



**HAL**  
open science

## Retour d'expérience sur l'enseignement de l'intelligence artificielle : vers un environnement d'apprentissage Web

Laurence Capus, Benoît Potvin, Nicole Tourigny

### ► To cite this version:

Laurence Capus, Benoît Potvin, Nicole Tourigny. Retour d'expérience sur l'enseignement de l'intelligence artificielle : vers un environnement d'apprentissage Web. Technologies de l'Information et de la Communication dans les Enseignements d'ingénieurs et dans l'industrie, Nov 2002, Villeurbanne, France. pp.29-38. edutice-00000639

**HAL Id: edutice-00000639**

**<https://edutice.hal.science/edutice-00000639>**

Submitted on 30 Sep 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.

# Retour d'expérience sur l'enseignement de l'intelligence artificielle : vers un environnement d'apprentissage Web

Laurence CAPUS, Benoît POTVIN et Nicole TOURIGNY

Laboratoire ERICAE

Département d'informatique, Pavillon Pouliot

Université Laval, Ste-Foy (Québec)

Canada, G1K 7P4

{capus, benoit.potvin, tourigny}@ift.ulaval.ca

## Abstract

We present the result of our reflection about learning in the artificial intelligence introduction course offered at the computer science department of Université Laval. This reflection allows us to emphasize new pedagogical needs to help students learn better. We also present the learning environment that we are developing. This environment involves the studying of examples containing solved problems. Students are invited to self-explain the problem solving steps. The access will be done with a Web site in order that learning be more flexible. Students will be able, if they wish it, to collaborate in order to find the best explanation. For the moment, retroaction will be made in classroom by the teacher, who can make a better feedback on the students' actions. Such an environment should be more motivating for students and adapted to their individual rate, and should increase their participation.

## Résumé

Nous présentons le résultat de notre réflexion sur l'apprentissage effectué dans le cadre du cours d'introduction à l'intelligence artificielle offert au département d'informatique de l'Université Laval. Cette réflexion a permis de mettre en évidence de nouveaux besoins pédagogiques pour aider les étudiants à mieux apprendre. Nous présentons également l'environnement d'apprentissage que nous sommes en train de développer. Cet environnement permet l'étude d'exemples contenant des résolutions de problèmes. Les étudiants sont invités à expliquer eux-mêmes les étapes de résolution. L'accès se fera par un site Web afin de donner plus de flexibilité à l'apprentissage. Les étudiants pourront s'ils le souhaitent collaborer pour trouver la meilleure explication. Pour l'instant, la rétroaction se fera en classe par l'enseignant, qui pourra faire un meilleur retour sur les actions faites par les étudiants. Un tel environnement devrait être plus motivant pour les étudiants, plus adapté à leur rythme individuel et augmenter leur participation.

## Introduction

Depuis quatre ans, nous donnons le cours d'introduction à l'intelligence artificielle du département d'informatique de l'Université Laval. Nous avons utilisé plusieurs approches pédagogiques dans le but d'aider les étudiants à apprendre. Un des principaux problèmes rencontrés est la difficulté de les amener à travailler, c'est-à-dire à « faire quelque chose ». En effet, on apprend en pensant : à ce qu'on fait, à ce qu'on a fait, à ce qu'on croit, à ce que les autres font, etc. (Jonassen, Peck et Wilson 1999). L'environnement d'apprentissage doit permettre davantage que l'accès aux connaissances d'un domaine donné. Il doit aider l'apprenant à construire ses connaissances selon l'approche dite constructiviste, par opposition au courant traditionnel de transfert des connaissances (Jonassen, Peck et Wilson 1999). Notre réflexion sur cette situation a permis de mettre en évidence de nouveaux besoins pédagogiques pour aider les étudiants à apprendre. Nous avons donc décidé de proposer un environnement d'apprentissage informatisé pour satisfaire ces besoins.

À l'heure actuelle, de nombreux intervenants suggèrent l'utilisation des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) pour améliorer les environnements d'enseignement/apprentissage. Elles sont toutefois sous-exploitées et ne servent encore que pour des « lectures virtuelles » (Cronjé 2001). Par ailleurs, plusieurs chercheurs ont déjà souligné l'importance de proposer de nouveaux modèles pour les environnements d'apprentissage. Ainsi, Baker (2000) préconise l'émergence de nouveaux modèles dans le cadre d'environnements éducationnels collaboratifs et distribués. Tchounikine (2001) suggère que les NTIC soient employées pour définir des situations d'apprentissage dans lesquelles l'apprenant est amené à faire quelque chose. Enfin, Oliver et Omari (2001) mettent l'accent sur l'importance des environnements d'apprentissage centré sur l'apprenant, qui exigent plus de travail de la part des étudiants et leur demandent d'être plus organisés et plus responsables.

Dans cette communication, nous présentons les résultats de notre réflexion, qui nous ont amenés à proposer un modèle d'environnement d'enseignement/apprentissage permettant aux apprenants de s'auto-expliquer. L'auto-explication est vue ici comme une activité permettant aux apprenants de développer leurs capacités de pensée et donc d'apprendre. Or, des expériences ont montré que l'auto-explication favorise l'apprentissage (Chi 1989). Notre proposition s'inscrit dans le cadre d'une expérimentation dont le but est d'étudier la pertinence d'un environnement informatique permettant aux étudiants de s'entraîner en proposant leurs propres explications sur la résolution de problèmes choisis dans un contexte de collaboration volontaire.

La communication est organisée de la façon suivante. Dans un premier temps, nous présentons nos éléments de réflexion. Ensuite, nous exposons les principes pédagogiques que nous avons mis en évidence, suite à cette réflexion. Enfin, nous décrivons l'environnement d'apprentissage envisagé.

## **Des séances de laboratoire pour apprendre l'intelligence artificielle : retour d'expérience**

Cette section a pour objectif de situer notre travail de recherche. À travers une réflexion sur nos différentes expériences d'enseignement en intelligence artificielle, nous soulignons les points importants à considérer pour améliorer notre stratégie pédagogique.

### **Contexte d'enseignement**

Au département d'informatique de l'Université Laval, comme dans beaucoup d'universités traditionnelles, l'enseignement est souvent donné de façon magistrale : en classe, le professeur présente la théorie, propose des exemples et répond aux questions. D'une semaine à l'autre, les étudiants sont responsables d'assimiler la matière du cours (vue en classe ou disponible dans un volume ou sur un support de cours) et de résoudre des problèmes. L'évaluation des apprentissages se fait généralement sous deux aspects : des travaux pratiques et des examens. Les premiers visent aussi à permettre de mieux comprendre la matière et de développer un certain savoir-faire. Les examens constituent en général le moyen ultime permettant d'évaluer les connaissances et les habiletés individuelles des étudiants.

En plus de l'aide offerte pendant l'enseignement magistral, les étudiants peuvent consulter les professeurs et des aides à l'enseignement dédiés au cours, le plus souvent selon un horaire préétabli. Un schéma type est un cours magistral dispensé sur 13 semaines, à raison de 3 heures par semaine, 3 travaux pratiques à effectuer par les étudiants (généralement en petits groupes de 2 à 5 personnes) et 2 examens (un intra et un final). Jusqu'à tout récemment l'enseignement dans le cours d'introduction à l'intelligence artificielle était fait de cette façon. Ce cours est maintenant obligatoire dans le programme du baccalauréat en informatique, ce qui fait qu'environ 230 étudiants le suivent pendant la session d'automne.

Jusqu'à l'automne 1999, les étudiants disposaient d'un recueil de 3 tomes de notes de cours. Les 2 premiers tomes contenaient la théorie et le troisième des exercices résolus. L'objectif de ce matériel pédagogique était de leur permettre de s'entraîner à résoudre des problèmes et de se corriger eux-mêmes. Cependant, nous avons observé que les étudiants devenaient de plus en plus passifs. En fait, beaucoup se limitaient à observer les solutions et à les répéter à l'examen. Nous avons constaté que les erreurs étaient souvent dues à une compréhension superficielle.

À l'automne 2000, nous avons supprimé le troisième tome de notes de cours pour intégrer des exemples et des exercices dans les deux premiers tomes. Les solutions des exercices étaient données en classe. Cette stratégie a plu à de nombreux étudiants qui avaient essayé de résoudre les exercices et pouvaient se corriger en classe à la lumière des explications de l'enseignant, et même poser des questions pour clarifier certains aspects. Malgré cela, quelques étudiants n'appréciaient pas cette méthode car ils devaient être présents au cours pour obtenir les solutions. Certains étaient même opposés à des exercices donnés sans solution. Par ailleurs, lorsqu'ils disposent de toutes les solutions, nous avons remarqué que tous les étudiants ne sont pas nécessairement capables de valider leurs connaissances.

En ce qui a trait aux travaux pratiques sensés être effectués en groupe, il n'est pas rare d'observer que certains ne sont réalisés que par quelques-uns des membres d'un groupe. En fait, le groupe sert trop souvent à réaliser plus rapidement le travail au détriment de la compréhension de ses membres. De plus, lorsqu'ils sont souvent laissés à eux-mêmes, les étudiants peuvent avoir de la difficulté à planifier leurs apprentissages. Ils attendent parfois à la dernière minute pour faire leurs travaux. Une hypothèse est que les étudiants ne sont pas toujours capables de passer de la théorie aux travaux pratiques, d'où l'intérêt d'un encadrement plus serré.

À la suite de nos observations, nous nous sommes fixé de nouveaux objectifs. Tout d'abord, il est important d'établir une balance entre les exercices résolus et ceux non résolus. Plutôt que de donner des travaux pratiques de grande envergure, nous avons opté pour de plus petits objectifs d'apprentissage en découpant ces travaux. Ensuite, il nous est apparu primordial d'inciter les étudiants à travailler de façon plus régulière afin d'assimiler la matière au fur et à mesure. Il est également important que les étudiants fournissent un travail individuel, mais aussi qu'ils travaillent en équipe afin d'enrichir leurs connaissances par le partage. De façon générale, nous avons constaté que même si ce sont des étudiants universitaires, il est nécessaire d'établir des mécanismes pour assurer un meilleur suivi.

C'est dans ce contexte que nous avons ajouté, à l'automne 2001, une formule pédagogique intégrant des séances de laboratoire en classe.

### **Des séances de laboratoire**

Chaque séance de laboratoire avait lieu à la troisième période du cours, sous forme d'exercices sur papier ou sur machine. Nous avons choisi des problèmes à résoudre et aussi des exemples à justifier ou à expliquer afin d'inviter les étudiants à réfléchir sur la résolution de

problèmes en lien avec la matière du cours. La matière était limitée à celle couverte jusqu'à la semaine précédant la séance de laboratoire. À la fin du laboratoire, chaque étudiant remettait un rapport, corrigé et noté sur 1%. Le travail pouvait être fait individuellement ou en équipe. De cette façon, les étudiants étaient autorisés à échanger des idées. Toutefois, chaque étudiant était tenu de remettre un rapport original et personnel, il ne pouvait donc plus se contenter de recopier le travail d'un collègue. Cette stratégie visait à le rendre plus responsable de ses apprentissages. Ces séances de laboratoire étaient supervisées par les enseignants et des aides à l'enseignement, qui donnaient des conseils, des pistes de solutions ou encore des explications supplémentaires. Ce sont ces aides qui effectuaient la correction des rapports.

Une évaluation a été menée par la direction du département dans le but d'étendre cette formule pédagogique à d'autres cours. L'évaluation a permis de constater que cette formule était appréciée par une grande partie des étudiants. Elle a en effet facilité la mise en pratique des principes théoriques vus pendant les périodes magistrales du cours. Les étudiants pouvaient poser des questions et obtenir des réponses immédiates. Ils devaient aussi étudier plus régulièrement. Ils se sont donc sentis mieux préparés pour les examens. De plus, dans ce contexte de résolution de problèmes à expliquer ou à justifier, ils ne pouvaient plus simplement appliquer une solution par mimétisme, mais devaient réfléchir sur le principe de résolution.

Cependant, cette formule n'est pas pleinement satisfaisante. Un des premiers inconvénients est dû aux ressources considérables qu'elle demande. En effet, il est nécessaire d'avoir des aides en nombre suffisant pendant les séances de laboratoire. Ensuite, il faut consacrer un temps important à la correction des rapports remis. Un autre inconvénient est que tous les étudiants ne sont pas au même niveau dans leurs connaissances. Certains relisent leur matière d'un cours à l'autre, d'autres sont moins à jour. Cela crée un déséquilibre et les aides étaient souvent amenés à expliquer à nouveau les principes théoriques alors qu'il aurait été préférable qu'ils soient connus pour que les séances soient plus efficaces. Comme il pouvait y avoir échange d'idées pendant les séances, quelques étudiants préféraient recopier les réponses de leurs voisins. Ceci bien sûr ne conduisait qu'à des dépenses de ressources inutiles et les notes d'examen de ces étudiants restaient faibles par rapport à la moyenne de la classe.

Ces inconvénients ont donc motivé l'idée d'offrir un environnement informatisé dans le but de créer une situation d'apprentissage plus stimulante et moins coûteuse. Ceci est d'autant plus important que le département souhaite étendre notre formule à d'autres cours. L'analyse de nos expériences d'enseignement antérieures nous a permis de mettre en évidence un ensemble de principes pédagogiques. Dans la prochaine section, nous décrivons et discutons ces principes que nous souhaitons mettre en œuvre dans l'environnement anticipé.

## **Principes pédagogiques**

Les principes pédagogiques choisis visent à créer une situation d'apprentissage centrée sur l'étudiant de manière à le rendre plus actif. L'étude basée sur la résolution de problèmes est celle que nous avons retenue, car elle était déjà utilisée auparavant et permet de mettre en pratique la théorie. La situation d'apprentissage sera accessible par un site Web afin de laisser plus de flexibilité à l'étudiant, tout en permettant une évaluation de ses actions par l'enseignant.

### **L'étude de résolution de problèmes comme situation d'apprentissage**

Nous continuons de proposer d'utiliser une stratégie d'apprentissage à partir de résolution de problèmes afin de mettre en pratique les principes théoriques vus en cours. En effet, les contextes d'apprentissage les plus efficaces sont ceux qui sont réalisés à travers une activité et au moyen de cas ou de problèmes (Jonassen 1991), car l'apprenant est immergé dans la situation lui permettant d'acquérir des habiletés ou des connaissances dans le but de résoudre le problème ou de manipuler la solution. L'utilisation de résolutions de problèmes peut se limiter simplement à une observation de la solution par l'apprenant. Celui-ci peut également résoudre entièrement le problème, compléter les étapes de résolution ou encore les justifier. Dans l'environnement d'apprentissage que nous proposons, nous supposons que le problème est déjà résolu. L'apprenant a donc la possibilité d'observer les étapes d'une certaine résolution. Cependant, nous pensons qu'un tel environnement est limité, notamment par le manque d'interactions. Aussi, nous invitons l'apprenant à expliquer certaines étapes afin de lui faire manipuler la solution.

La situation d'apprentissage proposée consiste en l'étude d'exemples, soit l'étude de résolutions de problèmes, qui est une façon commune et naturelle d'apprendre une tâche (VanLehn 1998). Dans l'apprentissage au moyen d'exemples, il a été démontré que les bons apprenants sont ceux qui s'expliquent l'exemple ou une partie de cet exemple (Bruillard 1997 ; Chi 1989). Ce processus qu'on appelle auto-explication est en fait une explication par et pour l'apprenant. De plus, qu'elle soit correcte ou incorrecte, l'auto-explication favorise l'apprentissage (Chi 2000). En fait, nous verrons que l'enseignant pourra utiliser ces informations comme matériel pédagogique pour le cours. Par conséquent, notre environnement d'apprentissage offre un cadre permettant à l'apprenant d'expliquer un exemple ou une partie de cet exemple.

### **Apprentissage à distance dans un contexte de collaboration volontaire**

Cette stratégie d'apprentissage sera disponible dans un site Web. L'accès sera individuel et reconnaissable grâce à une identification. Chaque étudiant du cours pourra accéder à des exemples résolus et donner des explications sur ces résolutions sur des points précis identifiés sur l'écran.

Nous souhaitons créer une dynamique autour d'un thème

en amenant les étudiants à échanger leurs idées et donc à augmenter leur abstraction des principes vus en cours. Toutes les explications fournies pourront être lues dès qu'on accédera aux exemples de manière à créer un environnement de discussion autour des travaux à faire ainsi qu'une dynamique de réflexion. Oliver et Omari (2001) ont mené une expérience semblable avec des étudiants de premier cycle d'université. Un environnement utilisant un site Web a été développé afin de permettre aux étudiants de résoudre des problèmes en groupe. Les étudiants étaient forcés de collaborer pour faire leurs travaux puisqu'ils ne pouvaient rendre qu'une seule réponse par groupe. L'expérience a montré que tous les étudiants n'étaient pas prêts à mettre à profit le travail collaboratif ou encore certains l'utilisaient de façon non appropriée. En effet, parmi les étudiants universitaires, certains occupent un emploi parfois à temps complet et ont donc un horaire moins souple. On retrouve également des éléments qui s'imposent comme chef de groupe, et sont ainsi prêts à diriger les opérations sans se préoccuper de la notion de partage. Nous ne souhaitons pas reproduire de telles situations. La collaboration ne sera donc pas imposée, mais possible. La meilleure explication pourra être obtenue par interventions successives de plusieurs étudiants. Il s'agit de collaboration pour réaliser une tâche commune : celle de l'explication d'un exemple. En d'autres mots, la tâche d'explication pourra être réalisée dans un contexte de collaboration volontaire.

De plus, chaque explication présentée sera accompagnée du pseudonyme de l'étudiant l'ayant produite. Deux hypothèses motivent notre choix d'inclure les pseudonymes avec leurs explications. Premièrement, nous croyons que l'identification de l'auteur d'une explication, ne serait-ce que par le biais d'un pseudonyme, contribuera à responsabiliser celui-ci, limitant le risque qu'il n'écrive des messages malveillants. Deuxièmement, nous croyons que cela contribuera à créer une discussion entre auteurs puisqu'il est plus simple de référer à une explication en nommant le pseudonyme de son auteur qu'en la résumant à chaque fois.

L'identification réelle des étudiants risquerait d'entraîner des conséquences néfastes pour certains d'entre eux. Se sachant identifié, un étudiant pourrait être porté à ne pas produire explicitement une auto-explication qu'il considère comme fausse, absurde, voire trop simple, de peur d'être jugé par les autres. Or, ce type d'explication peut certainement stimuler la discussion puisque d'autres étudiants pourront vouloir la préciser, l'invalider, etc. Inversement, un étudiant peut envoyer mille et un messages, simplement pour une question de visibilité, polluant ainsi l'environnement d'apprentissage. En somme, le fait d'identifier les auteurs des explications peut avoir un impact aussi bien négatif que positif sur leur motivation à utiliser l'environnement. La solution que nous proposons, à savoir identifier l'auteur d'une explication par son pseudonyme, constitue d'après nous un bon compromis. Une évaluation a posteriori de l'environnement permettra de mieux mesurer l'efficacité de cette solution.

## **Un environnement d'apprentissage facile d'accès**

L'environnement que nous proposons entre très bien dans le cadre posé par Internet. On peut le comparer aux forums de discussion qu'on trouve actuellement sur ce réseau, et qui sont utilisés dans de nombreux cours. Techniquement, cet environnement est un système particulier d'index permettant l'accès à un ensemble de forums de discussion pouvant être facilement géré via Internet. Cependant, dans notre solution, cet ensemble de forums est orienté vers une tâche bien précise, spécifiée par un enseignant, permettant ainsi de mieux encadrer le travail des étudiants. De plus, ce médium constitue une solution simple pour rejoindre un maximum d'utilisateurs, sans compter que ces derniers peuvent utiliser l'environnement individuellement et au moment où ils le veulent. L'environnement que nous proposons se doit d'être léger puisqu'il s'agit de pages Web qui seront consultées à l'aide d'un logiciel de navigation comme Netscape® Communicator ou Microsoft® Internet Explorer. Dans cette perspective, on doit privilégier un traitement simple et rapide plutôt que complexe et lent.

L'utilisation de l'environnement proposé par un site Web est plus souple, car moins exigeante pour les étudiants. Chacun est libre d'accéder ou non, d'expliquer ou non, de discuter ou non. En effet, une des critiques formulée par certains étudiants à propos des séances de laboratoire était qu'ils n'aimaient pas être obligés de faire chaque semaine des travaux notés en classe. Avec l'environnement proposé, les étudiants seront libres d'accéder au site lorsqu'ils le voudront. En somme, nous proposons un forum de discussion structuré autour d'exemples à expliquer par les étudiants sur une base de collaboration volontaire. Ajoutons qu'à notre connaissance, aucune recherche portant sur l'apport des auto-explications d'un apprenant à d'autres apprenants n'a été faite. Une évaluation de l'utilisation de l'environnement sera menée afin de déterminer si cet apport est bénéfique.

## **Rétroaction**

Régulièrement, un retour sur les explications fournies sera effectué de manière à éviter que les étudiants restent sur de fausses informations. L'environnement permettra aussi d'identifier les étudiants qui ont essayé d'expliquer les exemples proposés, ceci sans demander trop de ressources.

Compte tenu du nombre d'étudiants et du nombre d'exemples à gérer, on doit s'interroger sur les limites de l'environnement proposé. Si la tâche de l'enseignant consiste à commenter toutes les étapes de tous les exemples, elle peut s'avérer trop lourde à accomplir. Si on envisage de présenter une dizaine d'exemples par semaine pendant une douzaine de semaines, le problème devient plus évident. Ceci dit, il est possible que dans de nombreux cas l'enseignant n'ait pas besoin d'émettre de commentaire, dans la mesure où toutes les explications fournies sont correctes. Mais, il devra s'assurer que c'est le cas. A priori, il pourra employer des aides pour valider les auto-explications. Par ailleurs, rien ne garantit que tous les étudiants essaieront d'expliquer les

exemples grâce à cet environnement. À plus long terme, nous envisagerons de rendre le module d'aide à l'auto-explication plus intelligent, afin qu'il encadre mieux l'étudiant, lorsqu'il s'auto-explicite, et diminue le nombre d'auto-explications qui nécessiteront l'intervention de l'enseignant. Une solution serait de classer les auto-explications à l'aide d'un module d'apprentissage automatique.

En résumé, l'environnement proposé repose sur l'apprentissage par résolution de problèmes, notamment l'auto-explication lors de l'étude d'exemples. Il vise à créer des situations d'apprentissage stimulantes dans un contexte de collaboration volontaire de la part des apprenants ainsi que de supervision grâce à la rétroaction. Cet environnement sera simple à utiliser et à exploiter. La section suivante décrit l'environnement en fonction des besoins d'apprentissage et du contexte énoncés.

## Description de l'environnement d'apprentissage

Nous présentons dans cette section l'environnement d'apprentissage que nous souhaitons développer. Tout d'abord, nous décrivons les activités qui doivent être modélisées. Ensuite, nous donnons l'architecture envisagée. Enfin, nous proposons des exemples de captures d'écran afin que le lecteur puisse mieux visualiser la future interface utilisateur.

### Modélisation des activités

Avant de procéder à toute implémentation de l'environnement, nous avons explicité les activités que nous souhaitons mettre en œuvre. Nous avons suivi la méthodologie KADS/CommonKADS (Schreiber *et al.* 2000) en proposant notamment un diagramme d'activités (Figure 1) utilisant la notation UML. Le diagramme d'activités offre l'avantage de présenter le processus dans son ensemble. De plus, les trois colonnes permettent d'associer chaque tâche à l'intervenant qui l'exécute. Les activités décrites impliquent trois types d'intervenants : l'enseignant, le système et l'apprenant.

Le processus que nous avons modélisé comporte deux phases : une phase d'initialisation suivie d'une phase d'utilisation. Durant la phase d'initialisation, la base d'exemples est créée par l'enseignant, de même que la base initiale des apprenants. Durant la phase d'utilisation, la base d'auto-explications est créée puis enrichie par les apprenants, et la base des apprenants est modifiée de manière à conserver une trace de l'utilisation de l'environnement. Une troisième phase est envisagée au cours de laquelle l'enseignant effectue une analyse des informations contenues dans la base des apprenants et celle des auto-explications. Cependant, pour le moment l'analyse de l'utilisation par les apprenants se fera manuellement par l'enseignant avec une rétroaction en classe. Nous expliquons ci-dessous les activités propres à chaque intervenant.

Lorsqu'on veut créer un environnement d'apprentissage humain au moyen d'exemples, il faut évidemment créer les exemples qui seront étudiés dans cet environnement. La première activité de l'enseignant est donc de

construire la base d'exemples. Cette tâche n'est pas à sous-estimer car la qualité d'un exemple peut influencer la capacité de l'apprenant à identifier et maîtriser les principes illustrés par cet exemple. Une fois la base d'exemples créée, l'enseignant peut alors proposer un ou plusieurs exemples aux apprenants. Il est important que l'enseignant propose des exemples précis. En effet, il est le mieux placé pour déterminer quelle est la suite d'exemples à présenter dans un certain contexte, compte tenu de ses connaissances du domaine et de son expertise pédagogique. Finalement, dans le but d'éviter aux apprenants de s'engager sur une fausse piste, l'enseignant peut commenter certaines explications fournies par les apprenants. Encore une fois, cette tâche nécessite une grande connaissance du domaine enseigné, mais aussi une connaissance pédagogique. Dans ce contexte, chaque activité accomplie par l'enseignant requiert beaucoup de connaissances et est donc complexe à automatiser. Aussi, il nous a semblé plus réaliste de concevoir un système qui va aider l'enseignant à accomplir ces tâches plutôt que de les automatiser complètement.

L'apprenant est bien entendu l'intervenant le plus important dans l'environnement que nous désirons créer, et le diagramme d'activités permet d'imaginer plusieurs scénarios d'utilisation. Tout d'abord, l'apprenant initie une session d'étude. Cette activité peut être réalisée de diverses manières. En effet, initier une session d'étude consiste à s'intégrer dans l'environnement, par exemple en donnant un mot de passe. Ensuite, l'apprenant peut choisir un exemple parmi ceux mis à disposition par l'enseignant pour une période donnée. Pendant l'étude de l'exemple, l'apprenant peut initier une session d'auto-explication à propos d'une étape de cet exemple. Cette activité est souvent implicite lors de l'étude d'un exemple, mais nous la rendons explicite dans cet environnement afin de permettre à l'apprenant de mieux identifier et maîtriser les principes théoriques. Comme nous désirons que l'apprenant puisse profiter des auto-explications produites par d'autres au moment de donner la sienne, nous devons envisager la possibilité que l'auto-explication qu'il désire donner ait déjà été donnée par un autre apprenant. Afin de garder l'apprenant actif, nous croyons utile de lui permettre de signifier son accord avec une explication si celle-ci correspond exactement à celle qu'il voulait donner. Finalement, la dernière activité de l'apprenant est de clore une session d'étude, c'est-à-dire signifier son intention de quitter l'environnement.

La première activité que le système doit accomplir est de mettre à jour la base d'exemples à mesure que ceux-ci sont ajoutés par l'enseignant. En second lieu, le système doit mettre à jour la base des apprenants lorsque l'un d'entre eux initie une session d'étude. L'objectif est de garder une trace des actions entreprises par l'apprenant lors de la session. Après qu'un exemple ait été choisi, il ne reste plus au système qu'à le présenter, en attendant que l'apprenant finalise la session d'étude ou initie une session d'auto-explication. Dans le premier cas, le système remet à jour la base des apprenants en rajoutant les informations sur cette séance d'étude. Dans le second cas, le système doit retrouver et

présenter toutes les explications relatives à l'étape pour laquelle l'apprenant a initié une session d'auto-explication. De plus, si l'apprenant désire produire une nouvelle explication (c'est-à-dire si l'explication qu'il veut produire ne s'y trouve pas déjà), le système doit être en mesure de le guider, ce qui constitue une activité supplémentaire. Nous avons appelé cette activité "proposer des formes d'auto-explication", en référence aux types d'auto-explications observés initialement par

Chi (1989). Un simple menu déroulant peut être utilisé pour que l'apprenant puisse choisir parmi quelques débuts de phrase correspondant à une auto-explication particulière (par exemple : "Cette opération est effectuée car") et ensuite la compléter dans une fenêtre textuelle. Dans tous les cas, la session d'auto-explication se termine par une mise à jour de la base d'auto-explications.

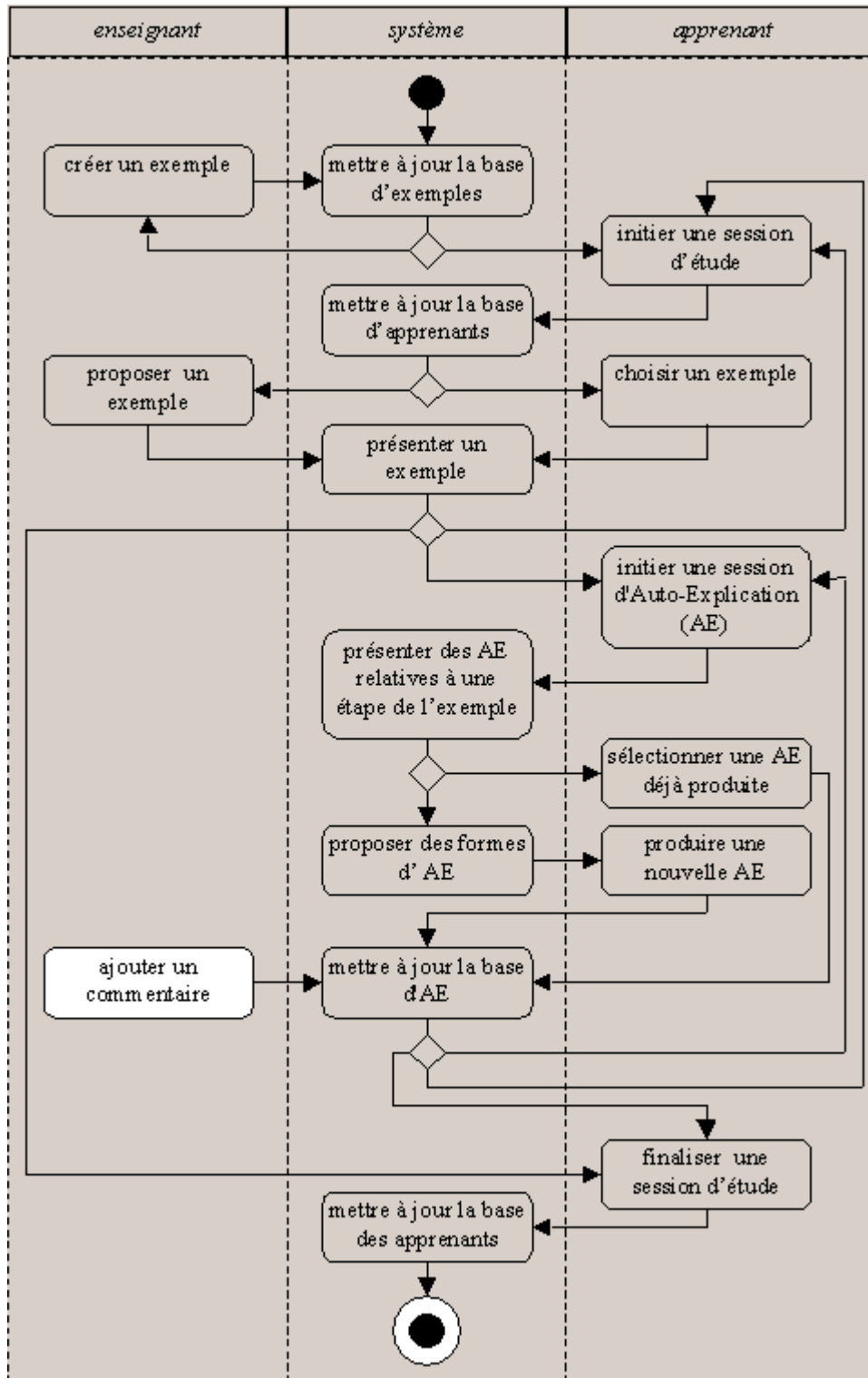


Figure 1. Diagramme d'activités.

## Architecture de l'environnement

À partir des activités explicitées dans la section précédente, nous proposons d'implémenter l'architecture décrite par la figure 2. L'environnement possède deux sous-environnements : celui de l'apprenant et celui de l'enseignant. En effet, ces deux intervenants ne vont pas accéder de la même manière à l'environnement d'enseignement/apprentissage. L'enseignant est

responsable des exemples qui seront présentés aux apprenants, et il doit pouvoir y accéder facilement. L'enseignant doit aussi pouvoir accéder aux auto-explications pour ajouter des commentaires ou d'autres informations pour aider les apprenants. Cet accès peut se faire dans un contexte d'enseignement à distance (c'est-à-dire en dehors des séances de cours) ou pendant une séance de cours.

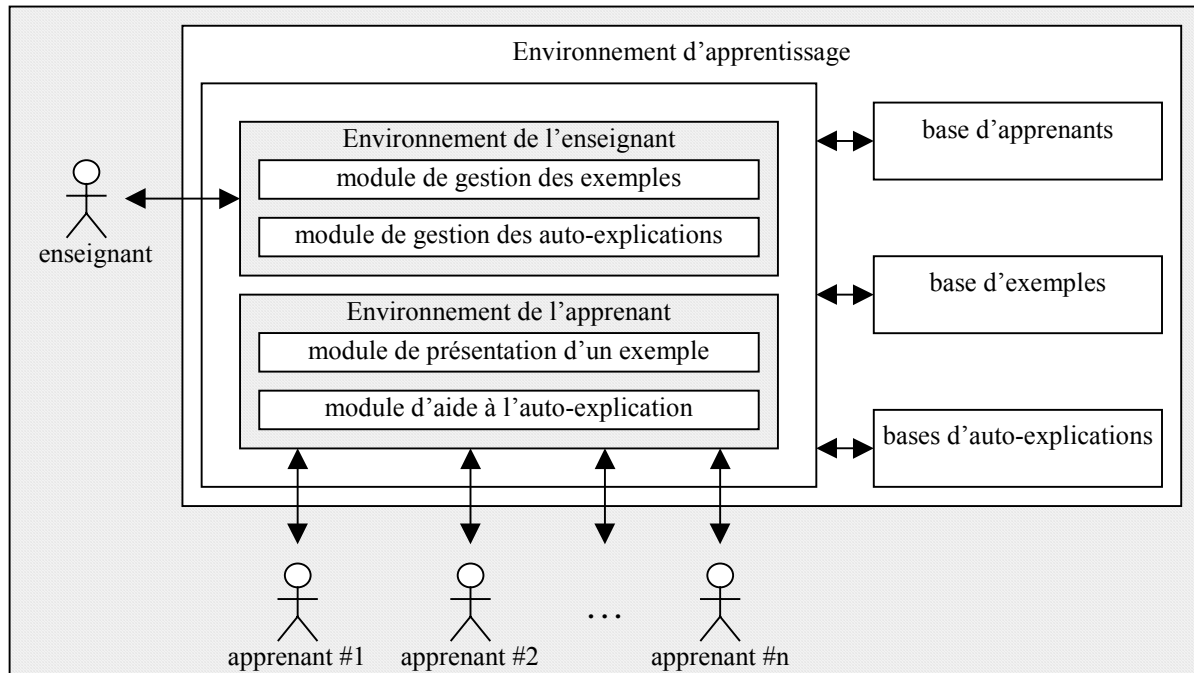


Figure 2. Architecture.

Les apprenants accèdent à un environnement spécifique afin de consulter les exemples déjà résolus et éventuellement expliqués par des collègues. Ils peuvent eux-mêmes expliquer les résolutions des exemples.

L'environnement dispose de trois bases de connaissances. La première (la base des apprenants) consiste à enregistrer les informations relatives aux apprenants qui accèdent à l'environnement. Ces informations peuvent être aussi simples que le pseudonyme utilisé, mais aussi complexes qu'un modèle d'apprenant. La deuxième base, celle contenant les exemples, permet à l'enseignant de stocker les résolutions de problèmes qui seront présentées aux apprenants. La dernière base, celle des auto-explications, contient les explications fournies par les apprenants.

## Aperçu visuel de l'environnement

Afin de montrer comment l'environnement fonctionne, nous avons préparé une fenêtre contenant un exemple que les étudiants peuvent consulter. Cet exemple simple est un problème posé en logique clausale (Figure 3). Il s'agit de faire une preuve par résolution réfutation. Les étapes de solution données permettent de prouver que le

but est atteint. Pour chaque étape importante, un bouton « expliquer » a été ajouté de manière à inviter l'étudiant connecté à proposer une explication.

Le fait d'ajouter des boutons à des points précis de la résolution permet à l'étudiant de ne pas oublier d'explications, ce qui était parfois le cas lors de l'expérience utilisant des séances de laboratoire. En particulier, nous avons noté que la conclusion n'était pas toujours expliquée. Cela pouvait dénoter un manque de compréhension de l'utilité de la preuve et de son principe fondamental.

De plus, nous avons remarqué que les explications fournies par les étudiants pour certaines étapes étaient incomplètes. Par exemple, la plupart d'entre eux avaient repéré que la ligne 4 correspondait à la négation du but à prouver, mais ne mentionnait pas explicitement de quel but il s'agissait. De même, pour les lignes 5 et 6 de la preuve, seule l'opération de résolution binaire effectuée était mentionnée. La substitution des variables était largement oubliée dans les copies. Ces omissions avaient pour conséquence d'entraîner des erreurs aux examens lorsque les étudiants étaient confrontés à des problèmes plus complexes. Nous pensons que l'environnement d'apprentissage proposé permettra de pallier ces inconvénients. Les explications fournies par



les étudiants devraient être plus complètes, car ils pourront collaborer pour donner leurs réponses. L'interaction créée par l'environnement devrait amener

les étudiants à devenir plus actifs et plus responsables face à leur apprentissage.



Figure 3. Présentation d'un exemple par l'environnement.

Chaque bouton "expliquer" ouvre une nouvelle fenêtre (Figure 4) permettant d'ajouter une explication par un apprenant ou encore de lire les explications fournies antérieurement soit par lui-même, soit par d'autres collègues. La figure 4 contient des commentaires réels produits par des étudiants dans le cadre de travaux antérieurs et adaptés au nouveau contexte. Ceci permet

d'avoir une idée de comment sera la future interface utilisateur. Le fait d'enregistrer toutes les explications des apprenants permet à l'enseignant de faire plus facilement des rétroactions en classe directement avec l'environnement, aussi bien sur les bonnes explications que sur les erreurs à éviter (mauvaises explications).

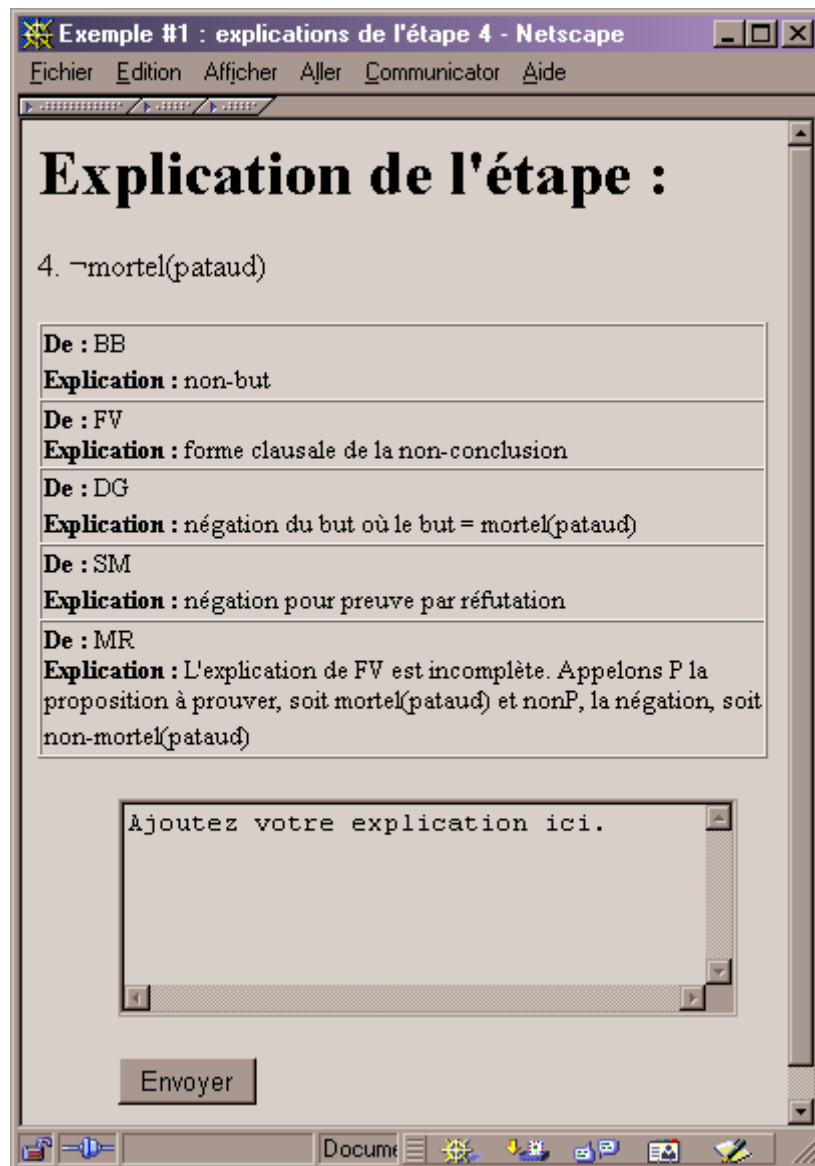


Figure 4. Copie d'écran permettant d'ajouter et de lire des auto-explications.

Nous avons présenté le modèle des activités de l'enseignant, de l'apprenant et du système à considérer pour l'environnement d'apprentissage envisagé. L'architecture de ce dernier ainsi que les différents accès des utilisateurs ont également été donnés. Enfin, nous avons montré un aperçu de l'interface dont disposeront les étudiants lors de l'accès à l'environnement d'apprentissage.

### Conclusion

En réfléchissant sur le cours d'introduction à l'intelligence artificielle offert chaque automne au département d'informatique de l'Université Laval, nous avons constaté l'émergence de nouveaux besoins pédagogiques. En effet, les cours magistraux ne suffisaient plus pour amener les étudiants à maîtriser la matière, qui devenaient de plus en plus passifs face à leur apprentissage. Nous avons donc introduit des séances de laboratoire sur papier et sur machine en

2001. L'évaluation de cette expérience a montré les inconvénients de cette formule pédagogique. Notamment, les ressources nécessaires pour superviser et corriger le travail des étudiants sont considérables. De plus, certains étudiants ne sont pas toujours suffisamment préparés pour que les séances soient efficaces.

C'est pourquoi nous avons décidé d'offrir un environnement d'apprentissage informatisé, basé sur l'étude de résolutions de problèmes via le Web. Ainsi, les étudiants devraient être plus actifs puisqu'ils auront à manipuler la solution d'un problème en fournissant des explications. De plus, l'accès par un site Web permettra une plus grande flexibilité. Les différents utilisateurs pourront collaborer pour réaliser une même tâche. Nous pensons qu'un tel environnement sera notamment plus motivant, plus adapté au rythme individuel des étudiants et augmentera leur participation. Ces éléments correspondent d'ailleurs aux trois premiers facteurs pédagogiques à prendre en compte lors de la conception

d'un système d'apprentissage multimédia interactif (Marton 2001). Ces facteurs sont issus des résultats de plusieurs années de recherche sur l'apprentissage. Enfin, l'environnement proposé devrait demander moins de ressources tout en permettant à l'enseignant de faire une rétroaction directe sur les explications fournies par les étudiants. Ceci va dans le sens de Laferrière (2001) qui affirme que l'utilisation des NTIC modifie le rôle de l'enseignant en diminuant les tâches répétitives (comme la correction des travaux) et augmentant celles reliées à la construction, l'appropriation et la compréhension auprès des étudiants.

Dans cette communication, nous avons présenté les activités à modéliser pour l'environnement d'apprentissage envisagé ainsi que son architecture. Un aperçu visuel de l'environnement est également donné. Nous sommes en train de développer l'environnement à partir de ces spécifications. Nous évaluerons ensuite si cette formule pédagogique, qui utilise de façon originale les NTIC, est plus appropriée et plus satisfaisante pour aider les étudiants à mieux maîtriser la matière. De plus, la modélisation que nous proposons se situe au niveau des connaissances de manière à mieux structurer l'artefact informatique, et augmenter sa flexibilité et sa réutilisabilité. Une telle modélisation pourra ainsi être réutilisable pour n'importe quelle formation technologique des écoles d'ingénieurs et de l'industrie.

### References

- Baker, M. 2000. The roles of models in Artificial Intelligence and Education research: a prospective view. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11:122-143.
- Bruillard, E. 1997 *Les machines à enseigner*, Paris: Éditions Hermès.
- Chi, M.T.H. 2000. Self-Explaining Expository Texts: The Dual Processes of Generating Inferences and Repairing Mental Models. In *Advances in Instructional Psychology*, 161-238. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Chi, M.T.H.; Bassok, M.; Lewis, M.W.; Reimann, P. et Glaser, R. 1989. Self-Explanations: How Students Study and Use Examples in Learning to Solve Problems. *Cognitive Science*, 13:145-182.
- Chi, M.T.H.; De Leeuw, N.; Chiu, M.-H. et LaVanher, C. 1994. Eliciting Self-Explanations Improves Understanding. *Cognitive Science*, 18:439-477.
- Cronjé, J.C. 2001. Metaphors and models in Internet-based learning. *Computers & Education*, 37:241-256.
- Jonassen, D. 1991. Thinking technology: Context is everything. *Educational Technology*, 31(6):35-37.
- Jonassen, D.; Peck, K. et Wilson, B. 1999. *Learning With Technology. A Constructivist Perspective*. Upper Saddle River (N.J.): Prentice-Hall.
- Laferrière, T. 2001. Formation des maîtres. Le déplacement de l'attention de l'apprenante et l'apprenant : utopie ou nouvelle réalité professionnelle ? In *Exploration d'Internet, recherche en éducation et rôles des professionnels de l'enseignement*, 75-84. Saint-Nicolas (Québec): Les Presses de l'Université Laval.
- Marton, P. 2001. La conception pédagogique de systèmes d'apprentissage multimédia interactif. Fondements, méthodologie et problématique. In *Exploration d'Internet, recherche en éducation et rôles des professionnels de l'enseignement*, 135-156. Saint-Nicolas (Québec): Les Presses de l'Université Laval.
- Oliver, R. et Omari, A. 2001. Student responses to collaborating and learning in a web-based environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 17:34-47.
- Schreiber, G.; Akkermans, H.; Anjewierden, A.; De Hoog, R.; Shadbolt, N.; Van De Velde, W. et Wielinga, B. 2000. *Knowledge Engineering and Management: The CommonKADS Methodology*. Cambridge (MA): The MIT Press.
- Tchounikine, P. 2001. Ingénierie éducative et ingénierie des connaissances. Conférence tutorielle. In *Ingénierie des connaissances, IC'2001, Plate-forme AFIA 2001*, 25-27 juin 2001, Grenoble, France.
- VanLehn, K. 1998. Analogy Events: How Examples are Used During Problem Solving. *Cognitive Science*, 22(3):347-388.