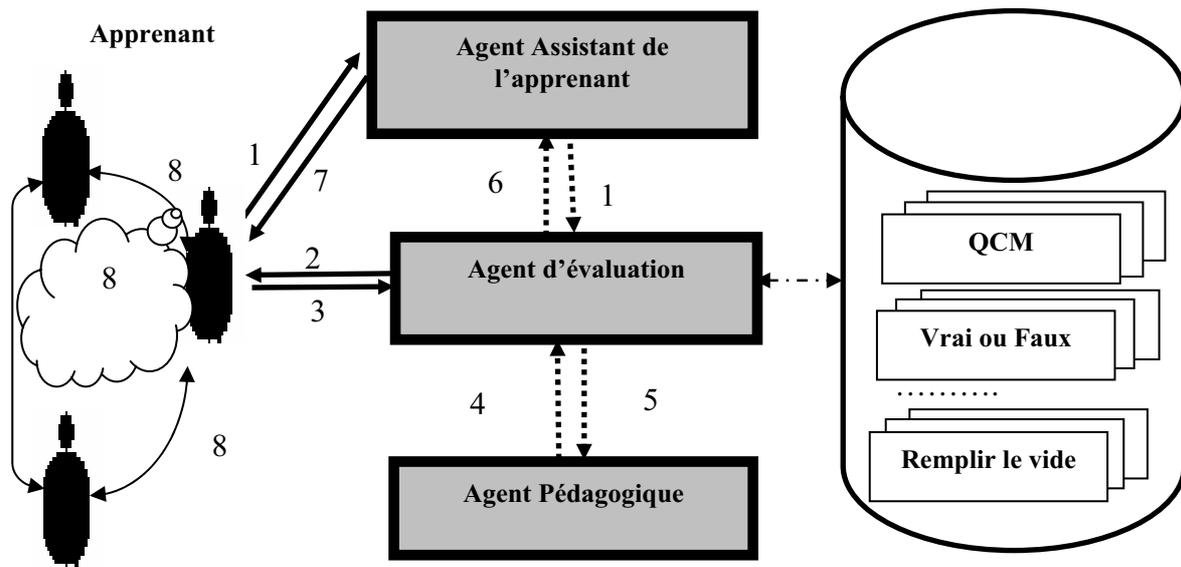
Après la présentation de tous les exercices concernant l'OP, le résultat final de l'évaluation est envoyé à l'agent assistant de l'apprenant pour la mise à jour du modèle élève. L'agent pédagogique, se charge ensuite d'appliquer une suite de règles pédagogiques pour décider de la prochaine action à entreprendre (cf. § 3.2.2.1.).

La figure 15 montre les différentes interactions réalisées entre les différents agents concernés par le scénario d'évaluation de l'apprenant.

5.2.2. Evaluation semi-collaborative : Twisa

Des exercices peuvent être assignés à l'apprenant individuellement. Ce dernier peut collaborer avec ses homologues pour résoudre ces exercices (figure 16). Donc, les apprenants peuvent collaborer pour obtenir la solution. Mais, la solution finale des exercices doit être élaborée et envoyée par l'apprenant concerné. Le résultat d'évaluation (i.e. la note) est attribué à cet apprenant. Juste après, un autre exercice équivalent au premier est soumis à l'apprenant qui doit le résoudre cette fois ci individuellement. Nous appelons cette stratégie : Twisa.

Le principe de Twisa est que les apprenants collaborent entre eux pour résoudre les problèmes de chacun d'eux à tour de rôle. Ce principe est inspiré du mot "Twisa" utilisé par les fermiers algériens lors du labourage ou la moisson. Ils utilisent tous les moyens disponibles (tracteurs, moissonneuses, ...) pour aider un fermier parmi eux et ainsi de suite (à tour de rôle jusqu'à ce que tout le monde ait terminé son travail) [Lafifi et al., 2007b].



1. Demande d'auto-évaluation (concernant un objectif pédagogique).
2. Présentation des exercices.
3. Solution des exercices.
4. Demande d'évaluer l'apprenant (concernant un objectif pédagogique).
5. Résultat de l'évaluation d'un objectif pédagogique.
6. Profil cognitif de l'apprenant.
7. Résultat d'auto-évaluation + profil cognitif.
8. Collaboration (Twisa ou résolution collaborative des exercices).

Figure 15: Cycle d'évaluation.

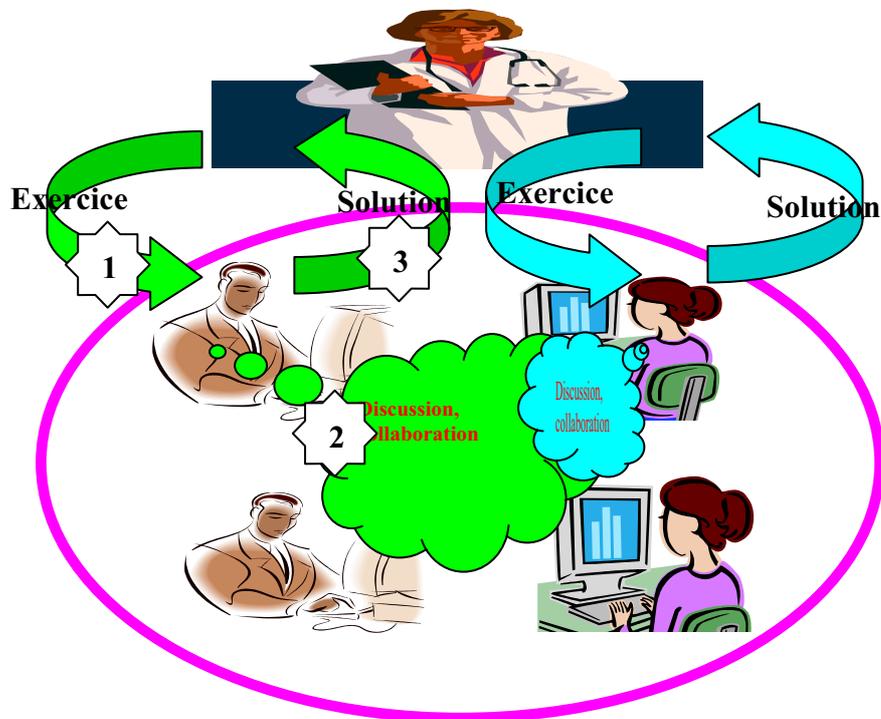


Figure 16 : Twisa, combinaison de l'évaluation collaborative et individuelle.

5.2.3. Evaluation collaborative :

Ce type d'exercice est assigné à tous les apprenants du groupe (un exercice, un projet, un mini projet, etc.). Ces derniers collaborent (ou coopèrent) pour résoudre l'exercice soumis (figure 17). Le résultat d'évaluation est attribué à tous les membres du groupe [Lafifi et al., 2006b].

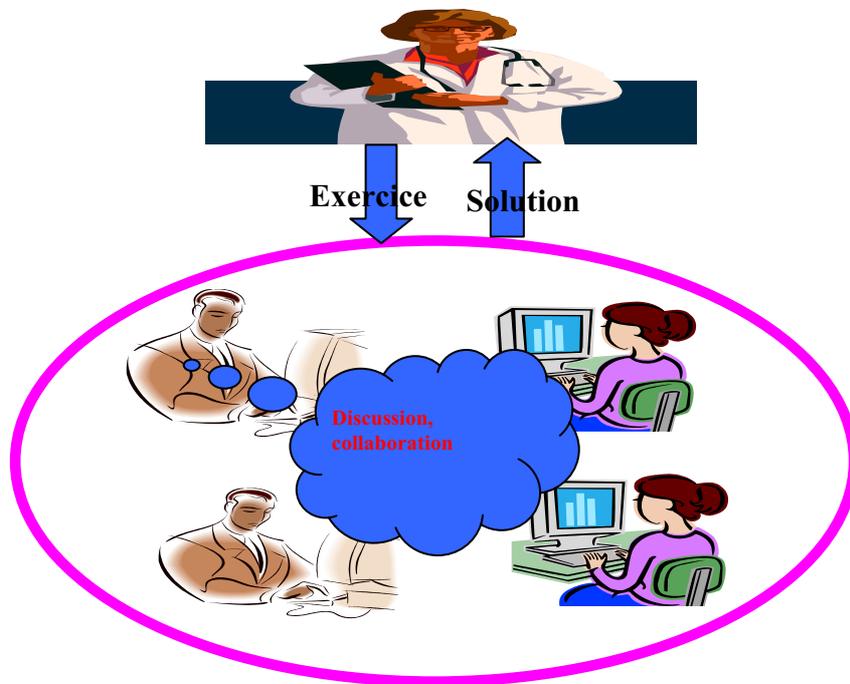


Figure 17 : Evaluation collaborative.

5.3. Scénario de collaboration :

5.3.1. Pré -collaboration :

L'apprenant peut demander de collaborer avec un apprenant «spécifié» (connu à l'avance) ou demander à son AC de lui chercher un collaborateur. Dans ce dernier cas, l'apprenant peut spécifier ses besoins ou ses préférences pour le(s) futur(s) collaborateur(s) ou laisser le choix à son AC (qui utilise ses compétences). Celui-ci consulte le modèle-élève de son apprenant et envoie une demande aux agents de collaboration des autres apprenants afin d'obtenir d'éventuels collaborateurs (figure 18). Après réception des résultats, il établit un classement des candidats. Ce classement tient compte :

- du résultat d'évaluation obtenu pour l'OP en question,
- des profils cognitifs des apprenants,
- de l'appréciation de l'apprenant concernant les collaborations précédentes,
- des états sociaux des apprenants,
- ...

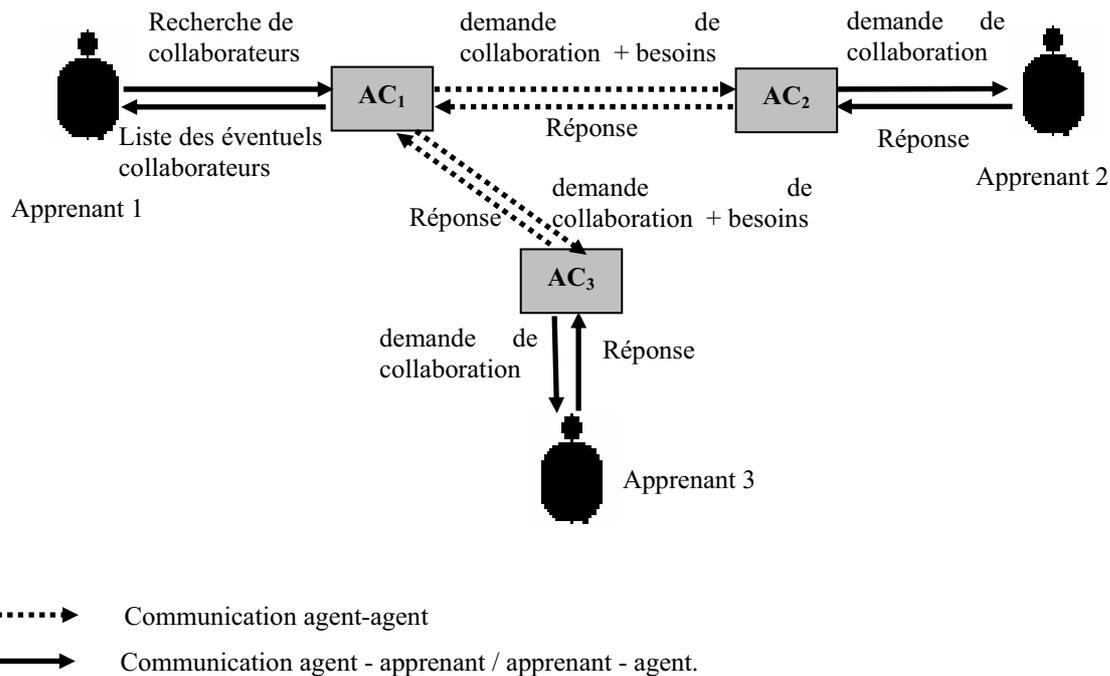


Figure 18 : Déroulement de la pré-collaboration.

5.3.2. Collaboration :

Après avoir reçu la liste des éventuels collaborateurs, l'apprenant en choisit un. Ensuite, les deux futurs collaborateurs fixent un RDV et choisissent un outil de communication (chat, forum approprié, etc.) (figure 19). Si l'apprenant acceptant la collaboration est en ligne, son agent de collaboration lui propose un outil de communication synchrone.

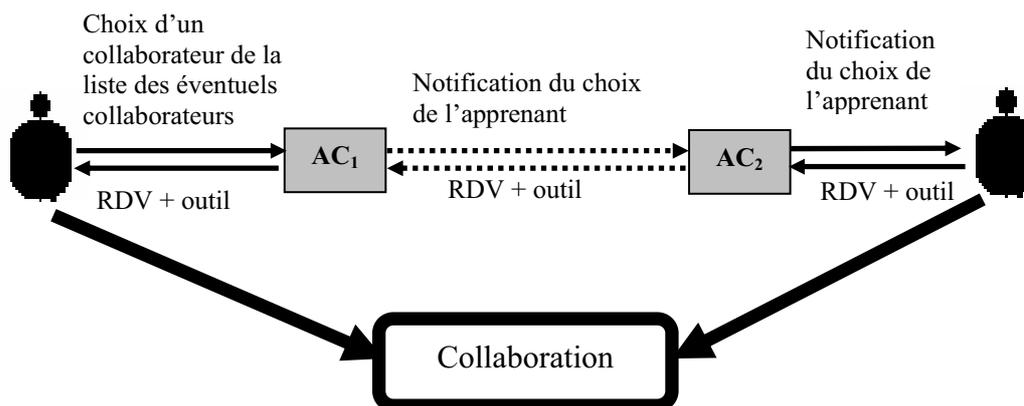


Figure 19 : Déroulement de la collaboration.

5.3.3. Post-collaboration :

A la fin du processus de collaboration, *un journal de collaboration* est mis à jour (figure 20). Cette mise à jour porte sur :

- la durée de la collaboration,
- l'identification du dernier collaborateur,
- l'OP objet de la collaboration,
- l'appréciation donnée par l'apprenant sur la collaboration effectuée,
- ...

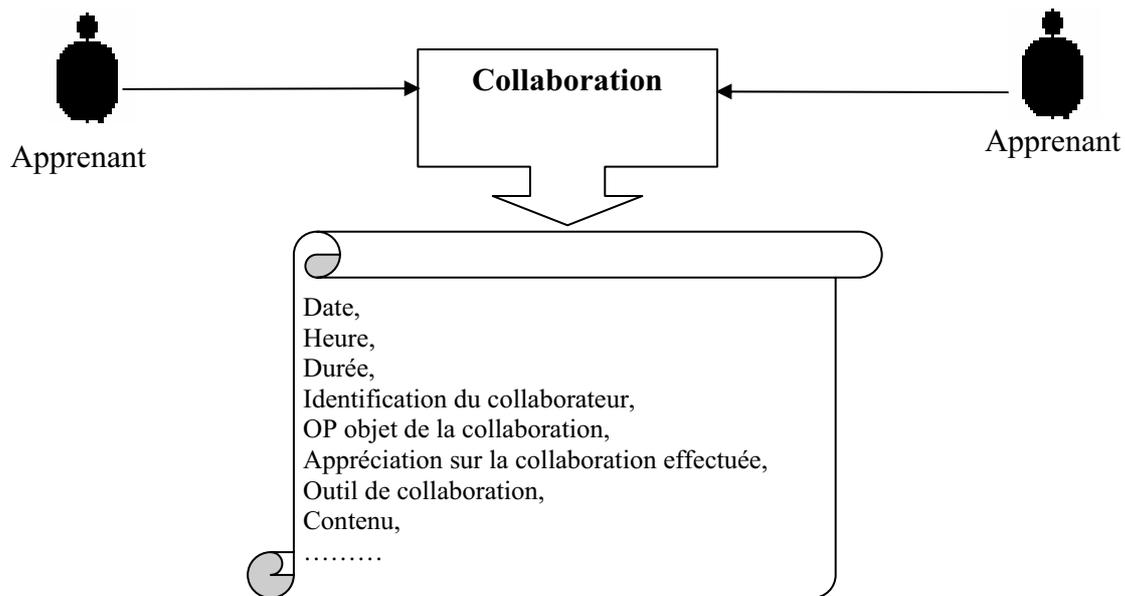


Figure 20 : Le journal de la collaboration.

6. Conclusion :

L'objet de ce chapitre était la présentation du système SACA. Ce dernier offre un environnement favorisant l'apprentissage collaboratif entre les apprenants inscrits. Plusieurs outils et techniques peuvent être utilisés pour faciliter cette tâche de collaboration. Outre les outils standard de communication synchrones ou asynchrones, nous avons proposé d'utiliser des mécanismes de recherche de collaborateurs selon les compétences et les besoins des apprenants. Ils sont basés sur des critères de recherche inspirés des études sur la dynamique de groupe dans le domaine des sciences sociales.

Les différentes activités pédagogiques, à savoir l'apprentissage, l'évaluation et bien entendu la collaboration, sont dédiées à des agents artificiels. L'agent assistant de l'apprenant permet de l'assister dans sa tâche d'apprentissage (historique, statistiques, etc.). De son côté, l'agent d'évaluation prend en charge le processus d'évaluation du degré d'assimilation des connaissances de son apprenant. Cet agent offre différentes formes d'évaluation (individuelle,

semi- collaborative et collaborative). Comme Arnaud [Arnaud, 2003] l'a souligné, mesurer l'apprentissage collaboratif est difficile, «les modalités d'évaluation sont une source de difficultés du fait de la multiplicité des éléments à prendre en compte dans un contexte d'apprentissage collectif, en particulier ceux relatifs aux échanges au sein du groupe de travail et à l'implication de chaque participant. Il s'agit d'évaluer non seulement les capacités d'assimilation et de synthèse de l'étudiant comme dans le modèle transmissif mais aussi sa propension à participer au travail d'équipe, à entraîner ses camarades et à mettre à leur disposition tout ce qu'il a accumulé dans le cadre de ses recherches personnelles».

Enfin, l'agent de collaboration est le responsable des mécanismes de recherche de collaborateurs. Il communique avec les autres agents de collaboration des éventuels collaborateurs. Il offre plusieurs formes de recherche (simple, avancée, etc.).

Dans le chapitre suivant, on va présenter la mise en œuvre de cet environnement et l'implémentation des différentes fonctionnalités des différents acteurs.

Chapitre 8

Implémentation et présentation de SACA

1. Introduction :

Après avoir présenté dans le chapitre précédent les principes de base de la conception de SACA, nous présentons dans ce chapitre sa mise en œuvre et quelques interfaces de l'environnement réalisé. Nous insistons sur les différentes fonctionnalités offertes aux acteurs et en particulier celles concernant les apprenants.

Nous commençons par décrire les langages de programmation utilisés pour la mise en œuvre de cet environnement. Ensuite, nous décrivons l'environnement de chacun des acteurs que nous appelons « espaces ». Nous mettons l'accent sur les fonctionnalités innovantes de SACA notamment les méthodes d'évaluation des apprenants et les outils de recherche de collaborateurs.

2. Choix techniques :

Pour le développement de cet environnement, nous avons utilisé plusieurs langages de programmation. Notre objectif est de concevoir un système facilement accessible par les différents acteurs sous web. Donc, il est préférable de choisir des outils et langages de développement qui facilitent l'accès, le téléchargement des documents, la communication, etc.

Nous avons adopté la structure client/serveur. Les solutions possibles pour développer les clients étaient : soit d'utiliser un client dit lourd (par exemple développé en JAVA, langage souvent utilisé pour ce type d'environnements), soit d'utiliser un client dit léger. Puisque nous voulons développer un environnement intégré accessible par le web (« full web »). Nous avons donc opté pour un client léger. Le développement d'un client léger de ce type peut être réalisé par des langages tels que Java script et Active Server Pages (ASP).

2.1. Active Server Pages (ASP) :

Active Server Pages (ASP) a été développé par Microsoft pour créer des pages HTML dynamiques et interactives sur le web ou sur un intranet. ASP est un outil puissant de création de pages web dynamiques. Il tire sa puissance de deux concepts : en premier lieu, le code HTML n'est pas généré tant que l'utilisateur n'affiche pas la page. En deuxième lieu, ce langage est indépendant du navigateur utilisé, les pages ASP peuvent être visualisées à partir de n'importe quel ordinateur et à l'aide de n'importe quel navigateur récent. ASP est potentiellement l'une des plus importantes nouveautés sur le web, aussi bien pour les utilisateurs et les développeurs d'Internet que d'un intranet. L'ASP permet sans aucun doute de créer des pages qui réagissent à des événements tels que l'heure ou le positionnement du curseur, et qui s'adaptent à l'identité de l'utilisateur, aux actions et au choix de sa visite précédente.

2.2. Système de Gestion de Base de Données (SGBD) utilisé :

Nous avons utilisé Access qui est le SGBD de bureau le plus populaire actuellement sur le marché vu sa simplicité. La base de données utilisée contient toutes les informations concernant les matières, les exercices d'évaluation, les acteurs, etc.

2.3. Serveur web utilisé :

Le terme serveur Web désigne :

- un ordinateur tenant le rôle de serveur informatique sur lequel fonctionne un logiciel serveur HTTP ;
- Le logiciel serveur HTTP lui-même.

La plupart des ordinateurs utilisés comme serveur Web sont reliés à Internet et hébergent des sites Web du World Wide Web. Les autres serveurs se trouvent sur des intranets et hébergent des documents internes d'une entreprise, d'une administration, etc. [Talhi, 2007].

Les serveurs HTTP les plus utilisés sont [Talhi, 2007]:

- Apache HTTP Server de la Apache Software Foundation (voir www.apache.org) ;
- Internet Information Services de Microsoft (www.microsoft.com/WindowsServer2003);
- Sun Java System Web Server de Sun Microsystems (www.sun.com/software/products/);

Nous avons utilisé comme serveur web Internet Information Services (IIS) de Microsoft qui n'est fourni qu'avec les versions "professionnelles" du système Windows XP.

2.4. Comment utiliser SACA ?

SACA est accessible via n'importe quel ordinateur lié à l'Intranet de l'Université de Guelma. Il suffit de disposer d'un navigateur Internet (par exemple Internet explorer) et de spécifier l'adresse IP du serveur. Pour lancer SACA depuis un poste client, il suffit de taper l'adresse suivante : <http://172.16.0.11/SACA/accueil.htm>. Ensuite, l'interface d'accueil apparaîtra (cf. figure 21).

3. Espaces des acteurs de SACA :

Comme nous l'avons signalé dans les chapitres précédents, notre environnement est accessible par quatre acteurs. A chacun d'eux est associé un « espace » regroupant toutes les fonctionnalités et outils facilitant leurs tâches. Un espace dans SACA est un environnement personnel (regroupement des documents personnels, d'une bibliothèque personnelle, des notes, etc.) de son propriétaire.

Avant de décrire chaque espace, nous devons mentionner que les apprenants, les auteurs et les tuteurs doivent s'inscrire avant toute utilisation effective du système. Chacun d'eux doit remplir un formulaire d'inscription contenant des informations personnelles et ils doivent attendre la validation de leurs inscriptions par le formateur (pour des raisons de sécurité).

3.1. Espace auteur :

Il est doté d'un ensemble d'outils auteur permettant la gestion des contenus pédagogiques de la formation (semblable à ceux existant dans les systèmes auteurs traditionnels). Lors de son inscription, l'auteur doit fournir des informations personnelles (nom, prénom, âge, sexe, date et lieu de naissance, etc.) et professionnelles (grade, diplôme, etc.).

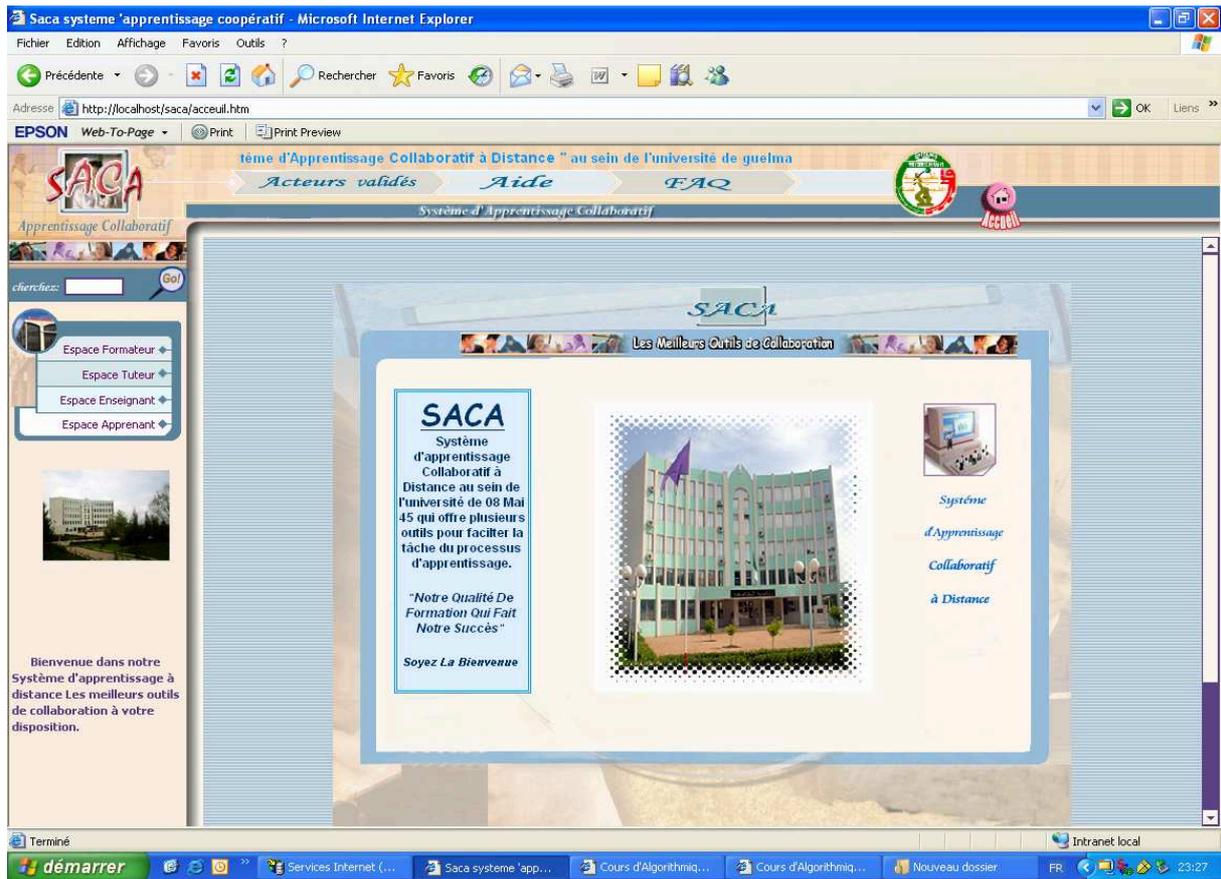


Figure 21 : Interface d'accueil de SACA.

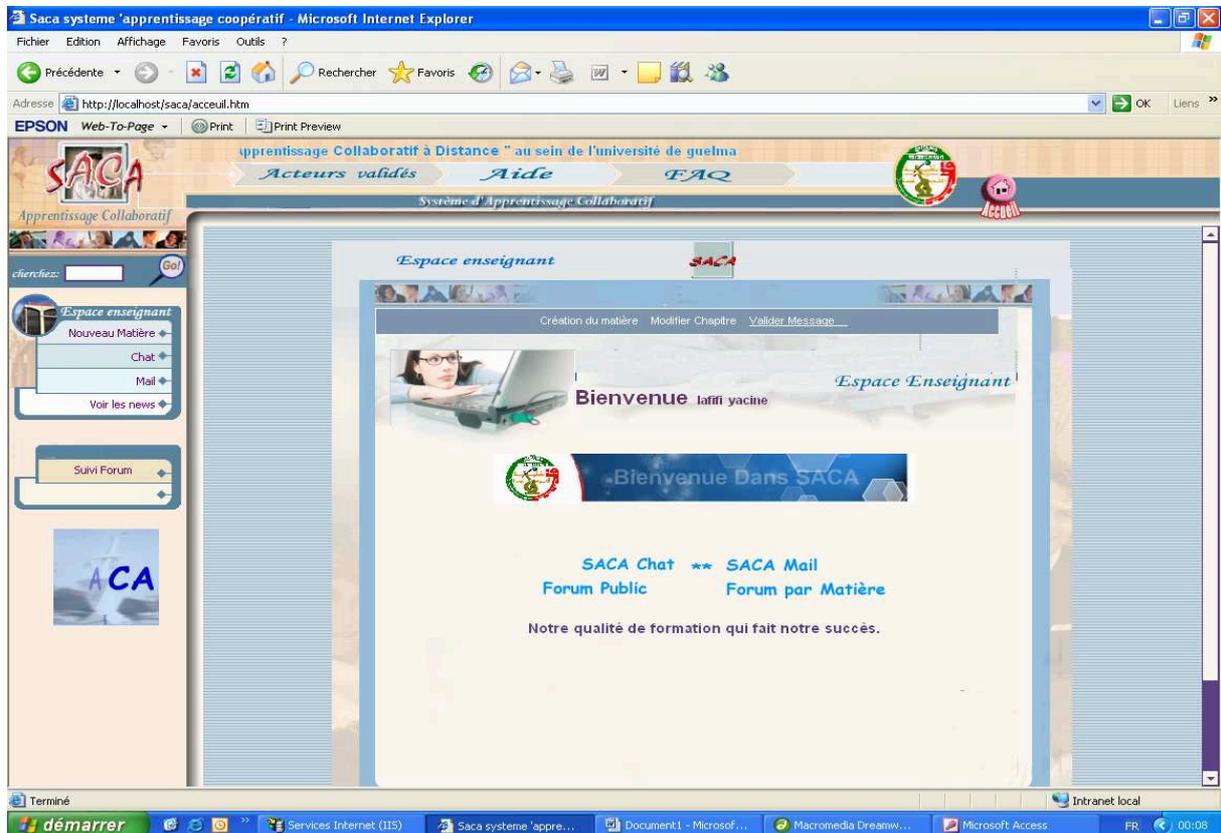


Figure 22 : Espace auteur.

3.1.1. Gestion des matières ou modules de formation :

Pour chaque matière, l'auteur doit créer son contenu (concepts, exercices, etc.). Il peut offrir aux apprenants la possibilité de télécharger leurs contenus (et les stocker sur leurs machines) ou il les met juste pour consultation.

Lors de sa tâche de création des exercices d'évaluation, il doit tout d'abord fixer les paramètres liés à la population cible. Ensuite, il est assisté par son agent assistant pour le choix des modèles d'exercices, les difficultés, les formes d'évaluation, etc. en respectant les valeurs des paramètres déjà fixés.

3.1.2. Outils auteurs pour la gestion des modules de formation :

L'auteur dispose d'un ensemble d'outils lui facilitant les différentes tâches assignées. Nous les regroupons en deux catégories :

- a) Outils pour la gestion des concepts et objectifs pédagogiques.
- b) Outils pour la gestion des évaluations des connaissances des apprenants.

3.1.2.1. Outils pour la gestion des concepts et objectifs pédagogiques:

Pour chaque matière, l'auteur doit introduire des informations telles que : identification de la matière, unité d'enseignement associée (fondamentale, découverte, ...), crédit, etc.

Ensuite, il commence par la création des objectifs pédagogiques ainsi que les concepts qui les composent (figure 23). Pendant la création des objectifs pédagogiques, il doit établir les relations de pré-requis entre eux. Durant ces tâches, l'auteur est assisté par son agent assistant.

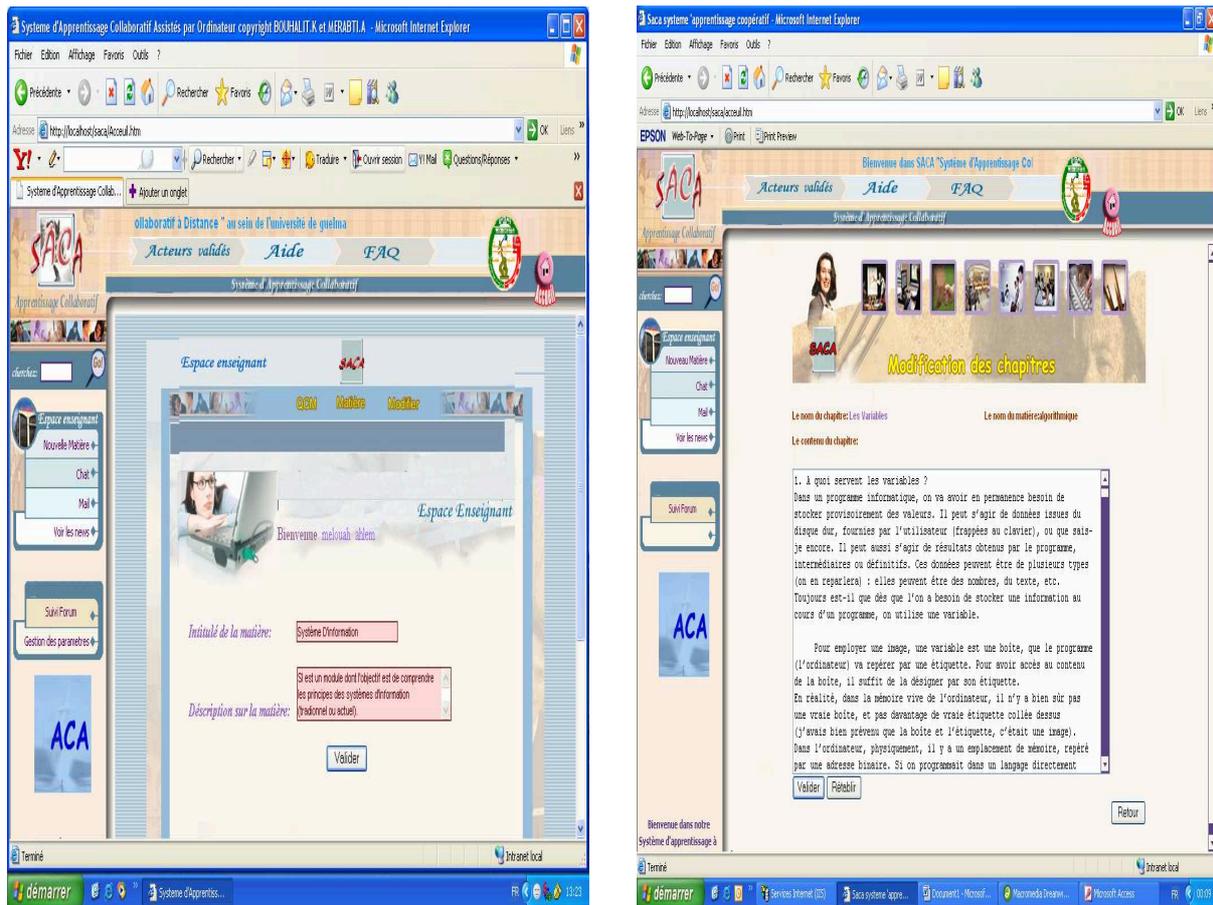


Figure 23 : Création des concepts et objectifs pédagogiques.

3.1.2.2. Outils pour la gestion des évaluations des connaissances des apprenants :

a. Initialisation des paramètres liés à la population cible :

Une suite de paramètres d'évaluation doit être initialisée avant toute utilisation des exercices d'évaluation. L'auteur est le seul acteur qui ait une idée sur la catégorie des apprenants cibles, la connaissance à transmettre aux apprenants, les habilités à acquérir par le apprenants, les objectifs finaux de la formation, etc. Donc, il doit adapter l'évaluation et les exercices à chaque catégorie des apprenants par la mise à jour de quelques paramètres d'évaluation.

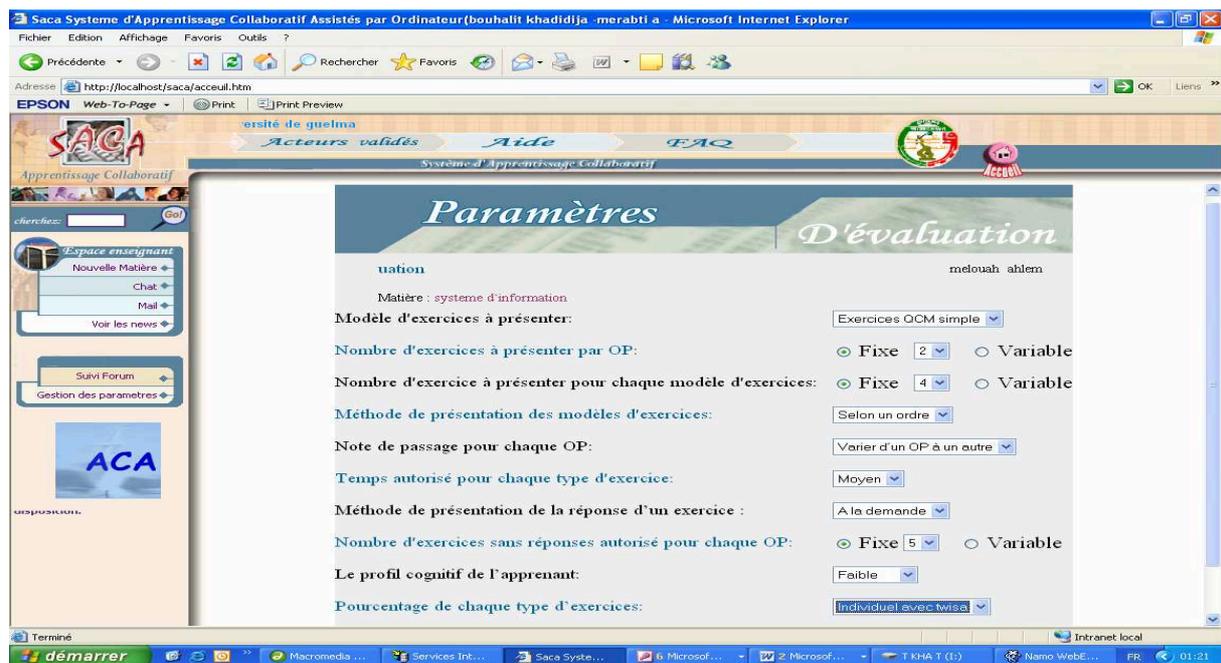


Figure 24 : Initialisation des paramètres liés à la population.

b. Modèles et difficultés des exercices :

Chaque exercice d'évaluation est caractérisé par sa difficulté (difficile, moyen, facile, etc.). En plus, il est caractérisé par son modèle. Dans SACA, plusieurs modèles peuvent être utilisés. A cause des particularités de chaque matière, les matières n'utilisent pas tous les modèles disponibles. Il y a des modèles qui correspondent mieux à des types particuliers de matières.

Dans la version actuelle de SACA, nous avons développé les modèles des exercices suivants :

- QCM,
- Vrai ou faux,
- Remplir le vide,
- Ordonnancement,
- Liste de correspondance,
- Réponse ouverte à un seul mot.

D'autres modèles sont propres à chaque matière. C'est le cas des exercices de type « déroulement d'un algorithme » ou « détection des erreurs dans un programme » qui sont spécifiques au module d'algorithmique² par exemple.

c. Formes d'évaluation :

L'auteur doit spécifier la manière de résoudre chaque exercice : individuelle sans collaboration, individuelle avec collaboration (Twisa) ou collaborative. Nous revenons sur ces trois formes d'évaluation lors de la description détaillée du scénario d'évaluation des apprenants.

3.2. Espace apprenant :

3.2.1. Inscription :

L'apprenant doit s'inscrire avant toute utilisation du système. Quelques informations doivent être introduites par l'apprenant. Elles constituent la partie statique de son modèle (nom, prénom, adresse, sexe, photo, etc.). Ces informations seront validées ensuite par le formateur. L'apprenant ne peut accéder à son espace qu'après la validation du formateur.

The screenshot shows a web browser window titled "Saca système d'apprentissage coopératif - Microsoft Internet Explorer". The address bar shows "http://localhost/saca/accueil.htm". The page content includes a navigation menu with "Acteurs validés", "Aide", and "FAQ". The main heading is "Inscription Apprenant". A prominent message reads "Attention, tous les champs sont obligatoire". The registration form contains the following fields and values: Pseudo: rose; Matricule: 1014; Nom: talbi; Prénom: rose; Date De Naissance: 24/05/1987; Lieu de Naissance: guelma; Branche de Bac: science; Mention Du Bac: bien; Mot de passe: masked with dots; Confirmation: masked with dots; Adresse: guelma; Sexe: féminin. A dropdown menu at the bottom of the form is labeled "tu peut choisir l'un des réponses suivantes" and has "classe" selected. The form has "valider >>>" and "Réinitialiser" buttons. The left sidebar contains navigation links for "Espace Formateur", "Espace Tuteur", "Espace Enseignant", and "Espace Apprenant". The bottom status bar shows "Terminé" and "Intranet local".

Figure 25 : Inscription de l'apprenant.

² Ce module fut l'objet de plusieurs expérimentations menées au département d'informatique de l'université de Guelma (voir [Lafifi et al., 2007a ; Lafifi et al., 2007b ; Lafifi et al., 2007c] pour de plus amples informations).

3.2.2. Apprentissage et évaluation dans SACA :

3.2.2.1. Apprentissage dans SACA :

Plusieurs outils sont offerts par le système pour faciliter la navigation de l'apprenant dans l'hypermédia représentant les éléments de connaissance. Afin d'apprendre, l'apprenant doit choisir une matière non acquise appartenant à son cursus. Ensuite, la liste des objectifs pédagogiques non acquis de la matière choisie est affichée.

L'apprenant peut choisir un OP parmi ceux affichés ou il peut laisser ce choix à son agent pédagogique. Ce dernier va lui proposer un OP adapté à ses compétences.

Après le choix de l'OP, l'apprenant peut naviguer dans l'hypermédia grâce aux différents liens liant les différents concepts de la matière. Des outils de mémorisation des chemins déjà parcourus, des outils de prise de notes, etc. peuvent être utilisés.

3.2.2.2. Evaluation dans SACA :

Il existe plusieurs options et formes d'évaluation proposées aux apprenants.

a. Auto-évaluation :

C'est une option offerte aux apprenants. Elle consiste à leur donner la possibilité de tester leurs progressions. Son résultat ne sert qu'à titre indicatif pour l'apprenant sur l'évolution de sa capacité d'assimilation des connaissances d'une matière précise. Pour ce faire, l'apprenant doit choisir un OP objet de l'auto-évaluation. Ensuite, l'agent d'évaluation lui présente une suite d'exercices.

b. Evaluation individuelle :

C'est l'évaluation classique du degré d'assimilation des connaissances de l'apprenant. Après la visite du dernier concept de l'OP en cours d'apprentissage, l'agent d'évaluation prend en charge l'évaluation de l'apprenant en présentant une suite d'exercices de différents modèles et difficultés. A la fin de la présentation de tous les exercices, l'agent d'évaluation envoie le résultat à l'agent pédagogique et à l'agent assistant de l'apprenant qui le présente à son apprenant.

c. Evaluation semi-collaborative :

Lors de la création des exercices, l'auteur peut autoriser les apprenants à collaborer pour résoudre quelques exercices dans le cadre de Twisa. Dans ce cas, l'apprenant, à qui est soumis

l'exercice, peut demander une collaboration pour résoudre un exercice donné. Les apprenants peuvent utiliser un outil de communication pour collaborer (le choix doit porter sur la messagerie électronique, le chat ou l'interface semi-structurée). La solution de l'exercice doit être établie par l'apprenant concerné. Ensuite, un deuxième exercice doit être présenté à l'apprenant pour confirmer l'acquisition des connaissances de l'apprenant.

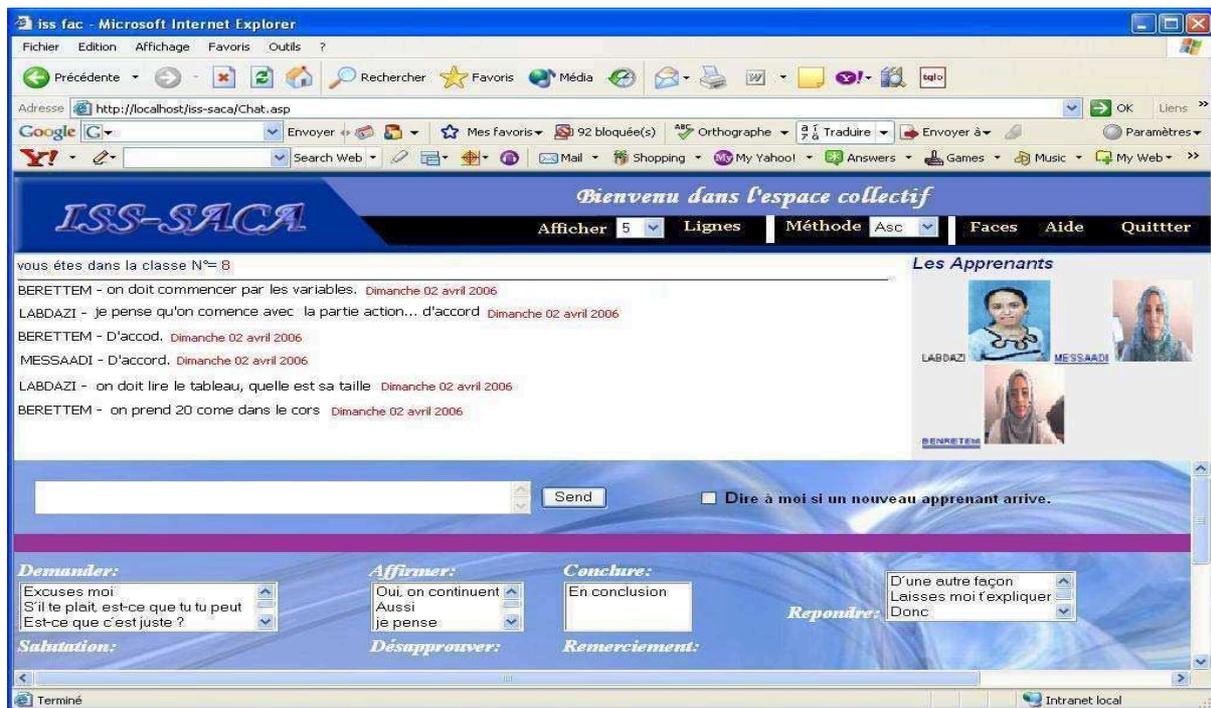


Figure 26 : Un groupe d'apprenants engagé dans une activité de Twisa.

d. Evaluation collaborative :

Dans ce cas, des exercices sont assignés aux groupes. Tous les membres du groupe concerné par un exercice doivent participer à sa résolution. Nous avons établi quelques règles pour le bon déroulement de cette activité collaborative :

1. A chaque fois, un apprenant parmi les membres du groupe est désigné comme superviseur (le premier qui est entré dans le système est désigné le premier superviseur).
2. la solution finale de l'exercice soumis doit être établie et envoyée par l'apprenant superviseur.
3. la validation de la solution est établie par un vote à la majorité simple. En cas d'égalité de voix, c'est l'avis du superviseur qui sera pris en considération.
4. Le résultat d'évaluation est attribué à tous les membres du groupe.

3.2.3. Collaboration dans SACA :

Deux options sont disponibles à l'apprenant : demander une collaboration avec un apprenant précis ou chercher un collaborateur (sans condition particulière ou satisfaisant quelques critères).

3.2.3.1. Demande de collaboration :

Pendant son apprentissage d'un OP, l'apprenant peut solliciter un apprenant spécifié à collaborer avec lui (via son agent de collaboration) (figure 27). Lorsque ce dernier accèdera à son espace (figure 28), il trouvera un appel de collaboration (transmis via son AC). L'apprenant sollicité peut accepter ou refuser cette demande (ou encore laisser cette demande en attente). Sa réponse est transmise via son AC à l'apprenant demandeur de collaboration. Si la réponse est favorable, l'outil de communication ainsi que d'autres informations spécifiques aux modes synchrones et asynchrones de la collaboration devront être spécifiés. Par exemple, si l'outil est « le chat » alors la date et l'heure doivent être spécifiées.

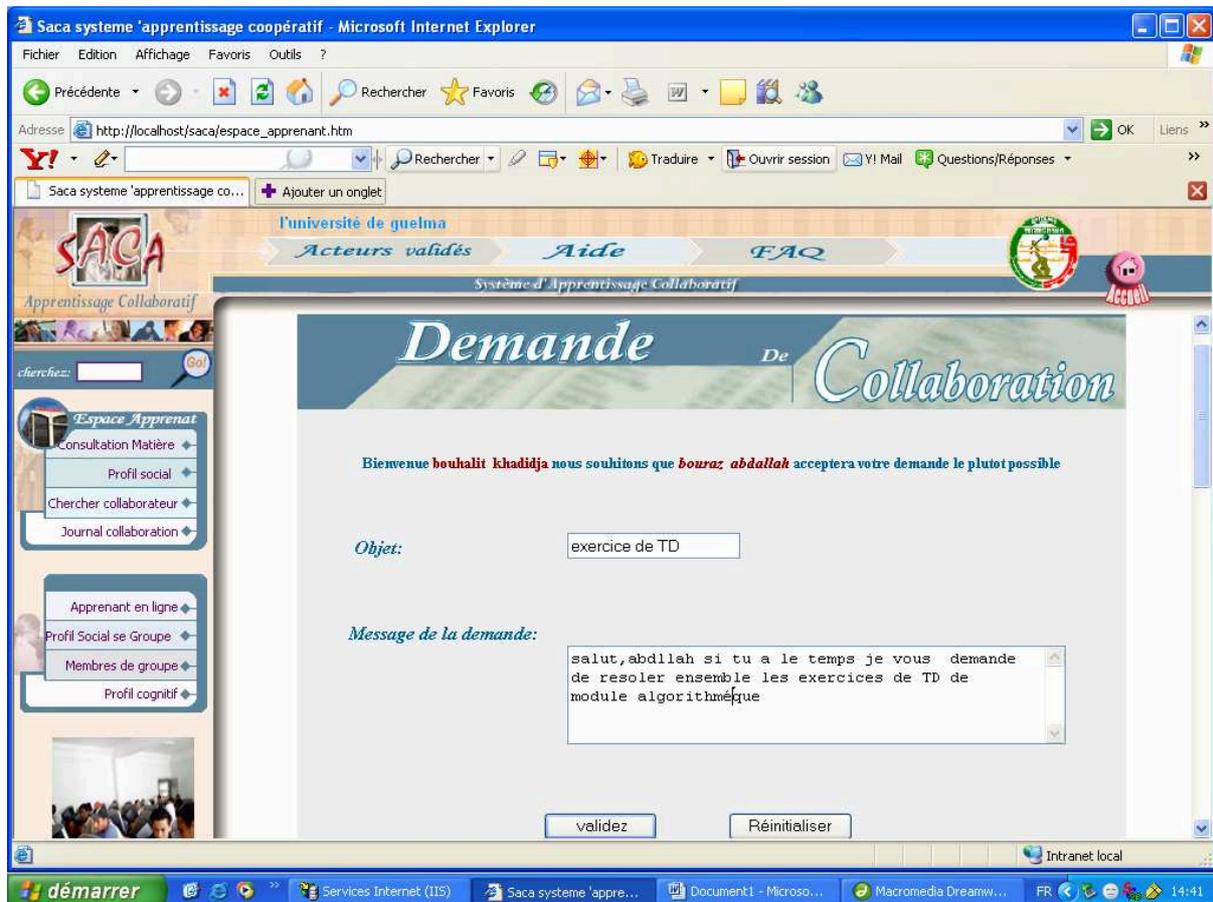


Figure 27: Demande de collaboration.

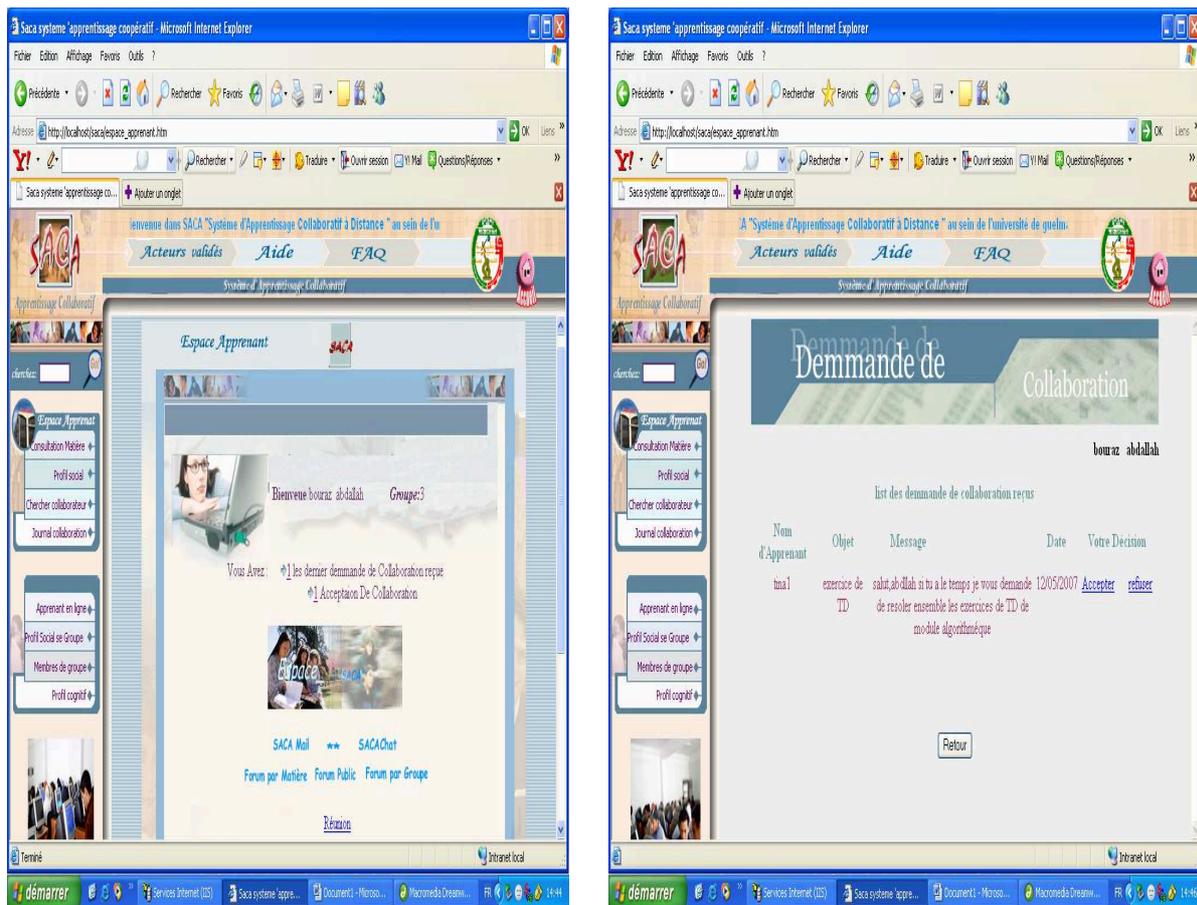


Figure 28 : Réception de la demande de collaboration.

3.2.3.2. Recherche de collaborateurs :

L'apprenant peut demander à son AC de lui chercher un collaborateur en spécifiant quelques critères de recherche. Après avoir choisi le type et les valeurs de ces critères, une liste est affichée par l'AC contenant les apprenants satisfaisant ces critères avec leurs différentes caractéristiques (ainsi que leurs disponibilités en ligne). L'apprenant cherchant la collaboration doit choisir un apprenant collaborateur parmi les apprenants de cette liste. Tous le processus décrit précédemment (relatif à la demande de collaboration) se déroule entre ces deux collaborateurs. La différence entre la demande et la recherche de collaboration est que dans le premier mode l'apprenant sollicité est connu à l'avance tandis que dans le deuxième mode le collaborateur n'est pas connu à l'avance.

Les figures suivantes montrent quelques cas d'utilisation. Elles présentent les différents types de recherche ainsi que les résultats obtenus.



Figure 29 : Types de recherche de collaborateurs.

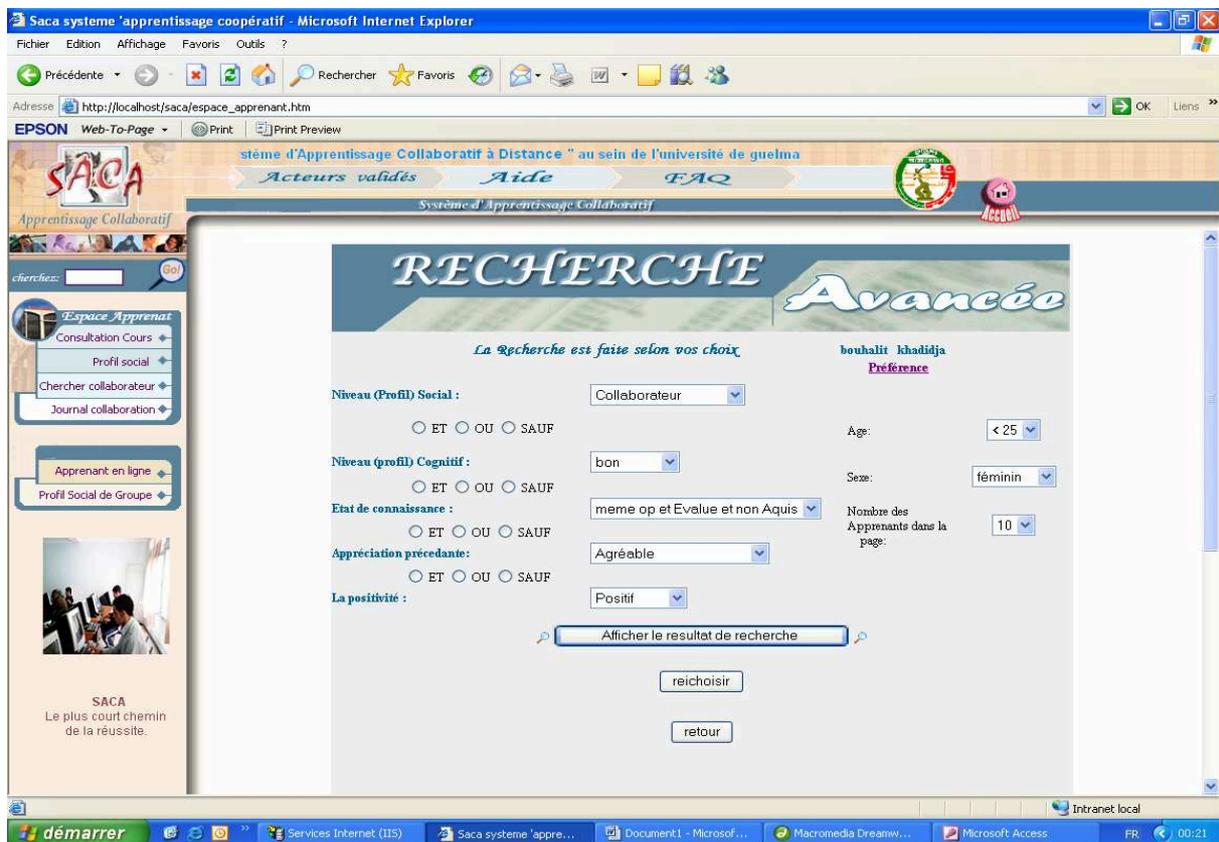


Figure 30 : Recherche avancée.

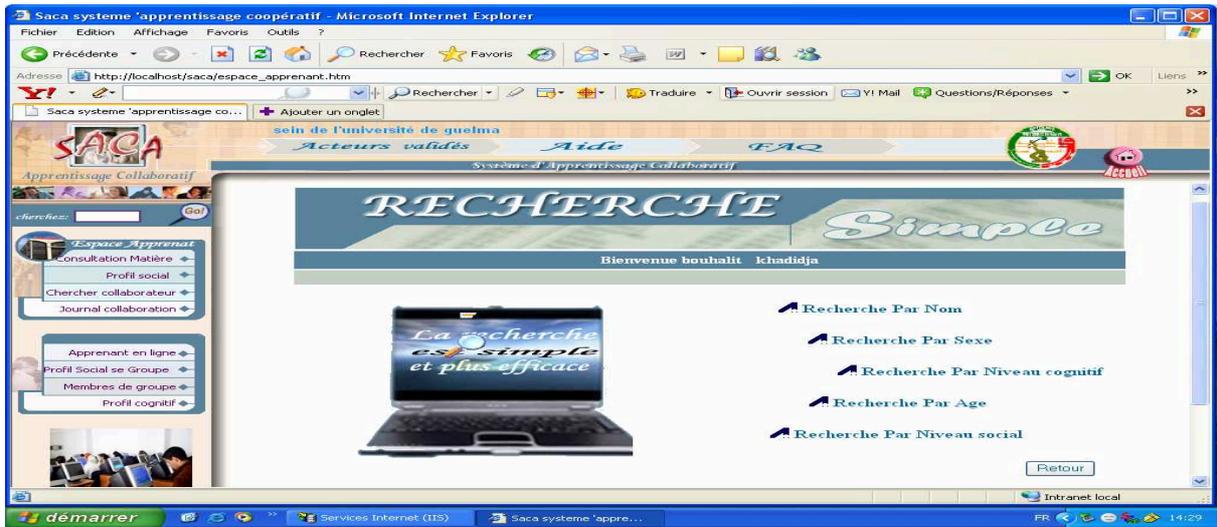


Figure 31: Recherche simple.

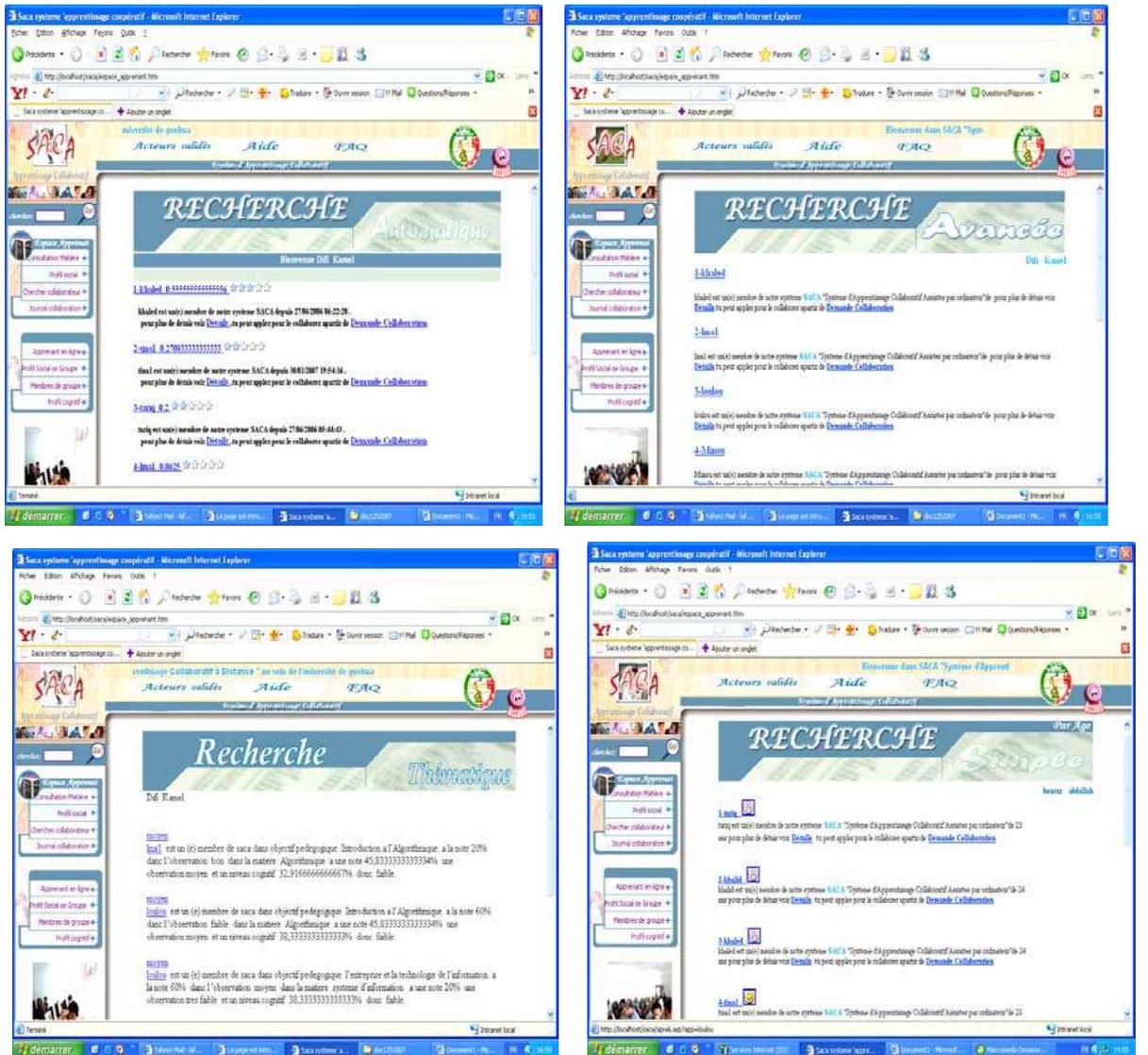


Figure 32 : Résultats de recherche.

3.2.3.3. *Apprécier une activité collaborative :*

Après avoir terminé une tâche collaborative, l'apprenant demandeur de collaboration peut spécifier son appréciation concernant la qualité de cette collaboration (agréable, désagréable, etc.). Cette appréciation (qui est facultative) est utilisée pour une autre recherche de collaborateurs.

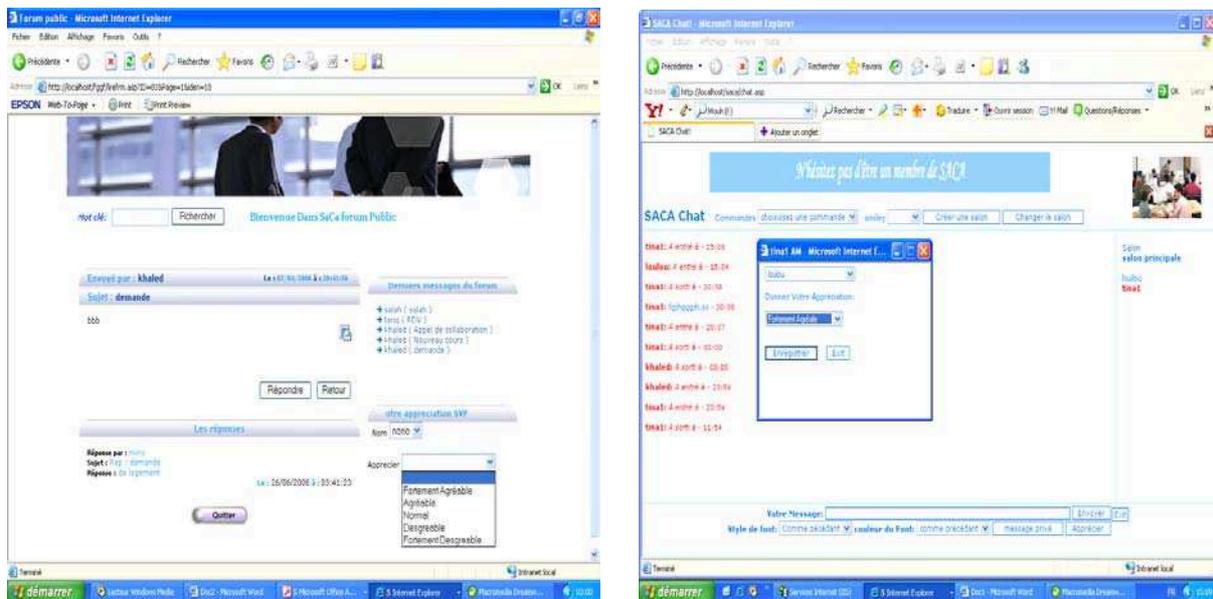


Figure 33 : *Appréciation des apprenants sur une activité de collaboration.*

3.2.3.4. *Journal de collaboration :*

Tout apprenant peut voir tous les processus de collaboration auxquels il a déjà participé. Ils sont regroupés dans le journal de collaboration qui garde toutes les traces des interactions déjà effectuées entre les apprenants (de son groupe ou des autres groupes).

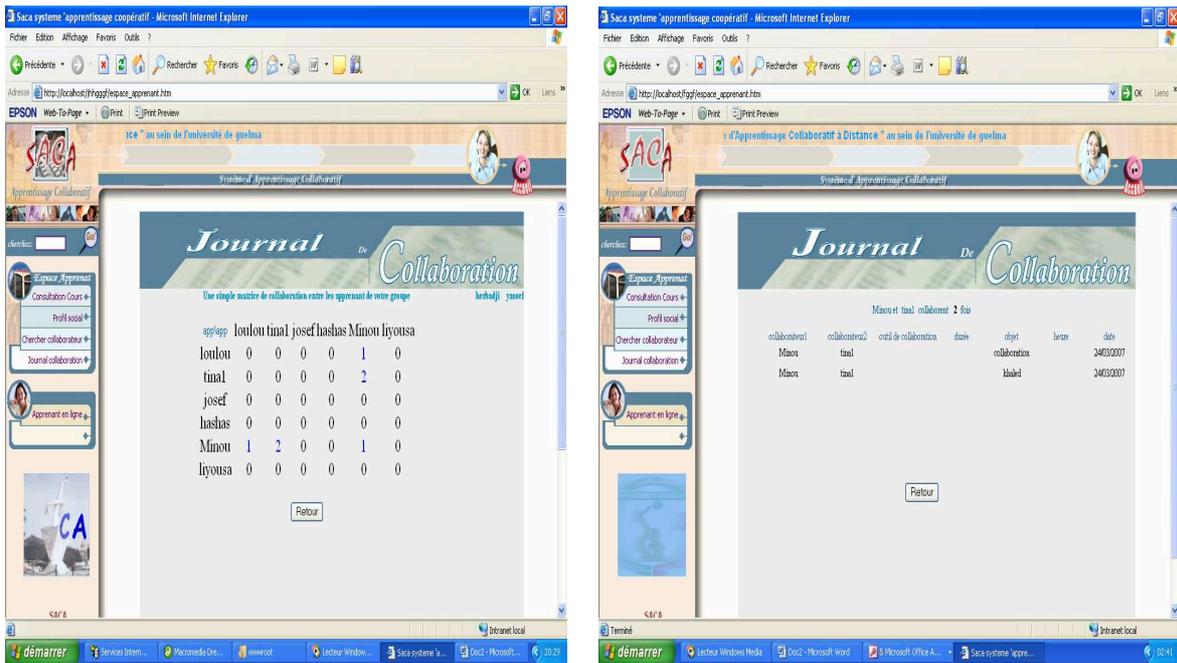


Figure 34: Journal de collaboration.

3.2.3.5. Voir les profils :

Afin de motiver l'apprenant durant ses différentes activités dans le système, un accès à ses profils (cognitif et social) est possible.

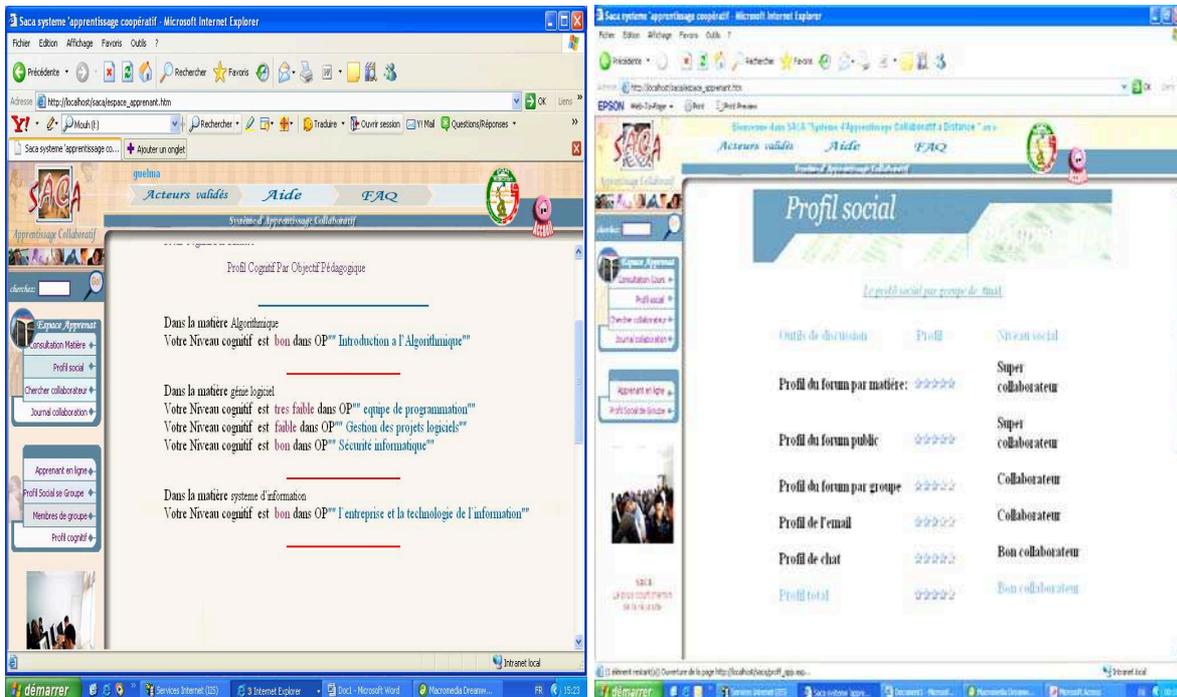


Figure 35 : Profils (cognitif et social) d'un apprenant.

3.2.3.6. Statistiques :

L'apprenant peut voir à tout moment des statistiques sur ses activités : apprentissage, évaluation et collaboration. Elles concernent les objectifs pédagogiques acquis, ceux non acquis et ceux en cours d'apprentissage pour chaque matière, les exercices résolus avec les réponses proposées, les exercices sans réponses, les OP objets de collaboration, etc.

3.3. Espace du Tuteur :

3.3.1. Suivi des apprenants et leurs groupes :

Ce suivi consiste à les accompagner dans toutes leurs activités dans le système. En effet, le tuteur répond aux questions des apprenants, leur envoie des conseils, etc. Il a accès aux profils (cognitif et social) de chaque apprenant ainsi que la dynamique de leur groupe.

Il veille sur la participation de tous les membres dans les activités du groupe. S'il remarque que le profil social d'un apprenant est « isolé » ou « peu collaborateur » il lui envoie un message l'invitant à collaborer avec ses collègues. De même, il peut envoyer des messages de motivation, d'encouragement et de félicitation aux apprenants dont les profils sociaux sont satisfaisants.

Enfin, le tuteur peut accéder à l'historique d'apprentissage, d'évaluation et de collaboration de chaque apprenant suivi.

a. Statistiques d'évaluation :

Elles concernent les activités d'évaluation et contiennent les informations suivantes :

Pour chaque matière :

- Liste des OP acquis avec leurs notes respectives.
- Nombre d'évaluations de chaque OP.

Pour chaque OP évalué :

- Liste des exercices, avec leurs modèles, proposés à chaque apprenant.
- Liste des exercices dont les réponses étaient correctes.
- Liste des exercices sans réponses.
- Liste des exercices dont la réponse était fausse.

b. Statistiques de collaboration :

Elles concernent toutes les activités de collaboration et contiennent les informations suivantes :

- Nombre de demandes de collaboration émises.
- Nombre de demandes de collaboration reçues.
- Nombre de demandes de collaboration acceptées.
- Nombre de demandes de collaboration refusées.
- Nombre de demandes de collaboration en attente.
- Pour chaque outil de communication utilisé : nombre des messages envoyés, nombre des messages reçus,

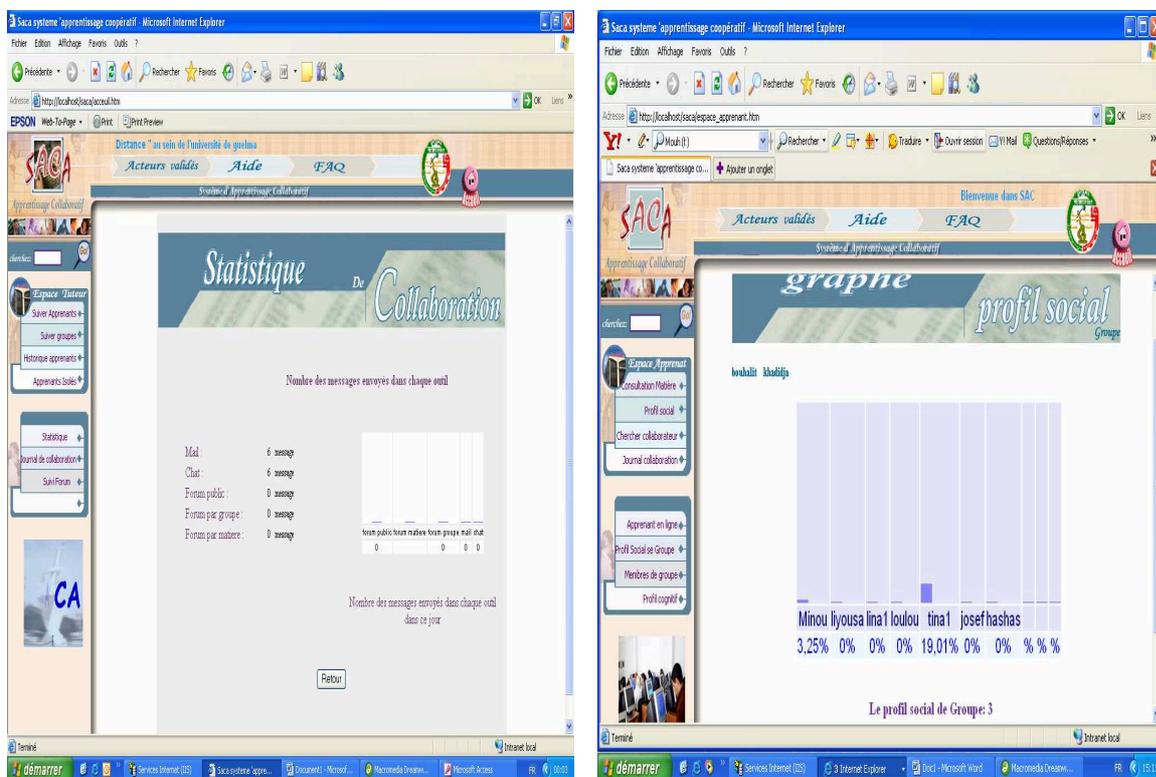


Figure 36 : Statistiques sur les activités d'un groupe d'apprenants.

3.3.2. Suivi du forum par groupe :

Vu que le tuteur est responsable de la gestion et de la bonne tenue du forum par groupe, c'est lui qui :

- accepte les messages postés.
- voit le contenu des messages à poster au forum ainsi que les réponses aux messages existant.
- supprime les anciens messages,
-

3.4. Espace Formateur :

3.4.1. Validation des comptes des acteurs :

Le formateur doit valider les inscriptions des autres acteurs pour qu'ils puissent accéder à leurs propres espaces. Ces espaces sont organisés par acteur et doivent contenir des informations personnelles.

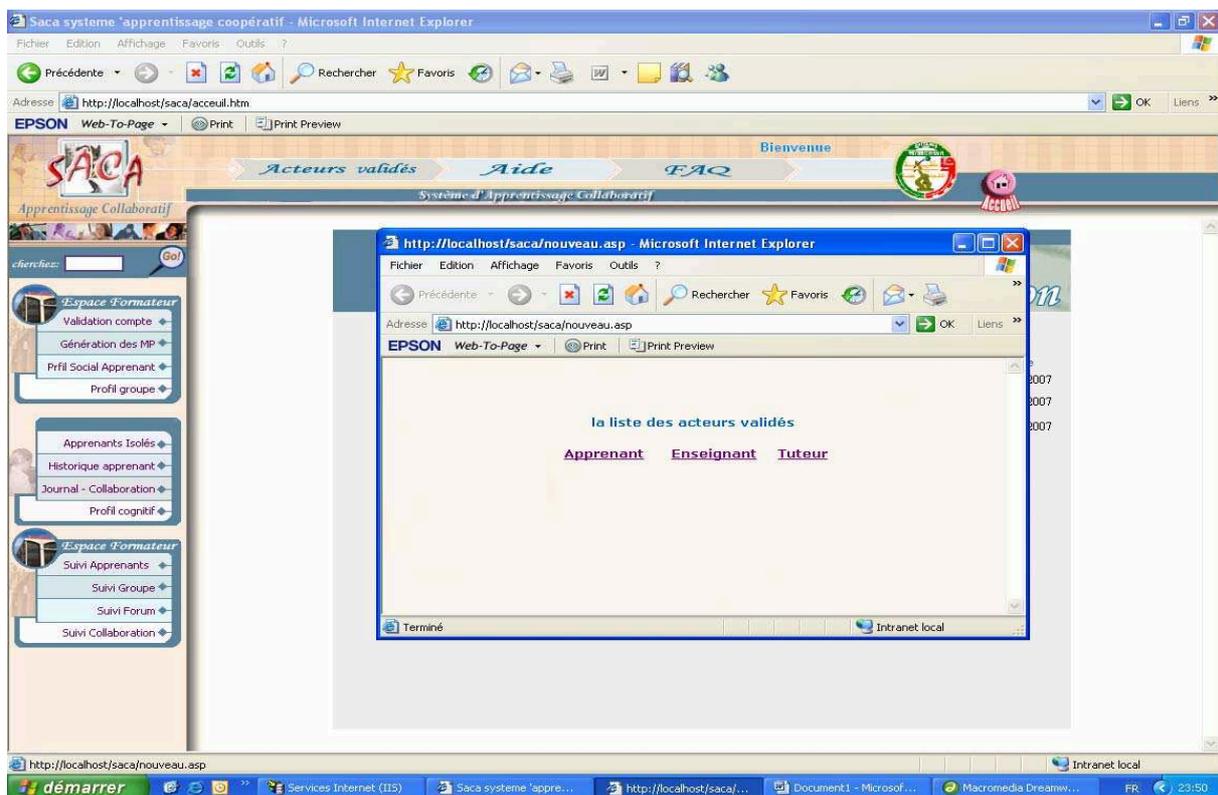


Figure 37 : Validation des comptes des acteurs.

3.4.2. Gestion des matières de la formation:

Le formateur est le premier responsable de la création, de la suppression et de la modification du contenu de chaque niveau de formation (ensemble des matières à enseigner aux apprenants). Des outils sont offerts pour l'assister dans ses tâches.

3.4.3. Suivi des acteurs (historique et statistiques) :

Le formateur peut accéder à l'historique des différentes tâches pédagogiques réalisées par les différents acteurs. Dans ce sens, il peut accéder :

- au contenu des matières ou des modules de la formation.
- à l'historique des apprenants (apprentissage, évaluation et collaboration).

- aux statistiques et historiques concernant l'utilisation des différents outils de communication.
- aux interactions entre les tuteurs et leurs apprenants, entre les enseignants et leurs apprenants, etc.
-

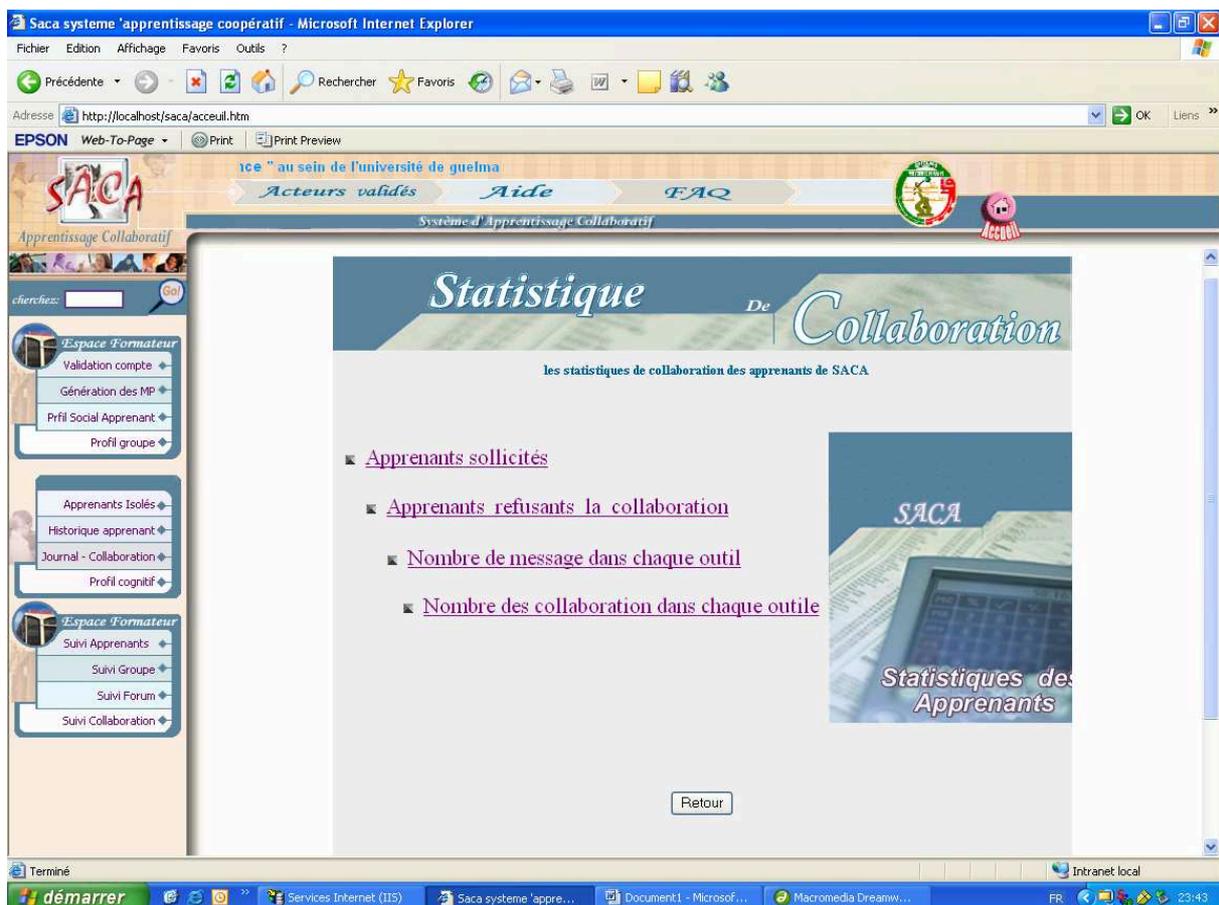


Figure 38: Statistiques sur les processus de collaboration.



Figure 39: Liste des apprenants refusant la collaboration.

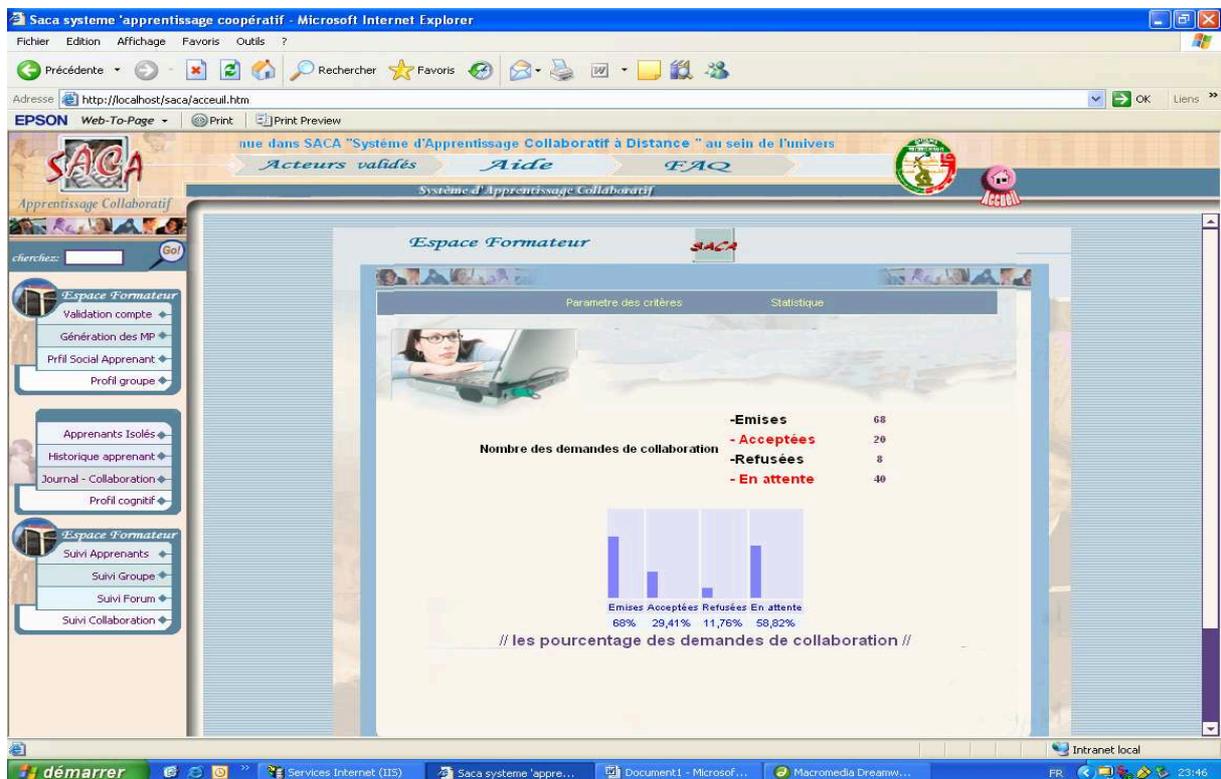


Figure 40: Statistiques sur les demandes de collaboration.

4. Expérimentation :

Une étude expérimentale a été réalisée au sein du département d'informatique (université de Guelma) avec les étudiants de la première année tronc commun Math & Informatique (Licence académique). La matière à enseigner choisie était « *Informatique 1* ».

Les apprenants pouvaient accéder au système à partir de n'importe quel ordinateur connecté à l'intranet de l'université : salles des travaux pratiques du département d'informatique, salle d'Internet de l'université,

La matière à enseigner était composée d'une centaine de concepts agrégés en cinq objectifs pédagogiques. Des batteries d'exercices ont été associées à chaque objectif pédagogique.

4.1. Résultats :

Les résultats montrent que la majorité des apprenants ont amélioré leurs niveaux cognitifs. Ces résultats montrent, encore une fois, l'effet de la collaboration sur les niveaux cognitifs des apprenants.

Nous avons également constaté que les apprenants ont manifesté une grande motivation à collaborer entre eux. En effet, 73.48% des demandes de collaboration ont eu une acceptation. Le taux de refus de collaboration, quant à lui, était au voisinage de 20%. Nous avons demandé aux étudiants concernés d'expliquer la raison de leur refus. Quelques étudiants ont justifié leurs refus par le fait qu'ils n'avaient pas d'affinité avec leurs collaborateurs. Deux autres ont déjà été déçus par une collaboration antérieure et ont déclaré : «*J'ai travaillé avec lui la première fois mais il est faible, je perds mon temps avec lui*» et : «*elle me sollicite toujours mais c'est moi qui fait tout, donc j'ai décidé de ne plus travailler avec elle*».

Concernant le profil social des apprenants à la fin de l'expérimentation, les résultats ont montré que 56.73% des étudiants sont des collaborateurs et 16.34% sont solitaires (isolés).

Enfin, une remarque importante concerne le contenu des messages envoyés. Ils sont écrits en plusieurs langues (arabe, français, mélange arabe-français, ...) et comportent beaucoup de fautes d'orthographe. L'enseignant a signalé le problème de l'incompréhension des messages envoyés par certains étudiants.

4.2. Problèmes rencontrés:

Selon les apprenants, les problèmes les plus fréquemment rencontrés sont :

- Quelques exercices ont été estimés ambigus notamment ceux du type « classer... ».
- Quelques pages du système ont paru être chargées (surtout celles concernant la collaboration). Il y a beaucoup d'information sur la même page.
- Absence de possibilité de sauvegarde de parties de la matière ou de solutions des exercices.
- L'outil d'aide a été qualifié par la majorité d'insuffisant.

5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'implémentation de SACA. Nous avons donné les différents outils et fonctionnalités offerts à chaque acteur impliqué dans les différents scénarios pédagogiques relatifs à son utilisation. Quelques interfaces montrant ces scénarios et plus particulièrement la concrétisation de nos idées ont été aussi présentées.

SACA est conçu dans le but d'être exploité par les étudiants des universités algériennes. Il offre un ensemble d'outils assistant les différents acteurs pour mener leurs fonctions dans de bonnes conditions. A cet effet, il englobe les fonctionnalités des systèmes auteurs permettant aux enseignants auteurs de créer et gérer leurs modules efficacement (concepts et exercices d'évaluation).

Les auteurs doivent initialiser et mettre à jour quelques paramètres utilisables pendant l'évaluation des connaissances des apprenants. Ces paramètres sont propres à chaque population d'apprenants. Leur utilisation permet d'adapter le contenu d'évaluation aux profils de connaissances des apprenants. L'auteur est assisté par un agent logiciel qui lui facilite la tâche de création des éléments de connaissances des modules assurés.

Une autre catégorie d'outils est offerte aux apprenants leurs facilitant les activités d'apprentissage, d'évaluation et de collaboration. Ainsi, ces apprenants sont dotés d'un ensemble d'agents logiciels facilitant ces activités. En plus de l'assistance dans

l'apprentissage et l'évaluation, un ensemble d'outils est utilisé pour favoriser la collaboration entre les apprenants.

Le choix de collaborateurs permet de maximiser les chances d'une collaboration effective. Cette activité de recherche est prise en considération par l'agent de collaboration de l'apprenant cherchant la collaboration. Cet agent logiciel offre à son apprenant une multitude d'options de recherche (simple, avancée, automatique, etc.). Ces options se basent sur l'énumération des valeurs de quelques critères de choix adaptables aux besoins de l'apprenant cherchant la collaboration. Nous avons présenté quelques interfaces du système montrant les résultats issus de l'expression de quelques besoins des apprenants. Ceci montre la diversité des outils de recherche offerts aux apprenants.

Les apprenants peuvent aussi accéder à l'historique de toute activité pédagogique réalisée (apprentissage, évaluation ou collaboration). Ceci permet de garder une trace des différentes actions réalisées durant leur existence dans le système.

En plus de l'assistance logicielle assumée par les différents agents associés à l'apprenant, une assistance humaine est envisagée afin de mettre l'apprenant dans une situation optimale pour l'apprentissage. Ceci est réalisé par des tuteurs humains. Ces derniers sont de vrais accompagnateurs de l'apprenant durant son cursus de formation au sein du système. Pour effectuer leurs missions efficacement, des outils leur sont offerts pour faciliter la communication, l'envoi de conseils, la réponse aux interrogations des apprenants, la résolution des conflits qui peuvent survenir entre les membres des groupes tutorés, etc.

Un dernier acteur humain de SACA est le formateur. Il est le chef d'orchestre et l'élément central du fonctionnement du système. C'est lui qui met les premiers piliers de base de la formation ainsi que la distribution des rôles et des tâches dans un tel environnement. En somme, il a un regard sur tout ce qui se passe dans SACA. Dans ce sens, il peut accéder aux contenus de la formation, aux différentes interactions réalisées entre les acteurs, aux contenus des outils de communication, aux résultats d'évaluation des connaissances des apprenants et des groupes, aux profils des apprenants et des groupes, etc.

Pour pouvoir vraiment tester l'efficacité d'un système, il faut l'expérimenter avec un échantillon réel. C'est ce que nous avons essayé de faire. Une première expérience a été

réalisée au département d'informatique de l'université de Guelma au cours de laquelle nous avons présenté quelques résultats ainsi que les problèmes rencontrés.

Conclusion et Perspectives

Conclusion :

Nous percevons un intérêt qui commence à se faire jour pour la mise en valeur des dimensions sociales et médiatisées dans l'analyse des pratiques d'enseignement/apprentissage. Ces dimensions s'appuient sur un environnement d'apprentissage médiatisé influant largement sur les modes d'appropriation du savoir, sur l'apprentissage et sur l'action collective.

L'apprentissage collaboratif est une stratégie visant à augmenter les compétences intellectuelle et sociale des apprenants. Il a été pratiqué depuis longtemps dans les écoles américaines. Avec l'introduction des nouvelles technologies de l'information et de la communication, les chercheurs ont focalisé leurs intérêts sur les différents aspects et théories relatifs à ce mode d'apprentissage/enseignement : socioculturel, socio-affectif, etc.

Comme témoins de l'intérêt des chercheurs pour l'apprentissage collaboratif, plusieurs systèmes informatiques ont été implémentés tandis que d'autres sont restés au stade du prototype ou de l'architecture. Nous faisons partie des chercheurs qui ont implémenté un système d'apprentissage collaboratif.

Nous pensons que les interactions sociales entre les apprenants jouent un rôle important dans l'amélioration des compétences intellectuelle et sociale des apprenants. En d'autres termes, elles peuvent être sources de motivation, de construction des connaissances, etc. La réussite d'une telle interaction dépend en premier lieu du choix des collaborateurs.

Si plusieurs systèmes ont été implémentés favorisant la collaboration, peu d'entre eux ont orienté leurs intérêts vers le choix de collaborateurs par l'apprenant demandeur de collaboration. Nous avons développé dans cette thèse, et c'est la contribution majeure de notre travail de recherche, une liste de critères tenant compte des profils cognitifs et sociaux des apprenants à chercher, de la positivité des apprenants pendant des demandes précédentes et de la nature des activités de collaboration déjà réalisées. Enfin, pour offrir plus de chances pour la réussite d'une éventuelle collaboration, l'état de connaissance actuel de l'apprenant demandeur de collaboration a été pris en compte. En se basant sur ces critères, nous avons développé plusieurs outils de recherche de collaborateurs. La multitude de ces outils permet à l'apprenant de choisir celui qui lui convient et qui répond le mieux à ses besoins.

Par ailleurs, l'évaluation des connaissances des apprenants est une activité pédagogique indispensable dans n'importe quel système d'apprentissage. Notre deuxième contribution concerne l'évaluation des connaissances des apprenants. Dans cette optique, nous avons développé une approche basée sur l'utilisation des paramètres liés à la population cible. Ces paramètres dépendent des matières à enseigner (type d'exercices, difficultés, modèles, etc.) et des apprenants auxquels est destinée l'évaluation (connaissance de base, objectifs finaux, connaissances pré-requises, etc.). En plus de ces paramètres, nous avons proposé une nouvelle forme d'évaluation qui est « Twisa ». Cette forme combine les deux modes d'évaluation déjà disponibles : individuelle et collaborative. Les expérimentations faites montrent que « Twisa » permet d'améliorer les compétences de l'apprenant que ce soit social (via la communication avec des collègues de son groupe pour avoir la solution, explication de l'exercice, gestion d'une discussion, justification, etc.) ou cognitif (par l'établissement des solutions individuellement).

Notre troisième contribution concerne la spécification puis le développement d'un environnement informatique. Cet environnement propose un ensemble cohérent et articulé d'outils. Ces outils sont destinés aux différents auteurs de l'environnement. Un accent important est mis sur le rôle du tuteur qui prend en charge les processus des suivis individuels et collectifs des apprenants.

Ce suivi consiste à les accompagner dans leurs processus d'apprentissage, d'évaluation et de collaboration, à répondre à leur question, etc. Pour ce faire, des outils sont offerts au tuteur, pour lui permettre de percevoir les différentes activités des apprenants et les profils des apprenants dans le système ainsi que la dynamique des groupes tutorés. Une analyse quantitative est utilisée pour voir la contribution de chaque apprenant dans le groupe. Une autre étude qualitative peut être utilisée, elle est basée sur l'utilisation des actes de langages dans le cadre des interfaces semi-structurées. Nous pensons que la combinaison des deux méthodes d'analyse permet d'avoir des résultats satisfaisants.

Pour une meilleure gestion des matières à enseigner, un ensemble d'outils est offert aux auteurs. Ces outils les assistent dans la création des concepts et des exercices d'évaluation de différents modèles. Les auteurs peuvent donner aux apprenants la possibilité de télécharger les contenus des matières qui sont disponibles sous différentes formes de fichiers (Document

Word, PDF, Excel, etc.). En somme, l'interface enseignant (auteur) dans SACA englobe la majorité des fonctions offertes par les systèmes auteurs.

Enfin, l'utilisation des agents intelligents permet de simplifier la communication entre les différentes composantes du système facilitant ainsi les tâches qui aboutissent aux objectifs du système.

Pour pouvoir tester l'efficacité du système et ses apports, une étape d'expérimentation est nécessaire. Quelques expériences avec des étudiants de la 1^{ère} année Licence de l'université de Guelma ont permis d'avoir des résultats que nous avons jugés très satisfaisants (pour plus de détails, le lecteur peut consulter [Lafifi et al., 2007a ; Lafifi et al., 2007b ; Lafifi et al., ; 2007c]).

Perspectives :

Comme perspectives à notre travail, nous proposons :

1. Construction collaborative des matières à enseigner :

Par cette nouvelle fonction, nous tentons d'avoir un système « complètement collaboratif » en prenant en compte la collaboration entre les enseignants pour la construction d'un module de formation. Dans ce cas, les enseignants, devenant des apprenants, essaient ensemble de construire un produit commun. Les enseignants-apprenants discutent, coordonnent leurs efforts afin de construire un contenu pédagogique qui reflète tous leurs points de vue. C'est une variante de l'apprentissage collaboratif ou coopératif où le résultat final de la collaboration/coopération est un produit final (ici l'ensemble des objectifs pédagogiques et des concepts). Pour sa mise en œuvre, des outils de négociation, de résolution de conflits, de distribution des tâches, etc. doivent être bien explicités (laissés aux choix des enseignants ou réalisés par le système).

2. Développer les fonctions de suivi des apprenants par les tuteurs en ligne :

Nous proposons de spécifier toutes les fonctions indispensables pour effectuer le suivi des apprenants ainsi que leur groupe. Une approche possible consiste à répartir ces fonctions en une fonction de « perception des activités des apprenants », une fonction de « gestion des collaborations et suivi des apprenants » et enfin une fonction « d'animation des activités

collaboratives ». En plus, d'autres facteurs peuvent être mis à la disposition du tuteur, ils concernent notamment la cohésion du groupe, la conscience mutuelle, l'analyse de la contribution individuelle dans le travail en groupe, etc.

3. Tirer profit des évolutions de la technologie du GRID :

On assiste aujourd'hui à une croissance incrémentale de l'utilisation des services web et par conséquent de la technologie GRID. Une perspective à notre travail est de bénéficier de cette évolution, en développant un outil pour la génération dynamique des services web. Le GRID offre l'accès aux ressources pour le traitement de données et d'autres fonctions non disponibles dans une simple machine. Ceci est accompli par un intergiciel qui intègre les ressources de calcul de différentes locations et organisations : organisation virtuelle, une alliance de gens travaillant ensemble et partageant les ressources de différentes organisations.

4. Prendre en compte la coopération entre les apprenants :

Nous proposons de prendre en compte « la coopération entre les apprenants ». Il suffit que l'auteur crée des activités coopératives. On peut citer l'établissement de mini-projets, la réalisation de produits spécifiques à chaque matière, les travaux pratiques, etc. Dans ce cas, la tâche à réaliser doit être divisée en plusieurs sous-tâches. Cette division des tâches peut être spontanée par les apprenants ou structurée par le système. En parallèle, des rôles doivent être attribués aux différents apprenants s'impliquant dans le processus de coopération (modérateur, superviseur, animateur, etc.).

5. Analyse sémantique des interactions :

Dans notre approche, nous avons utilisé une analyse quantitative pour déterminer les profils sociaux des apprenants. Mais cette information est insuffisante. Donc, nous proposons de concevoir un outil d'analyse sémantique des interactions entre les apprenants.

Références Bibliographiques

[Apprentissage, http]

Apprentissage. <http://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage> (consulté en 2006).

[Arcand, http]

Arcand, D. *L'apprentissage Coopératif*.

http://www.tact.fse.ulaval.ca/fr/html/coop/2app_coo/t_base.htm (consulté en 2006)

[Arnaud, 2003]

Arnaud, M. (2003). *Les limites actuelles de l'apprentissage collaboratif en ligne*. Revue STICEF, Vol 10, Numéro Spécial : Technologies et Formation à distance. (en ligne).

[Aronson et al., 1978]

Aronson, E., Blaney, N., Stephan, C., Sikes, J., Suapp. M. (1978). *The Jigsaw Classroom*. Beverly Hills, Calif.: Sage.

[Ayala et al., 1995]

Ayala, G., Yano, Y. (1995). *Interacting with a Mediator Agent in Collaborative Learning Environment*. In Symbiosis of Human and Artifact: Future Computing and Design for Human-Computer Interaction, 20A, Y.Anzi, K. Ogawa and H.Mori (eds.), Advances in Human Factors/Ergonomics, Elsevier Science Publishers. pp 895-900.

[Ayala et al., 1996]

Ayala, G., Yano, Y. (1996). *Intelligent Agents to Support the Effective Collaboration in a CSCL Environment*. World Conference on Educational Communications, Boston, Massachusetts, USA. June 17-22. pp 19-24.

[Bafoutsou et al., 2002]

Bafoutsou, G., Mentzas, G. (2002). *Review and functional classification of collaborative systems*. International Journal of Information Management, Vol 22, N° 4. pp 281-305.

[Balacheff et al., 1997]

Balacheff, N., Baron, M., Desmoulins, C., Grandbastien, M., Vivet, M. (1997). *Conception d'environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur. Tendances et perspectives*. In : Pesty S., Siegel P. (eds.) PRC-GDR Intelligence Artificielle, Hermès, Paris, France. pp 315-337.

[Balacheff et al., 2001]

Balacheff, N., Pesty, S., Webber, C. (2001). *Baghera : une architecture multi-agents pour l'apprentissage humain*. In: Agents Logiciels, Collaboration, Apprentissage et Activité humaine ALCAA 2001, Biarritz, France. pp 204-214.

[Balpe, 1990]

Balpe, J.P. (1990). *Hyperdocuments, hypertextes, hypermédias*. Eyrolles, Paris, France.

[Balpe et al., 1996]

Balpe, J.P., Lelu, A., Papy, F., Saleh, I. (1996). *Techniques avancées pour l'hypertexte*. Hermès, Paris, France.

[Baude, 1991]

Baude, J. (1991). *Hypermédias et Apprentissages*. Premières journées scientifiques : Hypermédias et Apprentissages, Chatenay-Malabry, France. 24-25 Septembre. pp 215-216.

[Benadi, 2004]

Benadi, S.A. (2004). *Structuration des données et des services pour le télé-enseignement*. Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France.

[Benali et al., 2002]

Benali, K., Bourguin, G., David, B., Derycke, A., Ferraris, C. (2002). *Collaboration / Coopération*. Actes des 2èmes Assises du GdR I3, Nancy, France. J. Le Maître, éditeur, Cépaduès éditions.

[Bensebaa et al., 2000]

Bensebaa, T., Lafifi, Y. (2000). *Architecture d'un hypermédia éducatif et coopératif*. Actes du 5ème Colloque Africain sur la Recherche en Informatique, CARI'2000, Antananarivo, Madagascar.

[Betbeder et al., 2001]

Betbeder, M.L., Tchounikine, P. (2001). *Analyse d'une activité médiatisée collective visant à favoriser la création d'une communauté d'apprenants*. Actes de la conférence Ingénierie des Connaissances, Grenoble, France. 25-27 Juin. pp 389-408. Édité par PUG, *Ingénierie des Connaissances*, Jean Charlet (ed.), ISBN 2 7061 1026 0.

[Betbeder, 2003]

Betbeder, M.L. (2003). *Symba : un environnement malléable support d'activités collectives en contexte d'apprentissage*. Thèse de doctorat, Université du Maine, Le Mans, France.

[Betbeder et al., 2005]

Betbeder, M.L., Tchounikine, P. (2005). *Conception d'activités collectives dans un contexte d'apprentissage*. In: Ingénierie des Connaissances Édité par L'Harmatan, Régine Teulier, Pierre Tchounikine, Jean Charlet (ed.). pp 437-458.

[Bibbo et al., 1999]

Bibbo, C. M., Santos, N., Fernanda, C. (1999). *Design Patterns in Educational Hypermedia Applications*. In Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications. Chesapeake, VA: AACE. pp. 721-726.

[Borges et al., 2003]

Borges, M. A. F., Baranauskas, M. C. C. (2003). *Supporting the Facilitator in a Collaborative Learning Environment*. International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning (IJCEELL), Vol 13, N° 1. pp 39-56.

[Boufaïda, 1995]

Boufaïda, M. (1995). *Méthodes et outils pour la génération d'interfaces, la conduite du dialogue pédagogique et la mise en œuvre de diagnostics*. Thèse de doctorat, Mars 1995.

[Bouthry et al., 2000]

Bouthry, A., Chevalier, P., Ravet, S. (2000). *Choisir une solution de télé-formation : l'offre de plateforme et portails de téléformation*. Etude 2000 réalisée par Aska, Le préau, Klr.fr.

[Boy, 1991]

Boy, G. (1991). *Intelligent Assistant Systems*. San Diego, Calif : Academic Press.

[Briot et al., 2001]

Briot, J.P., Demazeau, Y. (2001). *Principe et architectures des systèmes multi- agents*. Hermès Sciences Publications, Paris, France. ISBN 2-7462-0336-7.

[Bruillard, 1997]

Bruillard, E. (1997). *Machines à enseigner*. Hermès, Paris, France.

[Bruner, 1998]

Bruner, J. (1998). *L'approche psycho-culturelle de l'éducation*. 4ème biennale de l'éducation et de la formation, La Sorbonne, Paris, France.

[Business Interactif, 2001]

Business Interactif. (2001). *E-Learning - Présentation générale et Solutions Logicielles*.
<http://www.businessinteractif.com>.

[Carré et al., 1999]

Carré, P., Caspar, P. (1999). *Traité des sciences et techniques de la formation*. Interactions sociales et performance cognitive, chap. 15, Dunod.

[Cerratto, 1999]

Cerratto, T. (1999). *Activité Collaborative sur Réseau. Une approche instrumentale de l'écriture en collaboration*. Thèse de doctorat, Université Paris VIII, France.

[Chapelle, 2000]

Chapelle, G. (2000). *Devenir quelqu'un*. Sciences Humaines, Hors-Série N° 28. pp 12-13.

[Chardenet, 1999]

Chardenet, P. (1999). *De l'activité évaluative à l'acte d'évaluation*. L'Harmattan, Savoir et Formation, Paris, France.

[Charlier et al., 1998]

Charlier, B., Deschryver, N., Daele, A. (1998). *Apprendre en collaborant à distance : ouvrons la boîte noire*. In Guir, R. (Ed.) TIC et formation des enseignants, Bruxelles, De Boeck.

[Chikh et al., 1999]

Chikh, A., Daoudi, A. (1999). *Un modèle général d'adaptation des hypermédias*. Conférence Internationale en Informatique, Annaba, Algérie. 21-23 Novembre. pp 121-134.

[Chin et al., 2000]

Chin, G., Carroll, J. (2000). *Articulating collaboration in a learning community*. Behavior and Information technology, Vol 19, N° 4. pp 233-245.

[Claroline, http]

La plate-forme Claroline. <http://www.claroline.net/> (consulté en 2006).

[Collectif de Chasseneuil, 2000]

Collectif de Chasseneuil. (2000). *Conférence de consensus –Formations Ouvertes et à Distance. L'accompagnement pédagogique et organisationnel*. 27, 28 & 29 Mars 2000.

[Comets, 2007]

Comets. (2007). *Réflexions sur Ethique et Sciences du comportement humain*. Comité d'éthique du CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique), France. <http://www.cnrs.fr/fr/presentation/ethique/comets/index.htm> (consulté en avril 2007).

[Comportement, http]

Comportement. <http://fr.wikipedia.org/wiki/Comportement> (consulté en 2006).

[Constantino-Gonzalès et al., 2002]

Constantino-Gonzalès, M. d. L. A., Suthers, D. D. (2002). *Coaching collaboration in a computer-mediated learning environment*. Actes de la conférence CSCL'2002, Boulder, Colorado, USA. January 7-11. pp 583-584.

[Coutaz, 1990]

Coutaz, J. (1990). *Interfaces Homme Ordinateur : Conception et Réalisation*. Editions Bordas, Paris, France.

[David et al., 1996]

David, B., Tarpin-Bernard, F., Vial, C. (1996). *Ergonomie du travail coopératif en conception*. Actes de la conférence ERGO-IA'96(Ergonomie et Informatique Avancée), Biarritz, France. pp 239-251.

[Degenne et al., 1998]

Degenne, A., Forsé M. (1998). *Vers une sociabilité négociée*. In Olivier GALLAND et Yannick LEMEL (dir.), *La nouvelle société Française*, Paris, A. Colin, coll. U.

[DeLoach et al., 2001]

DeLoach, S. A., Wood, M. F., Sparkman, C. H. (2001). *Multi agent Systems Engineering*. International Journal on Software Engineering and Knowledge Engineering, Vol 11, N° 3. pp 231-258.

[Delozane et al., 2004]

Delozane, E., Grugeon, B. (2004). *Pépites et lingots : des logiciels pour faciliter la régulation par les enseignants des apprentissages en algèbre*. Cahiers Éducation et Devenir, Hors série, Les TIC à l'école : miracle ou mirage ? Septembre 2004. pp 82-92.

[Derycke, 1991]

Derycke, A. (1991). *Hypermédia et apprentissage coopératif*. Premières journées scientifiques : Hypermédias et Apprentissages, Chantenay-Malabray, France. 24-25 Septembre. pp 77-87.

[Després, 2001]

Després, C. (2001). *Modélisation et Conception d'un Environnement de Suivi Pédagogique Synchronique d'Activités d'Apprentissage à Distance*. Thèse de doctorat, Université du Maine, Le Mans, France.

[Dessus, 2005]

Dessus, P. (2005). *Observer et Organiser le travail en groupe*. Revue Echanger, N° 68.

[Dillenbourg et al., 1991]

Dillenbourg, P., Mendelsohn, P. (1991). *Le développement de l'Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur*. Conférence donnée à la réunion de l'Association de Psychologie Scientifique de Langue Française, Symposium Intelligence Naturelle et Intelligence Artificielle, Rome, Italie. 23-25 Septembre.

[Dillenbourg, 1999]

Dillenbourg, P. (1999). *What do you mean by collaborative learning?*. In P. Dillenbourg (Ed.) *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches*, Elsevier.

[Dillenbourg et al., 1997]

Dillenbourg, P., Jermann, P., Schneider, D., Traum, D., Buii, C. (1997). *The design of MOO agents: implications from an empirical CSCW study*. B.d.B.a.R Mizoguchy, (Ed.). *Artificial Intelligence in Education*, Kobe, Japan, (IOS press).

[Dintilhac et al., 2005]

Dintilhac, J.P., Rak, I. (2005). *Evaluation de la technologie en collège*. Académie de Montpellier, Technical Report. Juillet 2005.

[Drogoul, 1993]

Drogoul, A. (1993). *De la simulation multi-agents à la résolution collective de problèmes. Une étude de l'émergence de structures d'organisation dans les systèmes multi-agents*. Thèse de l'université de Paris 6, Loforia, France.

[Durand, 2006]

Durand, G. (2006). *La scénarisation de l'évaluation des activités pédagogiques utilisant les Environnements Informatiques d'Apprentissage Humain*. Thèse de doctorat, Université de Savoie, France.

[Engeström, 1987]

Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: an activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki, Orienta-Konsultit.

[Faerber, 2001]

Faerber, R. (2001). *Accompagner les apprentissages à distance et collaborer en petits groupes*. Quatrième congrès AECSE (Actualité de la recherche en éducation et formation), Villeneuve d'Ascq, France. 5-8 Septembre.

[Faerber, 2002]

Faerber, R. (2002). *Le groupe d'apprentissage en formation à distance : ses caractéristiques dans un environnement virtuel*. In Larose F & Karsenti T. (Ed.), *La place des TICE en formation initiale et continue à l'enseignement : bilan et perspectives*. Sherbrooke : Editions du CRP, Université de Sherbrooke. pp 99-128.

[Fages, 1990]

Fages, J.B. (1990). *Communiquer entre personnes en groupe*. Edition Privat, Toulouse, France.

[Ferber, 1994]

Ferber, J. (1994). *Coopération réactive et émergence*. Revue Intellectica, Vol 19, N° 2. pp 19-52.

[Ferber, 1995]

Ferber, J. (1995). *Les systèmes multi-agents, vers une intelligence collective*. InterEditions, Paris, France.

[Finin et al., 1993]

Finin, T., Weber, J., Wiederhold, G., Ganesereth, M., Fritzson, R., McGuire, J., Shapiro, S., Beck, C. (1993). *Specification of the KQML Agent-Communication Language*. The DARPA (Defense Advanced Research Project Agency) Knowledge Sharing Initiative External Interfaces Working Group.

[Finin et al., 1997]

Finin, T., Labrou, Y., Mayfield, J. (1997). *KQML as an agent communication language*. In *Software Agents*, ed. J.M. Bradshaw. Menlo Park, California, AAAI Press. pp 291-316.

[Fouénard, 2003]

Fouénard, S. (2003). *Usage des TIC : vers de nouvelles perspectives dans la formation des enseignants*. Mémoire de DESS dirigé par Eric Bruillard, Université de Caen, France.

[Fraissé, 1999]

Fraissé, S. (1999). *Ingénierie hypermédia, prendre en compte le retour expérimental et l'incrémentalité dans le processus de conception*. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, France.

[Ganesha, http]

La plate-forme Open source Ganesha. <http://www.anemalab.org/ganesha/> (consulté en 2006).

[Gaonac'h, 1991]

Gaonac'h, D. (1991). *Hypermédiats et Apprentissages*. Premières journées scientifiques : Hypermédiats et Apprentissages, Chatenay-Malabry, France. 24-25 Septembre. pp 21-26.

[Genesereth, 1997]

Genesereth, M. R. (1997). *An Agent-based Framework for Interoperability*. In Software Agents, ed. J.M. Bradshaw. Menlo Park, California, AAAI Press. pp 317-345.

[George, 2001]

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

[Gilmore et al., 1988]

Gilmore, D., Self, J. (1988). *The application of machine learning to intelligent tutoring system*. In J. Self (Ed). Artificial Intelligence and Human Learning, Intelligent computer assisted instruction, New York : Chapman and Hall. pp 179-196.

[Glikman, 1999]

Glikman, V. (1999). *Fonction tuteur ? Du vocabulaire aux modèles de mise en œuvre*. Deuxièmes entretiens internationaux sur l'enseignement à distance, CNED, Poitiers, France. 1-2 Décembre. pp 375-378.

[Glossaire, http]

Glossaire. *Travail collaboratif - Collecticiels - Formation à distance: proposition de glossaire*. Académie de Rennes. (en ligne). <http://www.ac-rennes.fr/tic/glossaire/Lexique.htm> (consulté en 2006).

[Gondran, 1989]

Gondran, M. (1989). *Introduction à une théorie formelle de la communication*. Bulletin de la direction des études et recherches, Série C, Mathématique & Informatique, N° 3. pp 37-62.

[Govaere, 2000]

Govaere, V. (2000). *Evaluation et guidage d'un utilisateur dans un environnement d'apprentissage, application au domaine de la rééducation de la parole*. Thèse de doctorat, Université de Henri-Poincaré, Nancy 1, France.

[Greco, http]

Greco. *Les outils de communication du tutorat*. Grenoble universités Campus Ouvert. (en ligne) http://greco.grenet.fr/webgreco/documents/_tutorat_ouils_de_communication.pdf (consulté en 2006).

[Green et al., 1984]

Green, B.F., Bock, R.D., Humphreys, L., Linn, R.L., Reckase, M.D. (1984). *Technical guidelines for assessing computerized adaptive tests*. Journal of Educational Measurement, Vol 21, N° 4. pp 347-360.

[Grudin, 1992]

Grudin, J. (1992). *CSCW: History and focus*. In : Computer, Vol 29, N° 6, IEEE Computer Society. pp 27-35.

[Gueraud et al., 2004]

Gueraud, V., Adam, J.M., Pernin, J.P., Calvary, G., David, J.P. (2004). *L'exploitation d'objets pédagogiques interactifs à distance : le projet formid*. STICEF : Sciences et Technologies de l'information et de la communication pour l'Education et la Formation, Vol 11.

[Guessoum, 1996]

Guessoum, Z. (1996). *Un Environnement Opérationnel de Conception et de Réalisation de Systèmes Multi-Agents*. Thèse de l'Université Paris 6, LAFORIA, France.

[Guribye et al., 2003]

Guribye, F., Andreassen, E. F., Wasson, B. (2003). *The organisation of interaction in distributed collaborative learning*. In B. Wasson, S., Ludvigsen & Hoppe, U. (Eds.) *Designing for Change in Networked Learning Environments*, Proceedings of Computer Supported Collaborative Learning, Bergen, Norway, Kluwer Academic Publishers. pp 385-394.

[Hachimi, 2004]

Hachimi, A. (2004). *Relation entre les modèles comportementaux de l'enfant et les modèles familiaux éducatifs*. Edition Dar Kourtouba.

[Hadji, 1990]

Hadji, C. (1990). *Evaluation, les règles du jeu*. ESF Editions, Paris, France.

[Henri et al., 2001]

Henri, F., Lundgren-Cayrol, K. (2001). *Apprentissage collaboratif à distance - Pour comprendre et concevoir les environnements d'apprentissage virtuels*. Presses de l'Université du Québec, Québec.

[Hooper, 1992]

Hooper, S. (1992). *Cooperative learning and computer based instruction*. Educational Technology Research and Development, Vol 40, N° 3. pp 21-38.

[Ikeda et al., 1995]

Ikeda, M., Mizoguchi, R. (1995). *Ontological Issues of CSCL Systems Design*. Actes de la conférence AI-ED'95 (World Conference on Artificial Intelligence in Education), Washington D.C. pp 242-249.

[Inaba, 2000]

Inaba, A., Supnithi, T., Ikeda, M., Mizoguchi, R., Toyoda J. (2000). *How Can We Form Effective Collaborative Learning Groups?* Actes de la conférence ITS'2000, Montréal: Springer Verlag. pp 282-291.

[Jean, 2000]

Jean, S. (2000). *Pépité : un système d'assistance au diagnostic de compétences*. Thèse de doctorat, Université du Maine, France.

[Jennings et al., 1998],

Jennings, N. R., Wooldridge M. (1998). *Applications of Intelligent Agents*. In Agent Technology: Foundations, Applications, and Markets (eds. N. R. Jennings and M. Wooldridge) Springer-Verlag: Berlin, Germany. pp 3-28.

[Jermann et al., 1999]

Jermann, P., Dillenbourg, P. (1999). *An analysis of learner arguments in a collective learning environment*. Actes de la conférence Computer Support for Collaborative Learning (CSCL), Stanford University, Palo Alto, California, USA. pp 265-273.

[Jézégou, 1998]

Jézégou, A. (1998). *La formation à distance: enjeux, perspectives et limites de l'individualisation*. L'Harmattan, Defi-Formation, Paris, France.

[Johnson et al., 1987]

Johnson, D. W., Johnson, R. T. (1987). *Learning Together and Alone, Cooperative, Competitive and Individualistic Learning*. (2nd Ed.). Englewood cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.

[Johnson et al., 1998]

Johnson, D. W., Johnson, R. T. (1998). *Cooperative learning and social interdependence theory*. In: Tindale, R.S. (Ed.), *Theory and research on small groups*, Plenum Press, New York. pp 9-35.

[Jones, 1989]

Jones, T. (1989). *Incidental learning during information retrieval: hypertext experiment*. 2nd International Conference on Computer Assisted Learning (ICCAL'89), Dallas, in Lecture Notes in Computer Science, N° 360, Springer Verlag.

[Juwah, 2003]

Juwah, C. (2003). *Using peer assessment to develop skills and capabilities*. United States Distance Learning Association, Vol 17, N° 1. pp 39-50.

[Keegan, 1996]

Keegan, D. (1996). *Foundations of Distance Education*. Rutledge Studies in Distance Education, Croom Helm, Londres, Angleterre.

[Koschmann, 1995]

Koschmann, T. (1995). *Computer support for collaborative learning: Design, theory and research issues*. Actes de la conférence Computer Support for Collaborative Learning (CSCL'95), Bloomington, Indiana, USA. October 17-20.

[Labidi et al., 2000]

Labidi, S., Lima, C. M., Sousa, C. M. (2000). *Modeling Agents and their Interaction within SHIECC: A Computer Supported Cooperative Learning framework*. Revue D'information Scientifique Et Technique, Vol 10, N° 1. pp 41-54.

[Lafifi, 2000]

Lafifi, Y. (2000). *Architecture d'un hypermédia éducatif et coopératif*. Thèse de Magister, Département D'informatique, Université d'Annaba, Algérie.

[Lafifi et al., 2000]

Lafifi, Y., Bensebaa, T. (2000). *Hypermedia and Cooperative learning*. In: Kommers, P., & Richards, G. (Eds.), Proceedings of World conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, Montréal, Canada. June 26th- July 1st. pp 552-557.

[Lafifi, 2001a]

Lafifi, Y. (2001). *Multi agent system for supporting cooperative learning*. In Crawford, C., Willils, D., Carlsen, R., Gibson, I., McFerrin, K., Price, J., & Weber, R., (Eds.), Proceedings of Society for Information Technology and Teacher Education International Conference, Chesapeake, VA: AACE. pp 1437-1438.

[Lafifi, 2001b]

Lafifi, Y. (2001). *Architecture of a cooperative hypermedia*. In Crawford, C., Willils, D., Carlsen, R., Gibson, I., McFerrin, K., Price, J., & Weber, R., (Eds.), Proceedings of Society for Information Technology and Teacher Education International Conference, Chesapeake, VA: AACE. pp 438-439.

[Lafifi et al., 2004]

Lafifi, Y., Bensebaa, T. (2004). *SACA : un système d'apprentissage coopératif*. In Bouhlel M.S., Solaiman B. (Eds.), Actes de la conférence IEEE- SETIT 2004, Sciences Electroniques, Technologies de l'Information et des Télécommunications, Sousse, Tunisie. 15- 20 Mars. ISBN : 9973-41-902-2.

[Lafifi et al., 2006a]

Lafifi, Y., Bensebaa, T. (2006). *Supporting collaboration in agent-based collaborative learning system*. Actes de 2nd IEEE International Conference on Information & Communication: from theory to Application, ICTAA'06, Damas, Syrie. 24-28 Avril. pp 2843-2848. ISBN: 0-7803-9521-2.

[Lafifi et al., 2006b]

Lafifi, Y., Bensebaa, T. (2006). *Evaluation paramétrable dans un système d'apprentissage collaboratif*. Actes de CEMAFORAD 3, 3^{ème} édition du Colloque Euro Méditerranéen et Africain d'Approfondissement sur la Formation à Distance, Sousse, Tunisie. 13-15 Novembre.

[Lafifi et al., 2006c]

Lafifi, Y., Bensebaa, T. (2006). *Outils pour favoriser une collaboration effective dans SACA*. Manifestation des jeunes chercheurs en STIC, MajecStic 2006, Lorient, France. 22-24 Novembre.

Disponible en ligne:

[http:// web.univ-ubs.fr/lester/www-lester/Evenements/Majecstic/papers/IHM/102_lafifi.pdf](http://web.univ-ubs.fr/lester/www-lester/Evenements/Majecstic/papers/IHM/102_lafifi.pdf)

[Lafifi et al., 2007a]

Lafifi, Y., Bensebaa, T. (2007). *Pedagogical Scenarios in SACA : a collaborative learning system*. International Review on Computers and Software, Vol 2, N° 1. pp 73-79. ISSN 1828-6003.

[Lafifi et al., 2007b]

Lafifi, Y., Bensebaa, T. (2007). *Learners' Assessment in a collaborative learning system*. Asian Journal of Information Technology, Vol 6, N° 2. pp 145- 153. ISSN 1682-3915.

[Lafifi et al., 2007c]

Lafifi, Y., Bensebaa, T. (2007). *Supporting learner's activities in a collaborative learning system*. International Journal of Instructional Technology & Distance Learning, Vol 4, N° 3. pp 3-12. ISSN: 1550-6908.

[Lally et al., 2002]

Lally, V., Laat, M. (2002). *Cracking the Code: Learning to Collaborate and Collaborating to Learn in a Networked Environment*. In G. Stahl (Ed.), Computer support for collaborative learning: Foundations for a CSCL community Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp 160-168.

[Laperrousaz, 2006]

Laperrousaz, C. (2006). *Le suivi individuel d'apprenants engagés dans une activité collective à distance. TASCI : un environnement informatique support aux activités du tuteur*. Thèse de doctorat, Université du Maine, France.

[Leinonen et al., 2003]

Leinonen, T., Kligyte, G., Toikkanen, T., Pietarila, J., Dean, P. (2003). *Learning with Collaborative Software - A guide to Fle3*. Helsinki: Taideteollinen korkeakoulu. ISBN: 951-558-127-3.

[Le Préau, 2000]

Le Préau. (2000). *Choisir une solution de téléformation. Etude 2000, Plates-formes et portails de téléformation*. <http://www.preau.ccip.fr/teleformation/default.htm#table>.

[Leroux, 1995]

Leroux, P. (1995). *Conception et réalisation d'un système coopératif d'apprentissage - Étude d'une double coopération : maître/ordinateur et ordinateur/groupe d'apprenants*. Thèse de Doctorat, Université Paris 6, France.

[Lewis 1995]

Lewis, R. (1995). *Editorial: Professional learning*. Journal of Computer Assisted Learning, Vol 11, N° 4. pp 193-195.

[Lewis, 1996]

Lewis, R. (1996). *Editorial: Cooperation or collaboration*. Journal of Computer Assisted Learning, Vol 12, N° 2.

[Lewis, 1998]

Lewis, R. (1998). *Learning together: A Rationale, Some Experiences and a Framework*. Hypermédias et Apprentissages : 4ème colloque, Poitiers, France. 15-17 Octobre.

[Liao, 1999]

Liao, Y. K. C. (1999). *Effects of hypermedia on students' achievement: a Meta analysis*. Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, Vol 8, N° 3. pp 255-277.

[Lonchamp, 2006]

Lonchamp, J. (2006). *Supporting synchronous collaborative learning: A generic, multi-dimensional model*. International Journal of Computer Supported Collaborative Learning, Vol 1, N° 2. pp 247-276.

[Maes, 1997]

Maes, P. (1997). *Agents that Reduce Work and Information Overload*. In Software Agents, ed. J.M. Bradshaw. Menlo Park, Californie, AAAI Press.

[Mbala, 2003]

Mbala, H. A. (2003). *Analyse, conception, spécification et développement d'un système multi-agents pour le soutien des activités en formation à distance*. Thèse de Doctorat, Université de Franche-Comté, France.

[McConnell et al., 1995]

McConnell, D., Hodgson V. (1995). *Cooperative learning and development networks*. Journal of Computer Assisted Learning, Vol 11, N° 4. pp 210-224.

[Makrakis, 1998]

Makrakis, V. (1998). *Guidelines for the Design and Development of Computer-Mediated Collaborative Open Distance Learning Courseware*. Proceedings of EDMEDIA / ED-TELECOM 98, World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia & World Conference on Educational Telecommunications, Freiburg, Germany. June 20-25.

[Martin, 1996]

Martin, K. (1996). *Editorial: Issues of Teaching and learning*. Vol 2, N° 4, University of Western Australia.

[Masselot-Girard, 2000]

Masselot-Girard, M. (2000). *Lire, interpréter, évaluer : des lecteurs-acteurs*. In Griselin, M., M. Masselot-Girard (et.al.) (ed.) *Multimédia et construction des savoirs*. Besançon : Presses Universitaires Franc-Comtoises. pp 7-13.

[Minsky et al., 1994]

Minsky, M., Riecken, D. (1994). *A Conversation with Marvin Minsky about Agents*. Communications of the ACM, Vol 37, N° 7. pp 23-29.

[Moore, 1994]

Moore, D. M. (1994). *The parable of the expensive ballpoint pen(revisited) : Implication for hypermedia*. Computers in the Schools, Vol 10, N° 1-2. pp 3-7.

[Moulin et al., 1996]

Moulin, B., Chaib-draa, B. (1996). *An Overview of Distributed Artificial Intelligence in Foundations of Distributed Artificial Intelligence*. Eds O'Hare and Jennings, New-York : Wiley. pp 3-55.

[Nelson, 1965]

Nelson, T.H. (1965). *A file structure for the complex, the changing and the indeterminate*. In Proceedings of the 20th ACM National Conference, New York, ACM Press. pp 84-100.

[Norrie et al., 1995]

Norrie, D.H.G., Gaines, B.R. (1995). *The learning web: a system view and an agent-oriented model*. International Journal of Educational Telecommunications, Vol 1, N° 1. pp 23-41.

[Okamoto et al., 1997]

Okamoto, T., Inaba, A. (1997). *The Intelligent Discussion Coordinating System for Effective Collaborative Learning*. In: Proceedings of the IV Collaborative Learning Workshop in the International Conference AI-ED'97(Artificial Intelligence in Education), Kobe, Japan. pp 26-33.

[Opportunities Box, http]

Opportunities Box. *Projet européen Opportunities Box*. <http://www.opportunities-box.net/index.htm>.

[Paquette, 2002]

Paquette, G. (2002). *Modélisation des connaissances et des compétences. Un langage graphique pour concevoir et apprendre*. Presse Universitaire du Québec, Québec.

[Perriault, 2002]

Perriault, J. (2002). *L'accès au savoir en ligne*. Edition Odile Jacob, Paris, France.

[Prévot, 1992]

Prévot, P. (1992). *Un tuteur intelligent pour la formation industrielle. Application à l'intégration d'un Didacticiel Cimentier*. In: Thunder Bay : Proceedings of the Workshop of Thunder Bay. pp 20-39.

[Quéré, 1991]

Quéré, M. (1991). *Systèmes experts et enseignement assisté par ordinateur*. Edition Ophrys, Paris, France.

[Rasseneur-Coffinet, 2004]

Rasseneur-Coffinet, D. (2004). *SAAFIR : un environnement support à l'appropriation d'une formation à distance par l'apprenant*. Thèse de doctorat, Université du Maine, Le Mans, France.

[Rhéaume, 1991]

Rhéaume, J. (1991). *Hypermédias et stratégies pédagogiques*. Premières journées scientifiques : Hypermédias et Apprentissages, Chatenay-Malabry, France. 24-25 Septembre. pp 45-58.

[Rénié et al., 1996]

Rénié, D., Chanier, T. (1996). *ELEONORE : un environnement collaboratif en français langue seconde*. Sciences et Techniques Educatives, Vol 3, N° 3. pp 353-380.

[Reyes, 2007]

Reyes, G. E. (2007). *L'objet technique hypermédia : repenser la création de contenu éducatif sur le Web*. Thèse de doctorat, Université Paris VIII, France.

[Ricordal, 2001]

Ricordal, P.M. (2001). *Programmation Orientée Multi-Agents*. Thèse de doctorat, INP de Grenoble, France.

[Roberts, 2005]

Roberts, T.S. (2005). *Computer Supported Collaborative Learning in Higher Education*. Idea Group Publishing.

[Rogalski, 1998]

Rogalski, J. (1998). *Concepts et méthodes d'analyse des processus de coopération*. In communications interactives dans les groupes de travail, K. Kostulski, A. Trognon, Eds. Presses universitaires de Nancy, Nancy, France.

[Saleh et al., 2005a]

Saleh, I., Mkadmi, A., Reyes, E. (2005). *De l'hypertexte à l'hypermédia*. In Saleh, I. (ed.) Les hypermédias : conception et réalisation. Hermès Lavoisier, Paris, France. pp 17-60.

[Saleh et al., 2005b]

Saleh, I., Mkadmi, A., Reyes, E. (2005). *L'hypermédia au service du travail collaboratif*. In Saleh, I. (ed.) Les hypermédias : conception et réalisation. Hermès Lavoisier, Paris, France. pp 61-91.

[Sander et al., 2005]

Sander, E., Nicaud, J.F, Chachoua, H., Croset, M.C. (2005). *From usage analysis to automatic diagnosis : The case of the learning of algebra*. In AIED Workshop (AIED'05) on usage Analysis in learning systems, Amsterdam, The Netherlands.

[Santos et al., 1999]

Santos, N., Borges, M. R. S., Systems, C. (1999). *Computer supported cooperative learning Environments : A framework for analysis*. Proceedings of EDMEDIA / ED-TELECOM 99, World Conference on Educational Multimedia & Hypermedia and Telecommunications, Seattle, Washington, USA. June 19-24.

[Saustier et al., 1991]

Saustier, A., Collinot, R. (1991). *Une approche des textes par l'hypertexte*. Premières journées scientifiques : Hypermédias et Apprentissages, Chatenay-Malabry, France. 24-25 Septembre. pp 157-168.

[Scardamalia et al., 1994]

Scardamalia, M., Berieter, C. (1994). *Computer Support for Knowledge -Building Communities*. The Journal of Learning Science, Vol 3, N° 3. pp 265-283.

[Scott et al., 2000]

Scott, P.R., Wayne, Z., Black, J. B. (2000). *Cognition, Computing and Cooperation*. Ablex Publishing Corporation.

[Self, 1988]

Self, J. (1988). *By passing the intractable problem of student modelling*. In Proceedings of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Montréal, Canada. pp 18-24.

[Senteni et al., 2001]

Senteni, A., Aubé, M., Dufresne, A. (2001). *Un modèle de support au travail collaboratif dans un centre virtuel d'apprentissage*. Hypermédia et Apprentissage, Grenoble, France. pp 225-239.

[Serce et al., 2006]

Serce, F.C., Yildirim, S. (2006). *A web-based synchronous collaborative review tool: a case study of an on-line graduate course*. Educational Technology & Society, Vol 9, N° 2. pp 166-177.

[Seridi, 2006]

Seridi, H. (2006). *Une approche basée sur les ontologies pour la planification de l'instruction dans un environnement d'enseignement à distance*. Thèse de doctorat d'état, Université d'Annaba, Algérie.

[Sharon, 1980]

Sharon, S. (1980). *Cooperative learning in small groups: Recent methods and effects on achievement, attitudes, and ethnic relations*. European Journal of Psychology of Education, Vol 50, N° 2. pp 241-271.

[Sherry, 1996]

Sherry, L. (1996). *Issues in Distance Learning*. International Journal of Educational Telecommunications, Vol 1, N° 4. pp 337-365.

[Shoham, 1993]

Shoham, Y. (1993). *Agent Oriented Programming*. Artificial Intelligence, Vol 60, N° 1. pp 51-92.

[Shoham, 1997]

Shoham, Y. (1997). *An overview of Agent-oriented Programming*. In Software Agents, ed. J.M.Bradshaw. Menlo Park, California. AAAI Press. pp 271-290.

[Sidir 2004]

Sidir, M. (2004). *Modes de collaborations au sein de groupes d'apprentissage dans une formation à distance universitaire*. Technologies de l'Information et de la Connaissance dans l'Enseignement Supérieur et l'Industrie, Université de Technologie de Compiègne, Compiègne, France. pp 322-328.

[Skinner, 1954]

Skinner, B.F. (1954). *The science of learning and the art of teaching*. Harvard Educational Review, Vol 24, N° 2. pp 86-97.

[Slavin, 1983]

Slavin, R. E. (1983). *Cooperative learning*. New-York: Longman.

[Slavin, 1987]

Slavin, R. E. (1987). *Cooperative Learning: Student Teams*. A national Education Association Publication. Washington, D. C.

[Slavin, 1990]

Slavin, R. E. (1990). *Cooperative Learning: Theory, Research and Practice*. Prentice Hall.

[Smith, 1995]

Smith, K. A. (1995). *Cooperative learning: Effective Teamwork for Engineering Classrooms*. Proceedings of the 25th Annual Conference on Frontiers in Education, Atlanta, Georgia, USA. November 1-4.

[Smith, 2005]

Smith, R.O. (2005). *Working with difference in online collaborative groups*. Adult Education Quarterly, Vol 55, N° 3. pp 182-199.

[Soller et al., 2000]

Soller, A., Lesgold, A. (2000). *Modeling the Process of Collaborative Learning*. International Workshop on New Technologies in Collaborative Learning, Awaji-Yumebutai, Japan. pp 43-53.

[Soller, 2001]

Soller, A. (2001). *Supporting social interaction in an intelligent collaborative learning system*. International Journal of Artificial Intelligence in Education, Vol 12, N° 1. pp 40-62.

[Soh et al., 2006]

Soh, L.K., Khandaker, N., Liu, X., Jiang, H. (2006). *A Computer-Supported Cooperative Learning system with Multi-agent Intelligence*. AAMAS'06, Hakodate, Hokkaido, Japan. May 8-12. pp 1556-1563.

[Stamatis et al., 1999]

Stamatis, D., Kefalas, P., Kargidis, T. (1999). *A multi-agent framework to assist networked learning*. Journal of Computer Assisted Learning, Vol 15, N° 3. pp 201-210.

[Suthers et al., 1995]

Suthers, D., Weiner, A. (1995). *Groupware for developing critical discussion skills*. Actes de la conférence Computer Support for Collaborative Learning (CSCL' 95), Bloomington, Indiana, USA. pp 341-348.

[Talhi, 2007]

Talhi, S. (2007). *Intégration des technologies de coopération et d'intelligence dans les environnements d'apprentissage à distance*. Thèse de doctorat, Université de Batna, Algérie.

[Tchétagni et al., 2002]

Tchétagni, M.P.J., Nkambou, R. (2002). *Hierarchical representation and evaluation of the student in an ITS*. S.A.Cerri, G.Gouardarès, and F.Paragnaçu (Eds): ITS 2002, LNCS 2363. Springer-verlag Berlin Heidelberg. pp 708-718.

[Tchounikine, 2002]

Tchounikine, P. (2002). *Quelques éléments sur la conception et l'ingénierie des EIAH*. Actes des 2èmes Assises du GdR I3, Nancy, France.

[Trotter, 1989]

Trotter, A. (1989). *School gear up for 'hypermedia'. A quantum leap in electronics learning*. The American School Board Journal, Vol 176, N° 3. pp 35-37.

[Vantroys, 2003]

Vantroys, T. (2003). *Du langage métier au langage technique, une plate-forme flexible d'exécution de scénarios pédagogiques*. Thèse de l'Université des Sciences et Technologies de Lille, France.

[Walckiers et al., 2004]

Walckiers, M., Praetere, T.D. (2004). *L'apprentissage collaboratif en ligne : huit avantages qui en font un must*. Distances et Savoir, Vol 2, N° 1. pp 53-75.

[Wallon, 1949]

Wallon, H. (1949). *Les origines du caractère chez l'enfant*. PUF, Paris, France.

[WebCT, http]

La plate-forme WebCT. <http://www.webct.com> (consulté en 2006).

[White, 1997]

White, J.E. (1997). *Mobile Agents*. In Software Agents, ed. J.M. Bradshaw. Menlo Park, California, AAAI Press. pp 437-472.

[Wiederhold, 1992]

Wiederhold, G. (1992). *Mediators in the Architecture of Future Information Systems*. IEEE Computer, Vol 25, N° 3. pp 38-49.

[Wooldridge et al., 1996]

Wooldridge, M., Nwana, S. (1996). *Software agent technologies*. BT Technology Journal, Vol 14, N°

4. pp 68-78.

[Wooldridge, 1999]

Wooldridge, M. (1999). *A Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design*. Actes de 3rd International Conference On Autonomous Agents (Agents99), Seattle, WA.

[Vassileva et al., 2003]

Vassileva, J., McCalla, G., Greer, J. (2003). *Multi-agent multi-user modelling in I-Help*. User modelling and user adapted interaction, Vol 13, N° 1. pp 179-210.

[Zourou, 2006]

Zourou, K. (2006). *Apprentissages collectifs médiatisés et didactique des langues : instrumentation, dispositifs et accompagnement pédagogique*. Thèse de doctorat, Université Stendhal Grenoble III, France.

Annexe



Publications de l'auteur

I. Publications Internationales (revues): 3.

1. **Yacine Lafifi**, Tahar Bensebaa. (2007). *Pedagogical Scenarios in SACA: a Collaborative Learning System*. **International Review on Computers and Software (IRECOS)**. Vol 2. N 1, Janvier 2007. pp 73-79. ISSN 1828-6003.
2. **Yacine Lafifi**, Tahar Bensebaa. (2007). *Learners' Assessment in a Collaborative Learning System*. **Asian Journal of Information Technology**, Vol 6. N 2, Février 2007. pp 145-153. ISSN: 1682-3915.
3. **Yacine Lafifi**, Tahar Bensebaa. (2007). *Supporting Learner's Activities in a Collaborative Learning System*. **International Journal of Instructional Technology & Distance Learning**. Vol 4. N 3. Mars 2007. pp 3-12. ISSN: 1550-6908.

II. Communications Internationales avec ISBN: 5.

1. **Yacine Lafifi**, Tahar Bensebaa. (2006). *Supporting Collaboration in Agent-Based Collaborative Learning System (SACA)*. **Proceedings of 2nd IEEE International Conference on Information & Communication : from theory to application, ICTTA'06**, Vol 2, pp 2843-2848, 24-28 avril, Damas, Syrie. ISBN 0-7803-9521-2. IEEE catalogue number 06EX1220.
2. **Yacine Lafifi**, Tahar Bensebaa (2004). *SACA: un système d'apprentissage coopératif*. In **Bouhlef M.S., Solaiman B. (Eds.)**, **Actes de IEEE- SETIT 2004, Sciences Electroniques, Technologies de l'information et des Télécommunications**. 15- 20 Mars, 2004, Sousse, Tunisie. ISBN : 9973-41-902-2
3. **Yacine Lafifi**, Sonia Naoui. (2004). *Un hypermédia éducatif à base d'agent*. In **Bouhlef M.S., Solaiman B. (Eds.)**, **Actes de IEEE- SETIT 2004, Sciences Electroniques, Technologies de l'information et des Télécommunications**. 15- 20 Mars, 2004, Sousse, Tunisie. ISBN : 9973-41-902-2
4. **Yacine Lafifi**, Chaouki Khediri, Nacer Nacer Cherif. (2004). *TIBA : an Agent-Based Intelligent Tutoring System*. In **Bouhlef M.S., Solaiman B. (Eds.)**, **Actes de IEEE- SETIT 2004, Sciences Electroniques, Technologies de l'information et des Télécommunications**. 15- 20 Mars, 2004, Sousse, Tunisie. ISBN : 9973-41-902-2

5. **Yacine Lafifi.** (2001). *Agent Based Cooperative Learning System (SACA)*. In **Chapman G. M.** (Ed.), **Proceedings of Fifth International Conference on Computer Based Learning in Science (CBLIS'2001)**. 7 July-12 July 2001 at Masaryk University, Czech Republic. ISBN: 80-7042-180-0

III. Communications Internationales (avec comité de lecture): 10.

1. **Yacine Lafifi,** Tahar Bensebaa. (2006). *Outils pour favoriser une collaboration effective dans SACA*. **MajecStic (MANifestation des Jeunes Chercheurs STIC)**. 22-24 Novembre 2006. Lorient, France.
2. **Yacine Lafifi,** Tahar Bensebaa (2006). *Evaluation paramétrable dans un système d'apprentissage collaboratif*. 3^{ème} édition du **Colloque Euro Méditerranéen et Africain d'Approfondissement sur la Formation à Distance (CEMAFORAD 3)**. 13-15 Novembre 2006, Sousse, Tunisie.
3. **Yacine Lafifi,** Tahar Bensebaa. (2006). *Interaction entre les agents artificiels dans SACA*. 4^{ème} **IEEE Conférence Internationale JTEA 2006. 12-14 mai 2006, Hammamet, Tunisie.**
4. **Yacine Lafifi,** Tahar Bensebaa. (2006). *Mécanismes de collaboration dans SACA*. 4^{ème} **IEEE Conférence Internationale JTEA 2006. 12-14 mai 2006, Hammamet, Tunisie.**
5. **Yacine Lafifi,** Tahar Bensebaa. (2006). *L'évaluation des apprenants dans SACA*. **Premières Journées communication et apprentissage instrumenté en réseau (Colloque international, JOCAIR 2006)**. Université de Picardie Verne, Amiens, France. 6-8 juillet 2006. (résumé disponible en ligne : <http://www.dep.u-picardie.fr/jocair/programme.php>)
6. **Yacine Lafifi,** Tahar Bensebaa. (2004). *A COOPERATIVE LEARNING MULTI-AGENT SYSTEM*. **6th International Conference on Enterprise Information Systems ICEIS 2004**. Universidade Portucalense, Porto - Portugal 14-17, April. (résumé disponible en ligne: http://www.iceis.org/iceis2004/abstracts_2004.htm).
7. **Yacine Lafifi.** (2001). *Multi agent system for supporting cooperative learning*. In **Bump, Wren,** (Ed.) **Proceedings of the 12th annual Society for Information Technology and Technology and Teacher Education (SITE'2001)**. Orlando, Florida, USA, March 6-10, 2001.
8. **Yacine Lafifi.** (2001). *Architecture of a cooperative hypermedia*. In **Bump, Wren,** (Ed.) **Proceedings of the 12th annual Society for Information Technology and Technology and Teacher Education (SITE'2001)**. Orlando, Florida, USA, March 6-10, 2001.

9. Tahar Bensebaa, **Yacine Lafifi**. (2000). *Architecture d'un hypermédia éducatif et coopératif*. **Actes du 5ème Colloque Africain sur la Recherche en Informatique (CARI'2000)**. Madagascar, Octobre 2000.

10. **Yacine Lafifi**, Tahar Bensebaa. (2000). *Hypermedia and Cooperative learning*. **In: Kommers, P., & Richards, G. (Eds.), Proceedings of World conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, Montréal, Canada**. June 26th - July 1st. pp 552-557.