HAL
open science

Utiliser des connaissances abstraites ou contextualisées pour proposer différents types d'aide

Nathalie Guin-Duclosson, Nicolas Nova

To cite this version:

Nathalie Guin-Duclosson, Nicolas Nova. Utiliser des connaissances abstraites ou contextualisées pour proposer différents types d'aide. Technologies de l'Information et de la Communication dans les Enseignements d'ingénieurs et dans l'industrie, Nov 2002, Villeurbanne, France. pp.133-139. edutice-00000650

HAL Id: edutice-00000650

https://edutice.hal.science/edutice-00000650v1

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.

Utiliser des connaissances abstraites ou contextualisées pour proposer différents types d'aide

Nathalie Guin-Duclosson et Nicolas Nova

Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes d'Information, Université Claude Bernard - Lyon 1
Bâtiment Nautibus, 8 Bd. Niels Bohr
Domaine Scientifique de la Doua, 69622 Villeurbanne Cedex
nguin@bat710.univ-lyon1.fr, nicolasnova@hotmail.com

Résumé

Les travaux présentés dans cet article sont fondés sur des études de psychologie cognitive portant sur le transfert analogique. Ces études montrent une variabilité inter-individuelle dans l'utilisation de cas ou de schémas en résolution de problèmes. En effet, le transfert analogique peut impliquer soit des connaissances abstraites (schémas), soit des connaissances contextualisées (cas). Nous proposons ici une architecture pour un EIAH (Environnement Informatique d'Apprentissage Humain) qui permet de proposer plusieurs types d'aide à un apprenant en situation de résolution de problèmes. On peut en effet présenter à l'apprenant une connaissance abstraite, ou un problème similaire déjà résolu.
Mots-clés : aide à la résolution de problèmes, raisonnement à partir de cas, raisonnement par classification.

Abstract

We propose in this paper a research based on psychology studies about analogical transfer. These studies have proved that the content of the analogical transfer depends on the learner. Actually, this transfer can involve either abstract knowledge (schemata), or contextualized knowledge (cases). We propose here an architecture for an ILE (Interactive Learning Environment) which can propose to the learner several types of assistance during problem solving. Actually, assistance can consist in remembering him an abstract knowledge, or a similar problem he has already seen.
Key words : assistance for problem solving, case-based reasoning, classification-based reasoning.

Introduction

Nous nous plaçons dans le cadre d'un Environnement Informatique d'Apprentissage Humain (EIAH) où l'apprenant est amené à résoudre des problèmes d'application de notions enseignées en cours. Des travaux de psychologie cognitive révèlent une variabilité inter-individuelle dans l'utilisation de cas ou de schémas en résolution de problèmes. En effet, certains sujets utilisent plutôt des connaissances abstraites pour résoudre des problèmes, alors que d'autres préfèrent adapter la résolution d'un problème analogue qu'ils ont déjà rencontré. Afin d'adapter l'aide à l'apprenant dans un environnement d'aide à la résolution de problèmes, nous proposons donc de lui présenter soit des connaissances abstraites (schémas), soit des connaissances contextualisées (cas).

Dans cet article, nous présentons les résultats de psychologie cognitive sur lesquels nous nous appuyons pour proposer une aide fondée sur les cas ou sur les schémas. Nous décrivons ensuite un point de vue de l'Intelligence Artificielle sur le raisonnement par classification et le Raisonnement à Partir de Cas (RàPC). Après avoir présenté des utilisations existantes du RàPC pour des EIAH, nous décrivons les aides que nous envisageons de fournir à l'apprenant. Nous terminons par une description de l'architecture d'un système pouvant fournir ces aides, en précisant les représentations des connaissances proposées.

Raisonnement par analogie en psychologie cognitive

Quelques définitions

L'analogie est fondée sur la notion de similitude entre objets d'un univers donné. Dans ce cadre conceptuel, une situation « source » et une situation « cible » sont analogues. Le raisonnement par analogie correspond à l'utilisation des connaissances de la situation source pour acquérir des connaissances nouvelles sur la situation cible (Nguyen Xuan 1990). Le terme « transfert » désigne l'influence d'un apprentissage antérieur dans une situation, sur un apprentissage subséquent dans une autre situation.

On parle de transfert intra-domaine lorsque les situations source et cible appartiennent au même domaine et de transfert inter-domaines lorsque les situations source et cible appartiennent à des domaines différents. Cette distinction est pertinente car il existerait des mécanismes différents pour chaque transfert (Gentner 1983, Seifert 1989, Holyoak et Thagard 1997). Dans l'étude de la résolution de problèmes en psychologie cognitive, le terme « exemple » est employé pour désigner un problème dont la solution est donnée à l'apprenant. Cela correspond à ce que l'on nomme « cas » en RàPC. Le raisonnement à partir d'exemples (et le RàPC en Intelligence Artificielle) est caractérisé par le fait que le problème à résoudre et le problème résolu par analogie proviennent du même domaine (Py 1994). Beaucoup d'études ont été réalisées en psychologie cognitive sur l'analogie inter-domaines. Le transfert intra-domaine constitue un sujet moins traité et plus récent (Py 1994).

Dans la suite de cet article, nous nous intéresserons uniquement au transfert intra-domaine, et plus particulièrement au contenu de ce transfert analogique.

Transfert de cas ou de schéma ?

L'un des problèmes majeurs du raisonnement par analogie est de savoir ce qui est transféré au cours de ce processus. Le corollaire de cette question est de déterminer à quel degré d'abstraction les connaissances sources sont encodées. Dans (Didierjean et Cauzinille-Marmèche 1998), les auteurs montrent que deux processus sont observés chez les sujets : l'utilisation d'une connaissance abstraite et l'utilisation de cas.

Ces auteurs partent du postulat qu'une même situation (un problème par exemple) est stockée à différents niveaux d'abstraction dans notre système cognitif (du plus spécifique au plus général). À partir de là, ils posent l'hypothèse qu'il existerait ainsi deux processus de raisonnement par analogie. Le premier consisterait en l'utilisation d'un schéma, connaissance abstraite généralisée. Le second impliquerait l'intervention de cas, exemplaires spécifiques.

Une expérimentation décrite dans (Didierjean et Cauzinille-Marmèche 1998) consiste à proposer aux apprenants d'étudier (et d'expliquer oralement) des problèmes accompagnés de leur corrigé, puis de résoudre des problèmes similaires. Les étapes de résolution des problèmes posés sont similaires à celles des problèmes présentés en exemple. Cependant, certains problèmes à résoudre ressemblent aux exemples par leurs traits de surface, alors que d'autres en sont plus éloignés. Les auteurs mettent en relation les verbalisations des apprenants au cours de la phase d'étude avec la performance des sujets dans la résolution des nouveaux problèmes. Deux groupes de sujets ressortent. Certains réussissent aussi bien les deux classes de problèmes ; pendant la phase d'étude et d'explication, ils montrent des signes de comparaison des problèmes entre eux. Cela semble donc témoigner d'un raisonnement par analogie utilisant un schéma ; ces apprenants savent extraire les similitudes entre des problèmes sources analogues. D'autres sujets parviennent mieux à résoudre les problèmes proches des exemples que les problèmes plus éloignés ; pendant la phase d'explication, ils ne font pas de comparaison. Leur raisonnement par analogie semble donc être médiatisé par des cas. Cette étude prouve l'existence de variations interindividuelles pour le contenu du transfert analogique. Une expérience ultérieure (Didierjean et Cauzinille-Marmèche 1998) a mis en évidence le fait que certains sujets sont à même d'utiliser simultanément les deux types de connaissances. Les performances de ces sujets montrent que l'utilisation des deux processus permettrait une meilleure progression dans l'étude d'un domaine.

Les auteurs définissent l'expertise d'un domaine par la présence de connaissances abstraites et de cas particuliers, et les résultats de leurs expériences semblent confirmer cette définition. Cependant, il faut inclure une dimension temporelle dans l'étude d'un domaine par les apprenants. En début d'apprentissage, les individus possèdent peu de connaissances sur le domaine en question. Ils utilisent alors l'analogie par le biais d'exemples. Avec l'expérience, ils construisent des généralisations et acquièrent donc des schémas (Didierjean et Cauzinille-Marmèche 1999).

Dans la section suivante, nous présentons certains modèles issus de l'Intelligence Artificielle qui mettent en œuvre l'utilisation de schémas et l'utilisation de cas en résolution de problèmes.

Raisonnement par classification et RàPC en Intelligence Artificielle

Nous décrivons dans un premier temps comment représenter des connaissances abstraites à l'aide de classes de problèmes qui permettent de trouver une méthode de résolution adaptée au problème à résoudre. Dans un deuxième temps, nous décrivons comment le Raisonnement à Partir de Cas permet de réutiliser des connaissances contextualisées pour résoudre un nouveau problème.

Classer un problème pour le résoudre

Utiliser un schéma pour résoudre un problème peut revenir à trouver à quelle classe le problème appartient, afin d'appliquer une méthode de résolution adaptée aux problèmes relevant de cette classe. Cette démarche, issue de la classification heuristique (Clancey 1985), est utilisée dans les systèmes fondés sur SHIRKA (Rechenmann, Fontanille et Uvietta 1990) pour aider l'utilisateur à choisir dans une bibliothèque de calcul scientifique la méthode la mieux adaptée à une tâche donnée (Rechenmann et Rousseau 1992).

L'architecture SYRCLAD (Guin-Duclosson 1999) propose d'une part un cadre général dans lequel on peut expliciter de manière déclarative une classification de problèmes et les connaissances de reformulation et de résolution qui y sont liées et, d'autre part, un mécanisme d'exploitation de ces connaissances. Le système SYRCLAD construit un nouveau modèle du problème posé grâce à des connaissances de reformulation et en utilisant un graphe de classification des problèmes du domaine. Ce nouveau modèle est plus opérationnel et est instance d'une classe de problèmes du graphe. Le système utilise les connaissances de résolution associées à cette classe pour obtenir une solution au problème posé.

Réutiliser un problème analogue

Inspiré des travaux de M. Minsky sur les cadres de données (Minsky 1975), le paradigme du Raisonnement à Partir de Cas a été défini par R. Schank (Schank 1982) à travers le modèle « Dynamic Memory ». Ce paradigme permet d'une part de modéliser le raisonnement (Kolodner 1993) et d'autre part de réaliser des systèmes d'IA permettant une interprétation et/ou une résolution de problèmes (Aamodt et Plaza 1994, Leake 1996).

Un cas est une connaissance contextualisée, représentant une expérience, et qui permet de résoudre un problème. Il est constitué de deux aspects : le contenu (ce à quoi il réfère : un problème déjà rencontré et sa solution) et le contexte (les circonstances dans lesquelles il s'applique) défini par des indices.

Le RàPC peut être décrit par un ensemble d'étapes séquentielles que l'on représente souvent par un cycle. La première étape de ce cycle consiste à décrire le problème à résoudre selon des *traits* (ou *indices*) pour élaborer le *cas cible*. L'étape suivante consiste à retrouver un cas similaire au cas cible, qu'on appelle *cas source*. Cette étape de *remémoration* utilise les indices des deux cas pour les comparer et réaliser un appariement du cas cible au cas source. Il s'agit ensuite d'*adapter* la solution (ou le processus ayant mené à cette solution) au cas cible. Après cette étape d'adaptation, la solution proposée pour le cas cible est testée et éventuellement révisée. Enfin, le cas cible (avec sa solution) est mémorisé dans la base de cas en fonction de ses indices ; il devient ainsi un cas source potentiel pour un problème futur.

Utilisations du RàPC en EIAH

Le RàPC est une technique de l'IA récemment utilisée dans le domaine des EIAH. Le RàPC peut intervenir dans diverses composantes d'un EIAH.

La modélisation des connaissances de l'apprenant peut être réalisée grâce au RàPC (Shiri, Aïmeur et Frasson 1998), de même que l'évaluation de l'apprenant (Khan 2000). Par comparaison du modèle de l'apprenant avec des évaluations d'autres apprenants (formant une base de cas), le RàPC peut également permettre la sélection d'une stratégie d'apprentissage (Gilbert 2000) ou la construction d'un chemin dans un hypertexte (Heraud et Mille 2000).

L'utilisation la plus proche de notre proposition est l'enseignement à partir de cas ou « Case-Based Teaching » (Schank et Edelson 1990). Dans les systèmes fondés sur cette stratégie d'apprentissage, lorsque l'apprenant est en difficulté lors de la résolution d'un problème, ou lorsqu'il est face à un problème qu'il n'a jamais rencontré (d'un nouveau domaine ou d'un nouveau type), le système lui propose un cas similaire à celui qu'il a à résoudre. Dans ces systèmes, on peut trouver différents niveaux d'interactivité entre l'apprenant et l'environnement informatique (Tourigny et Capus 2000). L'apprenant peut demander au système de lui retrouver un exemple similaire, de lui expliquer comment ce cas a été résolu ; le système peut aussi lui proposer la résolution complète de son exercice, comme dans CATO (Aleven et Ashley 1997).

Le « Virtual Participant » (Masterton 1997) est un exemple de système utilisant l'enseignement à partir de cas. Il s'agit d'un assistant virtuel intervenant dans les logiciels de type forum de discussion. La base de cas est constituée de questions posées par les personnes participant au forum et de solutions (proposées par ces mêmes intervenants). Un cas est alors composé d'une question et des réponses qui lui ont été faites. Cet environnement a été expérimenté dans un cours où les forums de discussion étaient utilisés. D'une année à l'autre, les étudiants rencontrent des problèmes analogues à ceux rencontrés par les promotions précédentes ; ainsi, le Virtual Participant permet de répondre plus efficacement à leurs attentes en proposant des cas analogues rencontrés par des étudiants des années antérieures.

Par rapport aux travaux précédemment décrits, notre proposition d'EIAH ne propose à l'apprenant que des cas que lui-même a déjà traités. De plus, il propose également une aide de type schéma, afin de tenir compte de l'existence des deux modes de transfert analogique mis en évidence en psychologie cognitive.

Proposer différents types d'aide

Contexte de l'aide

Nous nous plaçons dans le cadre d'un EIAH utilisé par l'apprenant après que celui-ci ait assisté à un cours portant sur les notions concernées. L'environnement propose à l'apprenant des problèmes à résoudre mettant en situation les connaissances abordées en cours.

Nous proposons une manière d'individualiser l'aide proposée à l'apprenant pour résoudre des problèmes. Il s'agit « d'adapter les interventions tutorielles au modèle cognitif de l'étudiant » (Cauzinille-Marmèche et Mathieu 1988). Nous nous appuyons pour cela sur les travaux de psychologie cognitive présentés dans la première partie de cet article révélant la variabilité inter-individuelle dans l'utilisation de cas ou de schémas en résolution de problèmes. Nous proposons en effet de proposer une aide à l'apprenant en situation de difficulté dans sa résolution de problème, cette aide consistant à présenter soit une connaissance abstraite du cours, soit un problème analogue qu'il a déjà rencontré. Cette aide peut être sollicitée par l'apprenant, ou proposée spontanément par le système qui a détecté un besoin d'aide.

Notre proposition concerne des domaines pour lesquels on peut présenter explicitement à l'apprenant les connaissances de type schéma à utiliser pour résoudre un problème, et pour lesquels on peut adapter sans difficulté un problème déjà résolu en utilisant un raisonnement à partir de cas.

Différents types d'aide

Nous décrivons ici les différents types d'aides que nous souhaitons que l'environnement puisse proposer. Nous utiliserons comme exemple un problème simple de génétique. La notion du cours correspondante concerne la transmission des allèles récessifs situés sur des autosomes[1].

Énoncé du problème :

Dans une population humaine (effectif N = 300) supposée en équilibre, 75 individus sont victimes d'une maladie métabolique due à un allèle autosomal récessif *a* présent en deux exemplaires. Quelle est la probabilité qu'un enfant d'un couple sain soit lui-même atteint ?

Le premier type d'aide que le système peut proposer à l'apprenant consiste à lui rappeler la connaissance abstraite à utiliser pour résoudre le problème posé.

[1] Un allèle est une version possible d'un gène. Un allèle récessif doit être présent en deux exemplaires pour s'exprimer. Un autosome est un chromosome non sexuel.

Nous parlerons d'aide de type schéma. Il s'agit ici de présenter la formule à utiliser en rappelant les conditions dans lesquelles elle s'applique.

> Il existe une formule qui peut s'appliquer à ce problème ; elle s'applique uniquement pour les populations à l'équilibre, pour les allèles récessifs, portés par des autosomes et pour des parents sains. Si p représente la fréquence de l'allèle normal A et q la fréquence de a, la probabilité d'avoir un enfant atteint est $(2pq/(2pq + p^2))^2$.

Si cette aide ne permet pas à l'apprenant de résoudre le problème, le système peut lui donner la solution du problème, en restant sur le choix d'une aide de type schéma.

> On applique la formule s'appliquant uniquement pour les populations à l'équilibre, pour les allèles récessifs, portés par des autosomes, et pour des parents sains. Si p représente la fréquence de l'allèle normal A et q la fréquence de a, la probabilité d'avoir un enfant atteint est $(2pq/(2pq + p^2))^2$, soit 0.444 avec $p^2 = (75/300)$ et $q = 1-p$.

Outre ces aides de type schéma, le système peut rappeler à l'apprenant un problème proche que celui-ci a déjà résolu. Dans ce contexte, on est en présence d'une aide de type cas. Une première possibilité d'aide de ce type est de proposer à l'apprenant uniquement l'énoncé d'un problème résolu auparavant, en mettant visuellement l'accent sur les éléments du problème source qui se retrouvent dans le problème cible. La solution du problème source n'est pas alors donnée. On espère un effet d'amorçage, c'est-à-dire une aide à la remémoration de la méthode de résolution par présentation d'un problème voisin déjà rencontré (Damas, Versace et Mille 2001).

> Vous avez déjà résolu un problème semblable :
> Dans une population humaine supposée en *équilibre*, 4% des individus possèdent deux exemplaires de *l'allèle autosomal récessif* r, responsables de la synthèse d'une protéine anormale. Quelle est la probabilité qu'un *enfant d'un couple sain* soit lui-même *atteint* du même trouble ?

Une autre possibilité d'aide de type cas est de proposer à l'apprenant un cas source, c'est-à-dire un problème proche et sa solution.

> Vous avez déjà résolu un problème semblable :
> Dans une population humaine supposée en équilibre, 4% des individus possèdent deux exemplaires de l'allèle autosomal récessif r, responsables de la synthèse d'une protéine anormale. Quelle est la probabilité qu'un enfant d'un couple sain soit lui-même atteint du même trouble ?
>
> Pour ce problème, la solution était la suivante :
> On note q la fréquence de l'allèle f et p la fréquence de l'allèle normal R. $q^2 = 0.04$ donc $q = 0.2$ et $p = 1 - q = 0.8$. Pour que l'enfant soit atteint, il faut qu'il ait deux allèles r. Or les parents sont sains, il faut donc qu'ils aient tous deux le phénotype Rr. La solution revient à calculer P = Probabilité(Rr) * Probabilité(Rr) = $(2pq/(2pq + p^2))^2 = 0.111$.[2]

Il est possible également de combiner ces deux approches en proposant un cas complet (énoncé et solution) pour lequel l'accent est mis sur les indices de l'énoncé et de la solution qui peuvent être utiles dans la résolution du cas cible.

Si ces aides ne permettent pas à l'apprenant de résoudre le problème, le système peut, comme dans l'aide de type schéma, donner la solution du problème, en restant sur le choix d'une aide de type cas. Il présente alors les deux problèmes avec leur solution, en mettant l'accent sur les indices identiques du cas source et du cas cible.

Comment choisir le type d'aide?

Au cours de l'apprentissage d'un domaine par un novice, celui-ci n'utilise pas de manière systématique soit des schémas soit des cas pour résoudre des problèmes. Comme on l'a vu dans la première partie de cet article, il est probable qu'un novice utilise plutôt des cas dans un premier temps, puis des schémas quand il a acquis plus d'expérience. On souhaite proposer à l'apprenant une aide personnalisée à un moment donné.

Cette aide peut consister soit à s'adapter aux préférences de l'apprenant, soit à essayer d'influencer la méthode de résolution qu'il utilise. S'adapter aux préférences de l'apprenant consiste à lui présenter le type d'aide correspondant à la méthode qu'il semble utiliser de manière prédominante. Essayer d'influencer sa résolution consiste au contraire à lui proposer le type d'aide qui ne correspond pas à sa méthode de résolution

Le choix du type d'aide doit être paramétrable. L'enseignant peut décider de laisser l'apprenant choisir le type d'aide qu'il préfère utiliser à un moment donné. Il peut aussi imposer le type d'aide (cas ou schéma) à fournir à un apprenant donné, ou demander au système de suivre un scénario dans le suivi de l'élève, par exemple de suivre dans un premier temps les préférences de l'apprenant, puis d'aller à leur encontre pour essayer de modifier la méthode de résolution utilisée par l'élève. Cela implique que le système soit capable également de choisir un type d'aide à proposer à l'apprenant en utilisant une mémoire de son expérience qui est présente dans le modèle de l'apprenant. Comme nous le verrons dans la section suivante, si le système doit suivre les préférences de l'apprenant, il lui proposera une aide de type cas si c'est celle qui lui a permis de résoudre avec succès les derniers problèmes pour lequels il a eu besoin d'aide, et une aide de type schéma dans le cas contraire.
Nous avons vu dans la première partie de cet article que des études en psychologie cognitive montrent que des sujets en début d'apprentissage utilisent plutôt le

---

[2] Dans l'aide de type schéma, cette formule était directement donnée avec ses conditions d'application. Dans cette aide de type cas, la résolution du problème source présente le raisonnement qui permet d'aboutir à cette formule.

raisonnement par analogie, puis, avec l'expérience, construisent des généralisations et acquièrent alors des schémas (Didierjean et Cauzinille-Marmèche 1999). L'enseignant peut envisager de suivre un scénario de ce type : si l'apprenant préfère utiliser une aide de type cas en début d'apprentissage, on pourra suivre ses préférences dans un premier temps, puis dans un deuxième temps lui imposer une aide de type schéma afin de l'amener à construire des connaissances plus décontextualisées.

Nous avons présenté plusieurs types d'aide, relevant soit du type schéma soit du type cas. Nous allons à présent proposer une architecture pour un système capable de proposer ces aides, et décrire comment organiser et représenter les connaissances d'un tel système.

Architecture du système et représentation des connaissances

La figure 1 représente une architecture possible pour le système que nous proposons. Nous détaillons chaque module de l'architecture proposée ainsi que les interactions entre ces modules.

Le module expert est constitué de deux bases de connaissances et de deux processus de résolution de problèmes. Un premier résolveur de problèmes utilise des connaissances de type schémas, représentées par une hiérarchie de classes de problèmes, et classe le problème à résoudre pour trouver une méthode de résolution (ce résolveur pourra être implémenté grâce à l'architecture SYRCLAD (Guin-Duclosson 1999). Un second résolveur utilise une base de cas pour résoudre des problèmes suivant un raisonnement à partir de cas. Ces deux résolveurs sont capables de résoudre le problème parallèlement à l'apprenant. Le module d'aide peut ainsi utiliser les résolutions de ces résolveurs ainsi que les deux bases de connaissances.

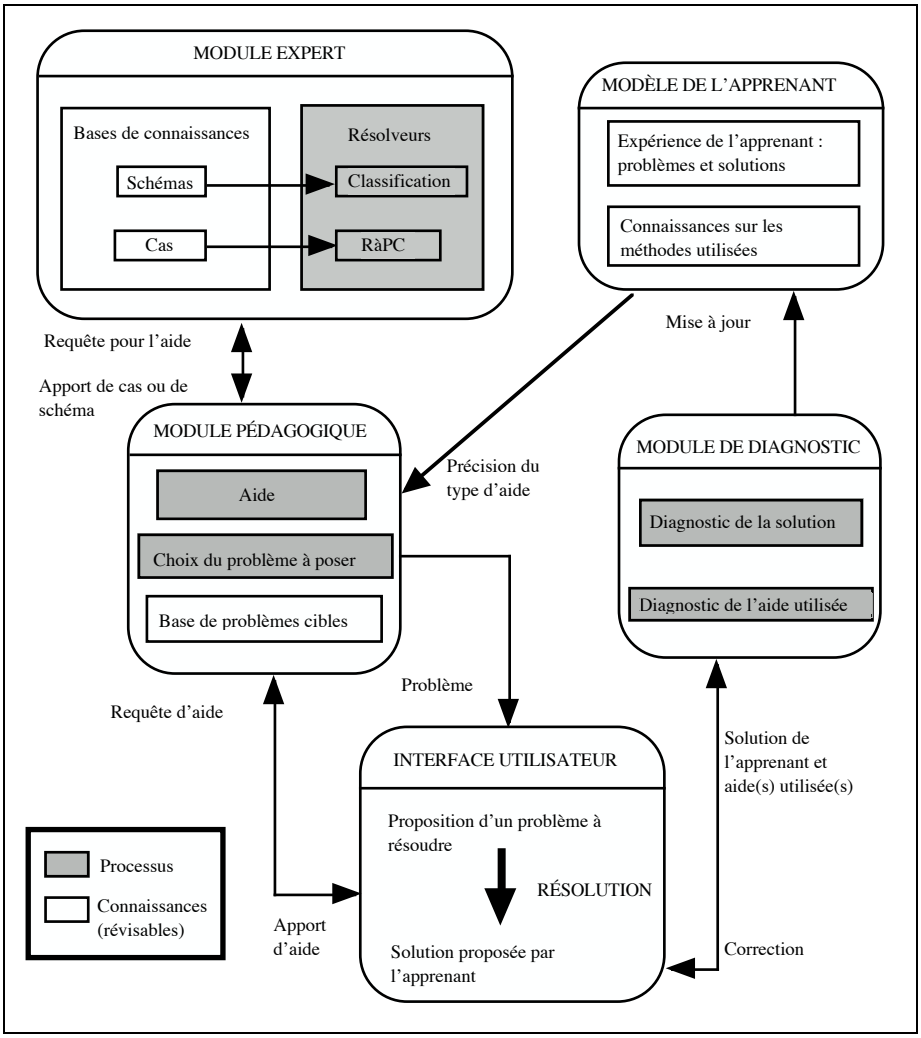

Figure 1. Architecture du système

Le modèle de l'apprenant contient d'une part une représentation de l'expérience de l'apprenant : les problèmes rencontrés et leur solution (telles qu'il les a trouvées ou telles que le système les lui a fournies si la résolution s'est soldée par un échec), ce qui constitue une base de cas. Le succès de la résolution est également pris en compte, l'apprenant pouvant avoir échoué, réussi sans l'aide du système ou réussi avec l'aide du système. D'autre part, le modèle de l'apprenant contient des connaissances indiquant le type d'aide qui convient le mieux à l'apprenant, selon le succès ou l'échec des précédents apports d'aide. On peut en effet penser que pour les problèmes où un apport d'aide a été nécessaire à l'apprenant, si une aide de type cas a la plupart du temps permis à l'apprenant de trouver une solution au problème, alors qu'une aide de type schéma ne l'a pas aidé, c'est une aide de type cas qui convient le mieux à cet apprenant. Le système donne une plus grande importance aux derniers problèmes résolus, de manière à tenir compte de l'évolution du comportement de l'apprenant. Cette dernière caractéristique pourrait être améliorée de manière à tenir compte des choix du module pédagogique dans les problèmes qu'il pose à l'apprenant : il est en effet possible qu'un type d'aide convienne mieux à l'apprenant pour une classe de problèmes, alors qu'il préfère un autre type d'aide pour une autre classe de problèmes.

Le module pédagogique a pour rôle de choisir le problème à résoudre, puis de fournir de l'aide à l'apprenant si cela s'avère nécessaire pendant la résolution. Pour choisir le problème à partir de la base de problèmes cibles, le module pédagogique utilise les connaissances du modèle de l'apprenant sur les problèmes que celui-ci a déjà traités. Pour choisir quel type d'aide fournir à l'apprenant[3], le module pédagogique utilise les connaissances du modèle de l'apprenant sur le type d'aide qui lui convient le mieux. Pour fournir de l'aide à l'apprenant, le module pédagogique utilise les bases de connaissances et les résolveurs du module expert. Il peut ainsi proposer à l'apprenant la méthode de résolution adaptée au problème déterminée par le système de classification. Il peut aussi rappeler à l'apprenant un problème semblable en utilisant le système de RàPC du module expert. Ce système de RàPC utilise alors comme base de cas les problèmes que l'apprenant a déjà résolus, c'est-à-dire la base de cas contenue dans le modèle de l'apprenant.

L'interface gère les interactions entre le système et l'apprenant. Elle présente le problème à résoudre à l'apprenant, lui permet de réclamer de l'aide et de proposer une solution. Elle fournit l'aide du module pédagogique et l'éventuelle correction du module de diagnostic.

Le module de diagnostic analyse la validité de la solution que propose l'apprenant, en utilisant les solutions proposées par les résolveurs, et propose une éventuelle correction. De plus, il réalise comme nous l'avons décrit ci-dessus le diagnostic du type d'aide convenant le mieux à l'apprenant, en observant si l'aide a été efficace ou non, et en reliant cette information au type d'aide utilisé. Enfin, il ajoute ces connaissances au modèle de l'apprenant afin de le mettre à jour.

Conclusion

En nous appuyant sur des résultats de psychologie cognitive mettant en évidence une variabilité inter-individuelle dans l'utilisation de connaissances abstraites ou de connaissances contextualisées en résolution de problèmes, nous avons présenté une proposition permettant de proposer plusieurs types d'aide à l'apprenant dans un environnement d'aide à la résolution de problèmes. En effet, on peut tenir compte des préférences de l'apprenant et choisir de lui présenter soit le schéma à appliquer pour résoudre le problème soit un problème analogue que celui-ci a déjà rencontré. Nous avons également décrit l'architecture d'un EIAH combinant des systèmes de RàPC et de raisonnement par classification et permettant de fournir de telles aides à l'apprenant.

Dans le processus de conception d'un EIAH fondé sur la proposition que nous avons présentée dans cet article, le prochain travail à accomplir est de préciser davantage le contexte dans lequel intervient l'aide à l'apprenant. En effet, il convient d'étudier comment permettre à l'enseignant de paramétrer de la manière la plus appropriée le type d'aide à fournir à l'apprenant, comment et dans quelles conditions permettre à celui-ci de réclamer une aide et d'en choisir le type, et comment intégrer cette aide aux interactions entre le système et l'apprenant.

[3] Dans la situation où ce choix est à la charge du système.

Références

Aleven, V., and Ashley, K.D. 1997. Teaching Case-Based Argumentation through a Model and Examples - Empirical Evaluation of an Intelligent Learning Environment. *Artificial Intelligence in Education* (Du Boulay, B., and Mizoguchi,R. Eds.), IOS Press, 87-94.

Aamodt, A., and Plaza, E. 1994. Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approache. *A I Communications* 7 : 39-59.

Cauzinille-Marmèche E., et Mathieu J. 1988. Adapter les interventions tutorielles au modèle cognitif de l'étudiant. J.P. Caverni (Ed.), *Psychologie cognitive, modèles et méthodes*, PUG, Grenoble, 175-189.

Clancey W.J. 1985. Heuristic classification. *Artificial Intelligence* 27 : 289-350.

Damas L., Versace R., et Mille A. 2001. Le rôle de l'amorçage dans la remémoration : Expérimentations pour une application aux assistants informatiques. Actes de *CJCSC4 : 4ème colloque de jeunes chercheurs en Sciences Cognitives*, 212-215.

Didierjean A., et Cauzinille-Marmèche E. 1998. Reasoning by analogy : Is it schema mediated or case-based ? *European Journal of Educational Psychology* 13(4) : 385-398.

Didierjean, A., et Cauzinille-Marmèche, E. 1999. Résolution de problèmes par analogie et généralisation des connaissances. Netchine-Grynberg G. (Ed.), *Développement et fonctionnement cognitif : Vers une intégration*, PUF, 125-152.

Gentner D. 1983. Structure Mapping : A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science* 7 : 155-170.

Gilbert J.E. 2000. Case-Based Reasoning Applied to Instruction Method Selection for Intelligent Tutoring Systems. *Workshop 5 : Case-Based Reasoning in Intelligent Training Systems, ITS'2000*, Montreal, 11-15.

Guin-Duclosson N. 1999. SYRCLAD : une architecture de résolveurs de problèmes permettant d'expliciter des connaissances de classification, reformulation et résolution. *Revue d'Intelligence Artificielle* 13(2) : 225-282.

Héraud, J.-M., et Mille, A. 2000. Pixed: vers le partage et la réutilisation d'expériences pour assister l'apprentissage. *TICE 2000*, Troyes, France, 237-244.

Holyoak K.J, and Thagard P. 1997. The Analogical Mind. *American Psychologist* 52(1) : 35-44.

Khan T.M. 2000. Case-Based Evaluation for Student Modelling. *Workshop 5 : Case-Based Reasoning in Intelligent Training Systems, ITS 2000*, Montreal, 16-22.

Kolodner J. 1993. *Case-Based Reasoning*, San Mateo, Morgan Kaufmann.

Leake D. 1996. CBR in Context : The Present and Future. Leake, D. (Ed.), *Case-Based Reasoning : Experiences, Lessons, and Future Directions*, AAAI Press / MIT Press, 1-30.

Masterton S. 1997. The Virtual Participant : Lessons to be Learned from a Case-Based Tutor's Assistant. *Computer Support for Collaborative Learning*, Toronto.

Minsky M. 1975. A Framework for Representing Knowledge. Winston, P.H. (Ed.), *The psychology of Computer Vision*, New York, McGraw-Hill, 211-279.

Nguyen Xuan A. 1990. Le raisonnement par analogie. Richard J.F., Bonnet, C. et Ghiglione, R. (Eds.), *Traité de psychologie cognitive 2 : le traitement de l'information symbolique*, Paris : Dunod, 145-157.

Py M. 1994. Un modèle conceptuel de raisonnement par analogie. *Revue d'Intelligence Artificielle* 8 : 63-99.

Porter B., Bareiss R., and Holte R. 1990. Concept Learning and heuristic classification in weak theory domains. *Artificial Intelligence* 45 (1-2) : 229-263.

Rechenmann F., Fontanille P., et Uvietta P. 1990. SHIRKA, système de gestion de bases de connaissances centrées-objet, manuel d'utilisation, INRIA Rhône-Alpes.

Rechenmann F., et Rousseau B. 1992. A development shell for knowledge-based systems in scientific computing. *Expert Systems for Numerical Computing.* Houstis, E.N., and Rice, J.R. (Eds.), Elsevier science Publishers, New-York, 157-173.

Schank R. 1982. *Dynamic Memory*, Cambridge University Press.

Schank R., and Edelson D. 1990. A Role for AI in Education : Using Technology to Reshape Education. *Journal of Artificial Intelligence in Education* 1(2) : 3-20.

Seifert C. 1989. Analogy and Case-Based Reasoning. *Workshop on Case-Based Reasoning (DARPA*), San Mateo, Morgan Kaufmann, 125-129.

Shiri A. M.E., Aimeur E., and Frasson C. 1998. SARA : A Cased-Based Student Modelling System. *Fourth European Workshop on Case-Based Reasoning*, Lecture Notes in Artificial Intelligence 1488, Dublin, 425-436.

Tourigny N., and Capus L. 2000. Towards Making Intelligent Training Systems Using Examples more Flexible and Reusable by Exploiting Case-Based Reasoning. *Workshop 5 : Case-Based Reasoning in Intelligent Training Systems, ITS 2000*, Montreal, 23-28.