

Exploration interactive de bases de connaissances : un retour d'expérience

Christophe Tricot, Christophe Roche

Équipe Condillac « Ingénierie des Connaissances »
Laboratoire LISTIC - Campus Scientifique
73 376 Le Bourget du Lac cedex

<http://www.ontology.univ-savoie.fr>
{christophe.tricot, christophe.roche}@univ-savoie.fr

Résumé : La navigation au sein de bases de connaissances reste un problème ouvert. S'il existe plusieurs paradigmes de visualisation, peu de travaux sur les retours d'expérience sont disponibles. Dans le cadre de cet article nous nous sommes intéressés aux différents paradigmes de navigation interactive au sein de bases documentaires annotées sémantiquement ; l'accès à la base de connaissances s'effectuant à travers l'ontologie du domaine d'application. Ces paradigmes ont été évalués dans le cadre d'une application industrielle (mécanique des fluides et échangeurs thermiques) en fonction de critères définis par les utilisateurs. L'analyse des retours d'expérience¹ nous a permis de spécifier et de réaliser un nouveau navigateur dédié à la gestion de documents techniques annotés par une ontologie de domaine : le « Eye Tree », navigateur de type « polar fisheye view ».

1 Introduction

Le problème abordé dans le cadre de cet article est celui de l'accès à une base de connaissances annotée sémantiquement par une ontologie du domaine.

Les connaissances peuvent être de natures diverses : documents scientifiques et techniques, fiches de retour d'expérience, descriptions de compétences, documents multimédias, etc.. L'utilisation d'une ontologie² du domaine permet d'indexer et de classer les éléments de la base de connaissances. L'indexation repose sur l'analyse des contenus textuels (et péri textes ou méta données dans le cas des documents multimédias) au regard du vocabulaire associé à l'ontologie. La classification considère les concepts de l'ontologie

¹ Les travaux décrits dans cet article ont été menés en collaboration avec la société Ontologos Corp. associée à l'équipe Condillac de l'Université de Savoie dans le cadre de sa reconnaissance en tant qu'Equipe de Recherche Technologique par le Ministère de la Recherche.

² Nous considérerons dans ce contexte qu'une ontologie traduit un point de vue « consensuel » d'une communauté de pratique au niveau linguistique – les mots d'usages – et au niveau conceptuel – les concepts de l'ontologie sur lesquels repose la signification des termes –.

comme autant de répertoires virtuels auxquels sont associés les éléments de la base de connaissances.

Par accès nous entendons la navigation – accès et recherche – guidée par la modélisation du domaine. Nous nous intéresserons plus particulièrement dans le cadre de ce travail à la navigation sous la forme de visualisations interactives. Nous parlerons alors de « cartes sémantiques interactives » dans la mesure où l'on souhaite aider l'utilisateur dans ses accès à la base de connaissances en exploitant les concepts du domaine et leurs relations.

Cette approche relève du « web sémantique » dans la mesure où à chaque information est associée un URI (Uniform Resource Identifier) et que la gestion des informations repose sur une conceptualisation distincte représentée à l'aide de formalismes d'échange du consortium W3C (RDF, RDF Schema, OWL).

Notre objectif a été dans un premier temps d'étudier et d'évaluer les différents paradigmes de visualisations interactifs pour l'accès et la recherche d'informations annotées sémantiquement. Pour cela, nous avons au préalable défini avec l'aide des utilisateurs un certain nombre de critères d'évaluation comme la capacité à pouvoir se focaliser sur une partie de l'ontologie ou bien encore, la facilité de parcours des liens hiérarchiques tout en gardant une vision globale de la structure de la base de connaissances. Nous avons été ainsi amenés à réaliser plusieurs cartes interactives. L'analyse des retours d'expérience nous a permis d'identifier et de rajouter de nouvelles fonctionnalités, telle que la capacité à parcourir un ensemble d'informations dans un espace non uniforme tout en gardant un point fixe, et nous a permis de spécifier un nouveau type de navigateur dédié à la gestion de bases de connaissances annotée sémantiquement : le « Eye Tree », navigateur de type « polar fisheye view ».

2 Domaine d'Application

2.1 Contexte

Le « Groupement pour la Recherche sur les Échangeurs Thermiques » (GRETh) a mis en place un site internet pour la diffusion des connaissances et des informations scientifiques et techniques au service de leurs adhérents, principalement des industriels. Ces informations, articles, thèses, rapports techniques et scientifiques, sont regroupées au sein d'une base de données. Tous ces documents se rapportent aux métiers du GRETh, basés sur la mécanique des fluides et la thermique des échangeurs.

2.2 Besoins

L'objectif du GRETh est de pouvoir accéder à sa base documentaire, non pas en fonction de mots-clés présents dans les documents, mais selon la modélisation du domaine définie par les experts en termes de concepts métier. L'accès à la base de connaissances doit également gérer le multilinguisme.

La modélisation du domaine, c'est-à-dire la représentation des concepts, de leurs relations et de leurs propriétés, a abouti à la construction d'une ontologie spécifique au GRETh. Les concepts étant ici communs et partagés par les différentes communautés, il a été possible d'indexer l'ensemble des documents, quelle que soit leur langue, sur la même

ontologie. L'indexation des documents est effectuée de façon automatique par une analyse linguistique multilingue de leur contenu³.

L'ontologie du GRETh a été réalisée en privilégiant la relation hiérarchique de « généralisation – spécialisation » entre concepts, en considérant qu'elle est simple et non multiple. Les concepts se structurent ainsi sous la forme d'une arborescence.

Les besoins des utilisateurs peuvent alors se résumer de la façon suivante : comment d'une part appréhender l'ensemble des informations à travers les concepts métier relatifs à la mécanique des fluides et à la thermique des échangeurs ; et comment d'autre part accéder à ces informations en parcourant l'ontologie selon la relation hiérarchique de « généralisation – spécialisation ».

Nous sommes donc ramenés à un problème de construction de « cartographies sémantiques interactives » d'une arborescence de concepts.

3 Méthode et critères d'évaluation

Notre approche repose principalement sur la prise en compte des retours d'expérience (Plaisant 2004) contrairement à des expériences directes (Kobsa 2004) ou (Barlow et Padraic 2001) pour évaluer la pertinence d'une visualisation.

De l'expression des besoins nous avons pu identifier, pour notre problématique, trois critères d'évaluation des différents paradigmes de visualisation à base d'arborescence de concepts.

1. **Visualisation de l'organisation des concepts** : Dans la mesure où la conceptualisation du domaine joue un rôle central dans l'accès aux connaissances, il est important de pouvoir visualiser la structure globale de l'ontologie, et ce quelle que soit sa taille. Étant donné que nous privilégions la relation hiérarchique de « généralisation - spécialisation », il est important que la disposition des concepts dans la carte respecte le mieux possible cette sémantique et ce dans un espace qui peut être réduit. La métaphore graphique à utiliser doit donc exprimer au mieux cette sémantique.
2. **Association d'informations aux concepts** : À chaque concept sont associées une liste de documents et une liste de termes. Il est donc nécessaire de pouvoir accéder et visualiser ces informations. La représentation des nœuds, en termes de variables graphiques comme la taille, la forme ou la couleur (Bertin et Barbut 1967), doit être porteuse de sens. Un utilisateur doit pouvoir accéder rapidement et intuitivement aux informations associées à un concept.
3. **Interaction & navigation** : L'utilisateur doit pouvoir naviguer au sein de son espace informationnel sans se perdre. À tout moment il doit pouvoir se localiser et identifier où il doit aller.

Nous avons ensuite mis en œuvre les principaux paradigmes connus (par exemple les arbres hyperboliques, les « Treemaps », ...) pour les soumettre aux utilisateurs afin d'identifier les caractéristiques essentielles à prendre en compte.

³ On distingue d'une part les concepts métier, qui constitue une modélisation extralinguistique et donc indépendante des langues, des différents vocabulaires exprimés dans les différentes langues.

4 Techniques de visualisation

Pour le domaine technique considéré, celui des échangeurs thermiques, il nous a été demandé de réaliser différents navigateurs graphiques d'accès aux documents techniques en s'appuyant sur la modélisation du domaine (c'est-à-dire de pouvoir parcourir l'ensemble de la base en suivant les liens hiérarchiques de « généralisation – spécialisation » entre concepts). Un concept peut ainsi être interprété comme un « répertoire » contenant les documents qui s'y réfèrent.

Étant donné la volonté de privilégier la relation de « généralisation - spécialisation », nous avons retenu les techniques graphiques de type « nœud - lien » appliquées aux données hiérarchiques. En effet, ces techniques ont l'avantage de représenter explicitement la structure de l'arbre et par conséquent elles expriment mieux la sémantique recherchée.

Cette contrainte nous a donc amené à écarter des techniques de type « space-filling » (Baker et Eick 1995) comme les « treemaps » (Johnson et Shneiderman 1991; Wijk et Huub van de 1999), les « cushion treemaps » (Wijk et Huub van de 1999), les « beamtrees » (Ham et Wijk 2003) et les « information slices » (Andrews et Heidegger 1998).

4.1 Prototype 1 : “Treeview simple” (à la “Windows Explorer”)

Principe. Une des visualisations d'arborescences les plus utilisées est l'affichage des répertoires telle qu'elle est utilisée pour les répertoires de fichiers dans les systèmes d'exploitation (Windows, Unix) ou dans des environnements de développement d'ontologies (Protégé (<http://protege.stanford.edu>. 2005), Oiled (Bechhofer et al. 2001)).

Cette visualisation exploite :

- une structure d'arbre dépliable pour représenter une hiérarchie de répertoires ;
- des icônes de dossier pour représenter les répertoires ;
- différentes icônes pour représenter les fichiers.

Généralement, pour la gestion de fichiers, la vue est découpée verticalement en deux avec à gauche la hiérarchie des répertoires et à droite, une zone pour afficher le contenu du répertoire.

Retour d'expérience. Cette technique est directement appropriable par l'utilisateur : les répertoires sont étiquetés par les noms des concepts et le déploiement d'un nœud en nœuds plus spécifiques correspond bien à une interprétation naturelle de la relation de spécialisation. De plus, elle permet d'associer aux nœuds un nombre important d'informations qui peuvent être visualisées dans une zone dédiée (par exemple liste de documents).

Enfin, les interactions et la navigation au sein de l'arbre sont faciles et efficaces et l'utilisateur maîtrise son parcours qui reste visible à tout moment. Ceci est principalement dû au fait que les utilisateurs sont habitués à ce type de représentation.

Cependant, dans le cadre d'applications concrètes où les ontologies peuvent être de taille importante, il devient difficile d'avoir une vue globale de la structure de l'arbre, *a fortiori* s'il est complètement déplié. L'utilisateur a alors du mal à naviguer au sein de la base de connaissances.

4.2 Prototypé 2 : Les arbres de cônes

Principe. Afin de palier à la critique émise sur les simples « treeviews », nous avons réalisé un deuxième navigateur à base d'« arbres de cônes ». Les arbres de cônes (Robertson et al. 1991), tout comme les simples « treeviews » sont des arbres de type « nœud-lien ». Le principe consiste à dessiner l'ensemble de la hiérarchie en 3 dimensions (et non une vue partielle). Chaque nœud constitue le sommet d'un cône dont les fils se répartissent sur un cercle qui en constitue la base (cf. FIG. 1 - *Arbres de cônes*).

Retour d'expérience. Si une telle visualisation donne un aperçu global de la structure de l'arborescence en termes de répartition des concepts, et semble séduisante par son interactivité, l'utilisateur est confronté à un phénomène d'occlusion et l'accès aux nœuds cachés par la structure nécessite de nombreuses manipulations de l'arbre.

Le parcours de la relation de généralisation - spécialisation est complexe. L'utilisateur n'est pas habitué à évoluer dans un espace informationnel à trois dimensions et se perd rapidement à l'intérieur d'un tel espace. L'effort cognitif est important et la prise en main de l'outil nécessite un long apprentissage.

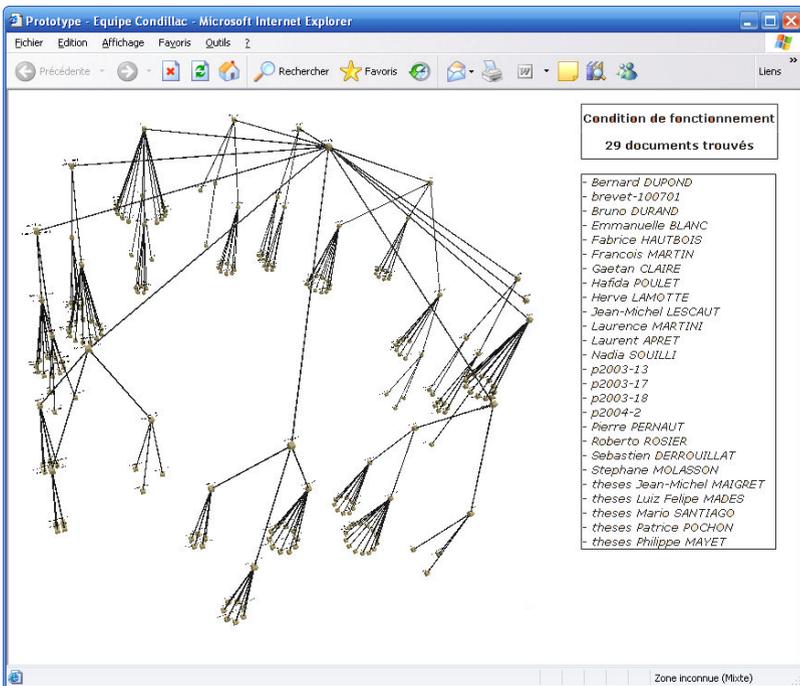


FIG. 1 - *Arbres de cônes*.

4.3 Prototypé 6 : Arbres hyperboliques

Principe. L'idée ici n'est plus de vouloir visualiser de manière uniforme tous les nœuds, mais d'en visualiser certains de façon claire tout en permettant l'accès aux autres nœuds. Les arbres hyperboliques (Lamping et al. 1995) utilise une technique graphique de vue non uniforme de type « fisheye » (Furnas 1981; Sarkar et Brown 1992; Leung et Apperley 1994) qui permet de placer dans la vue un nombre important de nœuds.

Cette vue utilise une géométrie non euclidienne : la géométrie hyperbolique. La représentation de la hiérarchie des concepts est alors un arbre radial placé sur un plan hyperbolique. Grâce à la géométrie de ce plan, l'utilisateur a l'impression que la taille des nœuds et la distance entre chaque nœud sont inversement proportionnelles à leur distance au centre du disque. Ainsi, les nœuds sont toujours visibles sinon accessibles et il suffit à l'utilisateur de glisser au centre ceux qu'il souhaite voir plus en détails.

On obtient ainsi une vue de type « focus + context » (Card et al. 1999) où le focus est toujours au centre du disque.

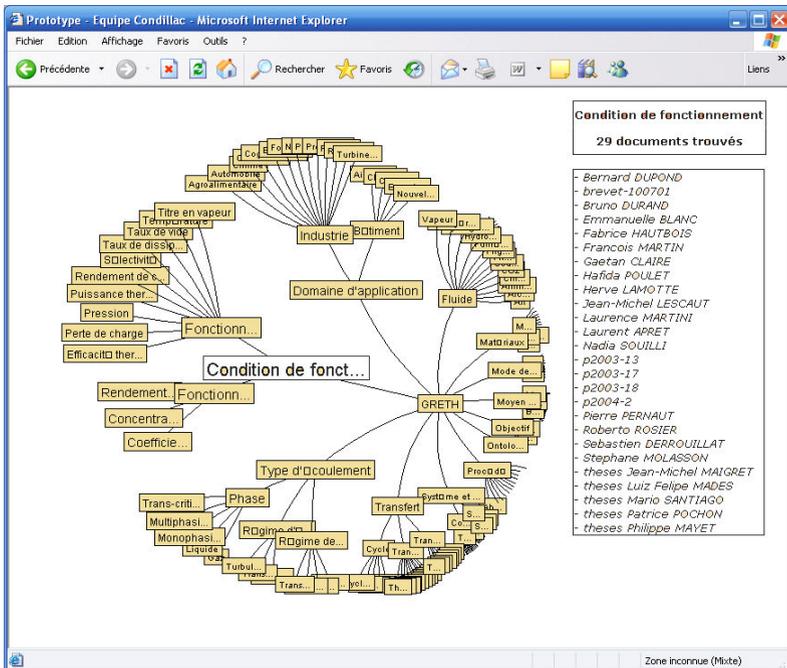


FIG. 2 - Arbre Hyperbolique.

Il existe des variantes en trois dimensions (Munzner et Burchard 1995; Hughes et al. 2004) mais elles ont l'inconvénient d'apporter des effets d'occlusion éliminant ainsi l'apport de « vision globale » de la vue en deux dimensions.

Retour d'expérience. Si de prime abord la forte interactivité des arbres hyperboliques séduit, elle souffre de plusieurs défauts qui peuvent en limiter sa réelle utilisation. Dû aux effets de la déformation, les étiquettes associées aux nœuds ne sont pas alignées et parfois se superposent. Mais c'est principalement son utilisation qui pose problème. En effet, lors de la manipulation de la structure, les éléments à la frontière de l'espace de visualisation se retrouvent projetés de façon « imprévisible ». Ces effets ont tendance à perturber l'utilisateur qui cherche en permanence à rétablir la situation engendrant un effort cognitif plus important et une prise en main assez délicate.

Ces effets de projection sont dus à la géométrie utilisée. En effet, les éléments sont représentés dans un plan hyperbolique qui n'est pas commun à nos sens. C'est pourquoi, le résultat des transformations appliquées au plan n'est pas prévisible « naturellement ».

5 Notre proposition : le paradigme d' « Eye Tree »

Les retours d'expérience de l'utilisation de ces différents types de navigation nous ont permis d'identifier, dans le cadre de notre application, quatre critères principaux pour la réalisation d'une carte sémantique interactive :

- utiliser une technique de type « focus + context » pour permettre à l'utilisateur de se concentrer sur certains éléments tout en facilitant l'accès aux autres éléments ;
- utiliser une géométrie euclidienne pour ne pas perturber la perception naturelle des manipulations du plan ;
- proposer une vue globale de l'ontologie permettant à l'utilisateur de facilement appréhender l'ensemble des concepts du domaine ;
- pouvoir parcourir la base de connaissances tout en gardant un point fixe de référence.

Forts de ses résultats nous avons été amenés à définir un nouveau paradigme basé sur une technique de visualisation de type « fisheye » avec un plan qui possède une géométrie euclidienne : la technique « Polar Fisheye View » (Sarkar et Brown 1992) prenant en compte les critères précédents.

Cette technique fait partie des techniques de représentation avec déformation (Leung et Apperley 1994). Pour cela, les nœuds sont répartis radialement dans l'espace euclidien avant de subir une transformation via une fonction d'amplification continue appliquée aux coordonnées polaires des nœuds.

La figure suivante illustre les opérations opérées sur le plan avant de le visualiser :

Exploration interactive de bases de connaissances : un retour d'expérience

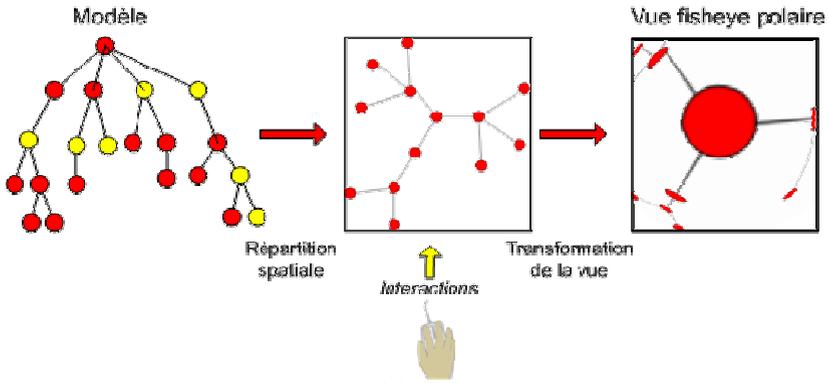


FIG. 3 – Le modèle de l' « Eye Tree ».

Le résultat ressemble aux arbres hyperboliques, mais les interactions de l'utilisateur (par exemple translations) sont appliquées sur un plan euclidien. Elles sont donc « naturellement » prévisibles par l'utilisateur. La transformation étant linéaire, le résultat n'est pas perturbant pour les utilisateurs tout comme pour les « Perspective Wall » (Jock et al. 1991).

Voici le résultat que nous avons obtenu avec un nœud sélectionné et la liste des documents associés :

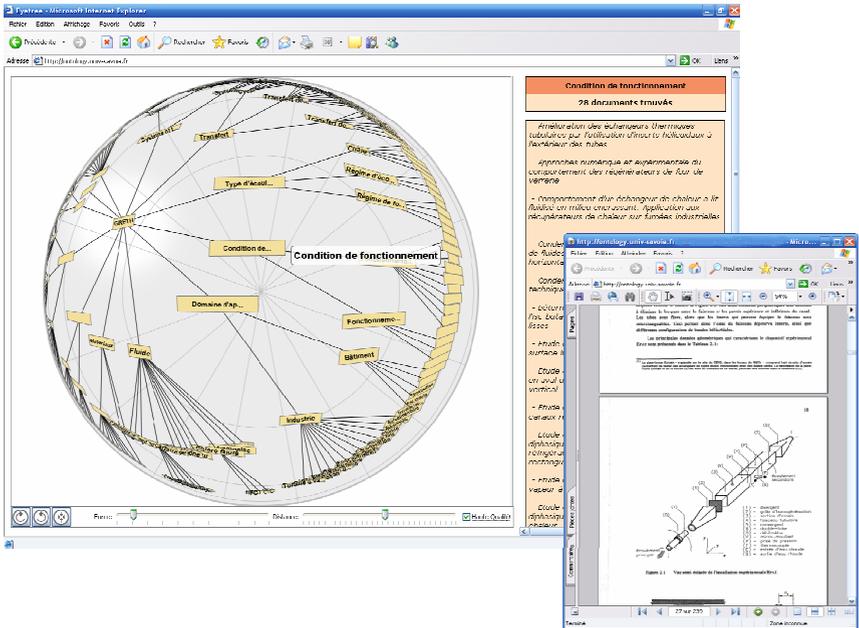


Fig. 4 - Utilisation de l' « Eye Tree ».

Le plan donne l'impression d'être projeté sur une sphère. Lorsque l'utilisateur manipule l'arbre, il a l'impression de déplacer le plan sur la sphère. Le tout donne l'illusion d'un œil d'où le nom : « Eye Tree ».

L'Eye Tree permet aussi d'avoir une vue globale de la structure en faisant varier la force de la fonction d'amplification (plus la force est importante, plus les éléments sont ramenés vers le centre) et la distance entre les nœuds à l'aide de deux curseurs.

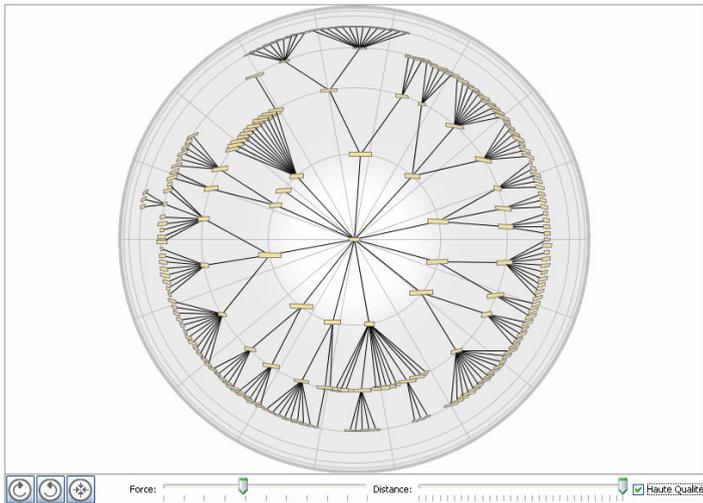


FIG. 5 - *Vue globale de la structure.*

Enfin, les utilisateurs, face aux problèmes que pose l'utilisation des arbres hyperboliques et en particulier face au fait que toute modification locale entraîne des perturbations globales, ont exprimé la possibilité de pouvoir parcourir un ensemble d'éléments au sein d'un espace avec déformation tout en conservant une référence par rapport à un point fixe, en particulier par rapport à la racine de l'ontologie. Nous avons pour cela introduit les rotations du plan euclidien avec pour centre la racine de la structure hiérarchique. Cette interaction a pour conséquence de faire défiler tous les éléments du même niveau par rapport à un point fixe. Ainsi pour la recherche, il est possible de parcourir avec une seule interaction l'ensemble des sous éléments d'un élément donné (en accord avec le modèle MVC (Krasner et Pope 1988), ces rotations sont associées aux événements de la souris correspondant aux actions de la molette).

6 Conclusion

Le choix d'un paradigme de visualisation nécessite de définir au préalable des critères d'évaluation en fonction du type d'application et des attentes des utilisateurs.

La problématique de l'exploration de bases documentaires techniques guidée par une ontologie de domaine impose un certain nombre de contraintes. Ces contraintes ont été identifiées suite aux retours d'expérience de l'utilisation de différents modes de visualisation.

Ainsi, dans la mesure où l'on se focalise sur les concepts et la relation hiérarchique de « généralisation – spécialisation », les visualisations de type « nœud – lien » sont à privilégier par rapport à des techniques de type « space – filling ».

De même, l'utilisation d'une géométrie euclidienne, à l'inverse des géométries hyperboliques, permet de ne pas perturber la perception naturelle des manipulations du plan. Ce point est important dans la mesure où une ontologie est davantage qu'un simple réseau de nœuds : la distribution des concepts doit rester constante dans leur affichage.

Enfin, la visualisation d'ontologies importantes nécessite une approche de type « focus + context » qui permet de focaliser l'affichage sur certains nœuds tout en permettant l'accès aux autres nœuds.

L'ensemble de ces considérations a permis de spécifier et de réaliser un nouveau navigateur dédié à la gestion de documents techniques annotés par une ontologie de domaine : le « Eye Tree ». Ce navigateur de type « polar fisheye view » (focus+ context avec déformations linéaires) permet des interactions dédiées à l'exploration d'ontologies (parcours de sous éléments par rapport à un point fixe).

Pour être en accord avec le mantra de Shneiderman ("*Overview first, zoom and filter, then details on demand*") (Shneiderman 1996), l'accès à ce type de base de connaissances nécessite de combiner une approche globale puis une approche locale. C'est pourquoi, nos prochains travaux porteront sur l'intégration à l'Eye Tree de paradigmes de type « treeview simple » pour permettre à l'utilisateur de se focaliser sur une partie de l'arborescence. De plus, pour valider ces travaux, nous élaborerons une expérimentation pour compléter nos retours d'expérience par des résultats quantifiables.

Références

- Andrews, K. et H. Heidegger (1998). Information Slices: Visualising and Exploring Large Hierarchies using Cascading, Semi-Circular Discs. Late Breaking Hot Topic Paper, IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis'98). Research Triangle Park, North Carolina.
- Baker, M. J. et S. G. Eick (1995). "Space-filling Software Visualization." *Journal of Visual Languages and Computing* 6(2): 119-133.
- Barlow, S. T. et N. Padraic (2001). A Comparison of 2-D Visualizations of Hierarchies. *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization 2001 (INFOVIS'01)*, IEEE Computer Society.
- Bechhofer, S., I. Horrocks, C. Goble et R. Stevens (2001). OilEd: a Reason-able Ontology Editor for the Semantic Web. *Proceedings of KI2001, Joint German/Austrian conference on Artificial Intelligence*, Vienna, Springer-Verlag.
- Bertin, J. et M. Barbut (1967). *Sémiologie graphique: les diagrammes, les réseaux, les cartes*. Paris, Mouton,.
- Card, S. K., J. D. Mackinlay et B. Shneiderman (1999). *Readings in information visualization : using vision to think*. San Francisco, Calif., Morgan Kaufmann Publishers,.

- Furnas, G. W. (1981). The FISHEYE View: A New Look at Structured Files.
- Ham, F. v. et J. J. v. Wijk (2003). "Beamtrees: compact visualization of large hierarchies." *Information Visualization* 2(1): 31-39.
- <http://protege.stanford.edu>. (2005). "The Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System." from <http://protege.stanford.edu/>
- Hughes, T., Y. Hyun et D. A. Liberles (2004). "Visualising very large phylogenetic trees in three dimensional hyperbolic space." *BMC Bioinformatics* 5(1): 48.
- Jock, D. M., G. R. George et K. C. Stuart (1991). The perspective wall: detail and context smoothly integrated. Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Reaching through technology. New Orleans, Louisiana, United States, ACM Press.
- Johnson, B. et B. Shneiderman (1991). Treemaps: a space-filling approach to the visualization of hierarchical information structures. Proceedings of the 2nd International IEEE Visualization Conference. San Diego: 284-291.
- Kobsa, A. (2004). "User Experiments with Tree Visualization Systems."
- Krasner, G. E. et S. T. Pope (1988). "A cookbook for using the model-view controller user interface paradigm in Smalltalk-80." *J. Object Oriented Program.* 1(3): 26-49.
- Lamping, J., R. Rao et P. Pirolli (1995). A focus+context technique based on hyperbolic geometry for visualizing large hierarchies. Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. Denver, Colorado, United States, ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co.
- Leung, Y. K. et M. D. Apperley (1994). "A review and taxonomy of distortion-oriented presentation techniques." *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 1(2): 126-160.
- Munzner, T. et P. Burchard (1995). Visualizing the structure of the World Wide Web in 3D hyperbolic space. Proceedings of the first symposium on Virtual reality modeling language. San Diego, California, United States, ACM Press.
- Plaisant, C. (2004). The challenge of information visualization evaluation. Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces. Gallipoli, Italy, ACM Press.
- Robertson, G. G., J. D. Mackinlay et S. K. Card (1991). Cone Trees: animated 3D visualizations of hierarchical information. Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Reaching through technology. New Orleans, Louisiana, United States, ACM Press.
- Sarkar, M. et M. H. Brown (1992). Graphical fisheye views of graphs. Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. Monterey, California, United States, ACM Press.
- Shneiderman, B. (1996). The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations.

Wijk, J. J. V. et W. Huub van de (1999). Cushion Treemaps: Visualization of Hierarchical Information. Proceedings of the 1999 IEEE Symposium on Information Visualization, IEEE Computer Society.

Summary

Browsing in knowledge bases remains an open issue. Although several paradigms of visualisation exist, work on returns on experience is scarce. In the framework of this article, we will discuss the different paradigms of interactive browsing within semantically annotated documentary bases, the access to the knowledge base being achieved through the ontology of the application domain. These paradigms have been assessed in the context of an industrial application (fluid mechanics and heat exchangers) according to criteria defined by the users. The analysis of returns on experience has enabled us to define and to create a browser dedicated to the administration of technical documents annotated by an ontology specific to the domain: the « Eye Tree », browser of the type « polar fisheye view ».