
L'accès aux ressources d'une formation guidé par des ontologies

Dominique Fontaine,

Université de Technologie de Compiègne, FRANCE
dominique.fontaine@hds.utc.fr

Ahcene Benayache

Université de Technologie de Compiègne, FRANCE
ahcene.benayache@hds.utc.fr

Marie-Hélène Abel

Université de Technologie de Compiègne, France
marie-helene.abel@hds.utc.fr

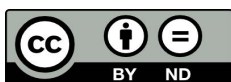
Compte rendu de pratiques

Résumé

Beaucoup de ressources sont mises à contribution pour supporter une formation de type *e-learning*. L'un des objectifs du projet **MEMORAe** est de rendre ces ressources plus accessibles aux apprenants. Ce projet propose une approche fondée sur une mémoire organisationnelle de l'ensemble des notions et des ressources de la formation. Un principe est d'indexer ces ressources sur les concepts d'ontologie. Nous décrivons les moyens déployés à cette fin. Nous présentons les scénarios par lesquels les apprenants accèdent aux connaissances en parcourant ces ontologies. Enfin, nous illustrons notre propos à l'aide de deux applications actuellement mises en place en université.

Abstract

Many resources are now available in order to support e-learning. One objective of the MEMORAe project is to make these resources more accessible to the students. This project proposes an approach based on an organizational memory of the notions and resources of the formation. A principle is to index these resources on the concepts of some ontologies. We describe the means implemented in this aim. We present the manner in which the students reach the knowledge, by moving in these ontologies. At last, we illustrate our presentation by means of two applications recently set up in some universities.



©Auteur(s). Cette œuvre, disponible à <http://ritpu.ca/IMG/pdf/fontaine.pdf>, est mise à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas de Modification 2.5 Canada : <http://creativecommons.org/licences/by-nd/2.5/ca/deed.fr>

Introduction

Le *e-learning* ou « apprentissage par réseaux électroniques » désigne tout système de formation qui utilise l'Internet comme support de diffusion et, plus largement, les nouvelles technologies. Il induit de nouvelles formes d'apprentissage où les contenus sont repensés, où de nouvelles ressources sont offertes à l'apprenant et où les rôles des acteurs sont redéfinis. Dans le projet MEMORAe - MEMOire organisationnelle appliquée au *e-learning* –, pour un domaine donné, nous nous intéressons à la gestion des ressources et à leur accès (Murray, 2003), dans le cadre d'un apprentissage par exploration. Certaines ressources sont privées : produites par les auteurs impliqués dans la formation, elles ne sont pas destinées à être diffusées en dehors de ladite formation. D'autres sont publiques et accessibles via le Web.

Souhaitant que l'apprenant joue un rôle actif dans sa propre formation, nous voulons qu'il *accède par lui-même* à ces ressources et aux informations susceptibles d'initier un savoir ou de le renforcer, sans qu'il soit contraint dans ses évolutions. Il reste maître de ses choix et de son parcours, et n'est pas soumis à des actions tutoriales, fussent-elles sollicitées. Nous voulons aussi éviter qu'il se disperse eu égard à ses connaissances du moment. MEMORAe lui propose donc un ensemble de ressources préalablement structuré selon une organisation qui, implicitement, l'oriente et l'aide à construire une image mentale cohérente de l'ensemble des informations.

Pour faciliter ces évolutions et susciter cette organisation, nous privilégions une définition granulaire du contenu pédagogique et la représentation des notions du domaine par des ontologies. En outre, il ne s'agit pas simplement de mettre en ligne des supports de cours habituellement dispensés en présentiel. Il s'agit, différemment, de constituer un corpus de ressources validées par le comité éditorial du projet et facilement accessibles. Le principe retenu est de les indexer sur les notions à appréhender, rassemblées et mises en relation dans des ontologies qu'il est possible de parcourir de façon non linéaire.

Par ailleurs, un système de formation gère une grande quantité d'informations, et pas seulement

des ressources. Nous proposons donc qu'il soit adossé à une *mémoire organisationnelle de formation* qui capitalise et organise l'ensemble des connaissances de la formation.

Dans cet article, nous présentons le projet MEMORAe, en insistant sur le rôle joué par les ontologies pour structurer les connaissances et en permettre l'exploration. Nous précisons ensuite le processus par lequel l'apprenant accède au contenu et aux ressources d'un domaine. Les exemples sont extraits d'un premier prototype développé pour un *enseignement d'initiation à l'algorithmique (NF01)* dispensé à l'Université de Compiègne, et d'un second prototype pour un *enseignement en mathématiques appliquées (B31)* conçu en collaboration avec l'Université d'Amiens. Nous proposons alors un retour d'expériences. Enfin, nous concluons.

1. L'organisation et les principes du projet MEMORAe

Nous présentons dans cette section l'organisation des savoirs de la formation, les raisons pour lesquelles nous sommes conduits à utiliser des ontologies comme composants centraux de cette organisation, et enfin ces ontologies et leur constitution.

1.1 Une mémoire organisationnelle

Une formation de type *e-learning* est une organisation qui permet l'accès à des savoirs et à des savoir-faire. Les acteurs en sont les apprenants et les enseignants, mais aussi les informaticiens et les gestionnaires, qui communiquent à l'aide des supports technologiques de la formation.

Concept d'origine sociologique, la mémoire organisationnelle est la représentation explicite, persistante et désincarnée des connaissances et des informations dans une organisation afin de faciliter leur accès et leur réutilisation par les membres de l'organisation, pour leurs différentes tâches individuelles et collectives (Dieng *et al.*, 2000).

Dans MEMORAe, nous proposons de gérer les ressources et les informations de la formation au moyen d'une « *mémoire organisationnelle de formation* » (Abel, Lenne, Moulin et Benayache, 2003). Cette mémoire distingue les notions qui *référencent des éléments de connaissance et les*

ressources qui explicitent le contenu de ces notions. En effet, nous considérons que le fait de diviser et d'articuler un cours autour de notions qui sont des *grains de connaissance* de granularité appropriée permet un apprentissage de ces notions plus souple et moins contraignant que ne le permet un découpage en chapitres ou en paragraphes.

Chaque notion indexe des ressources, et inversement une même ressource peut être indexée par plusieurs notions. Cette disposition permet aux contributeurs d'introduire librement de nouvelles ressources, en les associant aux notions dont elles précisent le contenu.

Dans MEMORAE, nous considérons deux types de mémoire : la mémoire de l'application et celle de la formation. La *mémoire de l'application* porte sur les notions de l'application jugées importantes ou significatives, telles les notions de « structure de données », pour une formation sur l'algorithmique. Ses ressources, évoluant au rythme des modifications décidées par le comité éditorial, sont des livres, des textes, des extraits de cours, des documents audiovisuels, des supports de présentation orale, des exercices d'annales ou d'approfondissement, des liens vers des sites Web, etc.

Pour assurer la correspondance entre chaque notion de l'application et les ressources qui lui sont attachées, nous adoptons un *principe d'échelle* qui stipule que plus une notion est spécifique, plus la ressource qui lui est associée est de granularité fine. Ainsi, considérons la notion « d'ensemble », très spécifique, peu utilisée en algorithmique et, en fait, d'importance mineure. On lui associe diverses ressources, dont un extrait de cours qui explicite cette notion. À la notion de « structure de données », moins spécifique que la précédente, est associé un paragraphe, voire un chapitre de ce même cours, dont l'extrait n'est en définitive qu'un élément parmi d'autres. Ce principe d'échelle n'est pas à respecter à la lettre, car il peut souffrir bien des exceptions. Cependant, il induit une pratique méthodologique d'affectation des ressources qui peut aider à la structuration.

La *mémoire de la formation* contient des connaissances plus génériques, portant sur les éléments contributifs à la formation ou sur la vie de cette formation. Ses notions décrivent les types d'utilisateurs (tuteurs, secrétaires), les supports de

documents (livres, pages Web, supports de présentation orale, transparents), les médias (textes, audio, vidéo, images). Certaines sont d'ordre pédagogique et pointent, par exemple, les modes d'évaluation, les types d'exercices (questions à choix multiples, constructions de figures, conception d'un algorithme). Enfin, elles témoignent de l'activité enregistrée au sein de la formation (suivi des étudiants, échanges entre acteurs).

Les ressources de la mémoire de la formation sont principalement destinées aux formateurs, ainsi qu'à ceux qui veulent savoir s'il existe déjà des cours sur un sujet donné et à quelles populations ils sont destinés. Certaines sont partagées entre formateurs et apprenants, comme les buts des exercices, les objectifs visés, les préalables du cours ou les références bibliographiques.

1.2 L'apprentissage par exploration

Dans MEMORAE, nous voulons que l'apprenant assume un rôle actif en accédant aux divers contenus selon ses besoins et ses compétences. Il s'agit donc de le mettre en situation *d'explorer* la base de ressources, à son gré, mais toutefois en contenant son évolution pour qu'il ne « papillonne » pas dans cette base.

La structuration des connaissances de l'application est alors une question centrale. Pour décrire le type d'organisation propre à MEMORAE, nous empruntons une métaphore : nous considérons l'ensemble des connaissances comme un monde à découvrir, dont la géographie devrait guider, *implicitement*, l'évolution de l'utilisateur. La cartographie des connaissances, c'est-à-dire le moyen par lequel cette géographie se révèle à l'apprenant, doit être présentée de façon à faciliter son évolution. Une telle approche, présente dans les travaux sur les *visual thinking networking* (Anderson, 1991), rejoint celle qui est empruntée par Carnot, Dunn et Canas (2001), dont les cartes de concepts sont des structures graphiques qui aident l'utilisateur à naviguer dans un environnement hypermédia.

Les principes adoptés sont les suivants :

- La base de connaissances est conçue sous l'égide du principe de proximité : « deux objets géographiquement proches sont proches par

leurs contenus ». Ce principe, non systématique, a été souvent appliqué dans MEMORAE;

- Il faut mettre en œuvre des moyens qui restituent la géographie de la base de connaissances pour que l'utilisateur puisse la visualiser;
- Les ressources sont à indexer sur les éléments saillants du paysage, c'est-à-dire un ensemble de notions importantes du domaine d'application.

Dès lors, l'apprentissage survient à deux niveaux, d'une part par la perception puis l'appropriation mentale de la cartographie des connaissances, éventuellement remaniée, et d'autre part par l'accès aux ressources et à leurs contenus. Il devient alors pour l'apprenant une expérience et une construction personnelles basées sur une exploration active et non sur un modèle de transmission.

Pour assurer cette *aide à l'apprentissage par exploration*, MEMORAE propose un ensemble de ressources auxquelles l'apprenant accède, à son initiative, ou ponctuellement avec l'accompagnement d'un formateur. En accord avec Mizoguchi (2000), pour qui les ontologies agissent comme amplificateurs d'intelligence, notre choix s'est porté sur l'utilisation d'ontologies (Desmoulins et Grandbastien, 2000) pour organiser ces ressources et les mémoires de l'application et de la formation :

- Les concepts ontologiques représentent les notions évoquées *supra* et sont les éléments saillants qui indexent les ressources documentaires;
- Les relations ontologiques permettent de structurer l'ensemble de ces concepts, par les liens qu'elles instaurent et par la sémantique attachée à chacun d'eux;
- La structure ainsi créée favorise la rétention d'informations en situant chaque notion relativement à celles qui lui sont connexes. Selon Arnheim (1969), « la perception de la forme marque le début de la formation des

concepts »;

- Les ontologies se prêtent à une représentation concrète et visuelle qui aide l'apprenant à naviguer plus facilement au sein des connaissances.

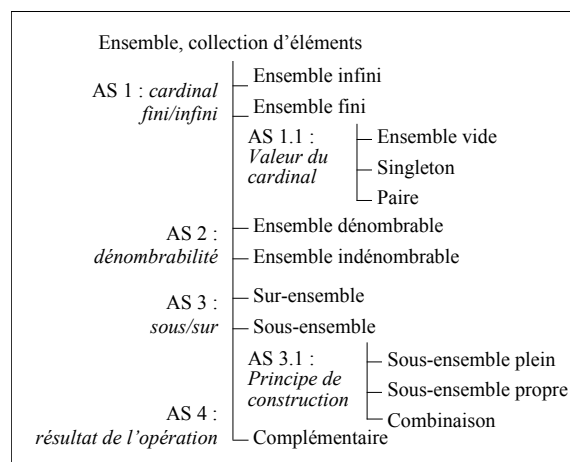


Figure 1. Présentation d'un extrait de la sous-ontologie d'ensemble

1.3 Les ontologies de MEMORAE

Une ontologie est une spécification explicite et formelle d'une conceptualisation commune d'un domaine (Gruber, 1995). Devenue un élément essentiel pour beaucoup d'applications impliquant des connaissances, elle fournit un vocabulaire commun qui témoigne d'une compréhension partagée du domaine, et qui est essentiel pour la constitution d'une mémoire organisationnelle.

Une ontologie est constituée de concepts jugés significatifs du domaine investigué. Parmi les structurations possibles, la plus courante est de type taxinomique, où les concepts sont spécialisés en sous-concepts, ce qui permet d'instancier des individus et d'édifier une structure hiérarchique. Une ontologie décrit aussi les rôles entre les concepts, par des relations binaires ou d'arité supérieure.

On distingue différents types d'ontologies : les *ontologies du domaine*, spécifiques à un domaine particulier et parfois réutilisables, les *ontologies de*

l'application, qui contiennent les éléments nécessaires à une application donnée, les *ontologies génériques*, qui couvrent plusieurs domaines, et enfin les *méta-ontologies*, qui décrivent des primitives pour les langages de « représentation » des connaissances.

Dans MEMORAe, nous considérons deux ontologies du domaine :

- L'ontologie du *domaine d'application* – Cette ontologie est une spécification de l'ensemble des notions utiles à la *mémoire d'application*. À chaque notion de cette mémoire correspond un concept de cette ontologie dont la colonne vertébrale est une taxinomie, sur laquelle viennent se greffer d'autres relations et concepts. Cette ontologie, en raison de son caractère spécifique et de l'utilisation que nous en faisons pour l'exploration, n'est pas réutilisable. La figure 1 présente un extrait de l'ontologie B31.
- L'ontologie du *domaine de formation* – Cette ontologie est une spécification de l'ensemble des notions utiles à la mémoire de formation. À chaque notion de cette mémoire correspond un concept de cette ontologie, au caractère générique, car elle porte sur la formation en général et non sur une formation à un domaine particulier. Sa réutilisation reste cependant hypothétique, une ontologie n'étant jamais totalement indépendante de l'usage qui en est fait. La Figure 2 montre un extrait de l'ontologie du domaine de formation.

Ces ontologies sont distinctes mais non sans dépendances : en effet, le champ d'application d'une formation particulière est nécessairement lié aux caractéristiques génériques d'une formation dont il est en quelque sorte une extension. Ainsi, en algorithmique, quand nous précisons qu'un document sert d'introduction aux structures de données, il faut associer les concepts « introduction » de l'ontologie de formation et « structures de données » de l'ontologie d'application.

En conformité avec nos choix organisationnels (voir le paragraphe 2.2), chaque élément conceptuel indexe une multitude de ressources.

1.4 La constitution des ontologies de MEMORAe

Pour construire ces ontologies, nous avons utilisé la méthode de spécification OntoSpec (Kassel, 2002; Abel *et al.*, 2004). Ces ontologies sont des structures différentielles de concepts placés en fonction de leurs différences. Chaque concept est désigné par un terme choisi pour sa précision et sa capacité à représenter la notion associée sans ambiguïté. Il possède une définition qu'il faut considérer comme une condition nécessaire et suffisante que vérifient les instances de ce concept.

La structure hiérarchique de chaque ontologie est une taxinomie ordonnée par la relation de subsomption : le concept C1 subsume le concept C2 si toutes les instances de C2 sont des instances de C1. C2, plus spécifique, est un sous-concept de C1 qui inversement est le sur-concept de C2. Les liens de subsomption sont représentés selon une direction verticale qui permet à l'apprenant d'identifier immédiatement le rapport entre un concept père et ses sous-concepts. La proximité est ici vue sous l'angle de la *filiation*.

La relation de subsomption joue ici un rôle important car la forme taxinomique est très structurante pour l'apprenant : elle lui donne une vision locale puis globale des notions en lui proposant des points de vue plus ou moins spécifiques sur un même concept. Ainsi, si la taxinomie est suffisamment fine, l'apprenant peut approfondir sa connaissance d'un concept en accédant à ceux qui lui sont voisins dans la hiérarchie, sous-concepts ou sur-concept. De plus, la propriété d'héritage, inhérente aux taxinomies, permet à l'apprenant de faire des inférences sur la structure même, la distinction entre concepts d'un même niveau d'abstraction se faisant par découverte des propriétés différentielles.

La structure distingue aussi des axes sémantiques (Kassel, 2002) : les sous-concepts d'un même concept présentent des différences sur la base desquelles ils sont regroupés, chaque regroupement constituant un axe sémantique. Ainsi, le concept d'ensemble est spécialisé selon quatre axes sémantiques (voir la Figure 1) : un axe

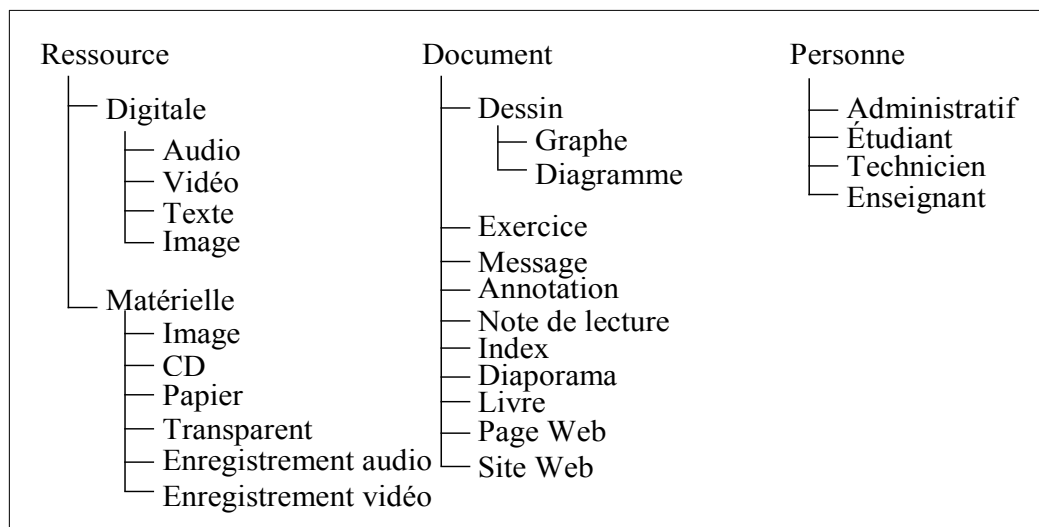


Figure 2. Quelques éléments de l'ontologie du domaine de formation

regroupe certains sous-concepts d'ensemble selon leur cardinalité, un deuxième axe en regroupe d'autres selon leur dénombrabilité, un troisième selon la relation d'inclusion et un quatrième selon des opérations ensemblistes. Ces axes sont visuellement distingués pour que l'apprenant puisse les identifier.

La relation de subsomption est la seule engendrant une structure hiérarchique. Pour l'instant, nous n'avons pas introduit, en les distinguant explicitement, d'autres relations induisant une hiérarchie, comme « *se-décompose-en* ». Nous ne jugeons pas ces relations entre concepts inutiles, mais, dans le cadre d'une exploration, nous préférons privilégier les représentations les plus fondamentales et éviter toute confusion chez l'apprenant. La multiplication des liens hiérarchiques rendrait la structure plus complexe et de lecture moins aisée. En outre, la nécessité de visualiser ces ontologies sur l'espace restreint de l'écran nous contraint spatialement à la simplicité.

D'autres relations, moins fondamentales, sont utilisées. En voici quelques-unes :

- La relation « *a-pour-ressource* » – Cette relation lie un concept C de l'ontologie d'application à une ressource particulière R_0 , qui est de type livre, cours, document audiovisuel, site Web, etc. Elle permet à l'apprenant d'accéder

immédiatement aux connaissances qui lui en apprennent davantage sur la notion. La proximité est vue ici sous l'angle de l'explicitation;

- La relation « *a-pour-pré-requis* » – Cette relation, à caractère pédagogique, lie un concept C de l'ontologie d'application à un concept C' de cette même ontologie. Elle est importante : en effet, même si l'apprenant peut naviguer à son gré dans l'ontologie, il faut cependant lui indiquer qu'un concept C requiert la connaissance préalable d'un autre concept C'. La proximité est vue ici sous l'angle de la nécessité;
- La relation « *intervient-dans-la-définition-de* » – Cette relation lie un concept C de l'ontologie d'application à un concept C' de cette même ontologie. Si certains termes de la définition de C réfèrent un concept C' que ne maîtrise pas l'apprenant, celui-ci peut ainsi obtenir des précisions sur C'. La proximité est ici vue sous l'angle de la signification;
- La relation « *a-pour-auteur* » – Cette relation lie un livre L_1 à un individu I_2 . C'est un exemple des liens structurant l'ontologie de formation,

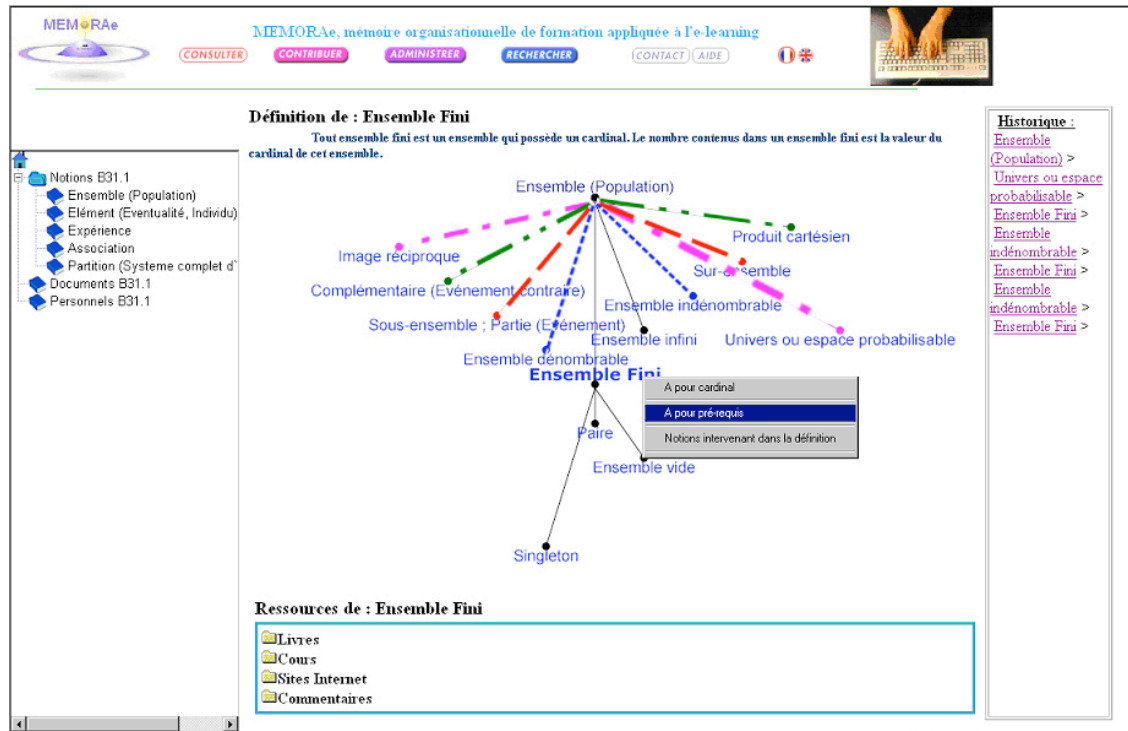


Figure 3. Interface de navigation verticale dans la mémoire, utilisation du bouton gauche de la souris

comme « *est-écrit-par* » ou « *est-inscrit-en* ». La proximité est ici vue sous l'angle de propriétés attachées localement au concept.

Ces relations participent à la constitution de la plupart des ontologies d'application. Pour l'ontologie des mathématiques appliquées, nous avons introduit d'autres relations plus spécifiques, certes circonstancielles, mais aussi liées à l'emploi de la méthode OntoSpec, qui permet de définir des relations. Voici deux d'entre elles :

- La relation « *est-un-sous-ensemble-de* » – Cette relation lie deux concepts de type ensemble pour exprimer l'inclusion.
- La relation « *est-disjoint-de* » – Cette relation lie deux concepts de type ensemble pour exprimer la disjonction.

2. Les scénarios d'utilisation de MEMORAe

MEMORAe propose un environnement d'aide à l'apprentissage qui met l'accent sur la visualisation

et sur la navigation pour faciliter l'accès aux ressources. Il intègre des outils fondés sur l'utilisation d'ontologies. Nous présentons dans cette section des scénarios d'utilisation de cet environnement à travers des exemples tirés de la formation en « Mathématiques appliquées », dispensée en présentiel à l'Université d'Amiens.

2.1 L'environnement proposé à l'utilisateur

L'environnement MEMORAe aide les utilisateurs de la mémoire à accéder aux notions d'une application donnée, et aux ressources indexées par ces notions, par navigation dans l'ontologie d'application. Le principe est de proposer constamment à l'apprenant soit un ensemble d'informations présentant directement ou localisant ce qu'il recherche, soit un ensemble de liens visuels qui lui permettent d'affiner sa recherche. Le recours à des requêtes n'est pas souhaité, bien qu'il soit accessoirement offert.

L'interface présente à l'utilisateur (voir la Figure 3) :

- Une liste de points d'entrée initiant la navigation à partir d'un concept donné, située en partie gauche de l'écran. Un point d'entrée est un élément de l'ontologie qui constitue un accès direct à un concept et donc à une notion de la mémoire. Le responsable de l'application définit ces entrées, qu'il considère comme fondamentales ou pertinentes pour accéder à la base de concepts;
- En bas de l'écran, une liste de ressources associées au concept considéré à l'instant courant, présentées selon leur type (livres, cours, sites, exemples, commentaires¹, etc.), auxquelles l'apprenant peut accéder immédiatement. Des descriptions liminaires des ressources sont données, qui conduisent l'étudiant à choisir de les consulter ou pas;
- Une courte définition de la notion choisie : elle donne un aperçu de la notion à l'apprenant, qui décide alors de l'approfondir ou pas;
- L'historique du parcours réalisé : il permet à l'apprenant de connaître ce que fut son parcours jusque-là, et de revenir quand il le désire sur toute notion qui fut provisoirement écartée;
- La partie de l'ontologie circonscrivant la notion courante, que l'utilisateur vient de pointer.

2.2 La mise en œuvre de l'apprentissage par exploration

On peut naviguer verticalement, en suivant les relations de subsomption dans la taxinomie de concepts. Par exemple, si l'utilisateur souhaite découvrir la notion d'**Ensemble Fini**, le point d'entrée idoine est celui d'**Ensemble**. Ce choix lui permet d'accéder à la taxinomie localement associée à la notion d'**Ensemble**, la partie visible étant centrée sur ce concept. **Ensemble Fini** est un sous-concept d'**Ensemble** : un clic sur ce nouveau concept efface temporairement l'écran, puis recentre la taxinomie sur ce concept (voir la Figure 3). Le parcours de l'ontologie taxinomique,

servi par une représentation verticale, résulte de la répétition de ce principe de déplacement.

Plusieurs règles de présentation sont appliquées pour permettre la visualisation de cette organisation hiérarchique : le concept C considéré est au centre de la partie de l'écran réservée; tous les sous-concepts de C sont exposés et également répartis; les frères et le sur-concept de C sont présentés, ce dernier représentant une notion plus générique. Nous n'avons pas jugé opportun d'étendre davantage cette représentation, pour ne pas l'obscurcir. Les axes sémantiques sont également représentés, en identifiant ces regroupements par des couleurs (ici symbolisés différemment, voir la Figure 3), sans marqueurs textuels.

Supposons que l'apprenant concentre son attention sur un concept particulier. L'affichage d'une courte définition décrit avec concision la notion sélectionnée. Si l'utilisateur veut en savoir plus, une liste de ressources classées par types est mise à sa disposition. Ainsi, l'utilisateur, pour approfondir la notion d'**Ensemble Fini**, sélectionne l'une des ressources afférentes tel le livre « **Mathématiques pour l'informatique** », par un clic gauche sur le nom de la ressource. S'affiche alors un résumé descriptif de cette ressource, dans une nouvelle fenêtre (voir la Figure 4).

Cette page d'écran présente aussi une liste de liens vers d'autres informations telles que le numéro ISBN ou les auteurs, et propose d'afficher toute ressource numérisée ou d'imprimer la page en cours.

Un concept peut orienter vers des concepts autres que ceux de la taxinomie affichée, mais proches aux sens donnés précédemment. L'accès à ces concepts est souvent nécessaire pour mieux appréhender certaines notions. C'est à ce moment qu'interviennent les relations de proximité autres que la relation de subsomption comme « *a-pour-prérequis* » ainsi que des relations spécifiques comme « *est-un-sous-ensemble-de* ». Nous qualifions la navigation qui résulte de l'utilisation de ces relations d'horizontale, par opposition au parcours hiérarchique vertical.

Pour accéder à ces relations, il suffit de faire un clic droit sur le concept source C : un menu contextuel s'affiche alors qui précise les relations

empruntables à partir de C. Prenons le cas du concept **Ensemble fini** (voir la Figure 3). L'utilisateur peut accéder aux relations qui le conduiront vers d'autres concepts en cliquant droit sur le nœud **Ensemble fini** : un menu propose les accès aux concepts proches. Le choix de la relation *prérequis* permet de passer, par une navigation horizontale, à des notions prérequisées telles que **Ensemble dénombrable** ou **cardinal** (voir la Figure 5). Le choix du concept **Ensemble dénombrable** permet alors de revenir à une navigation verticale portant sur la partie de l'ontologie centrée sur ce concept. Ainsi,

3. Un retour d'expériences

Dans cette section, nous présentons le protocole d'évaluation utilisé pour tester l'environnement E-MEMORAe et les résultats obtenus. En collaboration avec l'Université de Picardie Jules Verne (UPJV) d'Amiens et l'Université de Technologie de Compiègne (UTC), un test d'utilisabilité a été mené auprès des 61 étudiants de l'UPJV qui suivent le module B31 et des 126 étudiants de l'UTC qui suivent le module NF01, ces modules comprenant Cours magistraux, Travaux Dirigés et Pratiques. Le test de B31 s'est

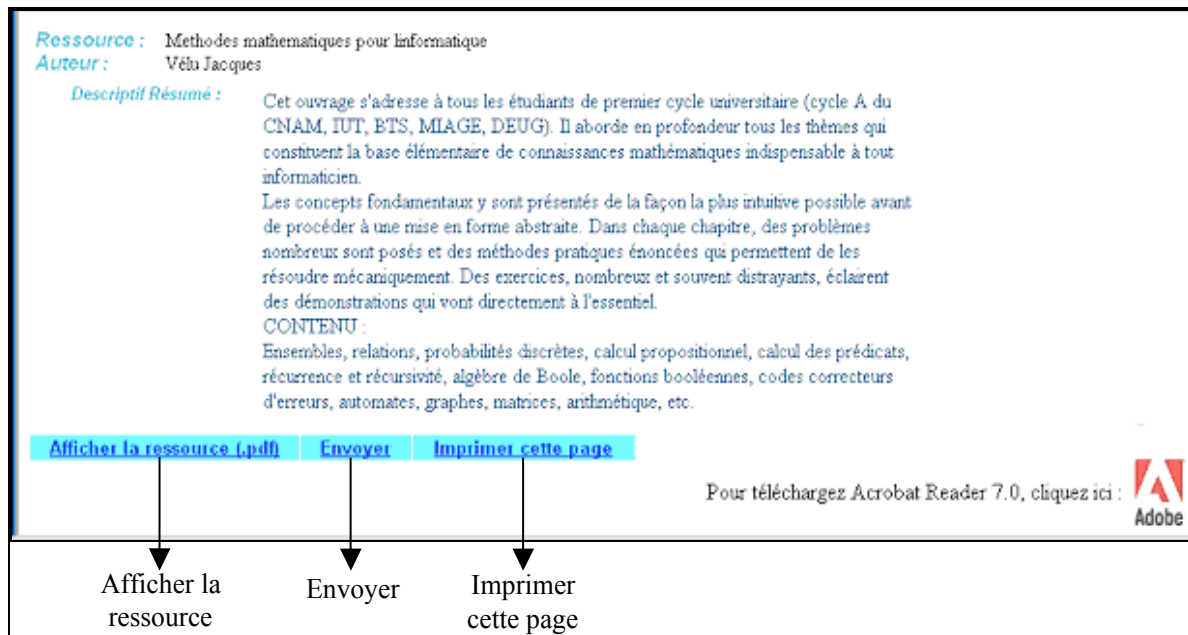


Figure 4. Interface d'une ressource de type livre

l'alternance de clics gauche et droit permet d'évoluer facilement au sein de l'ontologie.

Après chaque action de l'apprenant, l'historique de navigation est mis à jour (voir la Figure 3, à droite), l'apprenant pouvant revenir sur toute notion déjà visitée par un simple clic sur cette dernière. Il est aussi possible d'accéder à une notion par émission d'une requête portant sur l'ensemble des données textuelles contenues dans la mémoire.

déroulé sur deux séances de TD de deux heures chacune pour deux groupes différents. Celui de NF01 s'est déroulé sur douze séances d'une heure de TP chacune.

Les tests d'utilisabilité proposés et notés avaient pour but de vérifier que les apprenants pouvaient découvrir seuls de nouvelles notions. Ils consistaient à résoudre un exercice pour B31 et à répondre à un QCM pour NF01. Nous voulions notamment estimer l'intérêt :

- de structurer et indexer le contenu d'une

- formation par une ontologie d'application;
- de proposer une présentation arborescente de l'ontologie pour une navigation horizontale et verticale;
- de donner des points d'entrée pour accéder directement à l'ontologie;
- d'offrir une liste de ressources, classées par type.

Les problèmes et questions portaient sur des *notions qui n'avaient pas été abordées en cours*, délibérément. Les étudiants devaient donc accéder à l'environnement E-MEMORAe pour réussir les tests. Les historiques de navigation étaient sauvegardés, et des observateurs avaient pour consigne de noter tout ce que faisaient les étudiants, sans jamais intervenir. De plus, des questionnaires étaient distribués aux étudiants.

d'environnement qui, selon eux, est efficace pour accéder aux informations recherchées. En partant des notions nécessaires à la résolution du problème ou du QCM, nous avons étudié les historiques et les comptes rendus d'observations. En définitive, tous les moyens de navigation ont été mis en œuvre. Ainsi, les étudiants ont utilisé le moteur de recherche ou les points d'entrée pour commencer leur recherche. Ils ont ensuite navigué au sein de l'ontologie pour affiner leur recherche et accéder aux ressources. Il s'avère que les points d'entrée ont été jugés pertinents à plus de 85 % par les étudiants qui les avaient utilisés. L'analyse des notes montre que les étudiants ont bien réussi les tests, en ayant obtenu une moyenne supérieure à 15 sur 20, tant à l'UPJV qu'à l'UTC.

Nous avons aussi remarqué que la moyenne des étudiants favorables à E-MEMORAe fut proche de celle obtenue par ceux qui étaient plus critiques, au

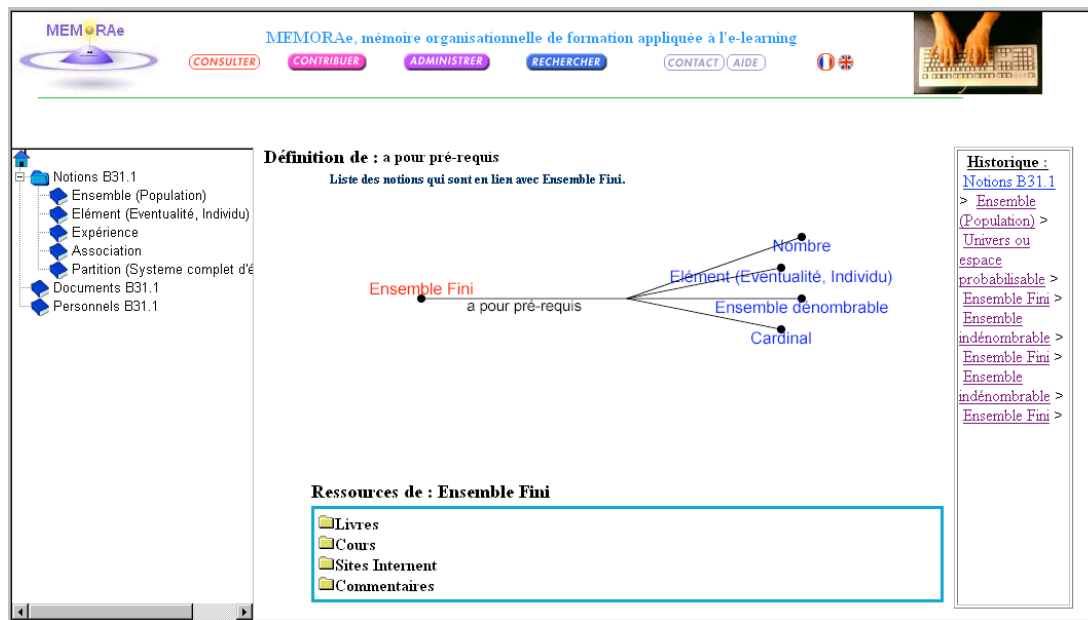


Figure 5. Interface de navigation horizontale dans la mémoire

Portant sur leurs profils et les caractéristiques de l'outil, ils ont permis de recueillir leurs avis sur l'environnement, la prise en main et la présentation des informations.

L'étude des questionnaires montre que plus de 85 % des étudiants sont favorables à ce type

sein desquels nous avons distingué deux profils bien différents: ceux qui ont peu utilisé l'environnement, avouant maîtriser déjà certaines des connaissances à rechercher, et ceux qui se sont éparpillés en accédant à beaucoup de notions, sans

trouver ce qu'ils cherchaient, les résultats des uns compensant ceux des autres.

Les remarques ou suggestions des étudiants portaient principalement sur le graphisme de l'environnement : affichage de l'arbre (liens qui s'entrecroisent ou concepts qui se chevauchent), format des ressources (format HTML suggéré pour accéder plus directement aux ressources recherchées), impossibilité de revenir en arrière autrement qu'en utilisant l'historique, absence d'aide disponible sur le site, ou esthétique du site.

Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté l'approche développée pour le projet MEMORAE. Elle consiste à proposer au sein d'une mémoire organisationnelle de formation des ressources auxquelles l'apprenant accède par des ontologies, qui intègrent non seulement des concepts et des relations liées à une application donnée, mais aussi des éléments d'ordre pédagogique. Cette approche concerne ainsi non seulement les domaines de l'ingénierie des connaissances et du Web sémantique, mais également ceux de l'ingénierie pédagogique et des EIAH.

L'environnement développé a été soumis à une première évaluation auprès des étudiants de l'UPJV et de l'UTC. Nous avons pu constater que l'association d'ontologies à des ressources permettait aux apprenants de trouver plus rapidement les ressources pertinentes, et aux enseignants de mettre en place des scénarios pédagogiques adaptés. Le site MEMORAE est accessible à l'URL <http://www.hds.utc.fr/~abenayac/Site-MEMORAE>.

Il reste maintenant à faire évoluer l'environnement, en tenant compte des critiques et des observations émises par les utilisateurs. Beaucoup d'idées existent que nous testerons dans un futur proche. En particulier, nous comptons développer un système qui comportera des mémoires privées et qui permettra à l'utilisateur d'annoter les ressources et les concepts des ontologies.

Références

Abel, M.-H., Barry, C., Benayache, A., Chaput, B., Lenne, D. et Moulin, C. (2004). Ontology-based

organizational memory for e-learning. *Educational Technology & Society*, 7(4), p. 98-111.

Abel, M.-H., Lenne, D., Moulin, C. et Benayache, A. (2003). Gestion des ressources pédagogiques d'une e-formation. *Document numérique*, 7(1-2), p. 111-128.

Anderson, O. R. (1991). Neurocognitive models of information processing and knowledge acquisition. Dans D. Ottoson (dir.), *Progress in sensory physiology* (p. 115-192). Heidelberg : Springer Verlag Berlin.

Arnheim, R. (1969). *Visual thinking*. Berkeley : University of California Press.

Carnot, M. J., Dunn, B. et Cañas, A. J. (2001). Concept map-based vs Web page-based interfaces in search and browsing. Dans *ICTE Tallahassee 2001. International Conference on Technology and Education. Proceedings* (thème 4, article 259). Tallahassee, FL : ICTE Educational Technology Resource Library. (No. ED462979 du service ERIC de reproduction de documents, [p.183]). Récupéré le 2 février 2007 du site *Education Resources Information Center* : <http://eric.ed.gov/>

Desmoulin, C. et Granbastien, M. (2000, mai). *Des ontologies pour indexer des documents techniques pour la formation professionnelle*. Communication présentée aux 11^e journées francophones d'ingénierie des connaissances (IC' 2000), Toulouse, France.

Dieng, R., Corby, O., Gandon, F., Giboin, A., Golebiowska, J., Matta, N. et al. (2001). *Méthodes et outils pour la gestion des connaissances* (2^e éd.). Paris : Dunod.

Gruber, T. (1995). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. *International Journal of Human Computer Studies*, 43(5-6), p. 907-928.

Kassel, G. (2002, mai). *OntoSpec : une méthode de spécification semi-informelle d'ontologies*. Communication présentée aux 13^e journées francophones d'ingénierie des connaissances (IC' 2002), Rouen, France.

Mizoguchi, R. et Bourdeau, J. (2000). Using ontological engineering to overcome common AI-ED problems. *International Journal of Artificial Intelligence and Education* [numéro spécial sur AIED 2010], 11(2), p. 107-121.

Murray, T. (2003). MetaLinks: Authoring and affordances for conceptual and narrative flow in

adaptive hyperbooks. *International Journal of Artificial Intelligence and Education* [deuxième partie du numéro spécial sur les *adaptive and intelligent Web-based systems*], 13(2-4), p. 199-233.

Notes

¹ Les commentaires sont les seuls éléments du projet que l'utilisateur peut modifier, sous contrôle du comité éditorial.