SIMUL*Agent*

Coopération entre Agent Pédagogique et Simulateur d'Activités Pédagogiques Interactives

Tahar Bouhadada, Chahra Meftah

Groupe de Recherche en Intelligence Artificielle Laboratoire de Recherche en Informatique (GRIA/LRI) Département d'informatique Université de Annaba BP 12, 23000 Annaba ALGERIE

bouhadada.tahar@univ-annaba.org

RÉSUMÉ. Les recherches en Environnement Interactif d'Apprentissage Humain (EIAH) se développent dans trois directions : les hypermédias adaptatifs qui permettent une présentation hypermédia de documents pédagogiques adaptée au niveau et aux besoins de l'apprenant, les simulateurs pédagogiques dans un contexte d'auto-formation pour des environnements d'enseignement à distance et les agents pédagogiques animés qui visent à expliquer le cours et à motiver les apprenants par des aspects communicationnels et émotionnels via des signes de communication verbaux et non-verbaux. Nous présentons dans cet article une nouvelle approche visant à intégrer les agents pédagogiques et les simulateurs d'activités pédagogiques (une coopération dans un contexte d'enseignement à distance) qui sont en fait complémentaires mais qui ne sont pas encore intégrés de manière satisfaisante dans les systèmes actuels.

MOTS-CLÉS: Activité pédagogique interactive, agent pédagogique, simulateur, multimodalité, coopérativité.

ABSTRACT. Research in Human Interactive Learning Environment (HILE) develops in three directions: adaptive hypermedia which allow a presentation of educational hypermedia documents adapted to the learner's level, pedagogical simulator in a distance learning context and animated pedagogical agents which aim to explain the course and to motivate the learner by communication and emotional aspects via verbal and not-verbal signs of communication.

We present in this paper a new approach aiming to integrate pedagogical agents and pedagogical simulator (cooperation in a distance learning context) which are in fact, complementary but which is not integrated yet satisfactorily in the current systems.

KEYWORDS: Interactive pedagogical activity, pedagogical agent, simulator, multimodality, cooperativity.

1. Introduction

Dans l'enseignement traditionnel, les interactions entre apprenants et enseignants sont multi-supports, multimodales, coopératives et adaptatives. Une des difficultés pour l'enseignant consiste aussi à savoir adapter sa communication à des apprenants ayant des niveaux très différents. Vis-à-vis de cette multi-modalité et du caractère coopératif et adaptatif de ces interactions humaines, les outils actuels des Environnements Interactifs pour l'Apprentissage Humain (EIAH) semblent limités [12].

Plusieurs travaux ont étudiés les impacts de la multi-modalité, de l'adaptabilité et de la coopérativité sur la pédagogie dont le projet MICAME [12] qui a pour objectif de mieux comprendre la nature et les mécanismes qui sous-tendent ces interactions multimodales et coopératives afin d'envisager la spécification d'Interfaces Homme-Machine multimodales (clarification, empathie et encouragement), plus conviviales, plus pédagogiques, plus efficaces mais aussi permettant d'adapter non seulement le contenu d'un cours à différents niveaux d'apprenants, mais surtout la communication de ce cours [12].

Dans cet article, nous décrivons un système intégrant un simulateur d'activités pédagogiques interactives [3][9] et un agent conversationnel [2]. Nous nous focalisons sur les problèmes posés par la coopération à mettre en oeuvre entre ces composants qui avaient été développés jusqu'à maintenant de manière indépendante sans avoir été intégrés dans une application. Le problème consiste alors à coordonner ces deux composants adaptatifs de manière transparente et intuitive pour l'apprenant.

2. Etude de l'existant

L'enseignement constitue un domaine privilégié d'application des simulateurs d'activités pédagogiques interactives [5]. L'objectif dans ce contexte est de présenter des simulations pédagogiques multimédias d'une manière individuelle, adaptée à l'apprenant. Cette adaptation s'effectue le plus souvent en fonction des connaissances acquises que le système détermine par validation d'étapes, de tests et/ou en fonction de la liste des éléments pédagogiques déjà consultés. Ces trois composants sont étroitement liés, le modèle du domaine étant structuré en fonction du type d'information pris en compte par le modèle de l'apprenant [12]. Certains travaux utilisent XML pour représenter le modèle du domaine et/ou le modèle de l'apprenant ainsi que pour décrire la structure des documents pédagogiques eux-mêmes [4].

L'agent pédagogique se situe à la croisée de deux directions de recherche : les agents conversationnels et les environnements d'apprentissage à base de connaissance. Plusieurs équipes développent actuellement des agents pédagogiques qui diffèrent selon leurs caractéristiques graphiques (juste une tête parlante ou un corps complet, 2D ou 3D) et les algorithmes qu'ils utilisent pour générer un comportement multimodal.

La réalisation multimodale des actes pédagogiques peut être atténuée ou exagérée suivant le contexte. Les modalités non verbales sont utilisées par les agents conversationnels pour réguler les tours de parole et fournir un retour sans interrompre l'utilisateur, ponctuer une phrase, indiquer une question [6][11]. Outre ces actes, les agents pédagogiques peuvent utiliser la communication non-verbale pour montrer comment exécuter une action physique dans un environnement 3D simulé (gestes de la main, postures), porter l'attention de l'apprenant sur un point précis d'un environnement complexe source d'ambiguïtés, le féliciter (expressions faciales, gestes de la main), l'encourager à se poser des questions (gesticuler, se gratter la tête). Plusieurs études ont été menées afin d'évaluer l'utilité de ces agents pédagogiques sur l'apprenant [10][7]. Ces différents projets présentent certaines limites. Ainsi, le comportement de l'agent pédagogique et de l'application sont généralement intégrés dans le logiciel et ne bénéficient pas des avancées plus récentes en terme de spécifications (par exemple en utilisant XML) plus facilement ré-utilisables pour générer différents cours. D'autre part, l'utilisation possible de l'agent pour personnaliser, de manière générique et indépendante de l'application pédagogique, la présentation du cours aux besoins spécifiques d'un apprenant donné (par exemple avec différentes personnalités d'agent) ou via des capacités adaptatives de l'application pédagogique est peu décrite. Enfin, le comportement multimodal des agents est souvent fondé sur des règles générales issues de la littérature en sociolinguistique et non sur une analyse contextuelle des stratégies communicatives multimodales d'enseignants [12].

3. La simulation dans le processus d'apprentissage

La simulation est une technique de modélisation du monde réel. Elle permet de représenter le fonctionnement d'un système composé de différents centres d'activités, de mettre en évidence les caractéristiques de ceux-ci et les interactions entre eux, de décrire la circulation des différents messages et objets traités par processus, et enfin d'observer le comportement du système dans son ensemble et son évolution dans le temps [8]. Le simulateur pédagogique a pour objectif de favoriser l'apprentissage par la manipulation personnelle (choix-essai-conséquences) et de centrer le simulateur sur l'apprenant et non sur le phénomène ou système étudié, en développant les aspects motivants et porteurs d'interrogations. L'utilisation libre d'une simulation par l'apprenant ne garantit pas l'apprentissage. Dans une situation classique d'apprentissage, le formateur peut fixer les objectifs et orienter l'apprenant lors de sa manipulation. Par contre, dans l'utilisation autonome d'une simulation, le système devrait être capable de proposer les objectifs, de guider l'apprenant vers les objectifs et de vérifier si les objectifs sont atteints.

Dans le présent travail, nous nous intéresserons uniquement à ce type de simulation qui se situe dans la catégorie «simuler pour apprendre», en excluant toutes les autres catégories où il n'existe pas de contrôle pédagogique de l'apprenant.

4. L'agent pédagogique

Il est représenté par un personnage animé et affiché à côté d'un support de formation, qui vise à fournir des signes de communication pour aider et motiver l'apprenant par des aspects communicationnels et émotionnels. Il peut : attirer l'attention de l'apprenant, motiver l'apprenant (en l'encourageant), fournir des conseils pour mieux répondre, donner des explications et des indications, etc.

Dans SIMULAgent, l'agent pédagogique intervient dans les différentes phases du processus d'apprentissage :

- *Dans la phase « Cours » :* il peut fournir des explications détaillées, et peut aussi intervenir à la demande (si l'apprenant le sollicite) ; etc.
- Dans la phase « Exercices » : il peut fournir de l'aide ; il peut guider les apprenants ; etc.
- Dans la phase « Simulation » : il peut expliquer les étapes à suivre pour mieux simuler le programme donné ; il peut aider à la simulation ; etc.

5. Description de SIMUL Agent

Le système comprend un modèle du domaine, un modèle de l'apprenant et un contrôleur qui détermine les éléments de cours à présenter par le simulateur d'une part, et par l'agent pédagogique d'autre part (Figure 1). Cette séparation vise à permettre une réutilisabilité pour différents cours et supports.

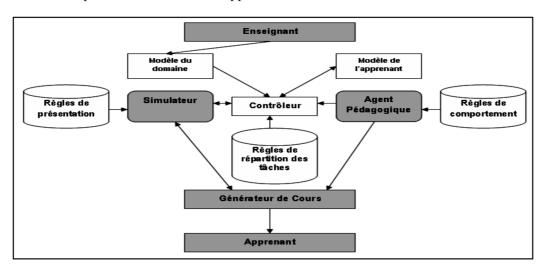


Figure 1. Architecture de SIMULAgent

Nous considérons dans un premier temps un modèle de l'apprenant simplifié qui prend en compte une évaluation du niveau de l'apprenant (saisie initialement ou résultant d'évaluations préalables) : Faible, Moyen, Bon ; un ensemble de concepts à valeurs booléennes (non validé, validé), ainsi que l'historique des étapes parcourues dans la simulation. Les documents pédagogiques présentés à l'apprenant doivent être interprétés d'une part par le simulateur, et d'autre part par l'agent pédagogique. Leur représentation dans le système ne doit donc pas se situer au niveau des détails de présentation dans l'un ou l'autre des médias de sortie, mais au niveau de la structure des documents. Nous nous sommes orientés vers une représentation XML : le cours est organisé en documents pédagogiques appelés concept, chaque concept pouvant contenir les éléments suivants : définition, explication, exemple. A chaque élément de cours peut être associé un ensemble de concepts pré-requis, ainsi qu'un niveau minimum requis.

Nous avons choisi trois dimensions sur lesquelles la coopération du système peut intervenir en fonction du niveau de l'apprenant et de sa fréquence de consultation du cours (Table 1) : les modalités utilisées, le détail des informations communiquées et le type de parcours.

Modalités	Simulateur seul
	Agent avec Simulateur
Niveau de détail	Simulateur : simple / détaillé
des informations	Agent : simple / détaillé (nombre et longueur des
communiquées	interventions, activité non-verbale)
Parcours	Très guidé par le système
	Liberté de parcours importante laissée à l'apprenant

Table 1. Dimensions sur lesquelles la coopération du système peut intervenir

La coopération est gérée à plusieurs niveaux : dans la sélection et dans l'ordonnancement des étapes communicatives, mais aussi dans la réalisation interne de chacune de ces étapes. A la première exécution du système, l'algorithme déroule les étapes communicatives suivantes : message de bienvenue, introduction au cours, choix du 1^{er} concept (par le système ou par l'apprenant). Ensuite, pour chaque concept sélectionné : introduction à ce concept, présentation du contenu, présentation des étapes de la simulation.

6. Le modèle du domaine et le modèle de l'apprenant

Le module *structure machine* est enseigné en troisième année du cycle de formation d'ingénieur en informatique. Il traite les différents composants de l'ordinateur (mémoire, microprocesseur, les entrées/sorties, etc.). Le modèle du domaine comprend un ensemble de concepts représentant les différentes unités de connaissances relatives au domaine enseigné, et les différents liens entre ces concepts. Plusieurs types de liens peuvent exister entre concepts [1]. Notre modèle suit un modèle hiérarchique favorisant la description des

relations entre les différents concepts par le lien appartenant à la catégorie pré-requis « nécessite-la-connaissance-de ».

Le modèle de l'apprenant de SIMULAgent est basé sur la méthode de l'overlay qui considère le modèle de l'apprenant comme étant un sous-ensemble du modèle du domaine et le représente via une relation entre l'apprenant et les différents concepts du modèle du domaine. Il est composé d'un modèle épistémique et d'un modèle comportementale : le modèle épistémique est modélisé à partir de relations vers le modèle de domaine et son contenu évolue de manière dynamique et automatique au fur et à mesure que l'apprenant acquiert de nouvelles connaissances. Dans le modèle comportemental, le seul paramètre pris en compte est la datation des accès que nous utilisons pour l'introduction du facteur d'oubli. Si les accès de l'apprenant sont répétés et proches, nous considérons que ce dernier est en difficulté, suite à quoi, l'enseignant est averti pour pouvoir traiter la situation.

7. ISA-Simulator

« ISA-Simulator » est un simulateur intégré dans l'environnement SIMULAgent, qui permet de simuler le fonctionnement d'un microprocesseur. L'objectif est d'offrir une simulation visuelle des zones du processeur.



Figure 2. Interface de « ISA-Simulator »

« ISA-Simulator » est constitué d'un jeu réduit d'éléments que l'on trouve habituellement dans un microprocesseur (registres, accumulateur, compteur ordinal, registre d'état) (Figure 2). Il comprend 5 registres numérotés de #0 à #4, un accumulateur pour récupérer le résultat de calculs, un compteur ordinal pour pointer sur l'adresse contenant l'instruction à exécuter, un décodeur qui affiche l'instruction en cours, et un registre d'état qui alerte sur les évènements importants (cas d'un résultat négatif (N), ou nul (Z)). Il offre une petite mémoire de 50 cases dans lesquelles on peut écrire des données et des instructions, l'adresse d'une case mémoire est notée avec \$.

L'apprenant *doit réaliser* des exercices en concevant un programme. *Il saisit* ensuite ce programme et peut en *lancer* l'exécution. Ce simulateur obéit aux instructions et met en évidence les zones qui travaillent dans le microprocesseur, pas à pas et visuellement.

8. Le contrôleur

C'est le noyau de l'environnement SIMUL*Agent*. Il a pour rôle essentiel de vérifier les informations introduites par l'utilisateur (Apprenant, Enseignant ou Administrateur).

- Pour l'apprenant

- **Phase Cours:** récupérer le cours le plus adapté au niveau de l'apprenant; répartir les connaissances entre l'agent pédagogique et le simulateur; sélectionner et charger les actes de l'agent pédagogique; transmettre la structure du domaine et l'acte pédagogique au générateur de cours...
- Phase Test / Exercices: sélectionner la liste des exercices; récupérer les réponses de l'apprenant; comparer les réponses avec le corrigé et attribuer un score; permettre à l'apprenant l'accès aux concepts supérieurs (cas où le score obtenu est supérieur à la moyenne) et la mise-à-jour du profil (dans le cas contraire il conseille l'apprenant de revoir le concept)...
- **Pour l'enseignant:** mise-à-jour des différentes bases de connaissances; suivi des apprenants, ...
- Pour l'administrateur : gestion du système ; suivi des utilisateurs,...

9. Le générateur de cours

Le générateur de cours est chargé de construire dynamiquement les pages de cours. La génération démarre lorsque l'apprenant décide d'activer un cours. Pour chaque lien sélectionné par l'apprenant, dans un premier temps, il consulte la table des cours ultérieurement consultés, si le cours en question y est avec une date d'accès égale ou ultérieure à la date de la dernière mise à jour de son profil, il y accède avec la même construction qui se trouve dans cette table (qui correspond à son dernier accès), sinon, une analyse est déclenchée. Trois cas de figure peuvent se présenter: 1) Le niveau de connaissance obtenu dans les pré-requis n'est pas suffisant : dans ce cas, la liste des prérequis lui est affichée avec un lien lui permettant l'accès au cours complet et l'agent pédagogique est activé. 2) Le niveau de connaissance obtenu dans les pré-requis est suffisant mais la date du dernier accès dépasse la durée prise en compte dans le facteur d'oubli (dix jours dans notre cas) : dans ce cas un résumé des pré-requis lui est affiché avec un lien lui permettant l'accès au cours complet suivi du cours dont l'analyse fait l'objet. 3) Le niveau de connaissance des pré-requis est suffisant «>= 50 % » et la date d'accès ne dépasse pas la durée prise en compte dans le facteur d'oubli, l'accès au cours lui est directement permis.

10. Conclusion et perspectives

Le système que nous proposons repose sur un modèle du domaine spécifié en XML dans lequel les documents sont représentés en fonction d'un modèle de structure pédagogique. Un module de contrôle est chargé de répartir les tâches de présentation à l'apprenant entre le simulateur et l'agent. Ce travail ouvre de nombreuses perspectives de recherche. La structure pédagogique simplifiée de document que nous avons pris en compte pour l'instant devra être complétée. La question de l'influence du degré de coopération/redondance entre l'agent et le simulateur dans les informations présentées à l'apprenant reste ouverte. Certaines informations peuvent être présentées par le simulateur et reprises par l'agent, d'autres peuvent être présentées par l'un des deux seulement. En situation d'enseignement classique, les interactions entre enseignants et apprenants font intervenir plusieurs modalités communicatives (parole, gestes, regard, posture, expressions faciales, dessin sur un tableau, transparents). Même dans le domaine des agents pédagogiques, le comportement multimodal de l'agent est souvent limité en expressivité et n'est pas fondé sur une analyse fine de comportements multimodaux d'enseignants, mais plutôt sur des règles générales issues par exemple de la littérature en sociolinguistique.

11. Références

- [1] Abrami, P. C., 1996, *L'apprentissage coopératif. Théories, méthodes, activités*, Les Éditions de la Chenelière, Montréal.
- [2] Abrilian. S., Busine. S., Rendu. C. et Martin. J. C., 2002, "Specifying Cooperation between Modalities in Lifelike Animated Agents". *International Workshop on Lifelike Animated Agents: Tools, Functions, and Applications, 7th Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence* (PRICAI'02), Tokyo.
- [3] Azzi. R., 1995, "Environnement de développement de simulateurs pédagogiques de procédés industriels", Thèse de Doctorat de l'INSA, Lyon, France.
- [4] Bonfigli. M. E., Casadei. G. et Salomoni. P., 2000, "Adaptive Intelligent Hypermedia using XML". *ACM Symposium on Applied Computing*, Como, Italy.
- [5] Brusilovsky. P., 2001, "Adaptive Hypermedia." *User Modeling and User-Adapted Interaction*, Vol. 11, pp. 87-110.
- [6] Cassell, J., Sullivan, J., Prevot, S., et Churchill, E., 2000, *Embodied Conversational Agents*, MIT Press.
- [7] Dehn, D. et Mulken, S., 2000, "The impact of animated interface agents: a review of empirical research", *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol.52, pp.1-22.
- [8] Delepine, F., 2004, "Un simulateur pour répondre à des besoins de formation sur la taille de la vigne", *STICEF*, Vol. 02.
- [9] Guéraud. V., Adam. J. M., Pernin.J. P. et Calvary. J. P., 2004, "L'exploitation d'Objets Pédagogiques Interactifs à distance: le projet FORMID", *STICEF*, Vol 11.

- [10] Lester, J.C., Town, S.G., Callaway, C.B., Voerman, J.L. et Fitzgerald, P., 2000, "Deictic and emotive communication in animated pedagogical agents". *Embodied Conversational Agents*, Cassell J., Sullivan, J., Prevost, S., Churchill, E. (Eds.). The MIT Press, pp. 123-154.
- [11] Pelachaud, C., Carofiglio, V., De Carolis, B., De Rosis, F. et Poggi, I., 2002, "Embodied Contextual Agent in Information Delivering Application", *Ist International Joint Conference on Autonomous Agent and Multi-agent Systems (AAMAS'02)*, Bologna, Italy, ACM Press.
- [12] Rety. J.H., Martin. J.C., Pelachaud. C. et Bensimon. N., 1998, "Coopération entre un hypermédia adaptatif éducatif et un agent pédagogique", http://www.iut.univ-aris8.fr/~martin/recherche/ micame/.