



**HAL**  
open science

## Gestion Emotionnelle dans les Systèmes Tuteurs Intelligents

Jessica Faivre, Claude Frasson, Roger Nkambou

► **To cite this version:**

Jessica Faivre, Claude Frasson, Roger Nkambou. Gestion Emotionnelle dans les Systèmes Tuteurs Intelligents. Technologies de l'Information et de la Communication dans les Enseignements d'ingénieurs et dans l'industrie, Nov 2002, Villeurbanne, France. pp.73-80. edutice-00000643

**HAL Id: edutice-00000643**

**<https://edutice.hal.science/edutice-00000643>**

Submitted on 6 Oct 2004

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Gestion Emotionnelle dans les Systèmes Tuteurs Intelligents

Jessica FAIVRE\*, Claude FRASSON\*\* et Roger NKAMBOU\*

\**Université de Québec à Montréal*, Département d'Informatique  
case postale 8888, succursale Centre-ville H3C 3P8 Montréal (Québec) Canada  
00.1.514.987.3000 8395#

{faivre.jessica@courrier.uqam.ca; roger.nkambou@uqam.ca}

\*\**Université de Montréal* {frasson@iro.umontreal.ca}

## Résumé

Nos travaux concernent l'amélioration de l'enseignement assisté par ordinateur au moyen d'une présence plus réaliste au sein de l'environnement d'apprentissage. Notre approche pluridisciplinaire combine les Systèmes Tuteurs Intelligents (STI) et la recherche sur l'émotion humaine en Sciences Cognitives, Psychologie et Communication. Tenant compte des relations entre l'émotion, la cognition et l'action en contexte d'apprentissage, nous proposons un modèle de STI basé sur une architecture multi-agent dans lequel deux agents émotionnels adaptatifs ont été intégrés. L'un est conçu pour obtenir et analyser les expériences émotionnelles de l'apprenant par ses interactions avec le système, tandis que le second gère les expressions émotionnelles non-verbales du tuteur à travers un agent virtuel 3D. Nous présentons ici l'actuelle architecture interne du système, une première implémentation de l'aspect tutoriel ainsi que nos perspectives de recherches.

**Mots clés** Système Tuteur Intelligent, Emotions, Apprentissage, Adaptation

## Abstract

Our work concerns the improvement of computer-based learning by mean of a lifelike presence in learning environment. Our approach combines Intelligent Tutoring System with research on human emotion in Cognitive Science, Psychology and Communication. According for relations between emotion, cognition and action in contextual learning, we propose an ITS model based on multiagent architecture in which two Adaptive Emotional Agents have been integrated. One is designed to elicit and analyse the learner's emotional experiences by mean of his interactions with the system, whereas the second manifests the tutor's emotional non-verbal expressions in a 3D embodied agent. We present here the current system's internal architecture, a first implementation focusing on the tutorial aspects and our research perspectives.

**Keywords** Intelligent Tutoring System, Emotions, Learning, Adaptation

## Introduction

Dans le contexte social, il est reconnu que les émotions ont un rôle prépondérant aussi bien en communication orale que non-verbale. Leur perception étant polymodale, l'aptitude d'un interlocuteur à les identifier à travers une variété de comportements tels que les mouvements du visage, les gestes, le discours,

constitue une base essentielle pour l'initiation de ses propres actions et réponses. En fait, l'émotion, la cognition et l'action semblent intégralement connectées, en sorte que plutôt qu'être totalement impartiaux, le jugement et la prise de décision sont influencés par l'humeur, les sentiments (Damasio 1999). La réflexion cognitive peut nous aider à contrôler et modérer nos émotions, parfois même nous guider vers un état émotionnel différent, plus adapté à un type de situation. De nombreux modèles émotionnels, qui diffèrent radicalement sur le type d'influences existant entre la cognition et les émotions, s'accordent toutefois en ce que ces dernières constituent un mécanisme facilitant l'adaptation humaine et l'intégration sociale (Goleman 1995).

Dans une activité cognitive telle que l'apprentissage, notre intérêt se porte sur le rôle du contexte, non seulement constitué des caractéristiques de la situation, mais également de l'état émotif et cognitif du système au moment où intervient une certaine stimulation. Cette conception du rôle du contexte dans l'activité cognitive défend l'idée que, si l'on considère que les connaissances humaines sont spécifiques et organisées fonctionnellement, alors le contexte fait partie des connaissances dans la mesure où il détermine leurs conditions d'activation, leurs liens avec d'autres connaissances et fixe les limites de leur validité. Des études expérimentales portant sur les effets de contexte dans différentes activités cognitives, de la perception à la résolution de problèmes en passant par la mémoire (Bastien 1997), ont montré que lorsqu'un sujet est d'humeur positive, son raisonnement est plus créatif, extensible, et malléable, tandis qu'il sera plus conservateur, linéaire et séquentiel dans le cas contraire (Lisetti and Schiano 2000). En outre, il semble favorable que les sujets aient conscience qu'un événement particulier induise en eux un certain état émotionnel afin que par la suite, si cette association est en mesure d'améliorer les conditions d'apprentissage, on tente de renforcer cet événement ou cet état émotionnel (Bower 1992).

Dans le contexte éducatif classique, du fait que les processus cognitifs peuvent être affectés par des facteurs non cognitifs, en particulier les émotions (Kahneman, Slovic, and Tversky 1982), la pertinence d'un apprentissage implique tant des aspects intellectuels que socio-émotionnels. Enseigner sous-entend observer le comportement de l'élève, repérer des signes d'engagement, d'acuité, afin de détecter des

réponses affectives qui peuvent être la manifestation de sentiments d'intérêt, d'excitation, de confusion, d'anéantissement, etc. A partir de l'observation et de l'identification de l'état émotionnel de l'apprenant, l'enseignant peut entreprendre des actions qui vont influencer la qualité de l'apprentissage et de son exécution (des remarques judicieuses peuvent réduire le sentiment d'échec de l'élève, ou éviter qu'il interrompe son travail dès lors qu'il se sent débordé). L'enseignement traditionnel peut alors à ce titre être considéré comme une pratique émotionnelle (Hargreaves 2000).

Dans les mêmes perspectives et soucis pédagogiques, les Systèmes Tuteurs Intelligents doivent tenir compte du facteur émotionnel et tenter de le gérer. Ceci suppose que des agents spécifiques améliorent le processus d'interaction entre l'apprenant et le système, et qu'ils aient par la suite un impact positif sur le mécanisme affectif mis en jeu dans le processus d'apprentissage (Nkambou et al. 2002; Abou-Jaoude and Frasson 1998; Elliott, Rickel, and Lester 1997). Néanmoins, avec les nouvelles technologies de l'information surgissent de nouveaux problèmes méthodologiques, plus particulièrement ici ceux concernant la détection et l'évaluation des états émotionnels, de leurs influences, sans interférer ni biaiser le processus d'apprentissage naturel. Les processus mentaux de l'apprenant n'étant pas directement observables par la machine, les méthodes d'évaluation des changements d'état affectif jusqu'à lors les plus objectives et les moins intrusives, recourent à des capteurs externes, physiologiques ou non, en vue d'examiner le maintien de la posture, le regard et les expressions faciales de l'apprenant (Reynolds and Picard 2001; Ekman and Friesen 1978). Cependant, dans les interactions naturelles, les expressions émotionnelles prototypes sont relativement peu fréquentes, il n'est donc guère aisé de savoir exactement quels attributs et quelles valeurs doivent être employés pour différencier de façon fine et pertinente un certain état émotif parmi d'autres chez un sujet donné.

Afin d'encourager l'étudiant à jouer un rôle proactif dans son apprentissage, tout en évitant d'avoir recours à des capteurs externes, nous proposons l'intégration d'agents émotionnels adaptatifs au sein d'un STI multi-agent. Dans la description de l'architecture du système ainsi que nos travaux actuels, nous emploierons indifféremment les termes émotions et affects.

### **Architecture d'un STI comportant des Agents Emotionnels Adaptatifs**

L'architecture classique d'un Système Tuteur Intelligent comporte généralement trois éléments fondamentaux qui sont un curriculum, un modèle de l'apprenant et un module pédagogique. Afin de promouvoir une communication plus dynamique et flexible entre l'apprenant et le système, nous proposons

une organisation cohérente et interactive de modules autonomes. Cette structure multi-agent comprend un *Agent Tuteur*, un *Modèle de l'Apprenant*, un *Laboratoire Virtuel*, une *Couche de Communication* ainsi que deux agents émotionnels, à savoir un *Agent Emotionnel Adaptatif de l'Apprenant* (AEAA) qui est exclusivement dédié aux émotions ressenties par l'apprenant et un *Agent Emotionnel Adaptatif du Tuteur* (AEAT) dédié à l'expression de celles du tuteur. Nous décrirons brièvement ci-après ces six composants conçus, leurs rôles respectifs ainsi que les interactions spécifiques qu'ils entretiennent au sein du système proposé (figure 1).

#### **Agent Tuteur**

L'Agent Tuteur (AT) a pour mission d'orchestrer une session d'apprentissage en prenant des décisions sur le contenu, les ressources appropriées à présenter et sur la stratégie d'instructions tutorielles à adopter (coaching, critique, perturbateur). Il communique avec l'étudiant par l'intermédiaire de la couche de communication et s'exprime visuellement par l'intermédiaire de l'Agent Emotionnel Adaptatif du Tuteur. Afin d'analyser les actions et les résultats de l'apprenant comparativement à ses propres désirs, ses attentes et ses croyances, l'AT est doté d'états émotionnels (EE) (Nkambou et al. 2002) et états cognitifs (EC) (stratégies, plans, scénarios, objectifs pédagogiques, connaissances) propres.

Les changements émotionnels (expériences émotionnelles) au sein de la couche EE de l'AT sont déclenchés par l'ensemble des événements, des informations cognitives et émotionnelles concernant l'étudiant qui proviennent d'autres sources du système, telles que la Couche de Communication, l'Agent Émotionnel Adaptatif de l'Apprenant (AEAA) et le Modèle de l'Apprenant (MA). Pour exemple, si l'apprenant réussit une tâche prescrite, cet événement (action) va induire des variations de l'émotion de Joie de l'AT, variations modulées par le nombre d'erreurs commises par l'étudiant auparavant et selon la difficulté que représentait l'accomplissement de cette action par rapport à celles précédemment réalisées. La difficulté des actions à accomplir est estimée par des plans au sein de la couche cognitive (EC) de l'AT. En reprenant le même exemple, les émotions de Satisfaction ou de Soulagement augmentent si cette action était considérée comme la plus difficile à réaliser parmi toutes celles envisageables. Ces relations sont exprimées sous forme de règles «si-alors» et mises en application dans un système expert. Ceci simplifie la tâche de spécification, à savoir de quelle manière les différents facteurs doivent influencer l'état émotionnel de l'agent avec un bas niveau de formalisme en comparaison aux fonctions mathématiques. Les échanges que l'AT entretient avec le AEAA et le MA lui sont utiles et nécessaires pour s'ajuster au niveau de difficulté associé à un événement antérieur; il met également à jour l'Etat Cognitif du

MA qui contient des informations sur les concepts maîtrisés par l'étudiant.

### Agent Emotionnel Adaptatif du Tuteur

L'expression de l'émotion constitue une dimension importante en communication. Elle permet de définir une relation particulière avec le ressenti d'un individu, de la mettre à jour, de telle sorte qu'un interlocuteur peut, de façon fiable, à partir de comportements non-verbaux (tels que l'attitude corporelle, les expressions faciales), déduire l'état affectif actuel de son locuteur, son humeur en général ou encore certaines activités cognitives comme la concentration ou l'ennui. Sans aucune communication verbale, l'Agent Emotionnel Adaptatif de Tuteur (AEAT) est dédié à l'expression des émotions du tuteur incorporées grâce à des gestes, des expressions faciales, des regards d'un agent 3D. Ces mouvements amplifient le feedback émotionnel du tuteur ainsi que la puissance de sa représentation. Par exemple, un regard fixe peut réguler le flux conversationnel, signaler une réponse attendue pendant une interaction, tandis qu'un regard dirigé vers le bas exprime plutôt de la Tristesse (Poggi, Pelachaud, and de Rosis 2000) et peut ainsi influencer la réaction de l'apprenant. Un Générateur d'Emotion, une Couche Motrice et une Couche d'Interface sont dédiés à l'expression émotionnelle du tuteur.

Le Générateur d'Emotion est un ensemble de relations qui définissent comment les événements, les plans et les enregistrements des événements passés qui induisent des variations affectives de l'AT, au sein de la couche EE, doivent influencer la variation de l'aspect visuel de l'AEAT. Pour assurer une bonne concordance de l'expression corporelle avec les données internes homologues, une spécification de gestes symboliques associés à des représentations sémantiques est nécessaire. Ainsi, la Couche Motrice comprend un ensemble de relations qui définissent comment des émotions exprimées dans le Générateur d'Emotion sont traduites en une représentation au niveau de l'interface de l'agent. Ce choix permet l'élaboration structurée de connaissances émotionnelles et comportementales afin d'établir une collection de propositions caractérisant les différents comportements comme ceux observés chez l'être humain, où des expressions et des mouvements de visage sont physiologiquement dépendants. Les expressions comportementales du tuteur sont le reflet de ses représentations émotionnelles. Par exemple, une relation directe est établie entre l'émotion de Joie et le sourire et inversement avec la Détresse. La Couche d'Interface est une définition de l'aspect de l'agent exempt de toute considération géométrique employée pour produire un résultat visuel.

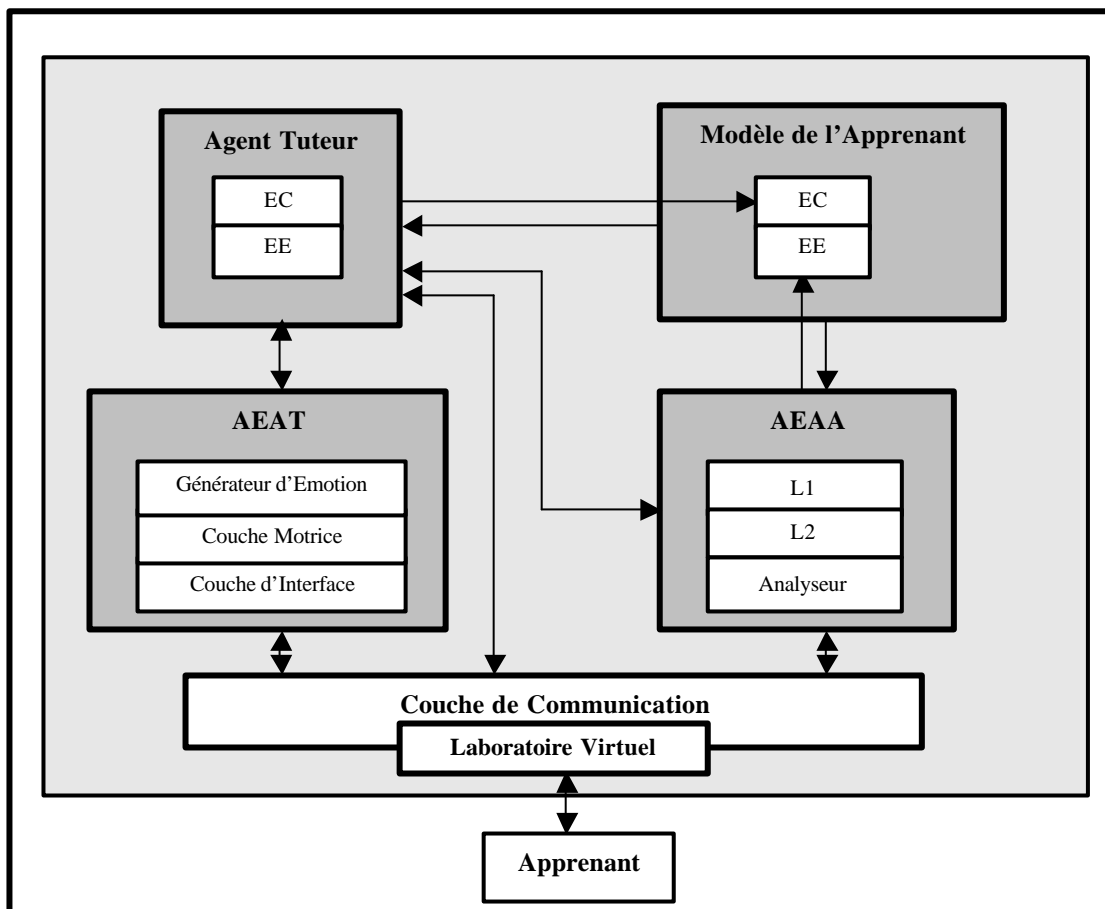


Figure 1. Architecture du système

## Modèle de l'Apprenant

Des recherches sur les relations entre les affects et la cognition ont montré que de sensibles changements d'états émotionnels peuvent avoir un impact prononcé sur les processus cognitifs (Fiedler 1991). La question principale reste de savoir de quelle manière divers états affectifs sont liés aux différents modèles du traitement de l'information. En général, l'évidence empirique suggère que dans des états affectifs positifs, le traitement de l'information soit fortement influencé par des heuristiques, des stéréotypes, ou des scripts. En revanche, chez des individus dans des états affectifs négatifs, il semble être plus facilement perturbé par des implications d'information de type contextuel (Clare, Schwarz, and Conway 1994).

Ainsi, le Modèle de l'Apprenant (MA) comprend deux sous-systèmes respectivement nommés Etat Cognitif (EC) et Etat Emotionnel (EE). Le premier est chargé de contrôler l'intégrité et la cohérence des connaissances de l'étudiant grâce à un Système de Gestion de Connaissances (SGC). Le second comporte deux couches dédiées à l'indexation temporelle des affects : les différentes émotions détectées durant une session d'apprentissage sont stockées dans une Mémoire Emotionnelle à Court Terme (MECT) et mises à jour par l'Agent Emotionnel Adaptatif de l'Apprenant, tandis qu'une Mémoire Emotionnelle à Long Terme (MELT) enregistre le profil émotionnel moyen de l'élève sur plusieurs sessions d'apprentissage. L'existence de ces deux types de mémoire souligne l'aspect dynamique des émotions en situation particulière (ou contexte) comparativement à celui plus constant de l'humeur en général (ou style émotionnel). L'analyse parallèle a posteriori des contenus des deux sous-systèmes EC et EE devrait nous permettre de mettre en évidence des relations entre la cognition et les émotions de l'apprenant dans un contexte précis. L'étudiant devra également avoir la possibilité de consulter le contenu du MA pour connaître et apprécier son niveau de connaissance ainsi que son comportement en situation.

## Agent Emotionnel Adaptatif de l'Apprenant

Un de nos intérêts de recherche concerne les conséquences cognitives et comportementales, en particulier le type de pensées et de mémoires qui viennent à l'esprit, en fonction de l'état émotionnel de l'apprenant. La reconnaissance des états émotionnels peut être modélisée au moyen d'une collection de règles de production qui spécifient des classes de situations externes déclenchant des émotions particulières (Blascovich and Mendes 2000; Lazarus 1991; Ortony, Clore, and Collins 1988). Par exemple, contrecarrer ou empêcher de progresser vers un but désiré provoque souvent la colère; l'inquiétude apparaît quand l'amour-propre est menacé.

Le but principal de l'Agent Emotionnel Adaptatif de l'Apprenant (AEAA) est de détecter, analyser les émotions courantes de l'apprenant et de s'adapter pour

devenir de plus en plus spécifique à ce dernier. Il agit tel un planificateur en adaptant ses propres règles comportementales selon des actions émotionnelles de l'étudiant transmises par la Couche de Communication, et interprétées par l'Analyseur, en tenant compte des informations stockées par le MA et des performances de l'étudiant fournies par l'AT. L'AEAA adresse également des requêtes à l'étudiant concernant sa propre estimation de son état émotionnel au cours de la session (échelle ou questionnaires d'auto-évaluation). Bien que celle-ci soit subjective, l'estime de soi peut être considérée comme une variable dépendante (comment diverses expériences affectent le ressentiment de l'étudiant) et/ou comme une variable intermédiaire (l'amour propre est présumé motiver une grande variété des processus psychologiques) (Brown, Dutton, and Cook 2001).

Cet agent est constitué de trois couches distinctes. La couche profonde (L1) contient des règles générales d'actions comportementales hypothétiques qui accompagnent des expériences émotionnelles (actions émotionnelles) induites par n'importe quelle stimulation spécifique. Ces règles sont destinées à la régulation émotionnelle, à l'adaptation selon des normes valides et des règles prévues, attendues par les objectifs pédagogiques (Abou-Jaoude and Frasson 1998; Nkambou, Gauthier, and Frasson 1997). La seconde couche (L2) (vide au début de la première session) contient de nouvelles règles correspondant à d'anciennes règles de L1 révisées, adaptées à l'état émotionnel actuel de l'apprenant et enregistrées en tant que règles contextuelles. Cette organisation suppose la génération de nouvelles règles quand la différence ( $?e$ ) entre ce qui est « attendu », prévu par la couche L1, et ce qui est réellement « observé » par l'analyseur et obtenu de l'étudiant, est significative (e.g.  $?e \neq 0$ ). La couche d'analyse (Analyseur) est dédiée à l'examen des comportements émotionnels de l'étudiant et calcule la valeur du  $?e$ ; quand le  $?e$  est significatif, l'Analyseur transmet l'information pour corriger les règles initiales afin de réduire la valeur du  $?e$ . Si le  $?e = 0$ , L2 reste vide. Les règles intégrées dans l'AEAA comprennent des fonctions qualitatives qui modulent l'intensité et la valence des émotions préexistantes qui pourraient en partie déterminer l'intensité des émotions obtenues ultérieurement.

## Laboratoire Virtuel et Couche de Communication

Le Laboratoire Virtuel ou environnement d'essai en contexte d'apprentissage, est le micro-monde qui contient des primitives définies permettant la manipulation d'objets environnementaux. Ainsi, une interface d'apprentissage pour les sciences fondamentales telle le système de Cyberscience (Nkambou et al. 2002), offre une panoplie de laboratoires virtuels (certains en 3D) où les étudiants doivent accomplir des tâches (une partie de différents programmes d'études scientifiques) et résoudre des

problèmes en utilisant des simulations virtuelles interactives. Le rôle de la Couche de Communication, définie entre le laboratoire virtuel et les agents internes, est d'obtenir les actions de l'apprenant validées de façon syntaxique et de les communiquer aux différents agents. Exemples des actions: l'étudiant a appuyé sur le bouton Z, l'étudiant a annulé l'action 53 (Meudja and Nkambou 2000).

## Premiers Développements concernant les Aspects Tutoriaux

### Modèle Emotionnel Qualitatif

Pour concevoir un premier agent 3D, Emilie (figure 2), nous avons utilisé un processus proche du raisonnement qualitatif pour simuler des réponses émotionnelles aux manipulations (inductions) de l'apprenant dans un laboratoire virtuel d'apprentissage. Un tel raisonnement nous permet d'exprimer des relations entre deux facteurs sans nécessairement savoir comment et de combien, le premier facteur influence le second. Ceci nous permet d'appréhender la cognition, de formaliser son processus, tout en se basant sur la représentation des aspects continus du monde tels que l'espace, le temps et la quantité, et en

raisonnant à partir d'une petite quantité d'information (Forbus 1996). Puisque dans la réalité nous pouvons difficilement mesurer des émotions dans différentes situations, un tel modèle qui intègre des aspects qualitatifs semble approprié pour l'assignation de relations entre différentes émotions, valeurs, et propriétés en dehors du modèle émotionnel lui-même (par exemple, relation entre un sentiment de Joie et l'intensité du sourire). Le modèle que nous avons utilisé pour représenter les affects du tuteur est celui proposé par Ortony, Clore et Collins (OCC) (Ortony, Clore, and Collins 1988) qui a eu un certain succès dans la simplification apportée à la représentation des états émotionnels, tout en fournissant un ensemble clair et distinct de paramètres affectifs. Il représente l'état émotionnel à tout moment donné, par l'intermédiaire d'une combinaison de 26 types d'émotions à laquelle des valeurs sont assignées; certaines émotions sont couplées, telles que la Joie et la Détresse (e.g. on ne peut pas ressentir en même temps de la détresse et de la joie, et un événement qui procure de la joie à un individu réduit également son sentiment de détresse) (Elliott and Siegele 1993).

### Implémentation de l'AEAT

Afin de fractionner les états affectifs de l'Agent Tuteur en unités comportementales disponibles pour

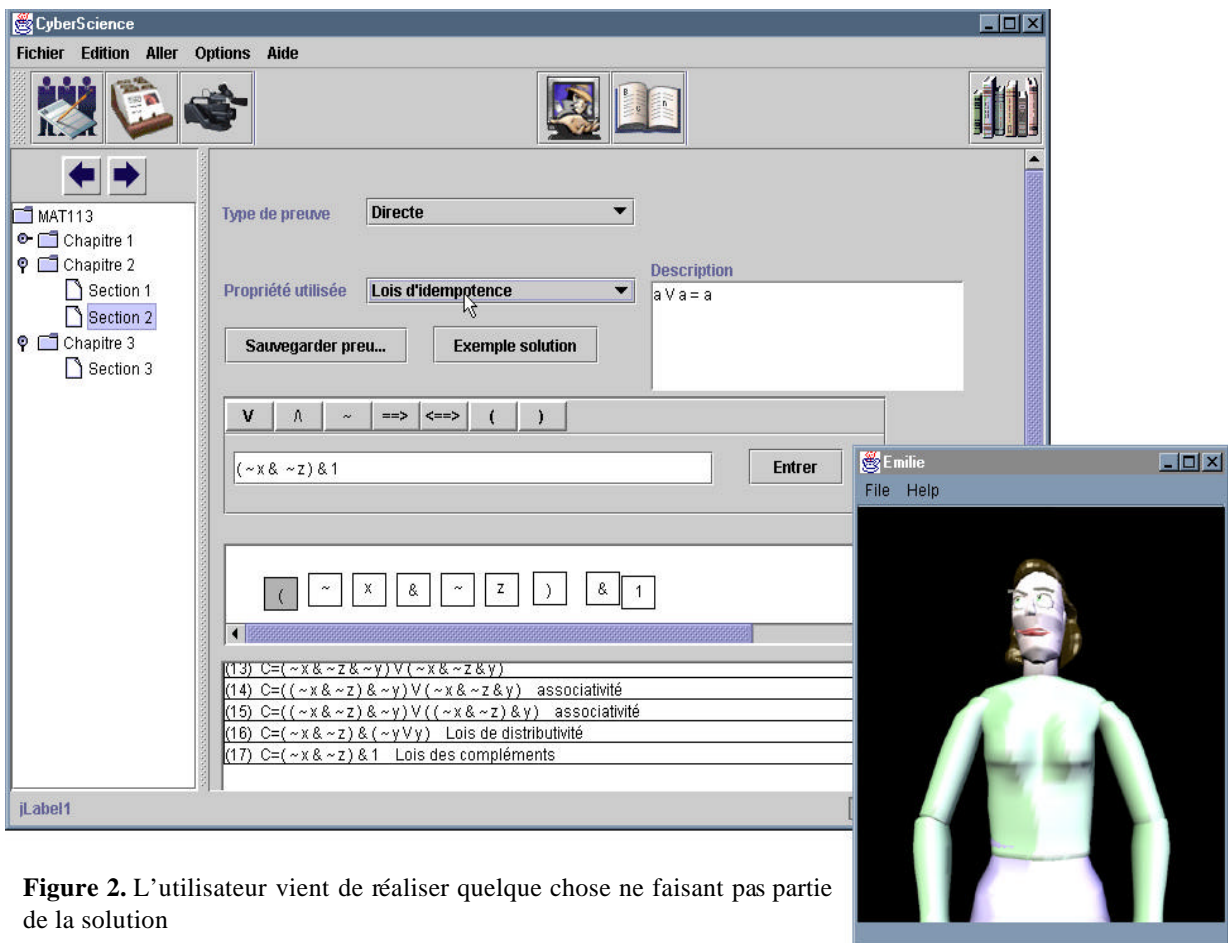


Figure 2. L'utilisateur vient de réaliser quelque chose ne faisant pas partie de la solution

l'Agent Emotionnel Adaptatif du Tuteur, constituant ainsi une collection de propositions caractérisant divers comportements du système, nous avons considéré un ensemble de situations finies significatives, sur lesquelles des règles de raisonnement sont appliquées. Le Générateur d'Emotion de l'AEAT est doté d'une liste des facteurs de difficulté qui devraient être rencontrés par l'étudiant avant qu'il ne termine une activité; il utilise des intervalles et signes algébriques dans un système expert pour représenter l'état de l'agent (l'espoir, la crainte, la satisfaction, le soulagement, la peur et la déception) aux couples d'émotions à un moment donné. La perception environnementale d'Emilie est actuellement exclusivement réduite à la lecture des actions de l'étudiant, exprimées par leur degré de difficulté et par leur degré d'inexactitude (à quelle distance se situe l'action réalisée par rapport à celle attendue, l'action-référence ayant une valeur de zéro). L'AEAT a également connaissance de la séquence d'actions menant à l'accomplissement d'une activité (e.g. ce qu'il doit attendre). Pour ajuster le regard de l'agent 3D, la couche motrice utilise un paramètre qui accompagne un événement, à savoir des coordonnées géométriques correspondant à la localisation à l'écran de l'occurrence d'un événement. Pour l'instant, Emilie n'a pas la

possibilité d'influencer l'environnement virtuel et est incapable de fournir des explications à l'utilisateur; elle est uniquement une représentation physique de l'Agent Tuteur (Nkambou et al. 2002).

### Aspect Visuel d'Emilie

L'expression faciale de l'agent est directement inférée par la représentation des ses propres émotions grâce à des relations spécifiques entre différentes émotions et des caractéristiques faciales. Quand l'état émotionnel du tuteur change, son apparence visuelle peut être affectée si ces variations excèdent un certain seuil. Par exemple, s'il est soudainement désolé, il baissera son regard et ses bras vers la bas, secouera légèrement la tête; si les variations émotionnelles sont moindres, il sourira rapidement en sourcillant et regardant vers le bas, ses yeux se fermeront légèrement. Cet ensemble de gestes amplifient le feedback émotionnel, augmentent la puissance de la représentation de l'agent et rendent des transitions entre différents états émotionnels plus plausibles. La figure 2 illustre la réaction du tuteur alors que l'utilisateur vient de commettre une erreur en choisissant un mauvais élément dans la liste déroulante; son regard se dirige vers la source de

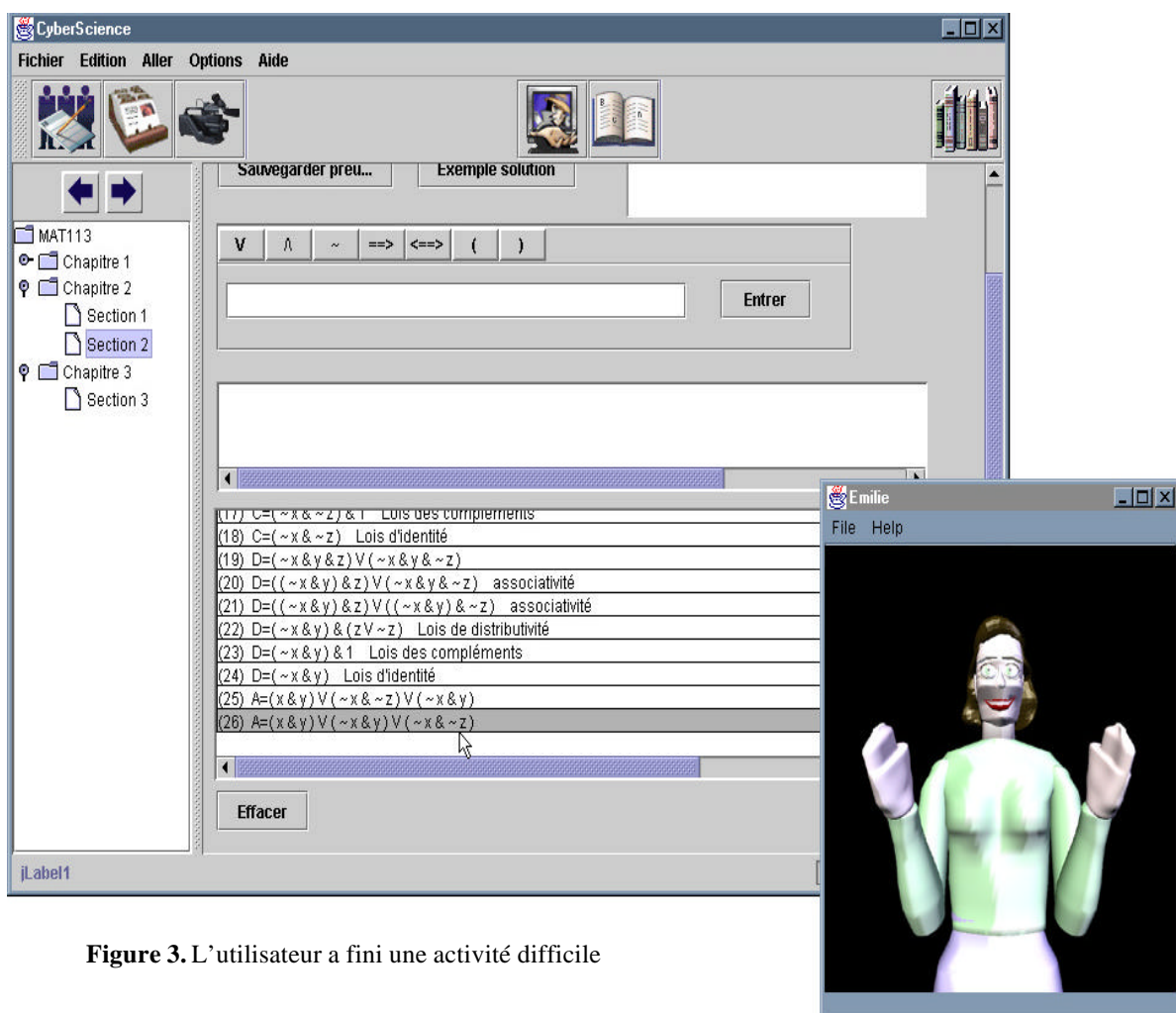


Figure 3. L'utilisateur a fini une activité difficile

l'événement fautif et il fait preuve d'une expression de déception soudaine. Lorsque l'étudiant réussit un exercice plus difficile, l'agent exprime sa joie en fonction du degré de difficulté de la tâche réalisée (figure 3).

Le modèle OCC permet de produire des réponses émotionnelles à partir de peu d'information préalable. Néanmoins, quelques expressions étant difficiles à représenter, nous recherchons un modèle affectif plus approprié (il est encore peu clair de savoir comment le système devrait représenter la confusion d'Emilie quand l'utilisateur accomplit une action inattendue dont la valeur est inconnue par le système). De nombreuses améliorations doivent être apportées à l'interface visuelle de l'agent (un nouveau modèle 3D comportant moins de polygones), ce dernier devant être également intégré dans la fenêtre d'activités du laboratoire virtuel. Une plus grande transparence et une meilleure animation amélioreraient l'expérience de l'apprenant et augmenteraient la rentabilité du système.

## Conclusion

L'impact de l'apprentissage assisté par les STI sur l'étudiant et sur les stratégies pédagogiques n'est pas encore suffisamment bien mis en évidence. Néanmoins, pour supplanter la richesse de la communication humaine et inciter de façon prépondérante le processus d'apprentissage, ces systèmes se doivent d'enrichir les interactions homme-machine par une communication et des feedbacks beaucoup plus pertinents (explicites et/ou implicites). En fournissant un support significatif (conseil, confiance, encouragement) et en manifestant des expressions d'intérêt (orales ou corporelles), un acteur animé devrait être en mesure d'induire, d'influencer un état affectif particulier chez l'étudiant (contagion émotionnelle) ou, tout au moins, de lui laisser une impression positive (Massaro et al. 2000). L'AEAT que nous avons développé renforce la crédibilité en simulant différents aspects que l'étudiant avait précédemment seulement rencontrés dans le contexte traditionnel d'apprentissage.

Nous pensons qu'un contexte d'apprentissage adaptatif contribuera à l'amélioration de la productivité de l'étudiant et à la qualité de son travail, en l'incitant à découvrir de nouvelles stratégies, comme les aspects coopératifs qui sont habituellement retrouvés dans les salles de classe. Nous espérons que notre modèle facilite et enrichisse notre connaissance des interactions entre l'étudiant et le système. Afin de valider ces hypothèses et pour déterminer si l'AEAT joue réellement un rôle de motivation extrinsèque, des études expérimentales sont prévues. Du fait que l'étudiant puisse obtenir des informations le concernant en consultant le MA, et ainsi se rendre compte de ses erreurs en les analysant, nous présumons que ceci pourrait être un autre facteur de motivation et avoir également un impact positif sur son apprentissage.

Ce projet de recherche est récent et sera par la suite enrichi à plusieurs niveaux. Tout d'abord, il s'agira de développer l'agent dédié aux émotions de l'apprenant en tentant de résoudre le problème méthodologique concernant sa fiabilité quant à l'identification en temps réel et la classification précise des états affectifs en fonction d'un degré psychologique significatif. Ceci pourrait se faire par l'étude du temps de réaction de l'étudiant en fonction de tâches spécifiques, l'analyse de ses erreurs, ou encore de ses actes de communication. Ensuite, pour engager l'étudiant de manière plus active dans le contexte d'apprentissage, nous tenterons de déterminer quel genre d'émotions doivent être considérées pédagogiquement adéquates ou non dans les scénarios, tout en tenant compte des différents objectifs pédagogiques. Ces mêmes émotions sont-elles aussi bien appropriées pour l'agent dédié au tuteur que pour celui de l'étudiant ? Une analyse comparée des deux couches du Modèle de l'Apprenant nous permettra d'établir, à ces fins, de façon précise l'influence effective de l'état émotionnel sur les stratégies d'apprentissage, les modes de raisonnement en particulier, et sur l'état cognitif en général. Enfin, pour améliorer l'impression de communication réciproque, nous devons déterminer la fréquence moyenne des interactions du tuteur nécessaire pour maintenir l'attention de l'apprenant, selon ses styles cognitif et émotionnel. Des échanges fréquents et soutenus devraient induire une impression positive chez l'apprenant.

Lors de ces travaux préliminaires, nous nous sommes seulement intéressés aux expressions émotionnelles du tuteur, résultantes de la génération et de l'exécution de plans par des gestes corporels et des expressions faciales. Des fonctionnalités doivent être ajoutées ultérieurement. Le tuteur doit réellement se comporter comme un coach et devrait pouvoir converser avec l'utilisateur de manière à lui donner un feedback significatif, positif ou négatif (par exemple, en lui donnant une estimation de ses capacités) avec des mots adaptés. Dans un contexte de prosodie fluente, les formulations de phrases dépendent des paramètres linguistiques et paralinguistiques, des interlocuteurs et des situations dans lesquelles ont lieu les échanges oraux (impact de la tonalité de la voix, de mots-clés). L'aspect de l'expression orale n'a pas encore été intégré dans notre modèle, mais il reste envisagé pour les travaux futurs grâce à avec des modèles de communication inspirés de la littérature psycholinguistique et sociale (Scherer, Johnstone, and Sangsue 1998).

**Remerciements.** Nous adressons nos remerciements au Ministère de la Recherche, des Sciences et de la Technologie du Québec qui finance ce projet dans le cadre de Valorisation-Recherche Québec (VRQ).



## Références

- Abou-Jaoude, S., and Frasson, C. 1998. Emotion Computing in Competitive Learning Environments. In Proceedings of the Workshop II: Pedagogical Agents, ITS-98 Conference, San Antonio.
- Bastien, C. 1997. *Schémas et stratégies dans l'activité cognitive de l'enfant*. PUF.
- Blascovich, J. and Mendes, W. B. 2000. Challenge and threat appraisals: the role of affective cues. J.P. Forgas Ed. *Feeling and thinking: The role of affect in social cognition*. Cambridge University Press: 201-222.
- Bower, G. H. 1992. *How might emotions affect learning?*. S.-A. Christianson Ed. Handbook of emotion and memory. Hillsdale, NJ: Erlbaum : 3-31.
- Brown, J. D., Dutton, K. A., and Cook, K. E. 2001. From the top-down: Self-esteem and self-evaluation, *Cognition and Emotion* 15(5): 615-631.
- Clore, G. L., Schwarz, N., and Conway, M. 1994. Cognitive causes and consequences of emotion. R.S. Wyer & T.K. Srull Eds. Handbook of social cognition. Hillsdale: Erlbaum Associates : 323-417.
- Damasio, A. 1999. *The Feelings of What Happens. Body and Emotion in the Making of Consciousness*. New York: Harcourt Brace & Company.
- Ekman, P. and Friesen, W. V. 1978. *The Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement*. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.
- Elliott, C. and Siegle, G. 1993. Variables influencing the intensity of simulated affective states. In AAAI technical report for the Spring Symposium on Reasoning about Mental States: Formal Theories and Applications, 58-67.
- Elliott, C., Rickel, J., and Lester, J. C. 1997. Integrating affective computing into animated tutoring agents. In Proceedings of the IJCAI Workshop on Animated Interface Agents: Making Them Intelligent, Nagoya, Japan, 113-121.
- Fiedler, K. 1991. On the task, the measures and the mood in research on affect and cognition. J. Forgas Ed. *Emotion and social judgments*. Oxford: Pergamon : 83-104.
- Forbus, K. D. 1996. Qualitative reasoning, Chapter for the CRC Handbook of Computer Science. Qualitative Reasoning Group.
- Goleman, D. 1995. *Emotional intelligence*. New York: Bantam Books.
- Hargreaves, A. 2000. Mixed emotions: teachers' perceptions of their interactions with students, *Teaching and Teacher Education* 16 : 811-826.
- Kahneman, D., Slovic, P., and Tversky, A. 1982. *Judgment Under Uncertainty: Heuristics and Biases Explanation in Probabilistic Systems*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lazarus, R. S. 1991. *Emotion and Adaptation*. Oxford Press.
- Lisetti, C. L., and Schiano, D. J. 2000. Automatic Facial Expression Interpretation : Where Human-Computer Interaction, Artificial Intelligence and Cognitive Science Intersect. *Pragmatics and Cognition*. Special issue on Facial Information Processing: A multidisciplinary Perspective (8): 185-235.
- Massaro, D. W., Cohen, M. M., Beskow, J., and Cole, R. A. 2000. Developing and evaluating conversational agents. J. Cassell, J. Sullivan, S. Prevost, and E. Churchill Eds. *Embodied Conversational Agents*. Cambridge: MIT Press, 287-318.
- Meudja, K., and Nkambou, R. 2000. Communication Layer Between Virtual Laboratories and Intelligent Agents. Poster, ED-MEDIA, 2000.
- Nkambou, R., Gauthier, G., and Frasson, C. 1997. Un modèle de représentation des connaissances relatives au contenu dans un système tutoriel intelligent, *Sciences et Techniques Educatives, International Journal*, 4(3): 299-330.
- Nkambou, R., Laporte, Y., Yatchou, R., and Gouardères, G. 2002. Embodied Emotional Agent and Intelligent Training System. Innovative in Intelligent Systems (Springer-Verlag, forthcoming).
- Ortony, A., Clore, G. L., and Collins, A. 1988. *The Cognitive Structure of Emotions*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Poggi, I., Pelachaud, C., and de Rosi, F. 2000. Eye communication in a conversational 3d synthetic agent. Special Issue on Behavior Planning for Life-Like Characters and Avatars of AI Communications.
- Reynolds, C. and Picard, R. W. 2001. Designing for Affective Interactions. In Proceedings from the 9th International Conference on Human-Computer Interaction, New Orleans.
- Scherer, K. R., Johnstone, T., and Sangsue, J. 1998. L'état émotionnel du locuteur: facteur négligé mais non négligeable pour la technologie de la parole, Actes des XXIIèmes Journées d'Etudes sur la Parole, Martigny.