



INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE PÉDAGOGIQUE

Technologies nouvelles et Éducation

Juin 1998

Aide, conseil et explication dans les logiciels éducatifs (code 40117)

Rapport de synthèse

Ce document présente une synthèse des travaux et des résultats de la recherche 40117 intitulée "Aide, conseil et explication dans les logiciels éducatifs". Ces travaux se sont déroulés entre septembre 1994 et juin 1998. Après un rappel de la problématique générale du projet, nous présentons les principales études et réalisations auxquelles il a donné lieu et nous terminons par des conclusions générales tirées de ce travail.

1. Le projet

Les logiciels éducatifs, des usages spécifiques

Du fait de leur conception ou plus simplement de l'usage qui en est fait, les logiciels éducatifs se distinguent des logiciels destinés à des usages professionnels. En effet, ils s'adressent à un public assez large, généralement peu expérimenté, qui cherche à acquérir ou à renforcer certaines connaissances au moyen d'activités variées. L'objectif visé par l'utilisation de ces logiciels n'est pas seulement de résoudre un problème ou de produire un résultat de qualité, mais aussi de mettre en pratique et d'approfondir un certain nombre de connaissances.

L'utilisateur de logiciels éducatifs, étudiant, élève, ou adulte en formation, est aussi un utilisateur particulier. En général, il n'a pas choisi lui-même la tâche qui lui a été proposée ; de surcroît, il découvre le logiciel en même temps qu'il cherche à accomplir cette tâche. Il se trouve ainsi confronté à une double difficulté : apprendre à maîtriser les fonctionnalités du logiciel et mettre en application ses connaissances.

La plupart des logiciels éducatifs sont utilisés dans des situations collectives en présence d'enseignants. C'est l'une des raisons pour lesquelles les concepteurs de ces logiciels se sont rarement attachés à y associer des aides qui tiennent compte des difficultés rencontrées par leurs utilisateurs. Placés devant la multiplicité des progressions des apprenants, et confrontés à des historiques d'actions parfois assez complexes, les enseignants eux-mêmes ne sont pas toujours en mesure de répondre aisément aux demandes des utilisateurs.

Les conceptions et les conditions particulières d'usage des logiciels éducatifs, ainsi que le développement d'environnements d'apprentissage qui supposent une plus grande autonomie de l'utilisateur incitent très fortement à se préoccuper des outils d'aide, de conseil et d'explication qui peuvent leur être associés.

Aide, assistance, guidage, conseil et explication

La terminologie associée à l'aide est assez imprécise. Le terme d'*aide* se rapporte généralement à l'aide en ligne disponible dans la plupart des logiciels, c'est-à-dire à une sorte de mode d'emploi du logiciel (interface, fonctions, procédures). Il peut également prendre un sens plus générique et regrouper un ensemble de termes plus vaste.

L'*assistance* à l'utilisateur comporte une prise en charge partielle de la tâche. Cette assistance est le plus souvent mise en œuvre par des agents qui effectuent une partie de la tâche ou qui guident très fortement l'utilisateur. Le *guidage* consiste à accompagner l'utilisateur dans l'accomplissement de la tâche, à commenter certaines de ces actions et à lui suggérer des actions susceptibles de progresser dans la tâche ou d'améliorer son efficacité. Ce qu'on a appelé *aide intelligente* relève souvent du guidage, mais possède comme caractéristique supplémentaire d'effectuer une analyse relativement élaborée de l'activité de l'utilisateur et de permettre une adaptation du contenu à ses besoins particuliers. Le *conseil* est analogue au guidage mais il ne propose pas nécessairement la meilleure marche à suivre ; il tient compte des imperfections de l'analyse et produit des informations plutôt méthodologiques. Enfin, l'*explication* a pour fonction de détailler et d'explicitier le fonctionnement ou le résultat d'une action ou d'un raisonnement.

Dans la suite de ce texte, nous emploierons le terme *aide* pour désigner toutes ces formes d'accompagnement de l'utilisateur dans la réalisation de la tâche.

Questions d'aide

L'analyse des logiciels éducatifs et des principales situations dans lesquelles ils sont employés conduit à de nombreuses questions portant à la fois sur les différentes formes d'aide possibles, sur la conception de ces aides et sur leurs usages effectifs. Parmi ces questions, nous avons retenu d'en étudier quelques-unes plus particulièrement :

- L'observation d'utilisateurs novices en situation d'apprentissage encadrée ou autonome permet de constater que les demandes d'aide complémentaires qu'ils manifestent sont fréquentes et révèlent des besoins importants. Quelle est la nature des demandes d'aide formulées ? À quelles difficultés se heurtent les utilisateurs de logiciels éducatifs ? Parmi celles-ci, quelles sont celles qui peuvent bénéficier d'une aide logicielle ?
- Pour une situation d'apprentissage donnée, une partie des difficultés des utilisateurs provient de la manière dont ils perçoivent la tâche et de l'adéquation entre les outils de l'interface et cette perception. Comment peut-on améliorer cette interface pour en réduire les défauts ?
- La majeure partie des aides existantes concernent les fonctionnalités du logiciel utilisé ou les connaissances du domaine étudié. Peut-on dégager des types d'aide généraux ? Quelles méthodes et quels outils peut-on proposer pour concevoir de telles aides ?
- Au delà d'une aide passive répondant à une requête explicite de l'utilisateur, dans quelles conditions faut-il introduire une aide active ? Sur quels critères prend-on l'initiative de proposer une aide ? En quoi consiste cette expertise d'intervention ? Jusqu'où peut-elle aller ? Comment exercer le contrôle et la régulation de ces interventions ?

Ces questions ont été abordées directement, ou indirectement pour certaines, à partir de situations d'apprentissage mettant en jeu des logiciels éducatifs de types différents, utilisés dans des domaines diversifiés et étudiés en adoptant une méthodologie commune.

Méthode

Nous avons choisi d'étudier les aides associées à quelques logiciels représentant des usages éducatifs caractéristiques. Les logiciels éducatifs que nous avons retenus relèvent de trois catégories : logiciels commerciaux de calcul formel, environnements d'apprentissage de résolution de problèmes, documents hypermédias.

Ces logiciels ont été employés dans des disciplines différentes. En mathématiques, les logiciels de calcul formel (DERIVE, MAPLE) ont été utilisés pour la résolution de problèmes centrés sur les suites numériques. En physique, le travail a porté sur l'intégration de grandeurs avec unités dans un logiciel de calcul formel (MAPLE) utilisé pour la résolution formelle de problèmes. En chimie, l'étude a été centrée sur un environnement d'apprentissage de la résolution de problèmes quantitatifs construits autour la réaction chimique (SCHNAPS). En lettres, le travail a été principalement orienté vers la recherche d'informations complexe dans une base hypermédia consacrée à la Grèce antique (EURISKO).

Pour chacune de ces situations, nous avons tout d'abord analysé les aides disponibles, puis recueilli et caractérisé les demandes des utilisateurs. À partir de ces demandes, nous avons étudié et défini des solutions adaptées. Suivant les cas, une ou plusieurs aides spécifiques ont été conçues et réalisées : aides à la tâche, aides sur les concepts, aides sur les méthodes, conseils, interventions pour apporter des informations. Dans la mesure du possible, des outils de production de ces aides ont été mis au point et les aides développées ont été intégrées au logiciel cible. Enfin, ces solutions ont le plus souvent été testées dans des conditions proches des situations d'apprentissage visées.

Les principaux travaux réalisés dans le cadre de ce projet sont rapportés dans les quatre sections qui suivent :

- Des aides à l'emploi des logiciels de calcul formel en mathématiques
- Une aide sur les concepts de la réaction chimique
- Une aide à la recherche d'informations dans les hypermédias.
- Un système qui prend l'initiative en résolution de problèmes en chimie

2. Des aides à l'emploi des logiciels de calcul formel en mathématiques

En Mathématiques, la question de l'aide a été étudiée dans le cadre de situations impliquant l'utilisation d'un logiciel de calcul formel. Les logiciels de ce type permettent de réaliser non seulement des calculs symboliques, mais aussi des calculs numériques et des représentations graphiques. Ils peuvent donc être utiles dans la résolution d'un grand nombre de problèmes. Ils n'ont cependant pas été conçus pour un usage éducatif et se révèlent souvent peu adaptés à un tel usage. De plus, leurs aides en lignes sont généralement très frustes et se limitent à la documentation des fonctions qu'ils proposent.

Notre travail a porté à la fois sur l'adaptation de ces aides en ligne à l'apprentissage des mathématiques et sur la conception de systèmes plus riches, intégrant non seulement une aide sur les fonctions du logiciel, mais aussi sur les concepts et sur les méthodes de résolution, dans un domaine particulier des mathématiques.

Aides en ligne générales

L'étude des possibilités d'utilisation pour l'apprentissage des mathématiques au niveau du lycée des aides en ligne de deux logiciels de calcul formel actuels, DERIVE et MAPLE, a montré plusieurs insuffisances auxquelles les aides en ligne que nous avons conçues tentent de répondre :

- Dans les systèmes classiques, l'accès à l'aide suppose souvent de connaître le nom de la fonction sur laquelle on souhaite obtenir de l'aide, ce qui demande une expérience minimale du logiciel et du domaine d'utilisation. Cette expérience fait généralement défaut dans un contexte éducatif. Il est donc souhaitable que l'accès à l'aide puisse être réalisé de façon thématique, recouvrant l'ensemble des notions utiles au niveau du lycée.
- Les logiciels actuels, du fait de leur principe de fonctionnement, fournissent parfois des réponses très surprenantes pour un élève de lycée. De plus, la représentation de certaines notions mathématiques y diffère sensiblement des notions enseignées. Ainsi dans DERIVE, la notion de fonction est assez mal représentée et on ne peut l'atteindre qu'en précisant un couple (*expression numérique, variable*). Il nous a donc semblé utile de signaler autant que possible ces problèmes dans les aides que nous avons réalisées.
- La gamme des fonctions nécessaires au niveau du lycée est beaucoup moins étendue que celle qui est disponible dans les logiciels actuels. L'efficacité de l'aide en ligne augmente sensiblement lorsqu'on la restreint aux fonctions réellement utiles. Elle pourrait même être adaptée plus finement en fonction du niveau d'enseignement.
- La description de chaque fonction doit être courte, précise, et systématiquement accompagnée d'exemples. Les élèves accèdent souvent directement aux exemples et infèrent à partir de ceux-ci la syntaxe générale de la fonction. Ils doivent être choisis avec le plus grand soin.

Munis de ces caractéristiques, nous avons conçu et réalisé deux aides en ligne qui se sont révélées beaucoup plus opérationnelles dans un contexte éducatif que les aides disponibles dans les logiciels actuels. Ces aides accroissent l'autonomie des élèves mais elles ne sont d'aucune utilité lorsque les difficultés sont liées aux concepts ou aux méthodes.

Pour étudier les aides correspondant à ce type de difficultés, un domaine particulier des mathématiques a été choisi, celui des suites numériques.

Aide à la résolution de problèmes dans le domaine des suites numériques

Le domaine de problèmes qui a plus particulièrement été étudié est celui des problèmes de relations entre suites. Dans ce domaine, qui pose généralement des difficultés importantes aux élèves, l'utilisation d'un logiciel de calcul formel semble bien adaptée, à la fois parce qu'elle encourage un travail au niveau des méthodes et parce qu'elle permet une meilleure articulation des différents registres graphique, numérique et symbolique.

Un environnement d'apprentissage, SUITES, basé sur le système de calcul formel MAPLE a été conçu pour aider à résoudre des problèmes de ce domaine. Cet environnement est destiné à être utilisé par des élèves de Première et de Terminale scientifiques sur une durée relativement courte, en travaux dirigés ou en autonomie. Il est constitué de quatre parties : un ensemble de fonctions, des aides de divers types, un diagnostic de l'activité de l'élève et un ensemble de règles permettant d'orienter l'élève vers une aide pertinente en fonction du diagnostic de son activité.

.1 Les fonctions de l'environnement SUITES

Les fonctions disponibles dans le système de calcul formel MAPLE pour résoudre les problèmes de relations entre suites conduisaient à des calculs inutilement complexes pour un élève de lycée. Plutôt que de concevoir des aides détaillées visant à surmonter ces difficultés, il nous a semblé préférable de concevoir, à l'aide du langage de programmation de MAPLE, des fonctions spécialisées.

Ces fonctions ont été définies à partir d'une analyse de la tâche de l'élève en situation de résolution de problème à la fois en environnement papier/crayon et en environnement

informatique. Elles se répartissent en plusieurs groupes : définition des suites, visualisation de leur comportement, calcul de termes et manipulation de relations. En prenant en charge les calculs, elles permettent aux élèves de se centrer sur la stratégie de résolution.

.2 Les aides proposées

SUITES propose quatre types d'aide :

1. une *aide sur les concepts*, tels que la monotonie ou la convergence d'une suite,
2. une *aide sur les fonctions*, comprenant les descriptions des fonctions spécialisées et des fonctions utiles de MAPLE,
3. une *aide sur les méthodes de base*, telles que : comment montrer qu'une suite est géométrique,
4. une *aide en résolution de problèmes*, permettant de progresser dans la résolution d'un problème donné. Le degré d'opérationnalité de cette aide est paramétrable, allant de l'énoncé de méthodes générales jusqu'à la description précise d'une solution sous la forme d'une suite de fonctions. Cette aide est fondée sur un petit résolveur de problèmes intégré à l'environnement SUITES.

L'expérimentation d'une première version du système comprenant les fonctions spécialisées et les aides décrites ci-dessus a montré la possibilité de proposer à l'élève une aide plus adaptée fondée sur un *diagnostic de l'activité* de l'élève. L'analyse des protocoles de cette expérimentation a conduit à distinguer trois types d'erreurs : des erreurs syntaxiques, des erreurs d'exécution et des erreurs stratégiques. Elle a également permis de définir des indicateurs de l'activité de l'élève tels que son avancement dans la résolution ou le nombre d'erreurs qu'il commet.

Sur la base de ce diagnostic, des *règles* permettant au système de choisir une aide adaptée ont été conçues. Elles tentent de formaliser l'aide que les experts (ici des enseignants de Terminale) souhaitent proposer aux élèves. Les aides générales sont privilégiées de manière à encourager une attitude active de l'élève face à l'obstacle qu'il rencontre.

.3 Evaluation de l'environnement en Première et Terminale

L'activité principale consistant à résoudre des problèmes, les élèves ont consulté en priorité l'aide sur les fonctions du logiciel, et plus particulièrement les exemples proposés. La description des fonctions n'étant pas toujours lue, nous avons été conduits dans certains cas à revoir les exemples pour éliminer les ambiguïtés.

Lorsque l'aide sur les fonctions est insuffisante, les élèves ont recours à l'aide sur les méthodes qu'ils jugent généralement très utile. Cette aide est particulièrement adaptée à l'utilisation d'un logiciel de calcul formel puisqu'elle correspond aux difficultés principales que rencontrent l'élève, les calculs étant à la charge du logiciel. Elle est difficile à mettre au point puisqu'elle doit à la fois permettre de débloquer l'élève sans pour autant le conduire trop rapidement à la solution.

L'aide sur les concepts a été consultée au-delà de nos espérances (beaucoup plus que les livres de cours aux dires des enseignants eux-mêmes) et a été jugée majoritairement utile par les élèves. Ce fait plaide pour une approche fondée sur la complémentarité des trois types d'aide proposées.

3. Une aide sur les concepts de la réaction chimique

En chimie, nous nous sommes principalement intéressés aux aides à la résolution de problèmes construits autour de la réaction chimique.

L'analyse des demandes d'aide formulées par les utilisateurs de l'environnement d'apprentissage SCHNAPS a été effectuée à partir de l'observation de l'interaction directe entre un enseignant et un élève qui résout des problèmes en utilisant une version de l'environnement dans laquelle aucun dispositif d'aide n'est fonctionnel. Elle a permis d'identifier quatre types de demandes : des demandes portant sur le *fonctionnement du logiciel*, des demandes portant sur des *faits ou des notions*, des demandes d'*explications*, des demandes d'*évaluation*, et des interrogations sur *ce que sait le système*.

L'*aide sur les concepts* que nous avons conçue est principalement destinée à répondre aux demandes du deuxième type, celles qui portent sur des *faits ou des notions*. La disponibilité d'une telle aide au cours des activités de résolution de problèmes de chimie est particulièrement importante dans la mesure où une grande partie des difficultés connues proviennent de la compréhension et de la maîtrise des concepts fondamentaux de ce domaine.

Principes de conception

Cette aide sur les concepts répond à deux objectifs complémentaires :

- le premier est un *rappel de connaissances* considérées comme connues,
- le second *étend ces connaissances* essentielles en apportant des détails et des précisions ou en apportant de nouvelles connaissances.

Par rapport à un hypertexte encyclopédique décrivant toutes les connaissances relatives à la réaction chimique, l'idée est de proposer une aide plus restreinte associée explicitement à des concepts identifiés. Dans cette perspective, chaque demande concernant un terme ou un concept apporte une information cohérente construite autour de ce terme ou concept.

Contenu de l'aide

Nous avons dans un premier temps dressé une liste de l'ensemble des concepts susceptibles d'intervenir dans les activités de résolution de problèmes quantitatifs centrés sur la réaction chimique. Pour élaborer cette liste, nous avons adopté un point de vue très large qui permet d'intégrer non seulement les concepts du domaine, au sens didactique du terme, mais également un ensemble d'*objets* ou d'*entités* susceptibles d'être manipulés au cours de l'analyse de l'énoncé, de la définition du problème ou de sa résolution. Nous avons complété cette première liste par le relevé des principaux termes employés dans les énoncés et les manuels à propos de la réaction chimique. Cela nous a conduits à une liste d'environ 180 concepts organisés en une structure hiérarchique.

La rédaction des contenus de cette aide laisse une large part à des éléments graphiques assurant différentes fonctions : illustration, renforcement ou explication. Ainsi, nous avons défini des graphiques génériques interactifs et paramétrables pour l'exploration des relations entre les grandeurs qui sont associées aux composés et au système dans lequel la réaction se produit.

Fonctionnement

L'utilisateur accède au contenu de l'aide de trois manières différentes et complémentaires :

- la hiérarchie des concepts qui peut être développée branche par branche,
- la liste alphabétique des termes décrivant les concepts,
- l'index des mots apparaissant dans ces termes.

Quand l'utilisateur a choisi un concept, le système d'aide lui présente le texte de référence décrivant ce concept et des compléments qui lui sont associés en respectant quelques règles simples. Ces compléments apportent soit des explications plus détaillées, soit des informations reliant le concept en question à d'autres concepts. L'association des compléments

à un concept se fait en fonction du profil de l'élève, des demandes précédentes, et des concepts sur lesquels il faut insister. Ces choix peuvent être soit déterminés par l'analyse de l'activité de l'élève, soit paramétrés par l'enseignant.

Discussion

Cette aide a fait l'objet d'une évaluation limitée à une courte période d'usage avec une classe de Première ; les premiers résultats en sont positifs mais demandent à être vérifiés par une évaluation plus étendue.

L'organisation de ce type d'aide repose sur la définition et le choix des concepts, question principalement didactique, mais aussi terminologique puisqu'elle revient, à privilégier certains termes pour les exposer à l'étudiant. Sa conception qui s'appuie sur une génération de la réponse à partir de composants élémentaires facilite grandement une rédaction et une adaptation des contenus par des enseignants. Elle est facilement généralisable à d'autres domaines.

4. Une aide à la recherche d'informations dans les hypermédias

Partant des difficultés constatées chez de nombreux utilisateurs de documents hypermédias, nous avons choisi ici d'orienter notre travail sur la recherche d'informations complexe dans ce type de documents.

Le modèle cognitif de référence

Les options méthodologiques que nous avons prises (caractéristiques du prototype, choix des questions, consignes passées aux élèves) ainsi que l'évaluation des résultats font référence au modèle cognitif proposé par J.-F. Rouet et A. Tricot ¹. Ce modèle décrit les différentes phases d'une recherche d'informations dans un environnement documentaire complexe : - 1. l'évaluation de la tâche (but à atteindre et moyens d'y parvenir) - 2. la sélection des catégories d'information supposées pertinentes - 3. le traitement des informations trouvées.

Les travaux effectués

La première étape du travail a consisté à analyser l'adéquation des systèmes d'aide les plus couramment disponibles dans les bases d'informations de type hypermédia aux besoins réels des élèves utilisateurs. À partir de cette analyse critique, nous avons étudié les solutions existantes les plus intéressantes et élaborés des outils nouveaux qui ont été intégrés à un prototype.

L'étape principale du travail s'est déroulée sous forme de trois *études complémentaires* au cours desquelles nous avons demandé à des élèves de Troisième et de Première de *répondre à plusieurs questions complexes* en utilisant les informations contenues dans une base documentaire hypermédia relativement volumineuse. Il s'agit de la base EURISKO qui traite de la Grèce ancienne.

Sont considérées comme complexes, les questions dont la réponse n'est pas exprimée de façon explicite dans la base mais demande à être construite progressivement à partir des connaissances personnelles de l'élève auxquelles s'ajoutent les différentes informations élémentaires trouvées en explorant la base de façon méthodique et approfondie. Les questions posées - "*Comparaison de la vie à Sparte et à Athènes*", "*Images et place de la femme en*

¹ ROUET, J.-F. & TRICOT, A., "Chercher de l'information dans un hypertexte : vers un modèle des processus cognitifs", in *Les hypermédias : approches cognitives et ergonomiques*, Tricot A. & Rouet J.-F. (eds), *Hypertexte et hypermédias*, Hermès, 1998, 57-74.

Grèce" ou "Importance du corps dans la civilisation grecque" - abordent des thèmes larges et transversaux qui ne sont pas traités en tant que tels dans la base.

Dans la première étude, les élèves n'ont pas reçu de consignes particulières ; ils ont développé leurs stratégies de recherche et récolté leurs informations comme ils l'entendaient.

Au cours des deux études suivantes, les élèves ont utilisé un prototype construit à partir de la base EURISKO. Dans ce prototype, l'interface de navigation a été profondément modifiée et plusieurs outils de recherche, de sélection et de notation ont été ajoutés. Deux types de consignes ont été données aux élèves : d'une part noter au préalable les informations pertinentes de la question à traiter (pour certaines questions nous leur avons même demandé d'élaborer un plan initial de la réponse), d'autre part noter les informations trouvées dans la base en les répartissant sur des supports papier distincts (étude 2) ou dans des blocs-notes locaux intégrés au logiciel (étude 3) puis restructurer ces notes dans un plan final organisé en sections hiérarchisées identifiées par des titres et des sous-titres.

Les outils : base originale et prototype

Dans sa version d'origine, la base EURISKO compte environ cinq cents pages. Elle est équipée d'outils de navigation courants : une *table des matières* organisée selon le mode hiérarchique habituel (chapitres, sous-chapitres, pages), un *index général*, un *glossaire*, un *atlas* et un *historique*. Dans chaque page, des *liens syntaxiques* (page suivante, précédente, retour) permettent de circuler de façon linéaire à l'intérieur des chapitres et des *liens sémantiques* (renvois à des pages associées) permettent d'accéder directement aux différentes pages ayant un rapport de sens entre elles.

Le prototype que nous avons développé présente le même contenu mais comporte plusieurs types d'outils nouveaux ou améliorés par rapport la base originale :

– des outils de recherche

La *table des matières* permet de dérouler la liste complète de toutes les pages de la base. L'*index* des mots clés fonctionne en interaction avec la table des matières. À l'appel d'un mot clé, les titres de pages correspondant à ce mot clé se colorent dans la table des matières et leur position hiérarchique peut alors être aisément repérée. Un dispositif de *recherche automatique* renvoie la liste des pages contenant le mot ou l'expression demandé par l'utilisateur.

– un outil de sélection

L'utilisateur insère dans une réserve spécifique tous les titres de page qui l'intéressent. Cette liste, accessible en tout point de la base, a deux fonctions : naviguer rapidement d'une page sélectionnée à l'autre, planifier la recherche en créant si besoin des catégories dans la sélection.

– des outils de navigation

Dans chaque page de la base, les dispositifs de navigation sont visibles et peuvent être actionnés sans qu'il soit besoin de quitter la page affichée.

– des outils de prise de notes

D'abord simulés par des supports papier indépendants (POST-IT), deux types de blocs-notes sont accessibles en tout point de la base : un bloc-notes local permettant d'insérer au niveau de chaque page des extraits de texte et des commentaires personnels (information brute) et un bloc-notes général où peuvent être reportées, traitées et restructurées tout ou partie des notes prises localement (informations élaborée).

Tous ces outils ont été développés sous TOOLBOOK, après avoir converti la base d'origine en une base de pages indépendantes.

Les principaux résultats

.1 L'évaluation de la tâche (construction du but et des stratégies)

Etude 1 : sans consignes particulières, les élèves ne consacrent qu'un temps limité à l'évaluation de la tâche. L'analyse des énoncés reste sommaire et les critères de recherche sont établis à partir d'un petit nombre d'indices repérés spontanément. La base est alors explorée partiellement et superficiellement, souvent de façon aléatoire.

Etudes 2 et 3 : noter au préalable les informations pertinentes a une influence très marquée sur la recherche et la sélection des catégories d'informations, et sur l'élaboration du plan final. Plus un élève consacre de temps à l'évaluation de sa tâche, plus les critères de recherche qu'il produit sont nombreux et plus l'exploration de la base est méthodique. On remarque toutefois que plus le but est précis en début de recherche, moins ce but est capable d'évoluer par la suite. Il est arrivé plusieurs fois que des informations pertinentes mais non prévues dans les notes initiales ne soient pas prises en compte.

D'une manière générale, nos observations confirment l'intérêt de donner des consignes méthodologiques aux élèves avant qu'ils se livrent à la recherche d'informations. Leurs notes préalables indiquent qu'ils ont recensé des catégories à explorer à partir d'indices trouvés dans les énoncés des questions ou en faisant appel à leurs connaissances antérieures. En revanche, ils ont rarement cherché à étendre le nombre de ces indices.

Il paraît nécessaire d'améliorer encore le système de prise de notes. Les élèves doivent pouvoir à la fois conserver des informations en mémoire, en modifier l'organisation et faire évoluer leur planification au cours de la session.

.2 La recherche et la sélection de catégories d'information

Certaines difficultés constatées au cours de la première étude (désorientation, recherches infructueuses ou fastidieuses) dues essentiellement aux caractéristiques ergonomiques de l'interface disparaissent avec l'utilisation du prototype.

La table des matières et l'index sont les outils préférés des élèves. On remarque toutefois que certains outils comme les renvois sémantiques, généralement ignorés au cours des premières sessions, sont un peu plus utilisés à mesure que les élèves se familiarisent avec la base.

La longueur des listes de pages à explorer renvoyées par le dispositif de recherche automatique a impressionné les élèves qui n'ont utilisé ces listes que très partiellement, par crainte de surcharger leur sélection.

Les études 2 et 3 confirment l'efficacité d'un outil de sélection dans lequel des titres de pages peuvent être mis en réserve et éventuellement catégorisés. Nous en tirons les remarques suivantes :

- l'outil de sélection doit être intégré à un espace de travail unique mis en permanence à la disposition de l'élève.
- l'organisation des pages sélectionnées correspond à différentes étapes du travail et doit pouvoir se modifier en cours de consultation : planifier les pages à consulter, distinguer les pages à consulter des pages déjà consultées, structurer les pages déjà consultées.

.3 L'extraction et le traitement des informations

Dans plusieurs cas, une restructuration effective des informations récoltées est constatée. Le découpage du plan final est différent de celui de la base même s'il en reproduit certaines

catégories. On peut attribuer ce résultat au système de notation proposé qui utilise des supports distincts (papier ou blocs-notes locaux).

Malgré les consignes données, la fragmentation des informations issues d'une même page reste faible et les élèves ne parviennent pas vraiment à détacher l'information élémentaire de la catégorie d'où elle a été extraite. La possibilité de copier automatiquement des extraits de textes dans des blocs-notes locaux puis d'en transférer tout ou partie dans un bloc-notes général n'apporte pas de changement notable.

Recherche automatique et prise de notes

La modification de l'ergonomie du système a entraîné une meilleure connaissance de l'environnement et une meilleure utilisation des outils de recherche et de navigation.

Le système de prise de notes différencié mis à la disposition des élèves à toutes les étapes de la recherche d'information (évaluation, sélection et traitement) a joué un rôle important dans la gestion de la recherche et en particulier dans sa planification. Quelques constats peuvent en être tirés :

- La prise de notes donne des repères aux élèves et libère leur mémoire de travail, mais en même temps risque de freiner le processus de planification.
- L'espace de travail mis à la disposition des élèves doit être unique et réorganisable en permanence. Il a pour fonction de mettre en relation trois types de notes : une planification préalable de la recherche, une sélection de pages explorées ou à explorer, et une sélection des informations récoltées dans ces pages.
- Certains aspects du processus de prise de notes ne sont ni spontanés ni habituels. Ils demandent des consignes précises et un entraînement préalable, notamment des exercices d'extension sémantique autour des thèmes suggérés par la question, des exercices de fragmentation des informations recueillies et de restructuration de celles-ci.
- L'installation d'un système de prise de notes dans un environnement hypermédia pose de réels problèmes ergonomiques, le nombre important de fenêtres à manipuler risquant de provoquer une surcharge cognitive et des confusions.

Ainsi, en utilisant les outils que nous avons développés, les élèves ont la possibilité de construire un système hypermédia personnalisé relié à l'environnement qu'ils explorent. Ils placent eux-mêmes des ancres sur les documents qui les intéressent et modifient l'organisation de ces ancres en fonction de l'évolution de leur projet ².

5. Un système qui prend l'initiative en résolution de problèmes en chimie

Bien que les interventions d'un système d'aide puissent venir perturber le travail de l'élève, la généralisation des situations d'apprentissage où l'utilisateur ne dispose pas de l'assistance directe d'un tuteur incite cependant à étudier de telles interventions.

En effet, nous avons pu constater au cours des multiples évaluations de l'environnement SCHNAPS que les élèves se trouvent parfois surpris des résultats de leurs actions, et partant, désemparés quant à la poursuite immédiate de leur travail. Ces initiatives du système d'aide peuvent être considérées comme l'équivalent des interventions qui apparaissent spontanément

² NANARD, J. & NANARD, M. "Conception d'hypermédia et cognition : faut-il se préoccuper de l'utilisateur ou du concepteur ?" in *Les hypermédiats : approches cognitives et ergonomiques*, Tricot A. & Rouet J.-F. (eds), *Hypertexte et hypermédiats*, Hermès, 1998, 15-34.

dans les situations de tutorat sans pour autant répondre à une demande d'aide explicite de l'apprenant.

Analyse de l'activité de l'élève

Les initiatives du système d'aide dépendent étroitement des capacités d'analyse de l'activité de l'utilisateur. Ces analyses sont le plus souvent très incomplètes ; les plus complètes suivent à la trace l'activité du sujet comme dans le *model-tracing* qui impose d'explicitier toutes les étapes de la résolution dans un ordre prédéfini. Des techniques de diagnostic moins précises mais moins perturbantes peuvent cependant fournir des résultats suffisamment précis pour permettre des initiatives destinées à aider l'utilisateur. C'est un diagnostic de cette nature qui est incorporé à l'environnement SCHNAPS.

Ce diagnostic consiste essentiellement à analyser les expressions algébriques que l'élève a écrites pour y reconnaître les relations entre grandeurs qui y sont appliquées. Pour chaque expression, il indique quelles sont les grandeurs représentées dans les opérandes présents et quelles hypothèses on peut proposer sur la formule appliquée par l'élève.

Interventions du système d'aide

Les différentes interventions du système d'aide associées à SCHNAPS sont implantées dans des modules indépendants qui jouent chacun un rôle particulier. Ces modules rassemblent au sein d'une même entité tout ce qui concourt à un type d'aide ou d'intervention précis :

- les *interventions pour préciser la rédaction* sont destinées à affiner le résultat du diagnostic tout en signalant à l'élève les ambiguïtés flagrantes de sa rédaction.
- les *interventions sur les concepts* sont destinées à rappeler les connaissances sur les notions qui sont associées à des difficultés mises en évidence par le diagnostic.
- les *conseils de rédaction* ont pour but d'améliorer la manière dont l'élève utilise les outils qui sont mis à sa disposition et portent essentiellement sur le style de la rédaction.
- les *interventions générales* sont destinées à anticiper des questions que se pose l'élève sur le système lui-même et sur son comportement.

Concernant plus particulièrement les *interventions destinées à préciser la rédaction*, nous avons constaté que dans les nombreux cas où le diagnostic ne pouvait être effectué avec une confiance suffisante dans son résultat, les imprécisions concernant l'action effectuée par l'élève reflétaient souvent une incertitude quant à son intention. Le fait de poser une question sur cette imprécision permet à l'élève de prendre conscience du caractère ambigu de son action et de soulever ou de rappeler des aspects qu'il avait négligés.

Contrôle des interventions

Au sein d'un même module, les interventions possibles sont déterminées par des *règles* qui s'appuient sur les résultats du diagnostic (type de l'expression, hypothèses sur les opérandes, hypothèses sur les formules, formules justes ou erronées) et sur une analyse globale de l'usage des différents outils depuis le début de la session. Parmi ces interventions possibles, le choix de la meilleure intervention est déterminé d'après une valeur d'intérêt du message, attribuée a priori lors de sa rédaction.

Suivant sa nature, une intervention peut être émise une ou plusieurs fois au cours de la même session. L'activation d'un module suppose de prendre en considération de nombreux paramètres liés au déroulement du travail de l'élève. Dans un premier temps, nous avons choisi de ne retenir que deux éléments prépondérants, le *degré d'intervention* et la *phase pédagogique*, auxquels s'ajoutent l'historique de l'aide, c'est-à-dire la nature des interventions précédentes et la durée entre ces interventions.

Le *degré d'intervention*, fixé par l'enseignant, permet de déterminer la fréquence des interventions par rapport aux actions effectuées par l'élève. La *phase pédagogique* permet de privilégier un ou plusieurs types d'intervention par rapport aux autres. Nous avons identifié et utilisé quatre *phases pédagogiques* au cours de la résolution d'un problème : une *phase de définition*, une *phase d'exploration*, une *phase de résolution*, et une *phase de bilan*. Le passage d'une phase à la suivante est déterminé d'après le type des actions effectuées, leur nombre, les attributs des formules reconnues, et le temps écoulé depuis le début de la session.

Evaluation des interventions

Les réactions des utilisateurs ont été observées sur un petit nombre d'élèves en situation d'utilisation contrôlée : résolution en présence d'un enseignant pour recueillir les commentaires et apporter un complément si nécessaire.

Les élèves ne semblent pas surpris par les interventions du système qui n'apparaissent jamais en décalage avec la situation. En ce sens, on peut dire qu'elles sont relativement adaptées, même si elles ne sont pas analogues aux interventions d'un tuteur humain. Certains messages semblent aller de soi (l'interprétation faite par le système correspond à ce que l'élève avait l'intention de faire) tandis que d'autres suscitent des réactions amusées (quand l'interprétation va un peu au delà de l'intention immédiate).

En revanche, les utilisateurs survolent les messages plus qu'ils ne les lisent avec attention, cherchant par là à ne pas être perturbés dans leur travail. Cette difficulté, voire cette réticence à la lecture, mériterait un traitement particulier. Afin de marquer la différence entre l'activité principale (trouver la solution) et les initiatives du système d'aide qui n'ont pas toujours un apport significatif pour la résolution, il pourrait être intéressant d'essayer une autre modalité, comme la transmission orale de ces messages, par analogie avec les situations de tutorat habituelles.

6. Conclusions et perspectives

Au delà de la diversité des situations d'apprentissage et des domaines étudiés, de nombreux points communs sont apparus lors de l'analyse, de la conception et de la réalisation des aides correspondantes.

Une aide fondée sur une analyse de la tâche

Dans chacune des situations étudiées, l'aide a tout d'abord été conçue pour faciliter la tâche principale de l'utilisateur : résolution d'exercice ou de problème, recherche d'information. Les techniques d'analyse de la tâche ont permis d'identifier les nombreuses méthodes employées par les apprenants et de leur proposer des outils ou des aides qui s'en inspirent.

Ainsi, les résultats fournis par ces analyses ont été mis à profit pour proposer des outils adaptés : fonctions destinées à l'étude des suites numériques avec un logiciel de calcul formel, outils de contrôle de la dimension d'une grandeur en physique, ensemble d'outils de recherche, de sélection et de notation pour la recherche d'information dans les bases hypermédias.

Il est souhaitable qu'une analyse de la tâche accompagne systématiquement la conception d'un logiciel éducatif. Cette analyse peut intervenir initialement pour connaître les principales procédures et techniques des apprenants lorsqu'ils emploient des moyens traditionnels ; elle est aussi indispensable lorsque les outils proposés par le logiciel modifient sensiblement ces procédures et ces techniques.

Des aides spécifiques

L'analyse des demandes d'aide qui ont été recueillies dans des conditions proches des usages prévus a permis de mieux cerner les différents types de difficultés rencontrées par les

utilisateurs, difficultés concernant la tâche, les outils, les procédures, la manière de travailler, l'objectif visé, le contrat didactique, les connaissances de référence, les connaissances du système.

Dans la pratique, seule une faible partie de ces demandes est prise en compte par les dispositifs d'aide habituels. Une réponse à ces demandes passe par la conception d'aides spécifiques de chacun des besoins exprimés. Parmi celles-ci, trois grandes catégories se dessinent :

- une aide relative aux *caractéristiques et aux fonctions du logiciel*, structurée en fonction des types d'usages les plus fréquents,
- une aide relative aux *procédures et aux méthodes de résolution*, adaptée aux outils que le logiciel propose à l'apprenant,
- une aide relative aux *concepts* mis en jeu et reposant sur une structuration des contenus de référence de l'activité proposée.

Il est souvent possible d'adopter une structuration générale pour chacune de ces différentes aides, la rédaction de leur contenu restant cependant très dépendante du logiciel et des activités proposées à l'utilisateur. Nous proposons une telle structuration pour les aides sur les concepts ainsi que les outils de production correspondants.

Une expertise d'aide à développer

Il n'existe pas à proprement parler de théorie de l'aide ; la construction du contenu de celle-ci et la détermination des conditions dans lesquelles elle doit être apportée, relevant de ce que l'on peut appeler une expertise pédagogique spécialisée.

Cette expertise suppose des observations portant sur des usages extensifs des logiciels visés et une analyse détaillée des actions des élèves, qui peut s'avérer relativement complexe à formuler. S'il semble difficile de demander à un enseignant non spécialiste de rédiger cette expertise, il apparaît nécessaire de fournir aux enseignants utilisateurs ou prescripteurs, des facilités de paramétrage qui autorisent une prise en compte de leurs objectifs ou de leurs contraintes. Des possibilités de paramétrage ont été introduites dans les outils que nous proposons. Cependant, une analyse plus approfondie des souhaits des enseignants, aboutissant à un paramétrage à la fois plus élaboré et plus cohérent, reste à faire.

L'intégration de l'aide comme composant du logiciel utilisé

L'aide nécessaire dépend fortement des caractéristiques du logiciel auquel elle est associée. Lorsque cela est possible, il est donc souhaitable de concevoir simultanément le logiciel et l'aide associée, et de chercher à améliorer le premier pour réduire l'usage de la seconde.

De ce point de vue, les logiciels génériques, à base de composants ou de fonctions, sont plus adaptés à l'adjonction d'une aide. Ainsi, malgré certaines limitations, il a été possible de rajouter un ensemble cohérent de fonctions au logiciel MAPLE pour traiter les suites ou les grandeurs physiques et développer les aides associées. En revanche, il nous a fallu extraire et restructurer les pages et les textes de la base EURISKO (sans en altérer le contenu) pour pouvoir y ajouter des outils de navigation et d'annotation souhaités. Les possibilités d'extension, voire de réarrangement d'un logiciel sont certainement des atouts importants pour leur diffusion et leur utilisation dans des situations d'apprentissage différentes.

Une aide active

L'accès aux aides est en général laissé à l'initiative de l'élève de manière à perturber le moins possible la réalisation de la tâche principale. Cependant, afin de prévenir des situations de blocage, des initiatives du système destinées à progresser dans la tâche peuvent se concevoir en fonction de la capacité d'analyse de l'activité de l'élève.

En résolution de problèmes avec un logiciel de calcul formel, la conception d'outils de résolution adaptés au logiciel cible et aux démarches habituelles a permis non seulement de faire une analyse précise de l'activité mais aussi de fournir des aides appropriées et de contenu réglable. En résolution de problèmes avec un environnement d'apprentissage ouvert en chimie, nous avons montré que même une analyse incomplète permettait de commenter les actions de l'utilisateur de manière judicieuse, de proposer une aide appropriée parmi celles qui sont disponibles, et de suggérer un style ou une méthode de travail plus efficaces. Ces adaptations du contenu de l'aide et ces interventions à l'initiative du système d'aide sont réalisés sous formes de modules experts, spécialisés dans une fonction d'aide ou de conseil bien définie. Ce type de conception d'aides spécifiques paraît généralisable à de nombreuses situations d'aide.

Elles pourraient être complétées par un dispositif d'assistance qui facilite l'intervention d'autres partenaires au cours de l'apprentissage : enseignant, tuteur ou autres apprenants. Cette orientation qui consiste à prendre en compte explicitement les interventions d'autres agents dans le déroulement de l'apprentissage a été jusqu'à présent assez peu exploitée. Ces dispositifs ouvriraient la voie à une organisation de l'apprentissage qui incorpore des formes de travail collaboratif.

L'évaluation des prototypes et la réutilisation des composants de l'aide

Les premières évaluations que nous avons conduites montrent que les nouvelles possibilités d'aides offertes aux utilisateurs ont été effectivement utiles et utilisées. Même si les aides portant sur les procédures et les méthodes sont les plus recherchées car elles permettent la progression la plus rapide dans la tâche en cours, les aides sur les concepts sont assez bien consultées. Une étude plus approfondie et plus longue serait cependant nécessaire afin de mieux identifier les types d'usages qui en découlent et de déterminer quels en sont les effets à plus long terme sur les apprentissages.

Dans l'ensemble des aides que nous avons développées, plusieurs sont directement réutilisables dans d'autres situations d'apprentissage ; c'est le cas en particulier des aides conceptuelles en mathématiques et en chimie. Mais ce sont surtout les outils de travail destinés à l'apprenant (comme en recherche d'information) et les outils de production d'aides destinés aux auteurs (comme pour l'aide conceptuelle) qui offrent le plus grand éventail d'usages potentiels. Les versions prototypes de ces outils peuvent d'ores et déjà être mises à la disposition d'enseignants expérimentés. Une amélioration de ces outils, portant principalement sur leur fiabilité et leur ergonomie, reste cependant nécessaire pour en faciliter la diffusion. Une réécriture destinée à les rendre compatibles avec une diffusion de l'aide sur le réseau Internet a d'ailleurs été initiée.

7. Publications et communications

Publications et communications avec actes

- BEAUFILS, A., Appropriation de réseaux de navigation hypermédias par des élèves de collège. Résultats d'une expérimentation et perspectives, in *Hypermédias et apprentissages 3*. Actes des troisièmes journées scientifiques, Bruillard E., Baldner J.-M., Baron, G.-L. (éds.), INRP/EPI, 1996, pp. 225-236.
- BEAUFILS, A., Aide à l'exploitation de bases hypermédias, in *Les hypermédias : approches cognitives et ergonomiques*, Tricot A. & Rouet J.-F. (eds), *Hypertexte et hypermédias*, Hermès, 1998, 191-209.
- BEAUFILS, A., Aide à la recherche d'informations dans les environnements hypermédias, in *Hypermédias et apprentissages 4*, INRP, 1998, (à paraître).

- BLONDEL F.M., SCHWOB M., TARIZZO M., Diagnostic des actions de l'élève en vue d'une interaction dans un environnement ouvert en chimie, in *Environnements Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateur*, Guin D., Nicaud, J-F. Py D. (eds), Eyrolles, 1995, pp. 149-160.
- BLONDEL F.M., *Diagnostic et aide en EIAO, Etude d'un environnement d'aide à la résolution de problèmes en chimie*, thèse de l'Université Henri Poincaré - Nancy I, juillet 1996, 269 p.
- BLONDEL F.M., SCHWOB M., Aide en EIAO. Application à un environnement d'apprentissage en chimie, in *EIAO'97, Environnements Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateur*, Baron M., Mendelsohn P., Nicaud J-F. (coord.), Hermès, Paris, 1997, pp. 147-158.
- BLONDEL, François-Marie, SCHWOB, Monique, TARIZZO, Martial (1997).- Diagnostic et aide dans un environnement d'apprentissage ouvert : Un exemple en chimie, SCHNAPS.- *Sciences et Techniques Educatives*, vol 4, n° 4, pp. 377-412.
- BLONDEL F.M. (1998).- A conceptual help to facilitate chemistry learning, *Proceedings of 4th Int. Conf. On Computer Aided Learning and Instruction In Science and Engineering*, ALVEGARD C. (Ed), Chalmers University, Göteborg, 15-17 juin 1998, pp. 295-304.
- GÉLIS J.M., LENNE D. (1997).- Conception de fonctions spécialisées dans un système de calcul formel : l'exemple des suites en Terminale S sous MAPLE, *Bulletin de l'EPI*, septembre 1997
- LE GOFF, Serge (1997).- Applications du calcul formel à l'analyse dimensionnelle, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n°799, décembre 97, p. 2079-2096.
- LENNE D., Gélis J.M. (1998).- Integration of Learning Capabilities into a CAS: the SUITES Environment Example, *Proceedings of 4th Int. Conf. On Computer Aided Learning and Instruction In Science and Engineering*, ALVEGARD C. (Ed), Chalmers University, Göteborg, 15-17 juin 1998.
- LENNE D. (1995).- *Le dialogue en EIAO. Etude à partir de DISCO, un système de conseil en Statistique*. Thèse de doctorat de l'université du Maine, nov. 1995.
- SCHWOB M., BLONDEL F.M., Questions posées par la conception et la réalisation d'un environnement d'aide à la résolution de problèmes en chimie, *Didaskalia*, n°8, 1996, pp.115-141.
- SCHWOB, Monique, BLONDEL, François-Marie, MAX, Pierrette, RINGARD, Annie (1998).- Une aide centrée sur les concepts pour faciliter l'apprentissage de la réaction chimique, in *Actes des Huitièmes Journées Informatique et Pédagogie des Sciences Physiques*, BLONDEL & SCHWOB (eds), INRP-UDP, Montpellier, pp. 157-162.
- Communications**
- BEAUFILS, A., Hypermédias et apprentissages, nouvelles activités pédagogiques, *Journée d'étude Hypertextes et apprentissages à l'école, les enfants auteurs et lecteurs de CD-ROM*, Observatoire des Lectures hypermédias, BPI, Centre Georges Pompidou, Paris, 14 février 1996.
- BEAUFILS, A., Situations d'apprentissage et dispositifs d'aide à l'exploitation pédagogique des bases hypermédias, *3ème Biennale de l'Education et de la Formation*, Paris, 18-21 avril 1996.
- BEAUFILS, A., Hypermédias et nouveaux apprentissages, *4e Congrès des documentalistes des lycées et collèges*, FADBEN, Rouen, 16-18 mai 1996.
- BEAUFILS, A., Dispositifs d'aide au stockage et à la restructuration d'informations", *3e Journées d'études sur le Traitement cognitif des systèmes d'information complexes*, LACO (Université de Poitiers), LTC (Université de Toulouse II), 6 juin 1997.

BLONDEL F.M., SCHWOB M., TARIZZO M., Interface Design and Diagnosis of Student Actions in an Open Environment in Chemistry, *World Conference on Computers and Education WCCE'95*, Birmingham, juillet 1995.

BLONDEL F.M., Quelles aides pour l'élève dans un environnement interactif d'apprentissage par ordinateur ouvert ? Discussion à partir d'un exemple en chimie, *3ème Biennale de l'Education et de la Formation*, Paris, 18-21 avril 1996.

BLONDEL F.M., SCHWOB M., TARIZZO M., Un environnement d'apprentissage qui aide à résoudre des problèmes : SCHNAPS, Démonstration aux *8èmes MIEC, Méthodes Informatiques dans l'Enseignement de la Chimie*, Université de Nantes, 26-28 mars 1997.

GÉLIS J.M., LENNE D., SUITES : a Learning Environment Based on a Computer Algebra System, *1st Conference of ERME, European society for Research in Mathematics Education*, Osnabrueck, 27-31 août 1998.

LENNE D., Les outils de calcul formel : quelle aide pour les élèves ?, *3ème Biennale de l'Education et de la Formation*, Paris, 18-21 avril 1996.

SCHWOB M., BLONDEL F.M., Analyse des interactions entre élèves et enseignants pour élaborer une aide à l'apprentissage, *Communication aux 8èmes MIEC, Méthodes Informatiques dans l'Enseignement de la Chimie*, Université de Nantes, 26-28 mars 1997.

Prototypes développés

AIDES EN LIGNE POUR Maple, Derive (Enjalbert, Hamon, Lenne)

Deux modules développés avec le générateur d'aide de WINDOWS offrent un ensemble d'aides adaptées à l'utilisation de MAPLE et de DERIVE en mathématiques pour les classes de Première et de Terminale scientifiques.

Suites (Gélis, Lenne)

Cet environnement d'apprentissage sur les suites numériques fonctionne au dessus du logiciel MAPLE. Il comprend un résolveur, un module de diagnostic et quatre types d'aides, sur les concepts, les fonctions, les méthodes et la résolution.

AIDE CONCEPTUELLE SUR LA RÉACTION CHIMIQUE (Blondel, Schwob)

Cet ensemble comprend une base interactive de textes et de graphiques sur 180 concepts associés à la réaction chimique et les outils permettant de modifier cette base et de produire de nouvelles bases pour d'autres domaines. Les textes sont rédigés avec WORD et les graphiques avec TOOLBOOK. Cette aide peut être appelée comme une application autonome ou contrôlée depuis une autre application.

SYSTÈME D'AIDE DE Schnaps (Blondel, Tarizzo, Schwob)

Ce système intégré à l'environnement SCHNAPS comprend quatre modules d'intervention et un module de contrôle. Le noyau du système est développé en LISP ; l'interface utilisateur fonctionne sous TOOLBOOK. Ce système complète la version de SCHNAPS pour en permettre un usage autonome.

Eurisko2 (Beaufils, bertin)

Ce prototype développé en TOOLBOOK contient tous les outils de recherche, de sélection, de navigation et de prise de notes nécessaires à une recherche d'informations complexe dans un hypermédia structuré en pages. Une version intégrant toutes les pages documentaires de la base EURISKO originale a été développée.

Libdim (Le Goff)

Cette bibliothèque de fonctions écrites en Maple permet de définir des grandeurs physiques avec leurs unités et de contrôler l'homogénéité dimensionnelle de toute formule impliquant ces grandeurs. Elle est destinée à l'enseignement de physique en lycée et en premier cycle universitaire.

8. Equipe de recherche

INRP : Alain BEAUFILS, François-Marie BLONDEL, Dominique LENNE

Enseignants associés à mi-temps : Jean-Michel GÉLIS et Monique SCHWOB,

Autres enseignants associés : Didier BERTIN, Michel ENJALBERT, Hervé HAMON, Jacques JULIEN, Serge LE GOFF, Pierrette MAX, Annie RINGARD, Martial TARIZZO.