



Navigation sur des cartes de connaissances suportées par un treillis de Galois

Jean Villerd, Sylvie Ranwez, Michel Crampes

► To cite this version:

Jean Villerd, Sylvie Ranwez, Michel Crampes. Navigation sur des cartes de connaissances suportées par un treillis de Galois. Carto 2.0 "Où en êtes-vous de la mise en scène de vos informations?", Apr 2008, Champs sur Marne, France. pp.105-113. hal-00797175

HAL Id: hal-00797175

<https://hal.science/hal-00797175>

Submitted on 5 Mar 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Navigation sur des Cartes de Connaissances supportées par un Treillis de Galois

Jean Villerd¹, Sylvie Ranwez¹, Michel Crampes¹.

¹ Centre de Recherche LIG2P de l'Ecole des Mines d'Alès,
Site EERIE, Parc scientifique G. Besse, 30 035 Nîmes, France
{Jean.Villerd, Sylvie.Ranwez, Michel.Crampes}@ema.fr

Résumé. Devant le nombre, sans cesse croissant, de documents numériques accessibles, un réel besoin de nouvelles techniques de représentation émerge. En effet, la traditionnelle liste de résultats (type *Google*) ne suffit plus et des alternatives graphiques ont été proposées, en particulier pour représenter conjointement des vues globales et locales en sélectionnant certains documents. Cependant pour pallier aux problèmes liés à l'encombrement de l'écran, il est nécessaire mettre en place une assistance à la navigation basée sur la sémantique des documents. Nous proposons d'utiliser la classification des données dans un treillis de Galois et des techniques de FCA – Formal Concept Analysis –, associées avec des techniques de visualisation traditionnelle pour suggérer des chemins de navigation sur une carte, en fonction de la sélection de certains concepts du treillis. L'article est illustré avec un exemple concret de navigation sur une base de données de brevets industriels.

Mots-clés : Cartes conceptuelles, FCA, Navigation sémantique, Navigation visuelle.

1 Introduction

Le nombre de documents indexés disponibles ne cesse d'augmenter, sans pour autant que les outils d'exploration évoluent. Ils reposent souvent sur un modèle traditionnel : pour une requête donnée le système propose une liste conséquente de résultats. Un réel besoin émerge de techniques de représentation exploitant la sémantique des documents pour rendre plus explicite cet ensemble de résultats et aiguiller la navigation dans la collection de documents. Les treillis de Galois et les techniques d'analyse formelle associées (FCA – Formal Concept Analysis) peuvent servir de base à la structuration conceptuelle des données. Cette structure peut ensuite être utilisée pour dégager certaines propriétés inhérentes des données et pour explorer dynamiquement des collections de documents. En effet la formalisation mathématique associée, au-delà de l'organisation des données, permet d'inférer un raisonnement lors du processus de recherche documentaire.

Cet article présente une méthode qui associe des techniques de FCA et de visualisation de l'information pour faciliter la navigation dans de grandes collections. La section suivante présente le contexte de notre recherche et l'état de l'art. Celui-ci se focalise sur l'utilisation des techniques de FCA en recherche d'information et sur les techniques de visualisation pour explorer de larges bases de données. La section 3 développe notre méthode et l'illustre sur un exemple concret. Enfin nous discutons notre approche en présentant ses limites et ses perspectives, avant de conclure.

2 Contexte de l'étude et état de l'art

2.1 Problématique

Devant les avancées technologiques liées aux NTIC, un grand nombre de réseaux se mettent en place : réseaux de scientifiques liés à des projets de recherche, réseaux internes aux entreprises, réseaux sociaux... L'intérêt et l'efficacité de ces regroupements reposent sur l'implication de tous leurs membres, cependant leur diversité nécessite des techniques efficaces de partage de l'information afin que chacun puisse l'appréhender à son niveau. Ainsi, lorsqu'une société d'accompagnement à l'innovation nous a fait part de son souci de mettre à disposition une plateforme collaborative accessible à tout type d'employé d'un grand groupe industriel, nous lui avons proposé d'utiliser des cartes de connaissances. C'est ce qui nous a conduits à travailler sur une base de brevets industriels qui servira d'exemple tout au long de cet article.

La plateforme actuellement utilisée dans les entreprises fournit une liste de résultats en fonction des mots-clés contenus dans une requête. Ceci présente deux inconvénients : à aucun moment une vision globale de la base de données n'est accessible et le moindre changement dans la requête entraîne le rafraîchissement complet de la liste des résultats sans que l'utilisateur puisse observer l'évolution par rapport à sa requête précédente. Nous souhaitons mettre en place une interface d'accès à l'information plus intuitive, y compris pour des personnes qui ne sont pas familières avec les environnements informatiques. Deux objectifs prédominent : visualiser et naviguer au sein des données sans que la surcharge de l'écran ne constitue un obstacle à cette navigation et guider l'utilisateur afin que le chemin parcouru soit guidé par la sémantique de la carte. Pour cela, il est né-

cessaire que les documents soient organisés sémantiquement et que cette sémantique soit appréhendée par l'utilisateur aussi intuitivement que possible.

Plusieurs travaux de recherche se sont intéressés à la représentation graphique de documents indexés en général [24] parmi lesquels certains concernent les bases de données de brevets. Dans MultiSOM [13] les mots-clés sont répartis en sous-ensembles correspondant à des aspects (coût, techniques, etc.) représentant différents points de vue. Une carte auto-organisée est proposée pour chacun de ces aspects et il est possible de passer d'une vue à une autre en spécifiant certains items. Cette solution offre une vue globale cependant l'utilisateur n'a pas d'information concernant la proximité des documents les uns avec les autres.

Pour permettre de se concentrer sur certains mots-clés (vision locale) tout en conservant une vision globale de la base, nous proposons une méthode qui assiste l'utilisateur dans sa navigation d'une vue à une autre. L'idée principale est d'organiser les documents sur des vues locales correspondant à différents ensembles de mots-clés/brevets. Ces vues sont ordonnées dans un treillis de concepts [9] (aussi appelé treillis de Galois), définissant des chemins de navigation possibles qui seront suggérés à l'utilisateur. La *Formal Concept Analysis*¹ (FCA) est une méthode d'analyse de données permettant d'extraire des regroupements à partir d'une relation objets/attributs. Un regroupement est une paire "cohérente" formée d'un sous-ensemble d'objets et d'un sous-ensemble d'attributs. Ces regroupements, appelés *concepts formels* ou noeuds, sont ensuite ordonnés selon l'inclusion de leurs objets et attributs respectifs pour former une structure de treillis (voir Fig. 1). L'utilisation des techniques de FCA pour la recherche d'information n'est pas une idée nouvelle [7]. Cependant dans les approches existantes, le contenu des noeuds du treillis (les sous-ensembles de documents formant les vues locales) sont présentés sous forme de listes, et l'on reste confronté aux problèmes évoqués ci-dessus.

2.2 FCA et recherche d'information

De part son efficacité, l'analyse formelle de concepts a été utilisée dans de nombreuses applications, notamment en recherche d'information [19]. Depuis les premiers travaux de [10] concernant un système basé sur un treillis de documents/termes, de nombreux résultats ont été présentés dans la littérature. Plusieurs applications utilisant les FCA sont industrialisées et disponibles. C'est le cas de Mail-Sleuth [8], un système de gestion du courrier électronique doté d'outils de classification et de requêtes. Il permet de naviguer dans les données tout en laissant la possibilité de modifier la classification des termes sur une représentation du treillis. Des recherches amont ont étudié la bonne appréhension des représentations basées sur les treillis, y compris par des novices [8]. Image-Sleuth [7] propose un système de recherche d'images basé sur les FCA, dans lequel les treillis sous-jacents sont masqués. L'utilisateur n'interagit pas directement avec une représentation explicite du treillis. Il navigue d'un concept à l'autre en ajoutant ou enlevant des termes suggérés par le système.

2.3 Techniques de visualisation pour parcourir de grandes collections de données

Depuis plusieurs décennies, le domaine de la visualisation d'information étudie les solutions graphiques pour représenter une masse d'informations abstraites [3]. Cependant la navigation dans de grandes bases de données, même en utilisant une représentation visuelle, n'est pas pour autant un problème résolu. Schneiderman a défini le paradigme "*focus + context*" qui recommande de donner tout d'abord une vision globale de la collection, puis de laisser l'utilisateur identifier une zone d'intérêt (focus) avant de lui fournir une vue locale représentant l'information et son contexte [21]. L'aperçu général permet à l'utilisateur de se construire une représentation mentale unique mais il doit réaliser le 'focus' par lui-même.

Concernant la visualisation de documents, [3] distingue deux catégories de solutions : représenter la structure propre aux documents (WebBook [4], par exemple) ou représenter l'ensemble de la collection (DocCube [17]). Le travail présenté dans la suite appartient à cette deuxième catégorie qui peut, elle-même, être subdivisée en fonction de la gestion de la structure de la base. Certains outils présentent cette structure au travers de regroupements de documents (clusters – Grokker²) en utilisant des techniques de pavage comme le font les TreeMaps [12]. D'autres représentent la collection comme un ensemble de points en deux ou trois dimensions répartis en fonction d'une distance sémantique souvent basée sur des vecteurs indexés (DocCube). Le choix entre ces deux stratégies dépend des besoins de l'utilisateur : montrer la structure de la base permet une navigation plus progressive au travers des clusters mais réduit l'expressivité de la carte alors que les mesures de distances peuvent renforcer cette expressivité. Nous voulons tirer parti des avantages des deux approches en utilisant la première pour afficher la vue globale et la seconde pour les vues locales. (c.f. section 3).

2.4 Chemins de visualisation

Plusieurs techniques d'exploration visuelle sont présentées dans la littérature. Upson et al. [25] et Card et al. [3] décrivent le processus de visualisation comme un cycle d'analyse : i) transformation des données brutes, ii) mise en relation avec les primitives de visualisation, iii) affichage des résultats, ce qui permet de redémarrer un nouveau cycle. Le processus de visualisation repose entièrement sur cette interaction avec l'utilisateur qui in-

¹ le lecteur pourra se reporter à [1][9] pour connaître les bases de l'analyse formelle des concepts – FCA

² <http://www.grokker.com>

fluence chaque étape en ajustant des paramètres (valeurs de seuil, couleurs et forme d'affichage, orientation de la vue, etc.). Les modèles de Upson et Card associent l'exploration visuelle à un processus global, mais leur granularité n'est pas suffisante pour détailler et définir un chemin d'exploration. Ils ont donné suite à deux approches : les chemins d'espace de visualisation et les modèles de dérivation.

Les chemins d'espace de visualisation (*visualization space paths* [23]) envisagent l'exploration visuelle comme un chemin de navigation dans un espace multidimensionnel. Le résultat visuel est alors un point dans un espace paramétré. Basé sur ce modèle, de nouvelles interfaces comme Design Galleries [16] offrent une vue globale de l'espace paramétré. Le principal intérêt consiste à expliciter les relations entre les résultats visuels et les paramètres. Cependant certaines relations entre les résultats ne sont pas explicites et les modèles de dérivation ont été introduits pour y remédier. Ils décrivent les transitions entre une vue et celle qui l'a précédée. Développé pour fournir une assistance visuelle dans les environnements de résolution de problème, le système GAS-PARC [2] construit un historique des visualisations sous forme d'arbre et stocke les paramètres correspondant à chaque vue. Dans les travaux de Lee [14, 15], un graphe est utilisé pour modéliser le processus de visualisation. Les nœuds sont les états de la visualisation et les arêtes sont basées sur des similarités entre les attributs de ces états. Jankun-Kelly et al. [11] ont généralisé ce modèle pour le rendre plus extensible. On peut regretter que la plupart de ces travaux se concentrent sur la visualisation scientifique (résolution de problème, imagerie médicale, etc.) et ne prennent pas en compte la sémantique des données visualisées. Or c'est la représentation de cette sémantique qui nous semble particulièrement intéressante.

2.5 Cartes de connaissance et Multidimensional Scaling – MDS

Les tests de validation de notre approche sont réalisés sur une plateforme multi-agents que nous avons développée. MolAge (pour *Molecular Agents*) permet de manipuler visuellement des entités en utilisant des fonctionnalités visuelles (zoom, *fish-eye*, lentilles sémantiques, filtrage, etc.). Chaque entité peut être typée et décrite grâce à plusieurs attributs (descripteurs). Cette collection d'entités peut représenter une base de données multimédia (titres musicaux) décrits avec des "moods" (humeurs), des documents textuels caractérisés par des vecteurs de mots-clés, des images qui sont classées en fonction de leur sujet, leur couleur, etc. Si l'on considère l'ensemble des descripteurs, chaque entité est caractérisée dans un espace à m dimensions. La collection est projetée sur un espace à deux dimensions en utilisant des techniques de *MultiDimensional Scaling* (MDS [18]).

L'environnement MolAge et son utilisation pour la navigation dans une base de données musicale a été détaillé dans [5]. L'intérêt de l'utilisation de cartes pour une indexation visuelle par simple glisser-déposer d'un élément y est décrit ainsi que l'utilisation de la carte pour la composition de *playlists*. Cependant certaines limites sont soulevées, en particulier le manque d'assistance lors de la navigation visuelle sur la carte. C'est pourquoi nous avons proposé d'explicitier la sémantique de la carte et de l'utiliser pour la conception de la carte dans [6]. Dans ce qui suit, nous prolongeons notre réflexion sur l'assistance à la navigation pour explorer de larges bases de données.

3 Une méthode d'exploration visuelle basée sur un treillis de concepts

Le treillis de Galois que nous utilisons résulte de la structuration de la base de brevets/documents (objets) en différentes classes en fonction des mots-clés/termes (attributs) qui leur sont associés. La figure 1 présente le treillis de Galois correspondant à la matrice brevets/mots-clés de notre base de données de test.

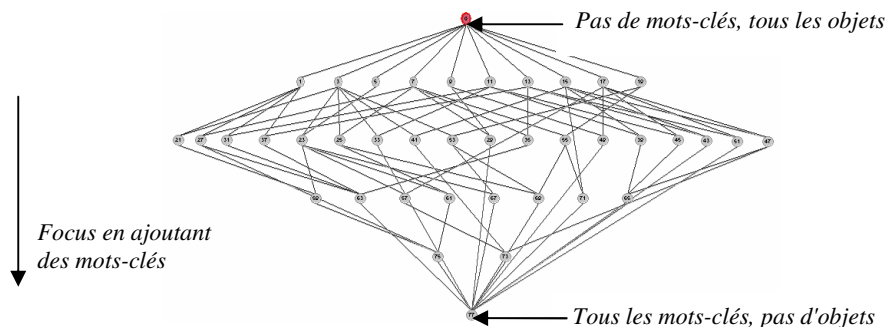


Fig. 1. Treillis de Galois réalisé avec Galicia à partir d'une base de données de brevets (329 objets, 10 attributs).

Sur de grosses bases de données, il est souvent possible de distinguer différents niveaux qui peuvent être considérés séparément. Nous voulons préserver autant que possible l'image mentale qu'a l'utilisateur tout en le conseillant lors de son passage d'une vue locale à une autre.

3.1 Décomposition du problème

Dans notre approche, nous proposons des vues adaptées en fonction des différents niveaux d'abstraction. Les techniques de visualisation que nous utilisons accompagnent l'utilisateur dans sa démarche d'inférence visuelle.

Cependant, il est difficile d'obtenir un compromis entre une stratégie consistant à effectuer des prétraitements (classification, etc.) sur les données en vue de fournir une représentation synthétique, et une visualisation qui présente les données brutes en l'état. La première approche est plus claire pour les utilisateurs mais peut introduire un biais dans leur interprétation et altérer leur perception en masquant certaines informations. La seconde approche se confronte au problème de surcharge cognitive : visualiser trop d'informations en même temps. Notre approche satisfait les deux approches en trouvant un compromis.

Nous pensons que la vue globale de Schneiderman, i.e. la vue générale correspondant au niveau d'abstraction le plus haut, doit mettre en évidence la structure de la base de données ; c'est en effet à ce niveau que la perception sera la meilleure pour l'utilisateur. Cette vue peut ensuite être utilisée comme une sorte de GPS lors de la navigation à l'intérieur des vues locales, de niveau d'abstraction plus faible. En ce qui concerne ces dernières, i.e. les vues contextuelles de Schneiderman, il s'agit de représenter les relations concrètes entre les données locales, en utilisant les techniques de visualisation les plus intuitives. Dans la suite, nous décrivons tout d'abord la vue globale, avant de décrire les vues locales. Cependant il faut noter que dans la pratique, les deux vues sont présentées simultanément dans l'interface (comme le montre la figure 3).

3.2 Génération de la vue globale et des vues locales

Le treillis de concepts correspondant à la matrice document/termes (brevets/mots-clés, dans notre cas) est utilisé à la fois comme support à la navigation au sein de la collection (comme dans Image-Sleuth), et comme vue globale qui met en évidence sa structure conceptuelle.

Plutôt que d'utiliser des représentations traditionnelles des treillis, comme les diagrammes de Hasse (Fig. 1) et des techniques de dessin de graphe [22], les nœuds du treillis sont disposés en utilisant l'algorithme des resorts (Force Direct Placement – c.f. section 2.5) en fonction d'une distance sémantique [20].

Pour éviter l'encombrement de l'écran, toutes les arêtes ne sont pas représentées (comme dans la figure 2, à gauche). Nous utilisons pour cela des lentilles topologiques [6] qui sont une technique visuelle pour ne montrer que les arêtes liées au nœud sélectionné et pour mettre en évidence les nœuds reliés à celui-ci par les arêtes. Dans la partie droite de la figure 2, le nœud du treillis sélectionné est *{plasma display, display device}* et la cardinalité correspondant à son extension (ses d'objets) est égale à 1 (cette cardinalité indique combien de documents appartiennent à ce concept et pas aux concepts situés au dessus). Les concepts reliés avec lui sont mis en évidence. Lorsqu'on survole un concept avec la souris, ses intentions (attributs) sont montrées. Cette visualisation permet de naviguer sur les nœuds du treillis, tout en estimant l'étendue de la distance sémantique à chaque pas.

Disposant de la vue globale qui permet de naviguer sur la base de données, nous allons maintenant présenter la visualisation des vues locales et comment l'utilisateur peut interagir, à la fois avec la vue globale et la vue locale. Les vues locales peuvent représenter les relations et les proximités entre les données brutes. Dans une première approche, on calcule la distance entre les documents une fois pour toute. Plusieurs résultats de recherche ont été publiés concernant le calcul de distances sémantiques entre des documents textuels, mais ils sortent de notre propos [20]. Nous supposons qu'un calcul de distance existe.

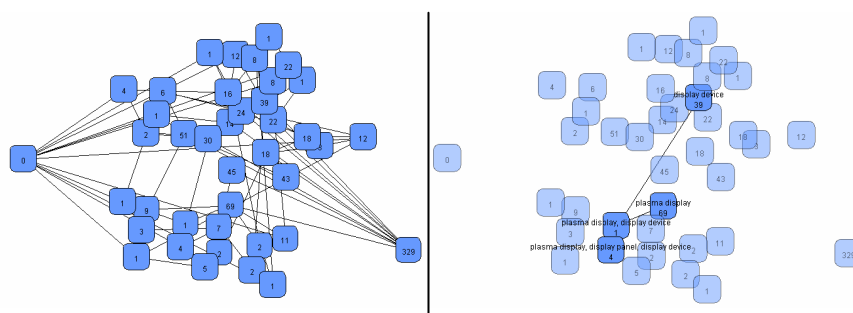


Fig. 2. La vue globale est une projection MDS d'un treillis de concepts en utilisant une distance sémantique. Toutes les arêtes sont montrées sur la vue de gauche. Un concept particulier *{plasma display, display device}* et ses voisins sont mis en évidence dans la vue de droite.

Cette distance peut être indépendante des attributs contenus dans le treillis de Galois. En effet, il peut être intéressant de comparer deux niveaux d'indexation. Par exemple dans le cas de documents multimédia, des descripteurs concernant les '*moods*' peuvent être utilisés pour structurer les données et construire la base conceptuelle (le treillis de concepts) tandis que des descripteurs physiques, obtenus par des techniques d'analyse du signal peuvent être utilisés pour calculer la distance sémantique entre les entités, en supposant que l'utilisateur utilise un niveau d'abstraction très haut pour réaliser le focus de Schneiderman et un niveau d'abstraction plus bas, plus proche des données brutes, pour observer l'organisation locale des documents.

Utiliser la même distance pour représenter toutes les vues locales préserve la représentation mentale de l'utilisateur. Actuellement, le passage d'une vue à l'autre en sélectionnant un nœud ou un autre du treillis a pour effet de masquer ou non certains documents mais en conservant leur place dans la carte. Une autre approche

consiste à utiliser une mesure différente pour chaque noeud du treillis, i.e. pour chaque sous-ensemble d'attributs. Cependant, dans ce cas, le passage d'un noeud à l'autre du treillis rend visible ou non certains documents (comme dans l'approche précédente) mais ces documents vont en plus changer de position sur l'écran et perturber ainsi la représentation mentale de la collection qu'avait l'utilisateur. Nous n'avons donc pas été plus avant dans cette solution, même si Molage permet une projection MDS sélective qui permettrait à l'utilisateur de visualiser les changements.

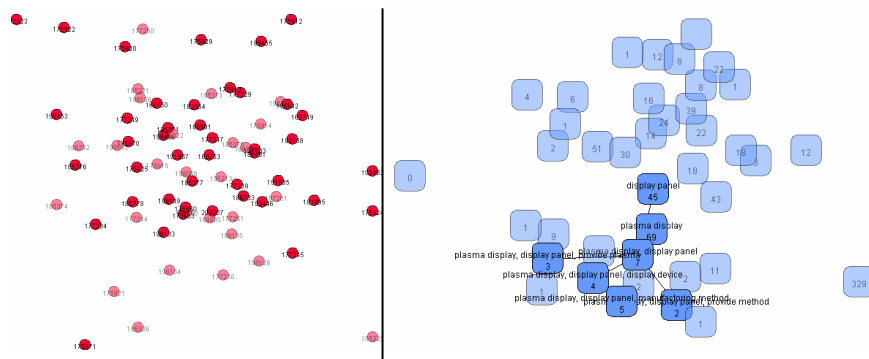


Fig. 3. La sélection d'un concept dans la vue globale (à droite) affiche les brevets contenus dans l'extension de ce concept dans la vue de gauche et suggère des chemins de navigation en mettant certains concepts en évidence dans la vue générale.

3.3 Interactions entre les vues globales et locales

Le cas d'utilisation typique consiste à partir du noeud le plus élevé dans le treillis pour afficher l'ensemble de la collection. Ensuite, deux possibilités se présentent : l'utilisateur continue sa navigation sur le treillis en sélectionnant un des noeuds adjacents au noeud de départ (mis en évidence). Quand l'utilisateur bouge la souris sur un noeud particulier, les documents correspondants sont mis en évidence pour que l'utilisateur ait une prévisualisation de la vue qui va suivre et pour observer la répartition de ces documents sur la vue actuelle (c.f. Fig. 3). Quand l'utilisateur sélectionne un nouveau noeud, la vue locale est mise à jour pour enlever les entités qui n'appartiennent pas à l'extension du concept choisi. Dans ce cas, la distance n'est pas recalculée et la carte ne bouge pas ; seuls les niveaux de visibilité ont changé.

4 Résultats

Notre méthode de navigation a été testée sur des données réelles, des brevets indexés à l'aide de mots-clés et pour lesquels une matrice de similarité entre les documents était donnée. Nous en avons extrait 329 brevets indexés par 10 termes. Le treillis correspondant a été calculé avec Galicia (<http://www.iro.umontreal.ca/~galicia/>) en utilisant l'algorithme de Bordat. Il a 40 concepts. Nous avons soumis différentes copies d'écran des différentes étapes de la navigation à notre partenaire industriel. Il avait pour tâche de les comparer avec l'environnement qu'il utilise habituellement. Concernant les vues globales, il a souligné l'intérêt de mettre en évidence certaines relations : *“On a un supplément d'information très intéressant concernant les liens des concepts entre eux, et la visualisation du nombre d'occurrences par concept est non seulement beaucoup plus ludique, mais elle permet de se rendre compte de la consistance des documents liés aux concepts”*. A propos des vues locales, il a apprécié la spatialisation des documents et *“le fait qu'on puisse voir d'un seul coup d'oeil combien de documents sont disponibles, de façon plus directe et explicite que lorsque les résultats sont présentés dans une liste”*. Pour la méthode de navigation elle-même, il confirme qu' *“elle permet de garder en tête plus facilement les étapes effectuées, permettant une meilleure compréhension d'où on est et un retour en arrière, ou une modification, plus simple. Le travail d'analyse de la base auquel on se livre se passe en deux temps : un premier temps d'exploration pour découvrir et comprendre de quoi “parlent” les documents de la base, et un deuxième temps de rationalisation de ces différentes découvertes. Une difficulté vient du mélange de ces deux temps (on explore la base, on trouve quelque chose, et on veut le sauver tout de suite. Mais on a oublié un peu les étapes par où l'on est passé. Et généralement, toutes les “réductions” effectuées ne sont pas pertinentes par rapport à la “découverte”). Avec la navigation proposée, on approche de quelque chose de très visuel quand au scénario d'exploration, qui permettra sans doute de rationaliser et sauvegarder plus efficacement un groupe de documents pertinent.”*

Il a également souligné quelques limites et suggéré des améliorations : *“il faudrait réussir à présenter plus d'information sur les documents de façon simple dans la vue locale.”*, *“il serait intéressant de fixer une vue locale et, quand on sélectionne un nouveau concept, de colorer les nouveaux documents (en bleu, par exemple) sur la vue locale et d'une couleur différente (par exemple violet) les documents de l'intersection”*. Cette remarque est d'autant plus importante qu'elle rejoint nos perspectives : approfondir la navigation et doter le processus d'analyse d'outils techniques de visualisation.

5 Conclusion et perspectives

Ce papier présente une méthode de navigation visuelle sur une collection de documents indexés, qui combine des techniques de classification FCA pour fournir une vue globale et des techniques de visualisations intuitives pour représenter des vues locale (focus). Les premiers retours de notre partenaire industriel sont encourageants. L'approche semble pertinente et les résultats rejoignent les attentes des utilisateurs. Le challenge consiste maintenant à approfondir cette recherche pour consolider l'assistance à l'analyse lors de l'exploration de la base de données. Nous travaillons actuellement sur l'aide à la sélection des attributs lors de cette navigation.

6 Références

1. Barbut, M., Monjardet, B.: *Ordre et Classification: Algèbre et Combinatoire*. Hachette, Paris (1970)
2. Brodlie, K., Poon, A., Wright, H., Brankin, L., Banecki, G. and Gay, A.: GRASPARC—A problem solving environment integrating computation and visualization. In *Proc. of the 4th IEEE Conference on Visualization (Vis'93)*, G. M. Nielson and R. D. Bergeron, Eds. (1993) 102–109
3. Card, S. K., Mackinlay, J. D. and Shneiderman, B.: *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*. Morgan Kaufmann Publishers (1999)
4. Card S. K., Hong L., Mackinlay J. D., Chi E. H.: 3Book: a scalable 3D virtual book, CHI'04 extended abstracts on Human factors in computing systems, Vienna, Austria, ACM Press, (2004)
5. Crampes, M., Ranwez, S., Velickovski, F., Mooney, C., Mille, N.: An integrated visual approach for music indexing and dynamic playlist composition, 13th Multimedia Computing and Networking (MMCN'06), San Jose, US. (2006)
6. Crampes, M., Ranwez, S., Villerd, J., Velickovski, F., Mooney, C., Emery, A., Mille, N.: Concept Maps for Designing Adaptive Knowledge Maps. In *Concept Maps, A Special Issue of Information Visualization*, vol. 5, n° 3, Guest Editors: S.-O. Tergan, T. Keller and R. Burkhard, Palgrave - Macmillan, (2006)
7. Ducrou, J., Vormbrock, B., Eklund, P.: FCA-based Browsing and Searching of a Collection of Images. In: *Proc. of the 14th International Conference on Conceptual Structures*. LNCS 4068, Springer Verlag (2006) 203–214
8. Eklund, P., Ducrou, J., Brawn, P.: Concept Lattices for Information Visualization: Can Novices Read Line Diagrams? In: 2nd International Conference on Formal Concept Analysis, LNCS 2961. Berlin: Springer, (2004) 14–27
9. Ganter, B., Wille, R.: *Formal Concept Analysis: Mathematical Foundations*. Springer, Berlin (1999)
10. Godin, R., Gecsei, J., Pichet, C.: Design of Browsing Interface for Information Retrieval. *Proc. SIGIR*, (1989) 32–39
11. Jankun-Kelly, T.J., Ma, K.-L. and Gertz, M.: A Model and Framework for Visualization Exploration, to appear in *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 13(2), (March/April 2007) 357–369
12. Johnson, B., Schneiderman, B.: Tree-Maps: a Space-Filling Approach to the Visualization of Hierarchical Information Structures. In *Proc. of the Second IEEE Conference on Visualization*, Los Alamitos, CA (1991) 284–291
13. Lamirel, J., Al Shehabi, S.: MultiSOM: A Multiview Neural Model for Accurately Analyzing and Mining Complex Data. In: *Proc. of the Fourth international Conference on Coordinated & Multiple Views in Exploratory Visualization*, IEEE Computer Society, Washington, DC (2006) 42–54
14. Lee, J. P.: A systems and process model for data exploration. Ph.D. dissertation, U. of Massachusetts Lowell (1998)
15. Lee, J. P. and Grinstein, G. G.: An architecture for retaining and analyzing visual explorations of databases. In *Proc. of the 6th IEEE Conference on Visualization (Vis'95)*, G. M. Nielson and D. Silver, Eds. (1995) 101–108
16. Marks, J., Andalman, B., Beardsley, P.A., Freeman, W., Gibson, S., Hodgins, J., Kang, T., Mirtich, B., Pfister, H., Ruml, W., Ryall, K., Seims, J. and Shieber, S.: Design Galleries: A general approach to setting parameters for computer graphics and animation. In *Proc. of ACM SIGGRAPH 1997, Annual Conference Series* (1997) 389–400
17. Mothe J., Chrisment C., Dousset B., Alaux J.: DocCube: Multi-Dimensional Visualisation and Exploration of Large Document Sets, *Journal of the American Society for Information Science and Technology, JASIST*, Special topic section: web retrieval and mining, vol. 7, (2003) 650–659
18. Platt, J.C.: FastMap, MetricMap, and Landmark MDS are all Nyström Algorithms. 10th International Workshop on Artificial Intelligence and Statistics (2005) 261–268
19. Priss, U.: Formal Concept Analysis in Information Science. In: *Annual Review of Information Science and Technology*, vol. 40. American Society for Information Science, Washington, DC (2006) 521–543
20. Ranwez, S., Ranwez, V., Villerd, J., Crampes, M.: Ontological Distance Measures for Information Visualisation on Conceptual Maps. In *Proc. of the OTM Workshops*. LNCS 4278, Springer (2006) 1050–1061
21. Schneiderman, B.: The Eyes have it: a Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations. In: *Proc. of the IEEE Symposium on Visual Languages*. (1996) 336–343
22. Tollis I.G.: Graph drawing and information visualization, *ACM Computing Surveys*., vol. 28, n° 4, (1996)
23. Tory, M., Potts, S., and Möller, T.: A parallel coordinates style interface for exploratory volume visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 11, n° 1, (2005) 71–80
24. Tricot, C., Roche, C., Foveau, C.E., Reguigui, S.: Cartographie Sémantique de Fonds Numériques Scientifiques et Techniques. In: *Document Numérique*, vol. 9, n° 2, (2006) 13–36
25. Upson, C., Faulhaber, T. A., Kamins, D., Laidlaw, D., Schlegel, D., Vroom, J. Gurwitz, R., and van Dam, A.: The application visualization system: A computational environment for scientific visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 9, n° 4, (1989) 30–42