

CHELIA : un environnement coopératif pour l'apprentissage sur Internet

Abdelmadjid ZIDANI*, Mahieddine DJOUDI**, Samir ZIDAT*

* Département d'Informatique, Faculté des sciences de l'ingénieur, Université de Batna (05000), Algérie
azidani@yahoo.com - (azidani@univ-batna.dz)

** Université de Poitiers - UFR Sciences - SP2MI
SIC IRCOM UMR 6615 CNRS, Boulevard 3 Teleport 2
BP 179, 86960 Futuroscope Cedex
djoudi@sic.sp2mi.univ-poitiers.fr

RÉSUMÉ. L'objectif de cet article est la présentation de CHELIA, un environnement d'apprentissage coopératif à distance intégrant les concepts de base de l'interaction de groupe, de communication et d'assistance à l'apprentissage. Nous partons d'une plate-forme d'enseignement à distance constituée d'un serveur éducatif pour greffer progressivement ensuite un module de communication synchrone, un éditeur partagé et un outil d'aide à la navigation à travers la structure hyper textuelle du serveur éducatif. Notre démarche conceptuelle repose sur une architecture ouverte pour l'environnement intégré CHELIA afin de lui permettre d'accueillir plusieurs applications fournissant l'assistance requise par les activités d'apprentissage coopératif à distance. Dans cet article, nous exposons les différents choix que nous avons adoptés afin de faciliter l'utilisation de l'environnement par les apprenants et de répondre au problème de l'isolement en formation à distance ainsi que l'individualisme qui en découle.

ABSTRACT. This paper presents a collaborative distance learning environment, called CHELIA, embedding concepts that are essential for collaborative distance learning and group interaction, communication and learning assistance. We firstly started with distance learning framework composed with an educative server to which new components are being progressively integrated, such as a synchronous communication module, a shared editor and navigation assistance functionalities through the educative server hyper textual structure. Our design approach is mainly based on an open software architecture for the composable environment CHELIA and thus enabling it to embed several applications providing the assistance required for collaborative distance learning activities. In this paper, we present the diverse choices we made to facilitate the environment use by learners and to overcome the training isolation problem as well as the individualism that ensues

MOTS-CLÉS : Apprentissage coopératif, Systèmes multiagents, Client/Serveur, Assistance à l'apprentissage, Edition partagée, Modèle de communication.

KEY WORDS : Collaborative learning, Multi-Agent systems, Client/Server, Learning assistance, Shared editing, Communication model.

1. Introduction

L'objectif principal visé à travers la conception de CHELIA est de fournir un environnement de type collectif pour l'apprentissage à distance. Par conséquent, notre intérêt est centré autour d'un apprentissage flexible basé sur des concepts tels que la facilité d'accès et la communication afin de favoriser l'approche sociale de construction collective du savoir. Cette démarche nous permet de fournir des supports d'interaction entre apprenants à distance, et donc, de créer des conditions favorables au déroulement des activités effectives d'apprentissage. L'environnement CHELIA inclut différents outils pour la communication asynchrone via des textes et des graphiques, voir synchrone (en temps réel) à plus long terme, ainsi que des outils pour la préparation, le partage et l'annotation de documents. CHELIA tente de contribuer au développement du concept d'enseignement à distance, dans lequel la communication est un élément fondamental du processus d'apprentissage, au sein d'un environnement de ressources virtuel entre les apprenants, les enseignants, les tuteurs, etc.

Les nombreuses études qui ont été menées sur les différentes plates-formes de télé formation existantes [BOU 00] [ECO 00] ont révélé que la plupart d'entre elles intègrent divers outils plus ou moins sophistiqués pour le support des activités d'apprentissage collectif à distance. Comme par exemple, les outils de messagerie, les forums, les agendas électroniques, les outils de partage de documents, etc. Cependant, à l'état actuel, et en dépit des efforts déployés, il subsiste encore des difficultés particulièrement gênantes. Il s'agit du manque d'informations sur la perception de ces outils par leurs utilisateurs potentiels. Et il faudra sans doute attendre encore plusieurs années avant que les différents travaux d'évaluation et d'expérimentation ne puissent nous fournir une aide concrète. Par conséquent, l'unique alternative reste la conception de plates-formes ouvertes et flexibles et surtout caractérisées par une adaptabilité facile et non coûteuse. Ainsi, nous avons centré la

conception de l'environnement CHELIA sur une composition complètement modulaire afin de pouvoir à plus long terme, ajuster facilement son comportement global conformément aux exigences de ses usagers.

Dans cet article, nous allons présenter l'environnement CHELIA à travers la description de son architecture logicielle, ainsi que ses différents outils composants. Nous discutons ensuite, les principaux choix que nous avons retenus afin de motiver notre démarche. Enfin, le modèle de communication sur lequel reposeront toutes les interactions des utilisateurs au sein de l'environnement CHELIA est explicité.

2. Dimension coopération en apprentissage

La figure 1 illustrée ci-dessous traduit l'étude réalisée par Stahl [STA 00] sur le processus d'acquisition des connaissances chez l'apprenant. Nous distinguons ainsi, que ce processus repose en définitive sur un effort individuel de la part de l'apprenant (Compréhension Personnelle). Ceci explique le fait que l'assistance fournie par les approches conventionnelles (EAO, EIAO, etc.) ait été essentiellement centrée au niveau individuel et que les résultats obtenus ne sont pas parvenus à répondre effectivement aux besoins formulés par les activités d'apprentissage.

Nous partageons ainsi, le point de vue des approches conventionnelles en ce qui concerne la vision sur le processus d'acquisition des connaissances, qui reconnaît l'apprentissage en tant qu'acte intentionnel d'ordre personnel. Cependant, nous complétons ce point de vue à travers les résultats de l'étude de Stahl, qui démontre que l'apprentissage s'enrichit aussi à travers les échanges, les confrontations, les négociations et les interactions interpersonnelles.

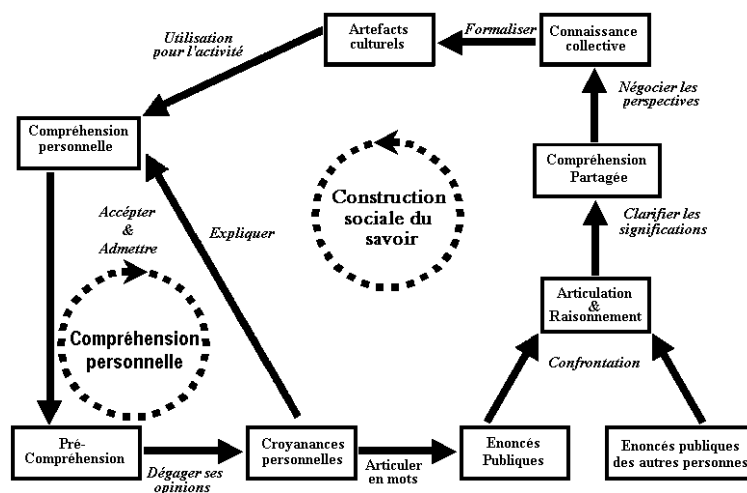


Figure 1. Processus d'acquisition des connaissances chez l'apprenant

Nous partons donc d'une approche inscrite dans le contexte des CSCL¹ (Computer Supported Collaborative Work), qui constituent une évolution des environnements interactifs d'apprentissage à distance (EIAO) vers ceux supportant la collaboration pour favoriser la construction collective et sociale du savoir. Nos travaux dans ce contexte nous ont amenés à mettre en lumière les besoins vitaux ainsi que les caractéristiques du processus d'apprentissage. Ceci nous a permis de cibler certaines situations d'apprentissage nécessitant l'assistance telles que la navigation dans un contenu pédagogique, la discussion avec d'autres sur un sujet d'intérêt commun, ou encore, le partage de documents, leur édition, révision, etc.

3. Architecture logicielle

Pour la modélisation et l'organisation architecturale de l'environnement CHELIA, nous avons choisi de nous appuyer sur les modèles d'architectures *Hybride* [ROT 00], *Client-serveur* et *multi-agents* [FER 95]. Le modèle *Hybride* définit un processus central pour gérer la cohérence des données et un processus sur chaque station cliente pour gérer les actions non conflictuelles des utilisateurs sur l'interface. Ce choix facilite la gestion de la cohérence des données dans un environnement multi-utilisateur. De même qu'il facilite la gestion du partage, de la collaboration et favorise ainsi l'apprentissage collectif à distance.

Concernant l'exploitation des concepts des systèmes multi-agents (SMA) en apprentissage, nous avons constaté que les études menées dans ce contexte montrent des signes encourageants à plusieurs égards. Tout d'abord pour le *Tutoring* à base de plusieurs agents coopérants [RIT 97], l'approche à base d'*Agents Médiateurs*

¹ Les CSCL visent à favoriser par des moyens informatiques la construction des connaissances de manière collective.

supportant la communication et la collaboration entre apprenants [NOR 95], ou encore, l'approche d'agents observateurs fournissant des statistiques sur les interactions entre apprenants [DIL 97] [GEO 99] [DES 01]. Pour l'environnement CHELIA la conception s'appuie sur la méthode de Wasson [WAS 98], qui repose sur la conception d'activités pédagogiques et les agents devant les supporter. L'étape suivante de notre travail concerne l'identification des applications de support de l'assistance et de la collaboration devant être intégrées au sein de l'environnement CHELIA. Le critère fondamental de notre démarche est que la disponibilité de ces agents au sein de l'environnement, doit fournir un support pédagogique pour l'apprentissage collectif humain à distance.

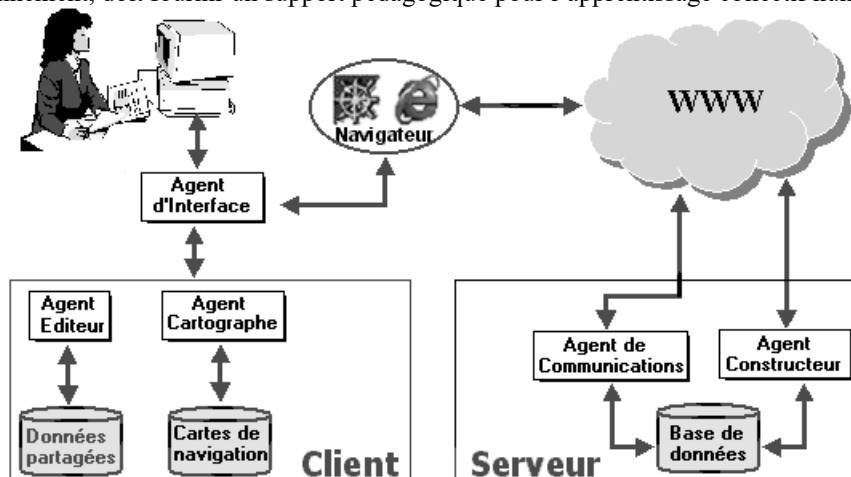


Figure 2. Architecture simplifiée de CHELIA

Le type d'architecture de l'environnement CHELIA est similaire à celui de la majorité des systèmes client/serveur actuels dont le modèle repose sur une relation entre des processus s'exécutant sur des machines séparées. Ainsi, nous visons essentiellement à rendre le serveur transparent du point de vue de l'utilisateur, qui aura accès aux données comme si elles étaient sur son poste de travail. La figure 2 illustrée ci-dessus, présente l'architecture globale de CHELIA, qui se caractérise par la centralisation des données associées à l'assistance et à l'apprentissage et la répartition des traitements et des interfaces. Les données concernant les utilisateurs, les projets avec leurs structures (étapes, planning, etc.), les cours multimédias en ligne, les expériences d'apprentissage, les documents rédigés collectivement se trouvent sur le serveur. Pour favoriser l'aspect du travail collectif (et individuel) dans le contexte d'une communauté d'enseignement, toutes les applications rendues disponibles au sein de l'environnement peuvent être exploitées afin de produire de la connaissance qui sera mise à la disposition et au service de la communauté. Par exemple, la rédaction collective d'un support de cours par un groupe d'enseignants les mènera à le délivrer à l'administrateur du serveur pour l'enregistrer et le rendre accessible aux apprenants.

Ainsi, comme le montre la figure 2, l'environnement CHELIA repose sur une architecture multi-agent basée sur le concept client/serveur, elle est composée d'un ensemble d'agents autonomes. Nous distinguons au niveau du site serveur l'agent de *Communication*, qui constitue un support des conversations et des échanges directs entre des interlocuteurs géographiquement distants. Cet agent gère les communications entre les usagers selon des principes préétablis basés sur une nouvelle métaphore de communication appelée : *Téléphone-Sonne* (Sec. 5.3.). Nous disposons également au niveau du site serveur de l'agent *Constructeur*, dont la tâche est le support de la construction coopérative de classes virtuelles tridimensionnelles.

Tandis qu'au niveau des sites clients, nous distinguons trois agents, qui évoluent de façon autonome. En l'occurrence, l'agent d'*Interface*, sa principale tâche est la gestion des interactions de l'utilisateur avec l'environnement. Ses objectifs essentiels sont de répondre rapidement aux différentes actions de l'utilisateur et accroître le taux d'interactions entre l'utilisateur et l'environnement. L'agent *Cartographe* est chargé de fournir aux utilisateurs l'assistance requise durant le processus d'apprentissage. Il exploite les possibilités graphiques de cartographie pour permettre aux apprenants d'échanger leurs expériences d'apprentissage mutuelles. Nous distinguons enfin l'agent *Éditeur*, un outil supportant l'édition partagée de documents.

Notre démarche de conception basée sur l'intégration progressive d'agents individuels au sein de l'environnement CHELIA possède l'avantage d'être indépendante par rapport à la conception et l'intégration de nouveaux agents, ainsi que l'ajustement éventuel des agents existants. Ceci permet de réduire de façon significative la complexité de mise en œuvre, comme l'a si bien détaillé Lesser [LES 95].

Enfin, au niveau inférieur de l'architecture logicielle, nous distinguons les bases de données partagées qui sont accessibles aux utilisateurs. Elles incluent toutes les informations requises dans des contextes d'apprentissage coopératifs tels que : des documents multimédia qui sont accessibles à distance (cours structurés), des informations sur chaque apprenant/enseignant (identité, présence en session d'étude, activités

courantes, etc.), le contenu de documents partagés en cours d'édition par des apprenants et/ou des enseignants, des tracés de cartes graphiques de navigation, etc.

4. Caractéristiques de CHELIA

L'aspect hybride de CHELIA nous permet d'exploiter le concept de serveur afin de maintenir facilement toutes les données consistantes. Alors que la distribution des traitements et des interfaces nous permet d'accélérer les temps du traitement et d'affichage, et de limiter le trafic sur le réseau. De plus, il est possible à un utilisateur de se connecter et de récupérer des informations à partir de n'importe quel poste.

La technique retenue dans l'architecture de CHELIA repose également sur un système de stockage de données centralisé (bases de données, fichiers, ...), un serveur d'application et des systèmes clients. Ainsi, seul le serveur manipule les données, car les clients n'ont accès qu'aux applications. Avec CHELIA, les applications clientes permettent aux usagers de produire de la connaissance (de manière collective) et de la transférer à partir de stockages locaux vers la base de données du serveur. Par conséquent, les données peuvent être déplacées et peuvent provenir de plusieurs sources de stockages sans aucune conséquence sur l'accès des clients.

Pour l'environnement CHELIA, l'enjeu consiste à réaliser l'intégration des agents, tout en visant plusieurs objectifs essentiels. À savoir, tout individu de la communauté doit pouvoir accéder à toute information utile à sa tâche, dès lors, que cet accès est autorisé par les règles de confidentialité et de sécurité en vigueur. Toutes les données du système sont centralisées au niveau du serveur. Cependant, certaines données en cours de construction peuvent être enregistrées localement du côté client. Par exemple, les versions intermédiaires des objets d'un document sujets à une rédaction collective ou encore, des cartes graphiques associées à des expériences personnelles de navigation, etc. Ainsi, à chaque fois qu'un objet quelconque est finalisé, il sera disposé au niveau du serveur et mis au profit de toute la communauté. Enfin, les documents enregistrés localement sont mis à jour sur requêtes puisque les participants sont régulièrement notifiés à propos des différentes modifications apportées à ces derniers. Le serveur permet également aux différents participants de communiquer entre eux en échangeant des messages. Quand des participants retardataires se connectent au serveur, leur entrée est automatiquement signalée aux autres. Le processus de collaboration peut ainsi prendre place naturellement à travers l'échange de messages et les mécanismes de rétroaction mis en jeu.

5. Description des différents agents

CHELIA est basée sur le concept d'un environnement *intégré*, qui génère des opportunités pour l'apprentissage collectif à distance. Bien que cette démarche implique un effort de développement et s'inscrit dans la durée, elle reste un passage nécessaire pour aboutir à un environnement exploitable. Dans la suite de cette section, nous présentons brièvement les différents agents que nous avons intégrés au sein de l'environnement CHELIA.

5.1. Agent d'interface

Un modèle d'architecture doit satisfaire trois objectifs. Il vise tout d'abord l'organisation de la mise en œuvre, c'est-à-dire le découpage en modules pour faciliter l'implémentation, la portabilité et la maintenance. Il joue également un rôle plus important en exprimant le découpage fonctionnel utile non seulement lors de la mise en œuvre mais également pendant la démarche d'analyse et de conception. C'est par exemple le cas de l'un des modèles multi-agents les plus représentatifs, en l'occurrence *PAC* [COU 90], qui est basé sur la décomposition d'une application interactive en une hiérarchie d'agents interactifs composés de trois facettes : *Présentation*, *Contrôle* et *Abstraction*. Le composant *Présentation* est chargé de la transmission (visuelle, sonore, etc.) des informations à l'utilisateur et de l'acquisition des entrées de l'utilisateur ; le composant *Abstraction* représente la vue de l'application à travers laquelle l'agent accède aux services sémantiques de l'application et le composant *Contrôle* est le moteur du dialogue qui s'établit entre l'utilisateur et l'agent, et le moteur de la coopération qui s'établit entre l'agent et les autres agents.

En ce qui concerne l'architecture logicielle de l'environnement CHELIA, l'agent interface constitue le composant *Présentation* du modèle *PAC*. La conception de cet agent est basée sur deux concepts fondamentaux. Le premier concerne la rapidité de réagir aux actions des utilisateurs et le second vise à réduire au mieux leurs charges cognitives. Par conséquent, nous évitons de surcharger l'écran afin de simplifier la tâche aux apprenants, particulièrement ceux qui ne sont pas habitués à utiliser les environnements informatiques. L'agent d'interface sert ainsi de médiateur entre l'usager et les différents agents de l'environnement (humains et informatiques). Il lui permet d'accéder aux informations recherchées ainsi qu'aux différents services supportés par l'environnement de la manière la plus facile possible. Par exemple, il fournit l'assistance requise à l'interaction, notamment à travers la spécification des possibilités fournies par les différents agents intégrés. Un aspect particulier de l'agent d'interface est sa faculté d'adaptation aux caractéristiques spécifiques des usagers (apprenants, enseignant, administrateur, etc.).

5.2. Agent cartographe

L'idée de conception d'un agent d'assistance à la navigation et son intégration au sein de l'environnement CHELIA est particulièrement inspirée des nombreux travaux qui ont été entrepris pour répondre aux problèmes de *Discontinuité* [RHE 97] et de surcharge cognitive [MUR 99]. Notre souci est de centrer cet environnement autour des besoins des activités d'apprentissage et de formation. En effet, la mise à la disposition des apprenants d'un contenu pédagogique consistant et en perpétuelle évolution requiert une assistance pointue afin de leur permettre de cibler les bribes de connaissances nécessaires à leur formation.

L'agent cartographe guette les actions de l'utilisateur apprenant lors d'une session de navigation ou d'apprentissage et lui donne la possibilité de schématiser son parcours. Il met en œuvre une représentation graphique d'ordre à la fois conceptuelle et géographique du parcours de recherche d'un usager dans l'espace informationnel, en accord avec les modèles cognitifs de navigation. On parle alors dans ce cas, de *carte de navigation* [WEX 97].

L'usage de la carte de navigation donne la possibilité à l'apprenant de structurer ses connaissances, de repérer ses propres lacunes et de disposer d'un support graphique de réflexion lors de la préparation du plan de son dossier de recherche d'information [ZEI 98]. L'architecture adoptée permettra sans doute lors de l'utilisation combinée des outils d'afficher sur l'écran d'une machine, la fenêtre du navigateur et sur une autre la séquence des sites et la carte de navigation [DJO 01]. Cette solution permet de réduire considérablement la surcharge cognitive chez les usagers.

Pour un enseignant la carte graphique peut être considérée comme un outil d'analyse du contenu d'enseignement. Elle lui permet d'approfondir les structures des programmes et de construire le plan de séquence de cours approprié. La préparation d'un parcours guidé et commenté sert à initier des apprenants. Ces parcours apportent une navigation linéaire simplifiée sans pour autant restreindre la liberté d'exploration. Ils incluent des documents publics disponibles sur l'Internet entrecoupés de documents locaux préparés dans un but pédagogique.

5.3. Agent de communication

Le processus de communication se réalise par l'interaction de trois éléments : un émetteur qui envoie un message, un canal et un récepteur. Ce processus peut être plus au moins complexe suivant le nombre de personnes impliquées et la technique utilisée comme moyen de diffusion. Dans le contexte des applications de support des activités coopératives en enseignement à distance, divers outils de communication sont utilisés. Cependant, en dépit de leur large disponibilité, leur habilité à supporter la productivité du travail en équipe n'a pas encore été prouvée. Nous accordons dans le contexte de notre travail un intérêt particulier à la communication. Ceci nous a amenés à constater que la construction de modèles de communication ne représente pas une prouesse technique. Il est plutôt nécessaire, voire important, de considérer la façon la plus communément utilisée par les usagers pour communiquer entre eux. Par conséquent, l'utilisation de métaphores inspirées de la vie quotidienne peut être une approche susceptible de rapprocher d'avantage des utilisateurs en situation d'apprentissage en groupe. De plus, ceci déchargera sans aucun doute les usagers des charges cognitives associées aux phases d'initiation et d'apprentissage.

Du moment que le téléphone est le moyen de communication le plus utilisé par les individus, il serait naturel d'explorer son principe pour la conception de notre agent de communication. Partant de ce constat, nous avons bâti l'architecture de l'agent de communication sur une nouvelle métaphore de communication que nous avons appelée : *Téléphone-Sonne*. Ainsi, l'agent de communication est disposé au niveau du site serveur. Il gère différents types de communications échangées par différents types d'usagers (apprenants et enseignants).

5.4. Agent éditeur

L'agent d'édition coopérative de CHELIA est une adaptation de *JamEdit* [ZID 00]. Il permet à plusieurs auteurs géographiquement distribués de coopérer lors de la rédaction d'un document structuré. La structure d'un document définit une organisation en parties telles que des chapitres, des sections, des paragraphes, des figures, etc. Le document commun est un objet abstrait, dont chaque utilisateur peut avoir une vue différente. Ces vues diffèrent par les parties (ou fragments) du document qui sont rendues visibles à l'utilisateur, les droits de l'utilisateur sur chacun de ces fragments (lecture, écriture, annotation et commentaire) et par le degré de *fraîcheur* de chaque fragment (prise en compte des dernières modifications). Pour chaque fragment du document, un utilisateur joue le rôle de *chef de projet*, et peut attribuer des droits aux autres utilisateurs sur ce dernier. Le découpage du document et les droits des utilisateurs peuvent être redéfinis dynamiquement, en respectant des contraintes fixées, par exemple un seul *chef de projet* par fragment.

Les traitements définis pour l'agent d'édition incluent la gestion des tâches d'édition, de coordination et des versions. La coordination gère les situations conflictuelles tels que les accès concurrents des utilisateurs. Des notifications sont automatiquement adressées aux usagers pour les maintenir informés sur les événements qui

surgissent. Pour remplir ces fonctions, l'agent *Editeur* communique avec les autres agents distants, tout en pilotant l'ensemble de l'application localement. Il est informé des changements qui se produisent au niveau des autres sites et déclenche en conséquence les modules locaux de notification des événements et de stockage. Il initie en retour, des communications pour coordonner le travail et transférer les mises à jour exécutées localement vers les différents sites concernés.

5.5. Agent constructeur

L'intégration de l'agent constructeur supportant la conception coopérative de classes virtuelles au sein de CHELIA est motivée par plusieurs facteurs importants. Tout d'abord, notre conviction que des apprenants pourraient un jour naviguer dans un espace commun en prenant la forme qu'ils désirent, se rencontrer et dialoguer, travailler ensemble et échanger leurs points de vue sur divers sujets d'intérêt commun. Ensuite, le fait de simplifier pour l'utilisateur la perception des objets par utilisation d'une représentation 3D, et celui de le transporter directement au milieu du monde simulé, pour mieux lui en faire appréhender la complexité. Enfin, étant donné que la conception de l'environnement CHELIA est centrée autour des concepts d'échange, de collaboration et de partage, il nous semble capital de permettre à tout apprenant/enseignant recherchant quelqu'un de pouvoir le localiser et interagir avec lui.

Ainsi, l'idée de l'exploitation de la réalité virtuelle dans l'environnement CHELIA n'est pas fortuite et découle plutôt, d'un besoin extrêmement poussé. En effet, au vu de l'interface bi-dimensionnelle de CHELIA que nous comptons utiliser pour les enseignements distribués, il est manifeste qu'elle ne permet pas de faire un travail collectif via les machines dans de bonnes conditions. Nous nous sommes alors définis comme objectif d'intégrer un agent qui permet aux utilisateurs de construire de façon collective des classes virtuelles. Les principales contraintes initiales que nous nous sommes fixées sont d'exploiter les caractéristiques 3D du langage VRML et une construction interactive de mondes virtuels à partir d'une interface graphique 2D. Ensuite, d'intégrer les aspects associés à la collaboration.

L'agent constructeur repose sur une interface graphique 2D permettant à plusieurs utilisateurs de construire une classe virtuelle composée de plusieurs objets sous forme d'une hiérarchie. Cette interface permet aux utilisateurs de faire abstraction totale de la charge de spécification de la classe construite en termes du langage VRML. Elle peut ainsi être assimilée à une couche logicielle entre le modèle graphique 2D et sa traduction en une présentation visuelle 3D. L'objectif recherché à court terme, est de permettre à tout apprenant/enseignant de jeter un coup d'œil pour voir dans une salle quelles personnes sont présentes. Tandis qu'à long terme, nous espérons pouvoir traduire toute la représentation de la base de données associée aux participants pour simuler le comportement global du système d'enseignement et pouvoir l'observer en temps réel pour d'éventuelles évaluations.

Le but de nos travaux est de replonger les utilisateurs dans des situations qu'ils ont l'habitude de rencontrer, c'est à dire le travail dans une classe classique ou une bibliothèque, etc. La présentation de la classe virtuelle devra donc se rapprocher de ce que l'on verrait en situation réelle. Ceci est impossible avec les actuels systèmes à fenêtres présentant les acteurs dans des fenêtres distinctes. Par conséquent, il nous semble logique de matérialiser le cloisonnement entre les tâches. Notamment, en exploitant la métaphore de pièce (objet 3D fermé) et en l'associant au concept d'activité.

6. Etat actuel de développement

L'implémentation de l'environnement CHELIA nécessite de prendre en considération plusieurs aspects importants en ce qui concerne les outils informatiques de développement. Nous avons donc choisi des langages de programmation qui permettent de faciliter le développement de l'architecture distribuée et précisé les choix techniques par rapport au système multi-agent. Enfin, nous avons prévu des possibilités d'adaptabilité des outils développés conformément aux exigences des usagers. C'est ainsi que nous avons été amenés à entamer le processus de développement avec les langages C++, Java (et sa bibliothèque *JSDT* [BUR 99]), PHP et MYSQL.

Pour concrétiser les choix fondamentaux que nous avons faits, nous avons entamé le processus de développement des différents agents de l'environnement CHELIA. Cependant, cette étape reste encore à ses débuts et il faudra attendre encore quelques années avant d'obtenir un premier prototype complet. Concernant l'agent de communication nous travaillons actuellement sur l'implémentation des règles de communications que nous avons définies. Par contre pour l'agent éditeur, nous disposons déjà d'une première version développée sous MS Windows en C++, que nous sommes en train d'affiner davantage en complétant les fonctionnalités existantes et d'adapter au support des activités d'édition dans un contexte de formation sur Internet. Le développement d'assistance à la navigation et l'aide en ligne à travers le serveur éducatif est pratiquement réalisé à l'exception de certaines fonctionnalités que nous avons jugées utiles telles que celles qui permettent à l'apprenant de rajouter des commentaires sur chaque site ou page et personnaliser ainsi son parcours. Concernant l'agent constructeur de classes virtuelles, nous avons commencé à implémenter une première version avec Java. Cette version une fois achevée, nous permettra d'avoir une idée sur le fondement des différents choix que nous

avons faits. Cependant, il faut préciser qu'à l'état actuel de notre travail, les relations sémantiques entre les objets et les supports du partage et de la collaboration ne sont pas encore implémentés.

7. Utilisation de CHELIA

L'objectif essentiel visé à travers le développement de CHELIA est de fournir un environnement partagé au sein duquel, les apprenants et les enseignants peuvent travailler ensemble sur un sujet spécifique d'intérêt commun. Pour surmonter la complexité importante de mise en œuvre de cet environnement, nous adoptons une approche qui réduit de façon significative les efforts de conception et d'implémentation. Cette approche consiste à étendre le noyau du système de façon progressive, à travers l'intégration de nouveaux composants supportant l'assistance à l'apprentissage et des fonctionnalités de partage et de collaboration.

L'interface de l'environnement CHELIA montre les fonctionnalités principales supportées par l'environnement. Nous distinguons les différentes possibilités selon la catégorie de l'utilisateur (apprenant, enseignant, administrateur ou invité). Ainsi, un scénario typique d'accès à l'environnement conduit un apprenant (régulièrement inscrit) à prendre connaissance des nouvelles relatives aux différentes activités d'enseignement. Il peut ensuite, accéder aux cours disponibles en ligne, tout en ayant la possibilité de solliciter de l'assistance à travers les agents que nous avons intégrés, ou en communiquant avec des apprenants ou des enseignants disponibles. Enfin, s'il est membre affilié à un groupe travaillant sur la rédaction collective d'un document, il lancera l'agent éditeur, s'informe sur les personnes présentes en session et procédera à la réalisation de ses tâches. Tandis qu'un invité (visiteur) doit se contenter d'une visite guidée qui lui montre les ressources essentielles disponibles au sein de l'environnement afin de l'inciter à s'inscrire.

8. Conclusion

Dans cet article, nous avons décrit l'environnement CHELIA conçu pour supporter des activités d'apprentissage à distance sur l'Internet. Il permet à des apprenants de se connecter à partir de n'importe quel poste de travail pour consulter les cours en ligne et communiquer avec les enseignants et/ou apprenants disponibles. Ils disposent également d'un support de rédaction partagée leur permettant de travailler de manière collective sur un projet commun d'édition de documents, ainsi que des outils d'assistance à l'apprentissage.

En ce qui concerne l'interface de CHELIA, elle favorise plutôt l'interaction avec l'apprenant. Ceci est dicté par notre souci de centrer l'intérêt de l'environnement autour des besoins de l'apprenant. Elle fournit ainsi un accès facile aux ressources disponibles et permet également l'accès aux différents outils intégrés. Chaque apprenant/enseignant possède un ensemble de droits spécifiques sur la base de données du serveur et les fonctionnalités supportées.

Conscients de l'intérêt d'expérimenter cet environnement dans des situations réelles d'apprentissage, nous souhaitons pouvoir recueillir (à plus long terme) des informations sur les activités effectives des apprenants. Ceci est d'une importance extrême pour nous et constitue un objectif double. Premièrement, nous pouvons valider ou remettre en cause certains choix techniques. Ensuite, nous pourrions déterminer avec plus de précisions les ajustements et les adaptations devant être apportés aux outils que nous avons intégrés. À ce sujet, nous avons choisi une architecture multi-agent qui est modulaire et donc évolutive, dans le sens où, elle facilite donc la conception de nouveaux agents et leur intégration de manière incrémentale.

Par ailleurs, l'approche multi-agent nous permet d'envisager la répartition des agents entre le site serveur et les sites clients. Ceci peut évidemment être accompli tout en ayant la possibilité de les faire communiquer entre eux. Dès lors, ce choix nous apparaît comme solution idéale pour fournir des supports d'assistance aussi bien individuels que collectifs au sein de l'environnement distribué CHELIA.

9. Bibliographie

- [BOU 00] Bouthry A., Chevalier P., Schaff J. L. Choisir une solution de téléformation – Étude 2000.
- [BUR 99] Burrige R. Java Shared Data Toolkit User Guide. Sun Microsystems, (1999).
- [COU 90] Coutaz J. Interface Homme-Machine, Editions Dunod, 1990.
- [DES 01] Després C. ESSAIM : un environnement informatique pour le suivi pédagogique synchrone d'activités d'apprentissage à distance. Desmoulin C., Grandbastien M., Labat J. M., (Eds.), Démonstration (EIAO'2001), Paris, (Hermès, 2001), p. 178-179.
- [DIL 97] Dillenbourg P., Jermann D., Schneider D., Traum C., Bui C. The design of MOO Agents : Implications from an Empirical CSCW Study, B. d. B. a. R. Mizoguchi, (Ed.), AI in Education, Kobe, Japan, (IOS Press, 1997).
- [DJO 01] Djoudi M. Conception d'assistants pour faciliter l'apprentissage sur Internet. Comprendre les usages, Éditions ULM, Paris 2001.

- [ECO 00] Ecoutin E. Étude comparative technique et pédagogique des plates-formes pour la formation ouverte et à distance. Etude de l'ORAVEP réalisée pour le Ministère de la recherche (DT/SDTETIC), (2000).
- [FER 95] Ferber J. Les systèmes multi-agents. Iia, Ed. (Paris, InterEditions, 1995).
- [GEO 99] George S., Després C. How Telecommunications and Agents can be used in Distance Education: an example of remote driving of educational robots, Abbott, C. (Ed.), (TET'99), Gjøvik, Norway, p. 311-318, (1999).
- [LES 95] Lesser V. Multiagent Systems : An Emerging Subdiscipline of AI. *ACM Computing Surveys*, 27(3): 340-342.
- [MUR 99] Murray T., Condit C., Piemonte J., Shen T., Khan S. MetaLinks—A Framework and Authoring Tool for Adaptive Hypermedia. *Proceedings of AIED-99*, p. 744-746, (1999).
- [NOR 95] Norrie D. H., Gaines B. R. The Learning Web: A System View and an Agent-Oriented Model, *International Journal of Educational Telecommunications*, Vol. 1 (1), p. 23-41, 1995.
- [RHE 97] Rhéaume J., Les hypertextes et les hypermédias. *Éducatechnologiques*, Université Laval, Canada, (1997).
- [RIT 97] Ritter S. Communication, Cooperation and Competition among multiple Tutor Agents, B. d. B. a. R. Mizoguchy, (Ed.), *Artificial Intelligence in Education*, Kobe, Japan, (IOS Press, 1997).
- [ROT 00] Roth J., Unger C. An extensible classification model for distribution architectures of synchronous groupware. Dieng R., Giboin A., Karsenty A., Michelis G. D. (Eds.). *Fourth International Conference on the Design of Cooperative Systems*, COOP'2000, Sophia Antipolis, France (IOS Press, 2000), p. 113-127.
- [STA 00] Stahl G. Collaborative information environments to support knowledge construction by communities, *AI & Society*, 14 , pp. 1-27, (2000).
- [WAS 98] Wasson B. Identifying Coordination Agents for Collaborative Telelearning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 9, p. 275-299, (1998).
- [WEX 97] WEXELBLAT A., MAES P. Footprints : Visualizing Histories for Web Browsing. In *Actes de la 5e conférence sur la Recherche d'Information Assistée par Ordinateur sur Internet (RIAO'97)*, Centre des hautes études internationales d'Informatique, Montréal, pages 75–84, 1997.
- [ZEI 98] Zeiliger R. Supporting Constructive Navigation of Web Space. *Workshop on Personalized and Social Navigation in Information Space*. Hook, K., Benyon, D., Munro, A., eds., Stockholm-Sweden, (March 1998).
- [ZID 00] Zidani A., Boufaïda M., Djoudi M. JamEdit : Un outil interactif et coopératif pour l'édition de documents. *Technique et Science Informatiques*, vol 19, n° 7, 2000, p. 919-941, Hermès, Paris.