
Problématique de recherche sur évolution d'un système d'intégration de dataweb sémantiques distribués

Ibrahima DIOP (*), Pr. Moussa Lo (*), Dr Olivier CORBY ()**

(*) Laboratoire d'Analyse Numérique et d'Informatique (LANI),
UFR SAT – Université Gaston Berger,
de Saint-Louis - BP 234, Sénégal
E-mail: ibadopfr@yahoo.fr, lom@ugb.sn

(**) Chargé de recherche, Responsable scientifique de l'équipe/projet Edelweiss,
INRIA Méditerranée Sophia Antipolis, France
E-mail: Olivier.Corby@inria.fr

RÉSUMÉ. Dans le projet SIC-Sénégal, les organismes vivent dans des environnements hétérogènes, dynamiques et en cours d'évolution ce qui mène souvent à des changements externes et internes. Le système d'intégration de dataweb sémantiques distribués de ces organismes doit évoluer. Cependant, deux composants du dataweb sémantique que sont l'ontologie et l'annotation sémantique sont souvent modifiés et évoluent afin de s'adapter aux nouveaux besoins ou exigences des organisations. D'autres problèmes surviennent quand on essaie de gérer le cas où ces composants sont distribués. Cet article dégage les éléments de notre problématique de recherche de doctorat.

ABSTRACT. In the project SIC-Senegal, organisms live in heterogeneous environments, dynamic and evolving which often lead to changes in external and internal. The system integration of distributed semantic dataweb to these organisms must evolve. However, two components that are dataweb semantic ontology and semantic annotation are often modified and evolve to adapt to new needs and requirements of organizations. Other problems arise when one tries to handle the case where these components are distributed. This article identifies the elements of our problematic of PhD research.

MOTS-CLÉS: évolution, web sémantique, ontologie, annotation sémantique, dataweb sémantique, système d'intégration, systèmes et données distribuées.

KEYWORDS: evolution, semantic web, ontology, semantic annotation, semantic dataweb, integration system, distributed systems and data.

Introduction

Le développement des technologies Internet / Intranet a fait migrer les systèmes d'information vers le Web. Cette migration a principalement bénéficié d'une évolution des bases de données. Elle nécessite néanmoins une nouvelle architecture de système d'information permettant d'apporter des solutions aux problèmes :

- d'intégration de données hétérogènes et distribuées,
- de maintenance évolutive,
- de recherche d'informations pertinentes
- et de diffusion de données intégrées sur le Web.

Par ailleurs, le langage XML est devenu standard pour la représentation, l'échange et la publication de données sur le Web. Il offre des opportunités intéressantes pour permettre le développement d'une nouvelle génération de systèmes d'intégration de données.

Dans ce contexte marqué par la migration des systèmes d'information vers le Web et l'avènement du standard XML, une architecture de système d'information pour le Web basée sur XML, **ISYWEB** (Information **SY**stem for the **WEB**) est proposée dans [22] [21]. ISYWEB s'articule autour d'un **dataweb**. Un dataweb est une approche de système d'intégration de données, défini comme un entrepôt de documents XML construit à partir de données issues de sources hétérogènes.

Pour exploiter les connaissances d'un dataweb on associe au dataweb une base de connaissances à base d'ontologique. Le concept de dataweb évolue ainsi vers celui de **dataweb sémantique**.

Avec le projet SIC-Sénégal nous utilisons une approche dataweb sémantique pour permettre l'intégration et le partage des données de partenaires pour la mise en valeur de la vallée du fleuve Sénégal.

Cet article parle de l'évolution des ontologies dans le cadre du projet SIC-Sénégal, du contexte, de la problématique et de l'objectif de notre recherche.

1. Le projet SIC-Sénégal

La mise en valeur de la vallée du fleuve Sénégal fait intervenir depuis un certain nombre d'années des experts appartenant à plusieurs organismes :

- Ministère de l'Agriculture,
- OMVS - Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal,
- ISRA – Institut Sénégalais de Recherche Agronomique,

- SAED - Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta,
- OMS - Organisation Mondiale de la Santé,
- etc.

En plus ces experts travaillent dans différents domaines de compétence (hydraulique, activités agricoles, recherche agronomique, santé, etc.) et sont localisés dans différents pays (Sénégal, Mali, Mauritanie, organismes internationaux). Tous ces experts mènent des travaux qui aboutissent généralement à la production de gros volumes de données hétérogènes et distribuées contenant des connaissances devant être exploitées pour aider à la prise de décisions.

C'est dans ce contexte que l'université Gaston Berger de Saint-Louis avec ces organismes partenaires ont initié en juin 2004, le projet SIC-Sénégal, qui a pour objectif de spécifier et réaliser une plateforme logicielle à la disposition des producteurs de données (experts, organismes), et des consommateurs de données (décideurs, bailleurs) pour faciliter l'intégration, la gestion, l'organisation, l'évolution, la diffusion, et l'exploitation des ressources hétérogènes et distribuées (données et applicatifs) utilisées dans le processus de mise en valeur de la région du fleuve Sénégal. Ce projet utilise une architecture d'intégration de dataweb sémantiques.

Ces organismes vivant dans des environnements hétérogènes, dynamiques et en cours d'évolution qui mènent souvent à des changements externes et internes requérant l'évolution du système d'intégration de dataweb sémantiques distribués de ces organismes.

2. Contexte de recherche

2.1 Notion de l'ontologie

Dans [7], reprenant les définitions de [3], de [15] et celle de [16], l'ontologie est considérée comme étant la spécification, plus ou moins formelle, rendant compte partiellement, mais explicitement d'une conceptualisation partagée, c'est-à-dire acceptée à l'intérieur d'une communauté. Cette conceptualisation est une théorie logique permettant la représentation d'un domaine de discours en termes de [14] :

- concepts organisés taxonomiquement à l'aide des relations de subsumption (is-a) spécifiant des liens de généralisation qui permettent l'héritage entre les concepts;
- relations représentant des types d'interactions entre les concepts;
- axiomes explicitant des énoncés conceptuels toujours vrais dans le contexte de l'ontologie et utilisés pour contrôler la signification des concepts ou des relations;
- instances, utilisées pour représenter des entités concrètes du domaine.

Toutes ces entités ontologiques, c'est-à-dire les concepts, les relations, les axiomes et les instances, doivent être définis explicitement à l'aide d'un langage ayant une sémantique plus ou moins formelle.

2.2 Ontologies pour le Web sémantique

Le Web actuel est essentiellement syntaxique, la structure des ressources étant bien définie, mais leur contenu restant inaccessible aux traitements machines, seuls les humains sont capables de l'interpréter. Le Web sémantique a alors l'ambition de lever cette difficulté en associant aux ressources du Web des entités ontologiques comme références sémantiques, ce qui permettra aux différents agents logiciels d'accéder et d'exploiter directement le contenu des ressources et de raisonner dessus [1]. Ce référencement sémantique peut aussi résoudre les problèmes d'interprétation des ressources informationnelles provenant des applications hétérogènes et reparties [35] et de permettre ainsi à ces applications d'être intégrées sémantiquement [34]. C'est justement ce qui a motivé l'utilisation des ontologies dans notre architecture du système d'intégration de dataweb sémantiques.

2.2.1 Architecture du Web sémantique

L'architecture du Web sémantique repose sur une hiérarchie des langages d'assertion¹ et de description d'ontologies ainsi que sur un ensemble de services pour l'accès aux ressources au moyen de leurs références sémantiques.

Le W3C (World Wide Web Consortium) propose une hiérarchie des langages pour le Web sémantique dont seulement les couches inférieures sont stabilisées à l'heure actuelle [2]. Cette architecture repose sur **URI** (Uniform Resource Identifier) qui permet l'attribution d'un identifiant unique à des ressources. **XML** (eXtensible Markup Language) est le langage de base qui procure une syntaxe aux documents structurés, mais il ne dispose d'aucune sémantique permettant de décrire la signification de ces documents. Le XML peut être vu comme la couche de transport syntaxique du Web sémantique, tous les autres langages étant exprimables et échangeables dans la syntaxe XML. Le langage **RDF** (Resource Description Framework) est un langage formel ayant une sémantique simplifiée permettant d'exprimer des relations entre les ressources du Web en utilisant des triplets de la forme sujet-prédicat-objet. Au RDF s'ajoute **RDFS** (RDFSchema) qui permet de déclarer des classes de ressources RDF avec une sémantique pour définir des hiérarchies de généralisation de classes (rdfs:subClassOf). RDFS permet aussi de déclarer des propriétés, définies comme des relations binaires entre les classes, en précisant leur domaine d'applicabilité (rdfs:domain) et leur domaine de valeurs (rdfs:range) ainsi que leur niveau de généralisation dans la hiérarchie de propriétés (rdfs:subPropertyOf). Cependant, l'extension à RDFS ne fournit que des mécanismes primitifs pour spécifier les classes et les propriétés et n'intègre pas non plus des capacités de raisonnement. Pour munir les langages du Web d'une sémantique formelle permettant la représentation des ontologies, le RDF et RDFS ont été enrichis par l'apport du langage ontologique **OWL** (Ontology Web Language) accepté comme standard par le W3C en février 2004. En plus des caractéristiques du RDFS, le

¹ Les assertions affirment l'existence des relations entre des objets. Elles sont donc adaptées à l'expression des références que l'on veut associer aux ressources du Web.

langage OWL permet de définir des classes plus complexes en utilisant des constructeurs provenant de la logique de description (intersectionOf, unionOf, complementOf), des restrictions et des axiomes des classes (equivalentClass, disjointWith, oneOf) ainsi que des propriétés équivalentes, inverses, symétriques ou transitives.

2.3 Evolution des ontologies du web sémantique

Un des aspects les plus importants de l'utilisation des ontologies renvoie à leur caractère évolutif, et cela tant pour les ontologies du Web sémantique que pour les ontologies utilisées dans un système d'intégration des données utilisant les ontologies du Web sémantique.

De plus, vue comme système commun de référencement, l'ontologie devrait permettre un feedback évolutif au sens que le référencement de nouvelles ressources et activités pourrait demander la modification de leur référentiel commun afin de prendre en compte de nouvelles caractéristiques [7]. Enfin, dans un système d'intégration de dataweb sémantiques, la modification du référentiel sémantique est une nécessité due au caractère dynamique et distribué des organisations.

Les ontologies du Web sémantique doivent évoluer aussi [5; 10; 12; 17; 19; 20; 24; 25; 27; 31; 32]. Le Web sémantique est un environnement dynamique, multi-acteurs et distribué. Les ontologies du Web sémantique ne peuvent pas alors être pensées comme des produits, qu'une fois achevées, reste stables par la suite. Les motifs sont multiples, par exemple le domaine de définition peut changer, ce qui nécessite l'évolution de l'ontologie pour rendre compte des changements, ou la réutilisation de l'ontologie pour des tâches différentes demande sa modification, ou encore la conceptualisation de l'ontologie peut changer étant donné qu'elle est construite continuellement pendant le processus d'échange d'informations et des significations entre les acteurs [7].

Bien que très récents dans la communauté scientifique (apparus au début 2000), les travaux sur l'évolution de l'ontologie sont essentiels pour le Web sémantique [28; 36; 38]. Ces travaux constituent alors le pas suivant à faire dans les recherches sur les ontologies, leurs buts devant être de développer des méthodes et des outils supportant le processus d'évolution d'une manière consistante.

3. L'approche dataweb sémantique

Un dataweb est une approche de système d'intégration de données, défini comme un entrepôt de documents XML construit à partir de données issues de sources hétérogènes [22].

Pour exploiter les connaissances d'un dataweb on lui associe une base de connaissances à base ontologique. Le concept de dataweb évolue ainsi vers celui de dataweb sémantique [29].

La construction d'un dataweb sémantique pour chaque organisme fournisseur de données a pour but de gérer l'homogénéisation structurelle et l'intégration sémantique chez tous les partenaires. La figure 1 suivante montre les trois composants de base du système d'intégration de dataweb sémantiques.

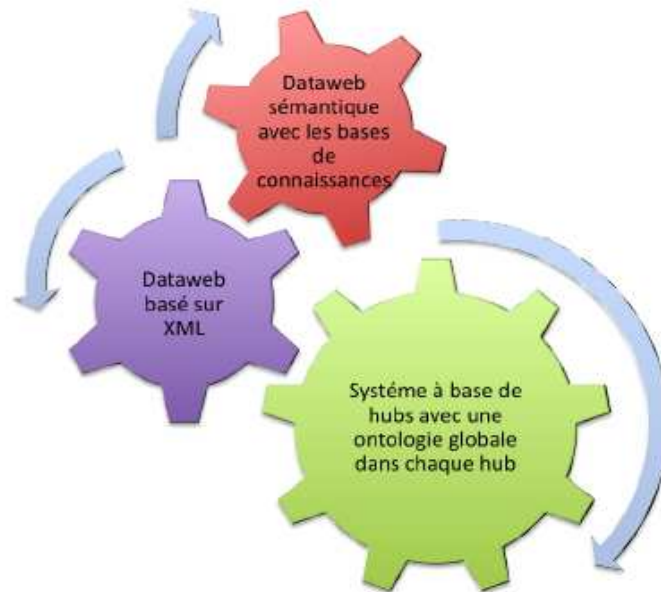


Figure 1 : Trois composants de base du système d'intégration [29]

2.3.1 Une approche dataweb basé sur XML pour l'intégration structurelle

Les données cibles de notre approche d'intégration sont issues d'observations effectuées sur le terrain par des experts. Chaque expert peut alors utiliser un format de représentation qui lui est propre. Cependant, la nature des observations sous forme de relevé explique probablement l'option de la représentation tabulaire des données sous la forme d'un document ou sous la forme d'une table de base de données.

L'approche dataweb permet d'unifier les formats de représentation des données en adoptant la représentation XML pour toutes les données proposant ainsi une solution à l'hétérogénéité structurelle des données.

2.3.2 Une approche dataweb sémantique pour l'intégration sémantique

La première phase de la démarche d'intégration permet de proposer une solution à la problématique de l'intégration structurelle mais ne propose pas de solution à l'hétérogénéité sémantique. Nous avons alors proposé l'introduction d'une seconde phase où une base de connaissances à base ontologique est associée à chaque dataweb déjà structurellement homogène. Une base de connaissances à base ontologique est ainsi générée à partir du dataweb partenaire et la réutilisation d'une ontologie du domaine constituant ainsi un dataweb sémantique. Ce dataweb sémantique permet ainsi l'intégration sémantique et structurelle des données de chaque partenaire.

2.3.3 Le système d'intégration des dataweb sémantiques distribués

L'objectif de notre démarche d'intégration n'est pas uniquement de proposer une solution permettant d'intégrer localement les données de chaque partenaire mais aussi de faire de sorte que les différents dataweb puissent aussi combiner leurs connaissances. Pour cela, notre approche d'intégration sémantique globale consiste à utiliser l'ontologie de chaque partenaire. Cette ontologie sera alors constituée d'une partie générique pouvant être partagée (celle qui correspond aux concepts qui sont subsumés par l'un des concepts à l'ontologie de référence), et d'une partie spécifique utilisable librement par le partenaire.

De plus, comme c'est le cas dans de nombreuses applications, les différents partenaires ne souhaitent pas partager toutes leurs données.

Le modèle que nous proposons permet à chaque partenaire de contrôler la partie générique de son ontologie. Il suffit alors de contrôler les liens de subsumption qui permettent de rattacher un concept à un concept de référence. Dans la littérature, ce processus d'alignement de plusieurs ontologies est réalisé deux à deux comme, c'est le cas dans [4]. L'approche que nous proposons permet de réaliser un alignement global de toutes les ontologies en jeu grâce à l'utilisation de l'ontologie de référence. Cette approche est une solution à la problématique de la confidentialité des données.

De surcroît, l'avantage de cette approche est d'éviter le processus onéreux de l'indexation des sources, chaque organisme déclarant ses connaissances. La figure 2 suivante présente notre architecture globale de système d'intégration des données d'organismes partenaires.

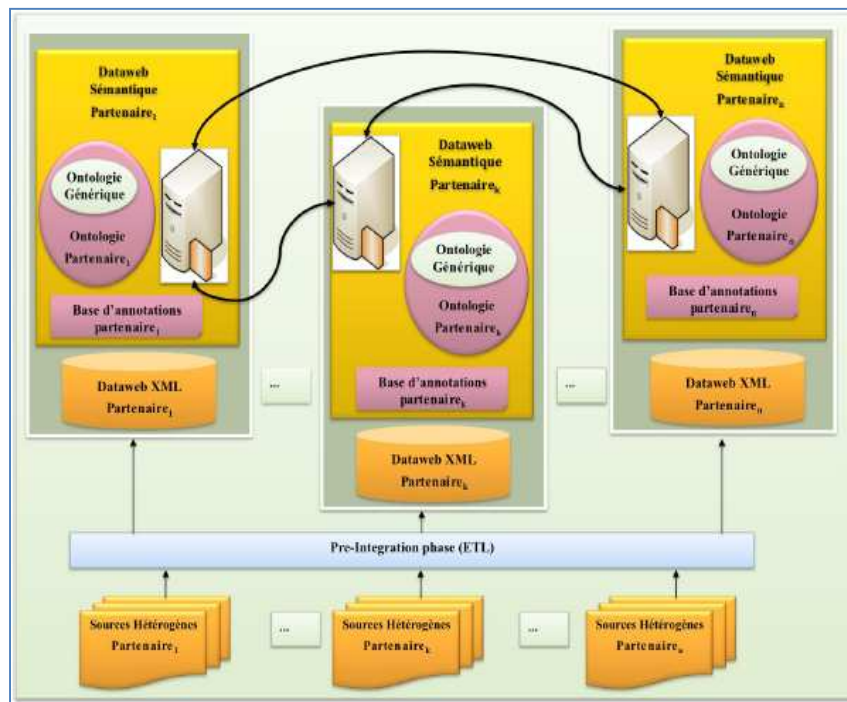


Figure 2 : Architecture globale du système d'intégration [29]

4. Gestion de l'évolution dans l'approche dataweb sémantique

Deux composants du dataweb sémantique que sont l'ontologie et l'annotation sémantique sont souvent modifiés et évoluent afin de s'adapter aux nouveaux besoins ou exigences de l'organisation. Par exemple, les ontologies doivent normalement changer pour répondre aux types de changements sur le domaine, sur la conceptualisation ou sur la spécification explicite [23].

D'autre part, les modifications de l'ontologie de référence pourraient aussi entraîner des changements continus dans les annotations sémantiques [23], et ainsi créer l'état d'inconsistance de cette base annotations.

D'autres problèmes surviennent quand on essaie de gérer le cas où ces composants (ontologies et annotations sémantiques) sont distribués, déployés dans plusieurs serveurs distants parce que appartenant à des organismes différents.

Ce qui nous amène à conclure que les ontologies dans le cadre du projet SIC-Sénégal doivent évoluer.

Face à ceci, la majorité des recherches existantes dans le domaine des systèmes de gestion des connaissances, de l'ontologie ou des annotations sémantiques sont centrées principalement sur des problèmes de construction. Peu de recherches font face aux changements et fournissent des facilités de maintenance pour le système de gestion des connaissances [23].

La conclusion est la suivante. Les ontologies du Web sémantique doivent évoluer, particulièrement ceux dans un système d'intégration de données utilisant les techniques du web sémantique : dataweb sémantique, web sémantique d'entreprise [8], etc. doivent elles aussi évoluer, des méthodes et des outils doivent être conçus pour assurer l'évolution des ontologies. La thèse de [23] a mis en place des méthodes et un outil CoSWEM pour la maintenance évolutive de web sémantique d'entreprise. Il ya aussi d'autres méthodes et outils disponibles dans ce domaine. Cela nous amène à identifier notre problématique de recherche, à savoir: **comment supporter l'évolution de l'ontologie et des annotations sémantiques dépendant de l'ontologie dans un système d'intégration de dataweb sémantiques distribués ?**

5. Discussion

L'évolution d'ontologies distribuées dans des environnements dynamiques, distribués soulève, à notre avis, des questionnements importants :

1. Quels sont les types des changements ontologiques possibles et leurs affectations au système d'intégration de dataweb sémantiques distribués ?

Les types de changements peuvent être locaux ou distants et élémentaires, composites ou complexes. Par exemple, pour déplacer un concept dans la hiérarchie des concepts il est plus approprié d'utiliser une opération de changement composite de type Déplacer_Entité qu'une suite des opérations élémentaires Effacer_Concept et Ajouter_Concept ayant le même résultat. Dans le cas où les ontologies sont distribuées on peut préciser si ces changements s'effectuent localement ou à distance.

2. Comment peut-on détecter les inconsistances générées à cause des changements ontologiques dans le système d'intégration de dataweb sémantiques distribués ?

Dans notre travail nous considérons la situation où une ontologie est modifiée. Dans ce cas, les changements effectués dans cette ontologie se propagent vers les autres parties de l'ontologie, ce qui peut produire des situations conflictuelles (p.ex. on efface un concept hérité par d'autres concepts de la même ontologie).

Des inconsistances seront aussi détectées dans les ontologies locales et distantes dépendant de cette ontologie. Dans les bases d'annotations sémantiques correspondantes à ces ontologies seront aussi notées des inconsistances. Cette situation devient encore plus complexe si les acteurs sont autorisés à pouvoir accepter, refuser ou défier les changements des autres, étant donné que la cohérence de l'ontologie doit être maintenue [13; 33].

3. Comment résoudre les inconsistances détectées à cause d'un changement ontologique local ou distant pour assurer la consistance globale du système d'intégration de dataweb sémantiques distribués ?

Le changement d'une ontologie utilisée comme système de référencement peut produire des pertes des coordonnées sémantiques, c'est-à-dire des références d'objets établies par rapport à un certain référentiel sémantique. En conséquence, les objets utilisant ces références ne sont plus accessibles au moyen de l'ontologie modifiée [18]. Soit un objet pédagogique 'Cahier de Physique – 01' qui utilise le concept 'loi de Newton' comme référence sémantique. Après l'application d'un changement fusionnant les concepts 'loi de Newton' et 'loi de Pascal' dans un seul concept 'lois de la mécanique', cet objet n'est plus accessible au moyen de l'ontologie ainsi modifiée, par exemple, pour une recherche de type « trouver les objets pédagogiques décrivant les lois de la mécanique (concept dans l'ontologie évoluée) ». Afin de rétablir la consistance du système de gestion des connaissances, il ne suffit pas de vérifier si l'ontologie reste encore cohérente avec le reste du système après ces changements, mais il faut résoudre les inconsistances sur l'ontologie elle-même et sur les parties dépendantes concernées (i.e. les annotations sémantiques utilisant cette ontologie).

4. Comment seront appliquées et exploitées nos recherches sur l'évolution à un problème réel qui demande une gestion de l'évolution ? Est-il possible de faire un prototype pour la gestion de l'évolution d'un système d'intégration de dataweb sémantiques distribués pour le cas du projet SIC-Sénégal ?

La gestion des changements et de l'évolution joue un rôle très important dans un système d'intégration. Nous voulons automatiser ce processus dans le but d'améliorer l'efficacité de ce travail. Un système informatique ou des outils de support permettront à l'organisation de gérer l'évolution des changements d'une manière plus exacte, rapide et efficace. Nos recherches seront implémentées en un prototype de gestion pour faciliter la détection et la résolution automatique (ou semi-automatique) des inconsistances ou permettre d'assister l'utilisateur en lui proposant des suggestions pour réaliser des tâches spécifiques d'évolution du système d'intégration de dataweb sémantiques distribués.

En tenant compte des questionnements présentés ci-dessus, nous pouvons affirmer qu'assurer la gestion de l'évolution de l'ontologie d'une manière pertinente constitue un vrai défi que nous envisageons de relever partiellement, en nous proposant comme **objectifs de recherche** de concevoir :

- une méthodologie d'évolution d'ontologies distribuées dans un environnement dynamique;
- une méthode pour assurer l'analyse et la gestion des changements exécutés pour faire évoluer une ontologie dans un système d'intégration de dataweb sémantiques distribués;
- un prototype qui implémente cette méthode.

Conclusion

Afin de représenter d'une manière pertinente un état du monde il faudrait, en plus d'énoncer l'ensemble des connaissances du monde qui peuvent être représentées, de trouver des moyens et d'énoncer des principes pour incorporer des nouvelles connaissances ou d'effectuer des révisions de celles déjà existantes [26; 30]. En ce sens, [11] notent l'importance d'un modèle d'évolution de systèmes des connaissances, de leur progression dans le temps, de la naissance des connaissances jusqu'à leur disparition. Notre travail de recherche sur l'évolution de l'ontologie, vue comme la spécification d'une conceptualisation de l'état du monde, se veut alors une réponse à des questionnements soulevés auparavant par ces chercheurs ainsi que par ceux œuvrant dans le domaine de la gestion des connaissances [6].

Notre projet de recherche s'intègre bien dans le domaine de l'informatique cognitive, notamment dans le domaine de la représentation évolutive des connaissances.

Références

- [1] Berners-Lee, T., Hendler, J., et Lasilla, O. (2001). *The Semantic Web*. Scientific American, 284 (5).
- [2] Berners-Lee, T. (2000). *Semantic Web - XML 2000 Conference*, from <http://www.w3.org/2000/Talks/1206-xml2k-tbl/Overview.html>
- [3] Borst (1997). *Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse*. University of Twente, Enschede, Centre for Telematica and Information Technology.
- [4] Calvier, F. et Reynaud, C. (2008). *Ontology Matching Supported by Query Answering in a P2P System*. In Proceedings of the OTM 2008 Confederated international Conferences, Coopis, Doa, Gada, Is, and

- ODBASE 2008. Part II on on the Move To Meaningful internet Systems (Monterrey, Mexico, November 09 - 17, 2008). R. Meersman and Z. Tari, Eds. Lecture Notes In Computer Science, vol. 5332. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 1559–1567. DOI= http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-88873-4_44.
- [5] Charlet, J., Bachimont, B., et Troncy, R. (2003). *Ontologies pour le Web sémantique*. In J. Charlet, P.
- [6] Charlet, J., Zacklad, M., Kassel, G., et Bourigault, D. (Eds.). (2000). *Ingénierie des connaissances: Évolution récentes et nouveaux défis*: Éditions Eyrolles.
- [7] Delia Codruta ROGOZAN, Gestion de l'évolution d'une ontologie : méthodes et outils pour un référencement sémantique évolutif fondé sur une analyse des changements entre versions de l'ontologie, thèse de doctorat.
- [8] Dieng-Kuntz, R. (2005). *Corporate Semantic Webs*. In *Encyclopaedia of Knowledge Management*, D. Schwartz ed, Idea Publishing Group, September 2005.
- [9] Ding, Y., Fensel, D., Klein, M., Omelayenko, B., et Schulten, E. (2004). *The role of Ontologies in eCommerce*. In S. Staab et R. Studer (Eds.), *Handbook on Ontologies* (pp. 593-616): Springer Verlag.
- [10] Ding, Y., Fensel, D., Klein, M., Omelayenko, B., et Schulten, E. (2004). *The role of Ontologies in eCommerce*. In S. Staab et R. Studer (Eds.), *Handbook on Ontologies* (pp. 593-616): Springer Verlag.
- [11] Ermine, J.-L., Chaillot, M., Bignon, P., Charreton, B., et Malavieille, D. (1996). MKSM, *Méthode pour la gestion des connaissances. Ingénierie des systèmes d'information (AFCET-Hermès)*, 4.
- [12] Euzenat, J., et all. (2001). *Research challenges and perspectives of the Semantic Web*: EU-NSF strategic workshop.
- [13] Euzenat, J. (1995). *Building consensual knowledge bases: context and architecture*. In N. Mars (Ed.), *Towards very large knowledge bases* (pp. 143-155). Amsterdam: IOS press.
- [14] Gomez-Perez, A. (1999). *Ontological Engineering: A state of the art*. Madrid: Facultad de Informatica, Universidad Politecnica de Madrid.
- [15] Gruber (1995). *Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing*. Paper presented at the International Workshop on Formal Ontology, Padova, Italy.
- [16] Guarino et Giarretta (1995). *Ontologies and Knowledge Bases: Towards a Terminological Clarification*. In Mars N. J. I. (Ed.), *Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building and Knowledge Sharing* (pp. 25-32). Amsterdam: IOS Press.
- [17] Heflin, J., et Hendler, J. (2000). *Dynamic Ontology on the Web*. Paper presented at the AAAI, 17th National Conference on artificial Intelligence.
- [18] Heflin, J. (2001). *Towards the Semantic Web: Knowledge and representation in a dynamic, distributed environment*. Faculty of the Graduate School of the University of Maryland.
- [19] Klein, M., et Fensel, D. (2001). *Ontology versioning for the Semantic Web*. Paper presented at the International Semantic Web Working Symposium (SWWS), USA.
- [20] Laublet, P., Reynaud, C., et Charlet, J. (2002). *Sur quelques aspects du Web sémantique*. Paper presented at the Deuxièmes assises nationales du GdR I3, Nancy.
- [21] Lo, M., Hocine A., *ISYWEB : an XML-based Architecture for web information systems*, IEEE SITIS Conference, pp. 116-121, Yaounde, 27 Novembre – 1er décembre, 2005.
- [22] Lo, M. (2002). *Dataweb basés sur XML : modélisation et recherche d'informations pertinentes*, Thèse de Doctorat de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, décembre 2002.

- [23] Luong, P-H. (décembre 2007). Gestion de l'évolution d'un web sémantique d'entreprise, Thèse de doctorat de l'Ecole des Mines de Paris.
- [24] Maedche, A., Motik, B., et Stojanovic, L. (2003). *Managing Multiple and Distributed Ontologies in the Semantic Web*. VLDB Journal - Special Issue on Semantic Web, 12, 286-302.
- [25] McGuinness, D. (2000). *Conceptual Modeling for Distributed Ontology Environments*. Paper presented at the ICCS 2000, Darmstadt, Germany.
- [26] Nejdl, W., et Banagl, M. (1994). *Asking About Possibilities - Revision and Update Semantics for Subjunctive Queries*. In G. Lakemeyer et B. Nebel (Eds.), *Foundations of Knowledge Representation and Reasoning*. Berlin: Springer-Verlag.
- [27] Noy, N., et Klein, M. (2003a). *Ontology evolution: Not the same as schema evolution*. *Knowledge and Information Systems*, 5.
- [28] OntoWeb. (2002a). EC project IST-OntoWeb, from <http://www.ontoweb.org>
- [29] Sall, O. (2010). Contribution à la modélisation de dataweb basés sur XML, Thèse de doctorat de l'Université du Littoral Côte d'Opale et de l'Université Gaston Berger de Saint-Louis.
- [30] Shoham, Y., et Steve, C. (1994). *Logics of Mental Attitudes in AI : a very preliminary survey*. In G.
- [31] Stojanovic, L., et Motik, B. (2002). *Ontology Evolution within Ontology Editors*. Paper presented at the Knowledge Acquisition, Modeling and Management (EKAW), Siguenza, Spain.
- [32] Studer, R. (2003). *The Semantic Web: Methods, Applications and Future Trends*. Paper presented at the IFIP Conference on commerce, business and government, I3E 2003, Sao Paulo, Brazil.
- [33] Sunagawa, E., Kozaki, K., Kitamura, Y., et Mizoguchi, R. (2003). *An Environment for Distributed Ontology Development Based on Dependency Management*. Paper presented at the International Semantic Web Conference (ISWC), Florida, USA.
- [34] Uschold, M., et Gruninger, M. (2002). *Creating semantically integrated communities on the World Wide Web. Honolulu: Semantic Web Workshop*.
- [35] Wache, H., Voge, T., Visser, U., Stuckenschmidt, H., Schuster, G., Neumann, H., et al. (2001). *Ontology-based integration of information - a survey of existing approaches*. Paper presented at the IJCAI Workshop on Ontologies and Information Sharing.
- [36] Web_sémantique. (2001). Action spécifique 32 CNRS / STIC, from <http://www.lalic.paris4.Sorbonne.fr/stic/>
- [37] WebOnt. (2001). OWL Ontology Web Language, from <http://www.w3.org/2001/sw/WebOnt/>
- [38] WebOnt. (2004b). *OWL Web Ontology Language Use Cases and Requirements*, from <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-test-20040210/>