

UNE AIDE CENTRÉE SUR LES CONCEPTS POUR FACILITER L'APPRENTISSAGE DE LA RÉACTION CHIMIQUE

Monique SCHWOB, François-Marie BLONDEL, Pierrette MAX, Annie RINGARD

Institut National de Recherche Pédagogique

Département Technologies Nouvelles

91 rue Gabriel Péri 92120 Montrouge

schwob@wanadoo.fr, blondel@inrp.fr, p.max@ac-nancy-metz.fr

Le projet d'environnement interactif d'apprentissage sur lequel nous travaillons a pour objectif d'étudier les outils logiciels susceptibles d'aider les élèves dans les activités de résolution de problèmes de chimie. A partir d'un premier prototype expérimenté par de nombreux élèves, nous avons développé des fonctions de diagnostic des activités de l'élève. Une nouvelle expérimentation centrée sur l'analyse des interactions entre l'élève et l'environnement nous a permis d'analyser les demandes et les questions posées par l'utilisateur et nous a conduits à étudier des fonctionnalités d'aides destinées à lui faciliter la tâche.

1. Pourquoi une aide centrée sur les concepts ?

Une analyse détaillée de ces demandes d'aides [Schwob & Blondel 97] fait apparaître des questions de nature très variée. Si un bon nombre de celles-ci portent, comme on peut s'y attendre, sur le fonctionnement du logiciel et les caractéristiques de l'environnement de travail (en particulier sur "ce que sait" le système), il en reste pas moins qu'une partie significative est composée de demandes d'explications (faits ou concepts de la discipline elle-même) ou de précisions sur les termes employés dans la formulation des énoncés ou des explications fournies par le logiciel. Partant de cette observation, nous nous sommes interrogés sur la possibilité d'intégrer une fonctionnalité d'aide de cette nature au sein d'un environnement ouvert.

Nous ne prétendons pas qu'une aide centrée sur les concepts, dont les difficultés d'apprentissage ont été largement étudiées dans certains domaines (mécanique, électricité, chimie) permettra de résoudre ces difficultés. Mais nous faisons l'hypothèse qu'une information significative portant sur un concept, et apportée à un élève en situation de manipulation ou de résolution, c'est-à-dire *au moment même de la mobilisation ou de l'utilisation* de ce concept, peut contribuer à cet apprentissage.

L'étude et la réalisation de cette aide a été entreprise dans le cadre du projet SCHNAPS pour lequel nous avons étudié un dispositif d'aide sous forme d'assistants. Ces assistants ont pour fonction de répondre à une demande d'aide sur un seul aspect à la fois. Les assistants, classés en deux catégories selon qu'ils répondent à des demandes formulées par l'élève ou correspondent à des interventions à l'initiative du système, apportent de l'information ou de l'aide sur le fonctionnement général de l'environnement, sur la rédaction, sur les outils, sur les méthodes et sur les concepts.

Les questions posées par ce travail portent sur la définition des concepts, sur l'aspect terminologique (les termes employés et leur signification), sur les relations entre les concepts, sur le niveau de détail dans l'organisation des concepts, sur les outils d'accès à ces concepts, et enfin sur la méthode de réalisation.

2. Les principes qui ont guidé la conception

L'aide conceptuelle répond à deux objectifs complémentaires l'un de l'autre : 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, à l'instar de ce que propose Van Lehn dans l'apprentissage de concepts en physique [Van Lehn 96].

Par rapport à un hypertexte encyclopédique décrivant toutes les connaissances relatives à la réaction chimique et dont le risque est de perdre l'élève et de le détourner de son objectif initial, 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 doit apporter une information cohérente construite autour de ce terme ou concept.

L'adaptation au contexte est envisagée au moyen d'un profil d'élève qui se constitue au fur et à mesure et qui peut prendre en compte des besoins connus ou exprimés initialement.

Enfin, cette aide conçue comme indépendante de toute application est utilisable avec le logiciel SCHNAPS mais aussi bien avec n'importe quel logiciel ou même de manière autonome.

3. Termes ou concepts ?

Les interrogations telles qu'elles sont formulées par les élèves ne permettent pas toujours de décider si elles relèvent d'un aspect terminologique ou, de façon plus fondamentale, d'un aspect conceptuel¹. Nous avons donc cherché à intégrer les réponses fournies par l'aide au sein du même dispositif.

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. Ne disposant pas d'un document de référence analysant ou décrivant ces concepts, nous avons, pour élaborer cette liste, adopté un point de vue très large qui permet d'intégrer non seulement des concepts classiques du domaine, au sens didactique du terme, mais également un ensemble d'*objets* ou d'*entités*² qui représentent la plus grande partie de ce qui est susceptible d'être manipulé ou d'intervenir à la lecture de l'énoncé, au cours de la définition d'un problème et de sa résolution.

Nous avons complété cette première liste par le relevé des principaux termes employés dans les énoncés et les manuels scolaires à propos de la réaction chimique. Cela nous a conduits à une liste d'environ 180 expressions qui correspondent à des "concepts" distincts et qui se situent à des niveaux de complexité très différents.

4. Le contenu de l'aide

4.1 L'organisation des concepts

Étant donné leur nombre relativement important, le problème de l'organisation des concepts revêt une importance primordiale, tant du point de vue de la structuration interne que du mode de présentation proposé aux élèves.

Parmi les différentes possibilités, nous avons retenu une *structuration hiérarchique*, garante d'une certaine complétude, relativement facile à gérer mais ne permettant pas toujours de mettre en évidence les liens de voisinage ou les relations entre certains concepts. La notion de

¹ Voir à ce sujet : A. Codamines, Terminologie et représentation des connaissances, dans [Didaskalia 94].

² Dans la suite de ce texte, nous continuerons à parler de "concepts" pour désigner ces objets ou entités.

compléments conceptuels (voir ci-dessous) permet, dans une certaine mesure, de remédier à cet inconvénient. L'élaboration de cartes conceptuelles dans ce domaine, à l'instar de celles qui ont été élaborées en didactique de la physique [Didaskalia 94], permettrait peut-être d'offrir à l'élève un accès plus synthétique à l'ensemble des aides sur les concepts. Il faudrait toutefois vérifier comment les élèves appréhendent de telles cartes et comment ils les explorent.

Le choix d'un *terme* pour identifier un concept est ici fondamental car il sert de repère dans l'ensemble des concepts. Il importe donc de le choisir à la fois pour son adéquation par rapport au concept qu'il recouvre, mais également d'un point de vue opératoire, de façon à répondre le plus directement possible à la question de l'élève *telle qu'il se la pose*.

Ainsi, le concept de volume molaire peut-il recouvrir de multiples interrogations de la part de l'élève sur :

- une définition théorique du concept "volume molaire",
- la valeur numérique du volume molaire dans des conditions déterminées,
- le mode de calcul du volume molaire,
- le volume molaire en tant que coefficient de proportionnalité entre volume et quantité de matière pour un gaz donné,
- le volume molaire en tant que grandeur constante indépendante de la nature du gaz (loi d'Avogadro-Ampère).

Ces interrogations sont rarement formulées par l'élève sous l'une des formes ci-dessus, mais la liste des termes proposés doit pouvoir évoquer la question sous une forme proche de sa "formulation éventuelle".

Ceci nécessite évidemment une bonne connaissance des difficultés et des modes de questionnement des élèves et un travail approfondi de rédaction des termes et des textes associés.

4.2 Le contenu de l'aide

Le contenu de l'aide associée à un *concept* comprend :

- un *terme* qui sert à la fois pour afficher le concept et pour y accéder, et qui représente l'aspect terminologique du concept,
- un *texte essentiel*, qui correspond le plus souvent à une définition du concept ou fournit une information élémentaire sur le sujet,
- des *compléments* qui relèvent de deux types : des *compléments explicatifs*, exemples qui permettent de moduler et de préciser le texte essentiel, des *compléments conceptuels*, associant un ou plusieurs autres concepts au concept de référence et permettant de montrer les relations entre ces concepts.

Les textes sont rédigés dans un langage le plus précis possible, neutre, correspondant à une information de référence. Ils comportent souvent des exemples rédigés a priori et pour certains adaptables en fonction du contexte (la réaction étudiée par exemple).

Grandeurs caractéristiques d'une substance chimique

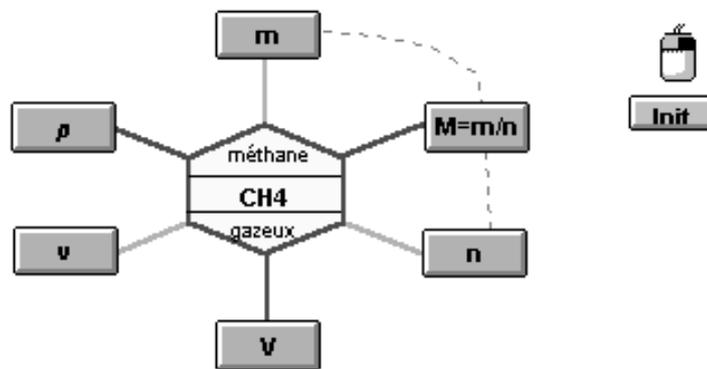
Pour caractériser (identifier) une substance chimique, on utilise essentiellement :

- sa masse volumique (ou la densité)
- sa masse molaire moléculaire (masse molaire)
- le volume molaire

Texte essentiel du concept "Grandeurs caractéristiques d'une substance"

Pour enrichir la présentation de ces contenus et tenir compte du fait que les élèves ne lisent que très superficiellement les textes qui leur sont présentés sauf s'il se rapportent très exactement à la question qu'ils se posent, nous avons complété les textes par des éléments graphiques assurant différentes fonctions : illustration, renforcement ou explication. L'interactivité de ces graphiques est ici essentielle, sans toutefois oublier que celle-ci ne doit pas perturber l'élève en lui proposant une tâche trop éloignée de sa question initiale.

En particulier, nous avons défini des graphiques génériques interactifs et paramétrables pour l'exploration des relations : relations entre les grandeurs physiques décrivant un corps pur, relations de concentration dans une solution, relations algébriques entre trois grandeurs physiques. Certains de ces graphiques sont inspirés des schémas relationnels proposés dans [Morinet 92].



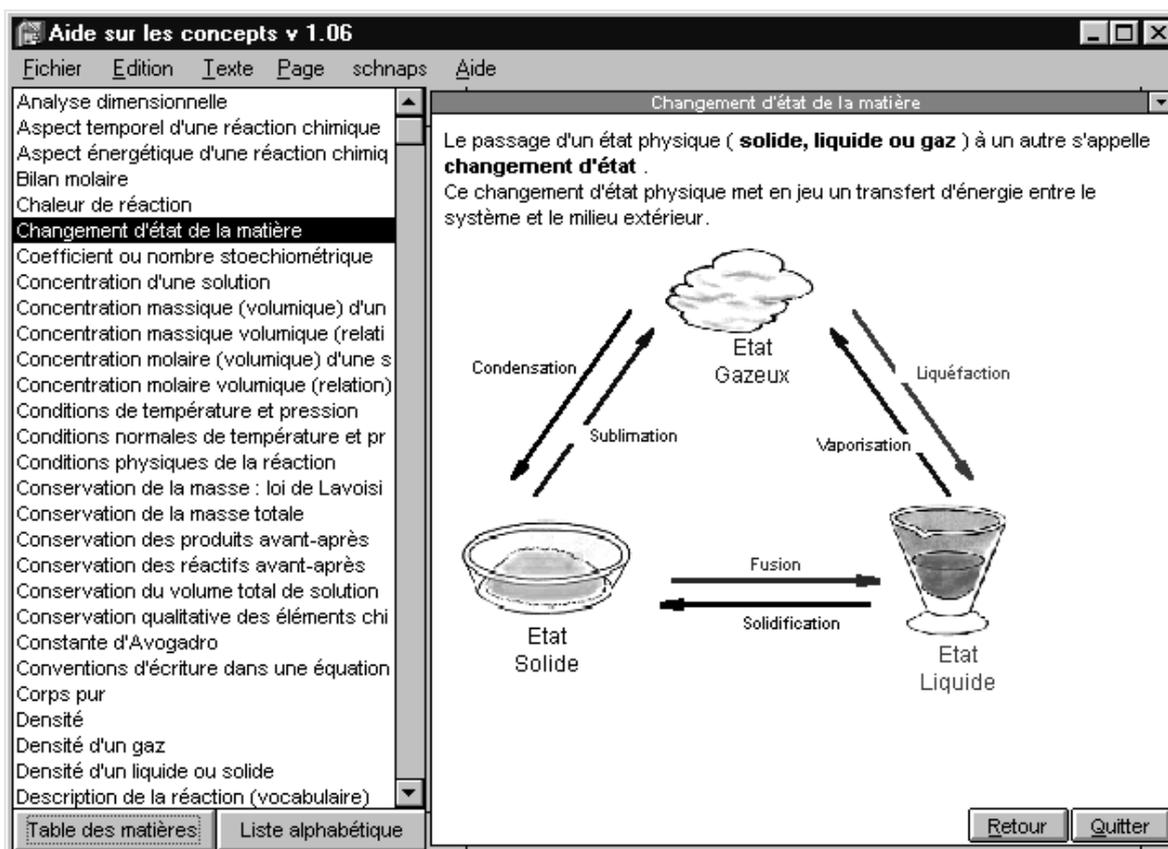
Exemple de graphique relationnel qui schématise des relations entre grandeurs

5. L'accès à l'aide et la présentation

L'ensemble des concepts est présenté à l'utilisateur de deux manières : une table *hiérarchique* dont il peut dérouler les niveaux un par un ou en totalité, ou une liste alphabétique des termes identifiant les concepts. L'accès par la table hiérarchique est sans doute, pour un certain nombre d'élèves au moins, un peu difficile et abstrait. Nous faisons toutefois l'hypothèse que cet accès peut faciliter une structuration du domaine susceptible de favoriser l'apprentissage des concepts et de leurs relations. L'accès par la liste alphabétique, plus spontané et intuitif implique peut-être en revanche une meilleure perception ou explicitation de la question dont l'élève recherche la réponse.

Quand l'utilisateur a choisi un concept, le système lui présente le texte essentiel et les compléments qui lui sont associés en respectant quelques règles simples. L'association des compléments à un concept peut se faire :

- en fonction du profil de l'élève (on peut fixer des compléments obligatoires, leur liste étant paramétrable par l'enseignant),
- en fonction des demandes précédentes (on tient compte des concepts déjà demandés et des temps de lecture)
- en fonction des concepts sur lesquels il faut insister (ceux-ci peuvent être soit déterminés par l'analyse de l'activité de l'élève, les concepts associés aux formules employées, soit paramétrés par l'enseignant).



Liste alphabétique et présentation du concept "Changement d'état"

L'effet cumulatif des demandes antérieures permet de constituer un profil d'intérêt (liste de concepts) dont on tient compte par la suite pour présenter les compléments associés. Cet aspect encore très modeste pourrait être approfondi pour tenir compte plus finement du degré de satisfaction de l'élève.

6. Réalisation

La méthode employée pour réaliser cette aide a cherché à concilier les critères suivants : réutilisation des composants, portabilité, facilité de mise à jour et d'adaptation. Il en résulte un choix d'outils génériques pour construire et assembler les différents éléments de l'aide.

Les éléments textuels ont été rédigés avec un logiciel de bureautique courant (WORD) puis convertis dans un format de portage (RTF). Les références aux graphiques sont intégrées comme du texte avec un langage de syntaxe élémentaire.

Les graphiques ont été réalisés avec un générateur d'applications multimédia (TOOLBOOK) comme des composants indépendants répondant à des messages.

Le système d'aide est décomposé en une partie *interface* (développée en TOOLBOOK) pour l'accès et la présentation, une partie *noyau* (développée en SCHEME) pour structurer le contenu, gérer les demandes d'aide, tenir à jour le profil de l'utilisateur et préparer la construction de la réponse. Le noyau est indépendant de la mise en forme, l'assemblage et la mise en page se faisant au moment de la présentation uniquement. De cette manière, une grande partie des éléments de cette aide sont réutilisables ou aisément transposables dans d'autres environnements de développement.

Le prototype ainsi réalisé comporte l'ensemble des aides sur 180 concepts, associant textes, animations et graphiques interactifs.

7. Questions et perspectives

La solution adoptée pour concevoir cette aide centrée sur les concepts permet d'apporter des informations de manière spécifique et cumulative, et de favoriser la mémorisation par une répétition volontaire et une identification visuelle des éléments.

Le point central de la conception de cette aide repose sur la définition et le choix des concepts, question principalement didactique, mais aussi terminologique puisqu'elle revient, à privilégier certains termes qui servent d'entrées principales. Le choix de la structure et de l'organisation des concepts est également crucial non seulement d'un point de vue informatique, mais également d'un point de vue didactique et par rapport à des pratiques d'enseignement.

Si la décomposition des textes en éléments simples (texte essentiel et compléments) permet une grande souplesse de choix, de conception et de composition des messages, elle présente l'inconvénient d'assembler ces éléments en messages faiblement structurés. Quelques traitements simples permettraient le cas échéant d'améliorer leur présentation. Cette décomposition pose par ailleurs la question de la gestion de la cohérence de l'ensemble des textes d'aide, en particulier lors de leur élaboration.

Plusieurs aspects ergonomiques restent encore à développer pour rechercher plus facilement dans les concepts (comme l'ajout d'équivalents sémantiques).

Enfin, les perspectives offertes par les extensions du langage HTML et leur prise en compte par les outils de navigation qui gèrent partiellement la présentation des documents laisse penser qu'une reprise de l'interface avec ces outils permettrait une plus grande qualité de présentation intégrant texte et graphique, tout en améliorant la portabilité et la diffusion de ce produit.

8. Bibliographie

[Didaskalia 94] Les cartes conceptuelles, *Didaskalia*, n° 5, INRP, 1994.

[Morinet-Lambert 92] Morinet-Lambert J., Les schémas relationnels : un exemple d'utilisation pour la résolution de problèmes de chimie quantitative, *Actes Cinquième Colloque de l'Association pour la Recherche Cognitive*, Nancy, 1992, 305-320.

[Schwob & Blondel 96] 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, 115-141.

[Schwob & Blondel 97] Schwob M., Blondel F.M., Analyse des interactions entre élèves et enseignants pour élaborer une aide à l'apprentissage, *Communication aux 8èmes MIEC*, Université de Nantes, 26-28 mars 1997.

[Van Lehn 96] Van Lehn K., Conceptual and Meta Learning During Coached Problem Solving, in *ITS'96, Intelligent Tutoring Systems, Third International Conference*, Frasson C., Gauthier G., Lesgold A. (Eds), Springer, 1996, 29-47.

[Winkels 92] Winkels R., *Explorations in Intelligent Tutoring and Help*, IOS Press, Amsterdam, 1992, 228p.