

Les Topic Maps sont-ils un bon candidat pour l'ingénierie du Web Sémantique ?

Jean Caussanel*, Jean-Pierre Cahier*, Manuel Zacklad*, Jean Charlet†

* Tech-CICO Laboratoire Technologies de la Coopération pour l'Innovation et le Changement Organisationnel, Université de Technologie de Troyes (UTT)

{ Jean.Caussanel, Jean-Pierre.Cahier, Manuel.Zacklad }@utt.fr,

† Mission de recherche STIM, DAP/AP-HP & Université Paris 6)

jc@biomath.jussieu.fr

Résumé

L'avènement d'un Web sémantique fait émerger des nouvelles pratiques dans l'organisation des contenus sur le WEB. Ces pratiques mettent en jeu un ensemble d'interactions cognitives qu'il convient de canaliser et de favoriser pour donner au WEB sémantique les possibilités des ambitions qu'on lui prête. Après avoir brièvement situé ces ambitions et les interactions cognitives en jeu nous présenterons les Topic Maps comme formalisme de représentation des connaissances capable de répondre à une partie des objectifs du WS.

1 Introduction

Si la problématique initiale du Web sémantique (WS) est d'offrir à des agents logiciels la capacité d'exploiter le WEB de manière « intelligente », cette capacité n'est possible qu'à condition que les domaines de connaissances aient été décrits par des acteurs humains, qu'ils soient des spécialistes du domaine lors de la constitution d'ontologies de référence ou des auteurs, voire lecteurs actifs, des documents, lors de leurs activités d'annotation à l'aide de méta-données (faisant ou non appel à des ontologies pré-existantes).

Par ailleurs, si un des objectifs du WS est de confier la recherche d'informations sur le WEB à des agents automatiques [3], une partie non négligeable des corpus mis à disposition (catalogues, documents, plaquettes, fichiers...) est d'abord conçue pour des lecteurs humains. Il serait donc dommage que les efforts de structuration sémantique consentis pour les agents logiciels ne puissent pas également bénéficier à des humains engagés dans des activités de navigation.

Ainsi, nous défendons dans notre programme l'idée selon laquelle la problématique de la construction de représentations sémantiques adaptées, comme celle de leur exploitation ultérieure par des lecteurs humains, doivent faire partie intégrante des recherches sur le WS, ce qui les inscrit d'ailleurs, sans ambiguïté, dans le champ de l'Ingénierie des Connaissances [8].

Formulée autrement, notre préoccupation revient également à intégrer dans les recherches sur le WS

l'ensemble des activités de conception initiale des représentations, de maintenance au fil de l'eau (au fur et à mesure que les connaissances évoluent) et de d'évaluation de la pertinence des résultats des requêtes, autant d'activités reposant sur des interactions cognitives dont la prise en considération est indispensable pour une industrialisation effective de services exploitant les potentialités du WS.

2 L'exemple d'une « Place de Marché à base de Connaissances »

L'étude d'un système de Place de Marché sur internet, engagée au Laboratoire Tech-CICO, a mis en évidence concrètement l'intérêt de la prise en compte des interactions cognitives, tout en constituant un terrain pour continuer à développer et expérimenter notre approche du Web sémantique.

L'exemple étudié est une Place de Marché « horizontale », c'est à dire agrégeant les catalogues de nombreux fournisseurs, dans le domaine des services, pour des stages de formation professionnelle destinés aux informaticiens. Ce type de catalogues comparatifs sur internet posent pour les fournisseurs des problèmes de référencement des articles et de mise en valeur de leurs propriétés. Ils s'accompagnent aussi de difficultés de repérage efficace pour les acheteurs. L'exemple que nous avons étudié a été constitué en s'inspirant d'une base-source réunissant l'offre concurrente de 1500 organismes de formation de toutes tailles intervenant sur le marché français, soit 18 000 modules de formation répertoriés relevant de 500 thèmes de formation.

2.1 Caractéristiques du domaine considéré

Dans ce domaine d'application, l'offre est très concurrentielle et présente un large spectre et une grande variabilité des produits d'un fournisseur à l'autre. Les thèmes présentent une grande évolutivité, puisqu'environ un tiers des thématiques de formations,

dans le domaine des compétences informatiques, se renouvelle chaque année.

Le positionnement ou le choix d'un stage se font d'une part en fonction d'informations aisées à repérer, comme la date, la durée, le prix, les labels de qualité ou de « formation certifiante », et d'autre part en fonction d'informations plus complexes. Ces dernières portent sur les contenus enseignés dans le stage, les prérequis et l'enchaînement de modules suivant des cursus, les objectifs du projet auquel l'informaticien a l'intention de participer, et même les fournisseurs des outils qu'il compte employer. Parmi les multiples informations apparaissant de façon explicite ou implicite dans les documents descriptifs de chaque article d'un fournisseur, on ne peut complètement prédire à l'avance lesquelles vont constituer des critères de référencement ou de recherche déterminants pour un utilisateur particulier, qu'il soit fournisseur ou client.

Le produit est donc complexe et la demande des utilisateurs difficile à formuler. De plus, les multiples fournisseurs souhaitent pour des raisons commerciales maintenir la singularité de leurs libellés et de leurs vocabulaire, notamment pour l'identification des stages et de leurs propriétés, ce qui implique la cohabitation points de vue différents dans le système.

Le résultat est une difficulté de synchronisation, à la fois au sein de l'offre et entre l'offre et la demande, ce qui nous a conduits de façon plus générale à concevoir un dispositif pour étudier les interactions cognitives de fournisseurs et de clients. Cette approche nous a amenés à développer un modèle coopératif de « place de marché à base de connaissances » (KBM, pour Knowledge-Based Marketplace) [6].

2.2 Objectifs d'une KBM

Une KBM représente à la fois un modèle de coordination client-fournisseur, un espace partagé où les interactions se déploient à la fois sous leurs aspects relationnels et épistémiques [20], et la confrontation de multiples classifications permettant d'accéder aux produits. C'est un espace de coopération favorisant l'interopérabilité de fonctions au niveau sémantique entre les différents acteurs.

Cette approche est développée à partir du double apport des disciplines de l'Ingénierie des Connaissances et du Travail Coopératif Assisté par Ordinateur (CSCW – Computer Supported Cooperative Work). Elle vise à terme à fournir aux agents des possibilités de modifier la description et la classification des ressources échangées, l'activité coopérative portant à la fois sur le système de description et sur la transaction. Un client peut par exemple souhaiter transmettre un message, à son fournisseur ou à ses pairs (« bouche à oreille », « post-it » électronique...) pour recommander un produit, poser

une question ou signaler. Il est important que le dispositif de structuration sémantique lui permette d'identifier selon quelles classifications il va inscrire cette information, de façon à ce que d'autres clients, s'intéressant à la même propriété ou au même point de vue, retrouvent ce message à l'endroit le plus adéquat.

Une KBM permet ainsi une coopération entre des acteurs échangeant l'information à travers un catalogue offrant des possibilités de description selon plusieurs points de vue. Dans cette problématique, en s'appuyant sur les approches d'ingénierie des connaissances, nous avons été amenés à étudier dans un premier temps la façon dont ces descriptions peuvent être améliorées en travaillant avec un expert du domaine. Ce travail a permis de dégager un ensemble cohérent et non-ambigu de points de vue et d'associations sous la forme d'une « ontologie experte » facilitant les interactions. Une expérimentation actuellement préparée sur la KBM vise à vérifier l'apport de cette approche, en termes de performances par rapport à des tâches précises de recherche dans le catalogue, en la comparant avec d'autres structures d'organisation sémantique. Il s'agit d'une expérience en laboratoire, avec des groupes d'étudiants jouant le rôle d'acheteur.

2.3 L'apport prometteur du Web sémantique dans ce domaine

Pour la KBM utilisée dans ces expériences, la norme des Topic Maps a été retenue, notamment pour la facilité à prendre en compte des structures à points de vue multiples. Dans la suite, pour tenter de répondre au problème, crucial pour les coopérations considérées, de la diversité des ontologies dont les agents sont porteurs dans différents contextes [14][16], nous souhaitons étendre la KBM avec des représentations à la fois multi-points de vues et multi-experts. Cet objectif nous permettra, espérons-nous, de tirer pleinement parti des techniques du Web sémantique, en particulier en ce qu'elles ambitionnent de traiter des représentations « consensuelles » [11] émanant de plusieurs acteurs du domaine porteurs d'ontologies voisines, mais différentes

Un enjeu important de ce développement du modèle KBM, en s'appuyant sur l'hypothèse d'une large diffusion des techniques du Web sémantique, est de prendre en compte la coopération non seulement entre experts du domaine concepteurs des ontologies, mais aussi entre utilisateurs finaux du catalogue, clients et fournisseurs [7]. Les utilisateurs sont en effet détenteurs d'informations susceptibles d'enrichir la représentation, par exemple par le fait qu'ils sont porteurs de besoins nouveaux et que leur recherche est une information commerciale pour les fournisseurs.

Ces expérimentations et ces développements autour du modèle KBM nous ont amenés à rechercher une

modélisation de la représentation des connaissances qui soit mieux adaptée au cadre du Web sémantique, afin de mieux maîtriser les interactions cognitives liées aux coopérations étudiées. Mais il est à noter que si ces phénomènes ont été mis en évidence sur un cas de Place de Marché commerciale, ils peuvent concerner d'autres formes d'échanges de ressources, comme le partage de documents, et probablement d'une façon générale, de nombreuses autres applications du Web sémantique.

3 Web computationnellement sémantique versus web cognitivement sémantique

3.1 Coûts et bénéfices de ces deux approches

Comme nous l'avons évoqué en introduction, il existe deux tendances en partie divergentes dans les approches du Web sémantique. La première, qui nous semble relever d'un « web computationnellement sémantique », vise essentiellement à automatiser la recherche d'information via des agents logiciels. Selon cette perspective, il est nécessaire que les modèles de connaissances représentant les documents, ou plus largement les domaines de connaissance, soient exprimés de la manière la plus formelle possible. Selon la seconde, qui nous semble relever d'un « web cognitivement sémantique », la structuration des contenus, si elle peut permettre une semi-automatisation de certaines tâches, vise tout autant à accroître l'intelligibilité du Web pour des utilisateurs humains engagés dans des pratiques de navigation et d'enrichissement des contenus. Ces pratiques sont l'occasion d'interactions humain-machines mais également entre humains à travers le support asynchrone offert par le média web, interactions que nous appelons « cognitives » pour souligner les dimensions heuristiques et interprétatives associées à ces activités.

Alors que selon l'approche du web computationnellement sémantique, on représentera les ontologies et les réseaux sémantiques à l'aide de langages formels supportant des inférences et des traitements puissants, comme les langages logiques ou orientés objets (comme Ontolingua, DefOnto, KA2...)[2], dans les approches du web cognitivement sémantique, qui privilégient les problématiques de l'indexation à celles de l'inférence, on s'appuiera sur des représentations, certes syntaxiquement formelles, mais dont la « sémantique opérationnelle », c'est à dire du point de vue des capacités de traitement d'un automate, apparaîtra comme plus faible. Il nous semble que les standards émergents du Web sémantique comme Dublin-Core ou Topic Maps, sont plutôt exploités dans le cadre de cette seconde approche.

	Web computationnellement sémantique	Web cognitivement sémantique
Coût initial de la modélisation	Très élevé	Moyen
Mise à jour du modèle	Très élevé	Moyen
Lecture du modèle par un non « informaticien » ou « logicien »	Quasi impossible	Moyennement difficile
Validité logique des inférences	Garantie	« Inférences incomplètes » nécessitant des interactions avec l'utilisateur pour être supervisées et interprétées
Largeur de couverture des documents par les modèles	Faible à cause du coût élevé de formalisation	Plus importante
Richesse de l'interrogation	Faible concernant la quantité de documents prise en compte, élevée concernant la précision	Riche concernant la quantité, faible concernant la précision
Richesse d'interprétation des informations	Faible – informations ponctuelles en réponse à des requêtes ciblées	Elevée – informations riches parfois en partie inattendues

Tableau 1 : *Coût et bénéfice des deux approches du Web sémantique*

Comme le montre le tableau 1, chacune de ces approches présente des avantages et des inconvénients. Si le web computationnellement sémantique permet de faire des inférences logiquement valides et de rechercher des informations très précises de manière automatique, le coût de mise en œuvre et de maintenance des informations qu'il recèle est très élevé. Par ailleurs, s'il peut sembler offrir une modélisation totalement non ambiguë, celle-ci n'est pas compréhensible pour des utilisateurs non informaticiens ou logiciens et peut sembler plus pauvre du point de vue de la largeur des domaines couverts et de la variabilité des contenus pouvant être dévoilés aux utilisateurs lors d'une navigation interactive.

Inversement, le web cognitivement sémantique ne permet généralement pas de faire des inférences logiquement valide de manière automatique. Si une automatisation partielle des recherches dans le « réseau sémantique semi formel » est possible, celle-ci ne prend sens que dans le contexte d'un dialogue humain-

machine, piloté par l'humain, qui reste le garant de la « validité cognitive » des informations qu'il décide de retenir. En contre partie, la modélisation est la fois moins coûteuse, plus maintenable, et sans doute plus lisible pour des non spécialistes. Elle permet de couvrir plus facilement un nombre important de documents et peut sembler plus riche du point de vue des associations qu'elle permet de découvrir.

3.2 Contexte d'utilisation des deux types de WEB.

Ces avantages et ces inconvénients prennent sens dans des contextes d'utilisation différents. Comme le montre le tableau 2, la représentation des ontologies et des réseaux sémantiques dans des langages de type « logique » ou « objet » est sans doute plus adaptée à la représentation de documents dont le contenu peut-être intangible, ce qui justifie l'investissement en termes de modélisation, ou qui contiennent essentiellement des données formatées, dans l'acception « base de données » du terme. Elles correspondent sans doute également mieux aux domaines de connaissances plus fermés et consensuels (par exemple en médecine, l'anatomie) dans lesquels des expertises sont en mesure de faire autorité. Du point de vue des utilisateurs, elles répondent à des attentes bien définies qui permettent de formuler des requêtes précises et non ambiguës.

Critères	Documents		Domaines et concepts		Identification des experts		Nature des attentes	
	Documents de référence intangibles ou évolutifs	Documents évolutifs	Fermés et consensuels	Ouverts, multipoints de vue évolutifs	Autorité d'experts	Communautés	Très Spécialisées	Ouvertes
Approches :	wCGs (1)	wCPs (2)	wCGs (1)	wCPs (2)	wCGs (1)	wCPs (2)	wCGs (1)	wCPs (2)

Tableau 2 : Comparaison des approches du Web Cognitivement sémantique (wCGs) et Computationnellement sémantique (wCPs)

Inversement, le recours à une modélisation moins formelle, ou plutôt moins « sémantiquement opérationnelle » pour un ordinateur mais plus légère, lisible et malléable du point de vue d'un utilisateur, pourra apparaître comme plus adaptée à des documents évolutifs et à des domaines plus « ouverts » mobilisant des points de vue différents. Elle semble plus conforme à la vision des fondateurs du web, sans doute en partie utopique, selon laquelle la « notion de communauté ouverte de spécialistes » qui fournissent chacun des parcelles de connaissance doit se substituer à la figure

de l'expert de référence unique. Dans ce contexte, il est important que des points de vue multiples, parfois contradictoires, puissent s'exprimer et être représentés et que les concepts et les relations qui les relient soient fréquemment remis en cause. A contrario, dans l'optique du web computationnellement sémantique, une attention particulière sera d'abord portée à l'identification des experts, puis à l'obtention d'un consensus dans la définition d'un concept afin d'obtenir une représentation logiquement valide et univoque.

3.3 Nature des interactions cognitives dans la pratique du web cognitivement sémantique

Comme nous l'évoquons plus haut, les pratiques du web suscitent deux types d'interactions cognitives qui constituent des éléments de « cahier des charges » pour une représentation semi-formelle des connaissances dans le web cognitivement sémantique. Les premières sont les interactions humain-machine et correspondent aux activités de recherche d'information par requêtes mais surtout, dans notre contexte, à des modalités d'assistance à la navigation entre des sites, au sein d'un catalogue de documents ou d'un document lui-même. Les questions d'ergonomie cognitive soulevées par les interactions humain-machine peuvent porter, par exemple, et sans être limitatif, sur [17][18]:

- La constitution de différentes vues : zoom, panoramique, changement d'échelle, sélection des liens affichés, historique de navigation pour éviter les phénomènes de désorientation etc....
- La représentation des relation entre les entités et leurs attributs : représentation sous forme hiérarchique ou d'association, et les modes de recherche d'information dans les représentations hiérarchiques ou réseau ;
- L'influence des nœuds précédemment parcourus par l'utilisateur sur sa représentation de la signification du nœud actuel, etc...

Si une partie de la réponse à ces questions relève purement de l'ergonomie de surface de l'IHM, l'autre dépend aussi des langages de représentation des connaissances utilisés de leur expressivité et de leur souplesse [15].

Le deuxième type d'interactions cognitives que nous considérerons dans le web cognitivement sémantique correspond au interactions entre humains via le support asynchrone offert par le média web. L'exemple de la place de marché à base de connaissance présente bien la diversité des interactions entre les « fournisseurs d'informations » et les « utilisateurs » de cette information :

- coopération entre fournisseurs pour l'élaboration d'une l'ontologie ;
- coopération entre utilisateurs au travers d'annotations ;

- coopération entre utilisateurs et spécialistes pour l'ajout d'instances, la modification d'un terme ou de liens entre concepts.

A nouveau, l'ergonomie de surface de l'IHM et le rajout de fonctionnalités dédiées à la coopération, ne permettent pas entièrement de satisfaire aux besoins. Le langage de représentation des connaissances devra, par exemple, offrir la possibilité d'exprimer des points de vue différents et de les faire évoluer facilement. Nous allons examiner maintenant le standard de notation Topic Maps avant de nous demander si celui-ci offre un cadre adéquat pour les interactions cognitive dans le contexte d'un web cognitivement sémantique.

4 Présentation des Topic Maps

4.1 Historique : de l'ISO à la norme XTM

Les Topic Maps (TM) constituent un standard de notation qui permet de définir des vues multiples et concurrentes d'un ensemble d'information : « la nature structurelle de ces vues n'est pas contrainte ; elles peuvent traduire une approche orientée objet, ou encore relationnelle, hiérarchique, ordonnée, non ordonnée, ou une quelconque combinaison de celles-ci » [13]. Ce standard ISO dispose d'une représentation XML, la spécification XTM [19] définie par le consortium indépendant « Topic Maps.Org ».

Le modèle des TM est issu d'un travail initié en 1993 par le GCA Research Institute. Son origine en faisait un formalisme nouveau à la disposition des documentalistes. Le modèle actuel garde certaines particularités de cette origine mais lorsqu'en Décembre 1999 est produit une première norme ISO concernant les TM [13], il apparaît que la portée de cette représentation dépasse le cadre strictement documentaire se situant comme une alternative aux langages de méta-données. En février 2001 paraît une norme dérivée de XML, la norme XTM, dont le but est de fournir un langage «web operable» du modèle ISO. De manière intuitive, on peut considérer les TM comme une structure qui regroupe en un seul formalisme des représentations de type index, thésaurus, table des matières et glossaire.

4.2 Les composants du modèle Topic Maps

Les Topic Maps permettent d'ajouter un niveau de représentation sémantique sur un ensemble de ressources Web. Cette représentation sémantique doit permettre d'accéder aux documents, non pas sur des critères issus de comparaison de mots (clefs), mais par le biais des sujets traités et du contexte dans lequel un sujet prend sens. Comparable à un réseau sémantique, elle peut aussi être exploitée comme moyen de navigation privilégiant la recherche préalable d'un sujet (les nœuds du réseau), en empruntant les associations entre les sujets comme des hyperliens avant d'accéder aux ressources Web.

De manière formelle, les Topic Maps constituent un méta modèle dérivable en modèles spécifiques sur des domaines de connaissances donnés.

L'ontologie des TM regroupe quatre types de composants primaires : les Sujets, les Occurrences, les Topics et les Associations¹. En fonction de certaines règles ils définissent des objets composites : les Scopes, les Topic Maps et les MergeMap. C'est l'ordre que nous suivrons dans notre présentation.

Pour présenter ces composants, nous privilégions une « vue intuitive » en utilisant le formalisme des réseaux sémantiques et des exemples illustrant l'emploi les principaux composants (ces exemples sont tirés de l'application de place de marché présentées au paragraphe 2). Si certaines de ces descriptions ont omis certains détails de la norme c'est pour concentrer le lecteur sur ce qui nous a paru essentiel. Les lecteurs intéressés par une descriptions plus formelle pourront se référer à la norme XTM [19].

Nous débutons cette description par ce qui fait l'objet de la recherche de l'utilisateur c'est à dire le document Web. Le composant TM qui prend en charge le lien vers cette ressource est l'Occurrence.

4.2.1 Les Occurrences

Un parti pris important des Topic Maps consiste à introduire une frontière claire entre les ressources indexées et la représentation sémantique des sujets. C'est la raison pour laquelle aucune information n'est placée dans la ressource elle-même. Pour ce faire, on dispose d'un composant nommé «Occurrence» qui regroupe toutes les informations sur une ressource web à commencer par son *uri* (les autres seront abordés par la suite).

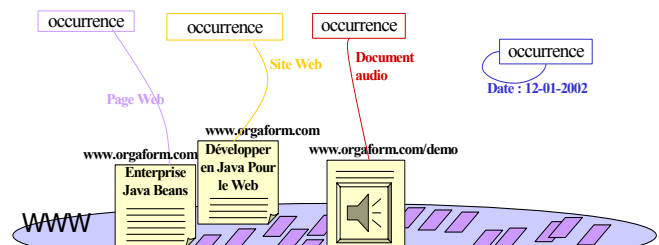


figure 1 : les ressources et leurs Occurrences

L'Occurrence peut elle-même contenir la ressource cherchée qui dans ce cas sera du type « chaîne de caractère ». La figure 1 présente un cas où l'Occurrence détient elle-même la ressource qui est une date.

4.2.2 Les Sujets

Pour apporter une information sémantique sur les ressources du WEB, les Topic Maps indiquent de quel sujet traite telle ou telle ressource. Conformément au sens courant du terme, il n'y a pas de limites aux domaines que peuvent potentiellement couvrir les sujets.

¹ Nous différencierons les composants des notions qu'ils représentent en donnant aux premiers une initiale en majuscule

Ces sujets font l'objet d'un composant dans lequel on indiquera la ressource Web qui décrit ce sujet. Cette description -qui joue le rôle de définition- peut recouvrir toutes les formes connues sur le Web : texte, document audiovisuel, etc. .

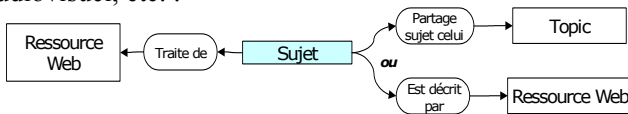


figure 2 : le composant Sujet

La norme Topic Maps distingue deux types de Sujets :

- les Sujets adressables : sujets qui sont manipulables par un ordinateur. Ils traitent de ressources du Web. Par exemple la page d'accueil du site Web du GRACQ. On peut alors disposer d'une référence directe vers cette ressource ;
- les Sujets non adressables : qui ne sont pas directement manipulables par un ordinateur, par exemple le GRACQ. Il faut alors associer à ce Sujet une ressource Web qui le définit.

L'ambition des promoteurs des Topic Maps est que la description de ces Sujets soit accessible, connue et admise universellement, dans le plus restreint des cas, au sein d'une même communauté. Ainsi, quiconque cherchant à faire référence à ce Sujet exploitera cette ressource en tant que «définition» de ce Sujet. On comprend ainsi le rôle majeur du Sujet pour lever certaines ambiguïtés ou pour permettre la fusion de Topic Maps distribuée. En effet, disposer de référents communs et accessibles sur le Web, c'est donner la possibilité à un outil informatique de détecter la similarité sémantique d'objets différents.

4.2.3 Les Topics

Les Topics « réifient » les Sujets. Cela signifie qu'ils en sont l'objet manipulable, car le Sujet ne constitue pas un véritable objet de la Topic Maps mais uniquement un lien vers la ressource qui le décrit.

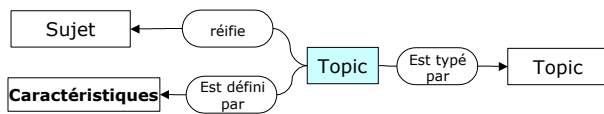


figure 3 : la définition du composant Topic

Le caractère apparemment récursif de la définition est résolu par le fait que la donnée du type est optionnelle. A l'encontre, elle peut être multiple, c'est à dire qu'un Topic peut être une instance de plusieurs topics.

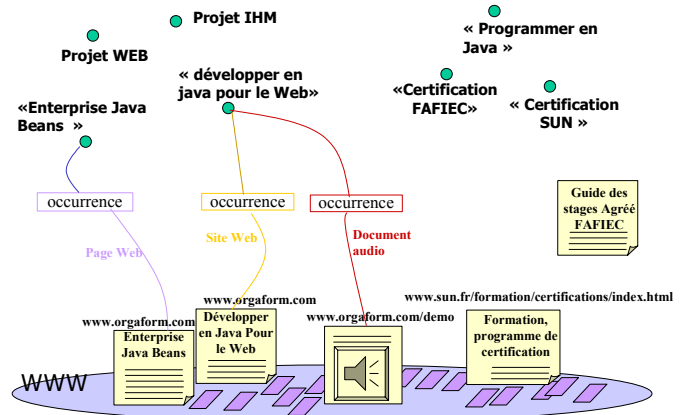


figure 4 : exemple de Topics et de leurs liens avec les ressources

4.2.3.1 Les types de Topic

Le type du Topic est lui-même un Topic. Il est indiqué par un lien « instance-de », l'instance telle qu'on l'entend généralement en conception Orientée Objet n'existant pas ici. Une telle déclaration introduit un lien dans le réseau mais n'a aucune conséquence sur les caractéristiques relatives des deux Topics (pas de notion d'héritage). La figure 7 indique par exemple que les Topics projet IHM et Projet Web sont des instances du Topic Projet WEB.

4.2.3.2 Caractéristiques des Topics

Il n'existe pas de composant « Caractéristiques » au sein des TM. L'introduction de ce composant virtuel nous est commode pour montrer le lien logique qui existe entre le nom du Topic, le rôle qu'il peut jouer dans des Associations et les Occurrences auxquelles il fait référence. Ajoutons de manière quelque peu anticipée qu'il incorpore aussi le « Scope » indiquant la portée sémantique de ces liens logiques. Nous décrivons ici les Caractéristiques Noms et Occurrences les deux autres étant décrites dans les sections suivantes.

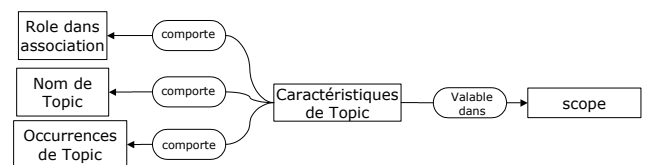


figure 5 : les caractéristiques du Topic

- Caractéristique « Noms »

Un Topic peut avoir un ou plusieurs noms. Il dispose d'un nom de base qui est une chaîne de caractères et d'un ensemble de variantes qui sont nommées (éventuellement par l'intermédiaire d'un Topic). La norme XTM permet de définir une infinité de type de noms mais la recommandation ISO indique trois principaux noms : le nom de base, obligatoire, le nom dédié à l'affichage, le nom utilisé pour des besoins de tris ou de classements (figure 6).

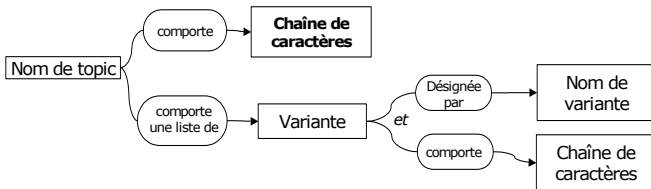


figure 6 : les noms des Topics

La figure 7 montre les trois noms possibles pour le Topic *Projet IHM*. Le nom *Projet IHM* pourrait être considéré comme le nom destiné à être affiché.

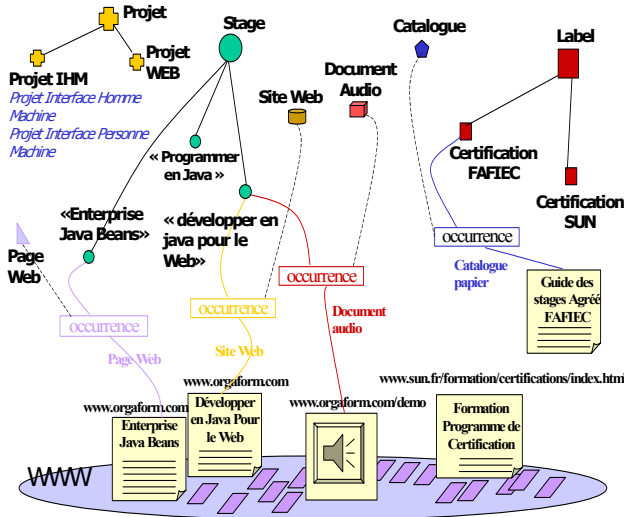


figure 7 : exemple de Topics avec leurs Occurrences et leurs types

• Caractéristique « Occurrence »

Un Topic peut avoir plusieurs Occurrences au sens où nous les avons définies ci-dessus. Ces Topics peuvent aussi être utilisés pour donner un type à une Occurrence. Ainsi, dans notre exemple, les Occurrences sont typées en fonction du format de ressource vers lesquelles elles pointent. Par exemple, la ressource www.orgaform.com/demo qui est un enregistrement numérique d'une bande sonore a le type « document audio » indiqué par le Topic de même nom.

4.2.4 Les Associations

Une association est une relation *n_aire* dont les arguments sont des Topics. Ces arguments ont des noms qui dénotent le rôle joué par cet argument dans l'association.

Le rôle (qui est celui que nous avons rencontré comme Caractéristique de Topic) que joue cet argument dans l'Association est typé par un Topic. Le type est donné par une référence vers ce Topic ou vers son Sujet. L'association elle-même est une instance de Topic ce qui permettra de définir sa sémantique via le Sujet de ce Topic.

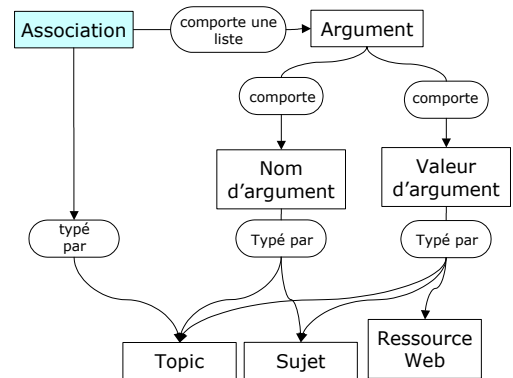


figure 8 : le composant Association

La figure 9 donne deux exemples d'Associations entre certains des Topics que nous avons déjà utilisés : l'Association « But de la formation » et l'Association « cursus Certifié avec pré-requis » qui possède trois arguments à qui on a donné les noms de *stage pré-requis*, *stage plus avancé* et *certificat du stage*.

Pour alléger la figure, nous n'avons pas représenté le type de l'Association qui est n'est pas systématiquement requis.

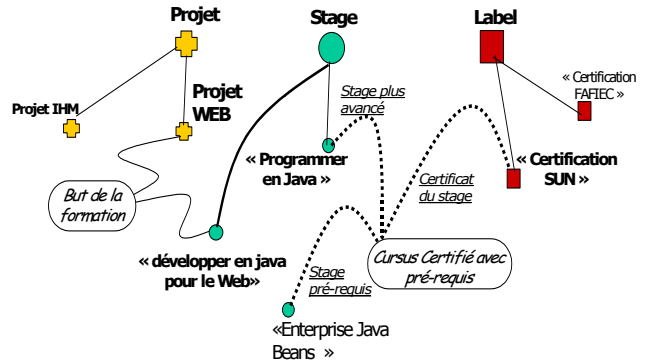


figure 9 : exemples d'Associations entre Topics

4.2.5 Les Scopes et les thèmes

Une particularité importante des Topics Maps est de lier la description d'un objet à un contexte représenté lui-même par un ensemble de Topics. Ce contexte ou « portée pragmatique » des caractéristiques d'un Topic est intégré par le composant « Scope ».

Autrement dit un Scope donne dans quel contexte tel Topic aura tels noms, tels rôles et telles Occurrences.

L'exemple présenté figure 10 montre que dans le Scope de « qualification du personnel » (un Topic) le Topic Certification SUN porte le nom «certification développeur», a pour Occurrences <http://www.sun.fr/formation/certifications/index.html> et joue le rôle nommé «certificat du stage» dans l'association Cursus Certifié avec pré-requis.

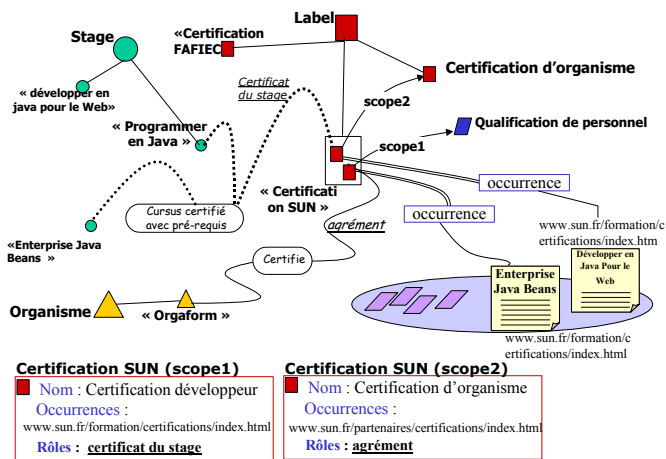


figure 10 : exemples de Scope sur un Topic

La norme ISO donne le nom de thème à un Topic qui appartient à un Scope. Nous avons conservé cette appellation dans notre modèle afin de différencier les instances de Topic des Topics génériques.

4.2.6 Les facettes

Non implémenté dans la norme XTM 1.0, les facettes permettent de compléter les informations à propos d'une Occurrence en ajoutant des informations de type attributs-valeurs. Notons que cette information n'est pas ajoutée dans le document lui-même mais dans le composant Occurrence qui référence ensuite la ressource WEB ce qui permet de rester indépendant de la ressource elle-même.

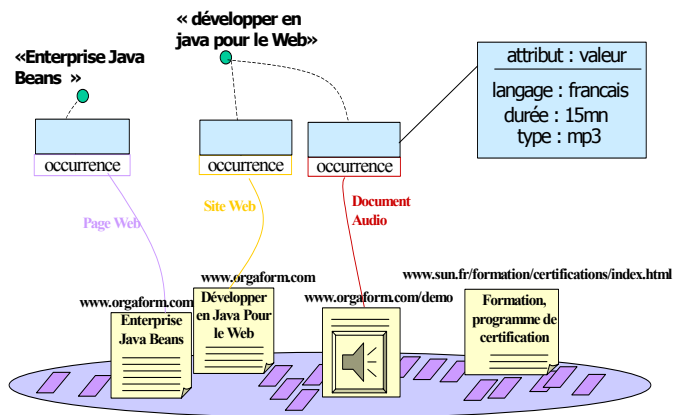


figure 11 : les facettes des Occurrences

4.2.7 Topic Maps et fusion de Topic Maps

Avant d'évoquer la fusion de Topic Maps il nous faut donner la spécification d'une Topic Maps qui est un point d'entrée dans le réseau via un Topic, une association ou une fusion de Topic Maps.

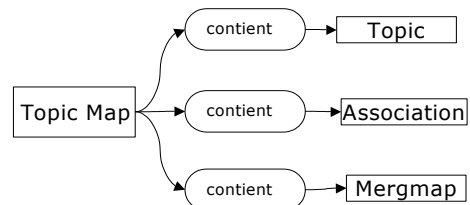


Figure 12 : le composant Topic Maps

Le composant MergeMap référence un élément d'une Topic Map externe à intégrer dans la Topic Map courante. Cette fusion s'établit suivant un ensemble de règles prédéfinies par la norme XTM notamment concernant certaines contraintes sur les noms.

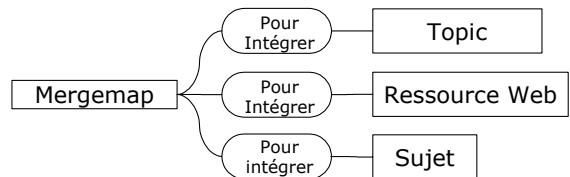


Figure 13 : fusion de Topic Maps

C'est dans ces cas d'intégration de Topic externes que les Scopes et les Sujets prennent toute leur importance en permettant de différencier ou d'assimiler des Topic suivant qu'ils affichent ou non le même Sujet dans le même Scope.

4.3 Situation des TM dans le WS

Nous exposons dans les paragraphes suivants, les singularités des TM par rapport à certains autres langages de représentation exploités dans le cadre du Web sémantique. Nous distinguerons deux classes de langages : ceux qui relèvent des méta-données et ceux qui proposent une représentation ontologique du domaine. Notre volonté ne consiste pas à opposer ces différentes approches mais à montrer quelle complémentarité peut apporter les TM et ce faisant contribuer à en expliciter, les principes, les usages et l'intérêt.

4.3.1 Topic Maps et représentations ontologiques

D'une manière générale, l'objectif de langages de représentation d'ontologies comme Def-Onto, OCML ou DAML+OIL [2] est de permettre des traitements par des agents intelligents automatisés. Les TM peuvent être comparés à ce type de représentations dans la mesure où tous ces langages de représentation d'ontologie visent à proposer une ontologie d'un domaine.

Plutôt qu'une comparaison formelle des formalismes qui finalement est toujours discutable quant il s'agit de méta-modèle entre lesquels des il est possible d'échafauder des isomorphismes, nous choisissons, pour situer les Topic Maps dans l'univers des langages de représentations des ontologies, de montrer comment ils apportent une réponse locale aux problèmes rencontrés dans l'élaboration et l'exploitation d'ontologies [1] :

Modélisation des concepts ou notions de l'ontologie

L'identification des notions de l'ontologie et de leur contenu, puisque c'est de ce problème dont il est question, est ici grandement simplifiée dans la mesure où il s'agit de « sujets » (la norme mentionne explicitement *sujet de conversation*). Les Sujets² ne sont pas décrits par des propriétés. Ils sont nommés et jouent des rôles dans des Associations. On peut donc considérer les TM comme une ontologie des sujets de conversation. Cette notion très vague de « sujets » laisse une grande liberté au concepteur à qui, peu de compétences d'IC sont demandées. Une des contreparties de cette facilité tient dans le risque de liens de typage entre Sujets, relativement flous. A titre d'exemple, «les roues de voitures» et la «voiture électrique» sont des Sujets qui peuvent avoir un type commun : le Sujet «l'automobile». Un autre problème tient dans le fait que le Sujet est la seule notion manipulée. Cela revient à confondre les particuliers et les *universels* du *domaine* du discours [2]. Le lien entre deux Topics est un lien de typage et non un lien de subsomption. Considérant cet aspect comme une limite du modèle nous avons apporté une association particulière qui permet de retrouver cette différence.

Labellisation de ces concepts

L'interprétation linguistique des noms des notions employées est un aspect sur lequel les TM amènent une réponse complète. Ne décrivant que très peu le contenu, les TM font reposer la sémantique des notions décrites dans l'interprétation des noms donnés aux Sujets ou aux Associations. Comment s'assurer alors d'une interprétation correcte des termes ? Les TM offrent trois possibilités : d'une part par la possibilité qui est donnée de donner un nombre indifférent de noms ; ensuite en attachant à chaque Sujet une ressource qui apporte une description publique et consensuelle de ce Sujet ; enfin, par les Sujets environnants celui dont le nom peut apparaître ambigu. Pour justifier ce dernier argument il faut se replacer dans la fonction principale des TM : la recherche par navigation dans un hypermédia. Dans ce cas, le problème de la labellisation est un problème de contexte car on ne découvre un terme dénotant un sujet qu'après avoir parcouru un autre ensemble de termes dénotant d'autres sujets ou associations. La question ne porte pas tant sur la connaissance des différents signifiés potentiels d'un terme mais plus sur la sélection d'un des ces signifiés suivant le contexte. La navigation dans un réseau peut constituer un début de réponse à ce type de problème. En effet, de la même façon que la portion de texte précédant une phrase permet d'en comprendre le sens, les sujets et les associations traversées ou attenants (c'est à dire le « co-sujet » par analogie au « co-texte ») au sujet courant indiquent le signifié à sélectionner. De plus, les Topic Maps offrent la possibilité d'exprimer et de typer ce contexte (à l'aide d'un Topic) pour ajouter

² A partir de maintenant nous emploierons de manière équivalente sujet et Topic

encore une information sur la trace de surface que constitue le terme qui dénote le sujet.

Exploitation informatique de ces concepts

Les ontologies peuvent permettre de *formuler et expliciter un savoir* et *mutualiser et fédérer des connaissances* [1]. Le cadre d'application des TM rejoint partiellement ces spécifications. Certes il s'agit essentiellement de favoriser, pour des agents humains, l'accès aux ressources du Web. Cependant dans son élaboration collective, la carte des sujets va permettre d'explicitier et de confronter les points de vues sur les définitions et les relations concernant tel ou tel sujet, de les rendre publique et de les fédérer du fait de l'interopérabilité des représentations. La différence est que ce travail est facilité quand il s'agit de sujets et non de concepts et lorsque l'on n'envisage pas de traitements automatisés ce qui permet de conserver la représentation dans une certaine inconsistance logique.

La spécification du système tient par conséquent dans la recherche de documents et la validation pourra se mesurer pratiquement dans la part de recherche satisfaite.

Effectivité et intelligibilité des ontologies

Le problème de l'effectivité

Ce problème fait référence à la nécessité, parfois problématique, de disposer d'un langage formel de codage de l'ontologie. Certes les Topic Maps disposent avec XTM d'un langage formel de représentation. Ils ne disposent pas encore d'un langage de requêtes (qui en cours de spécification : TMQL) mais qui, de notre point de vue, a un intérêt mineur par rapport à l'objectif général des Topic Maps. De plus, comme nous l'avons déjà évoqué, le formalisme ne supporte de primitives d'inférences symboliques et il est difficile de l'imaginer du fait de l'inconsistance des représentations produites. Mais ici encore, l'objectif est de confier aux agents humains la charge de ces inférences en leur donnant l'information contextuelle nécessaire et des points de vue multiple [4].

Le problème de l'intelligibilité

Si calcul symbolique il y a, le comportement calculatoire doit rester intelligible. La situation exprimée sur le problème précédent annule *de facto* la question de l'intelligibilité pour les TM.

4.3.2 Topic Maps et langages de « meta-données »

L'objectif poursuivi avec les TM et certains langages de méta-données est convergent : indexer des documents par leur contenu sémantique. Il nous a donc paru nécessaire de positionner les Topic Maps par rapport à ce type de langage. La comparaison sera faite avec RDF-Schema et le Dublin Core³, langages prototypiques

³ Et ce même si RDF-Schema intègre aujourd'hui le Dublin Core [5].

des outils d'annotation de document Web. Cette comparaison portera sur quatre critères discriminants : la « sensibilité à la ressource », la nature des notions manipulées, la prise en compte du contexte et les capacités inférentielles de ces langages .

Sensibilité à la ressource

Concernant les annotations, le principe de RDF-S et de Dublin Core est d'inscrire les annotations dans la ressource elle-même. Topic Maps exploite quant à elle un ou plusieurs fichiers spécifiques dans lesquels se trouvent les liens vers les ressources. Il s'agit d'une différence fondamentale puisque, dans le premier cas, une recherche suppose qu'on parcourt chaque document pour en consulter le contenu et en mesurer la pertinence alors que dans le second cas on recherche le nœud du réseau dont la sémantique est proche de celle du sujet et recherché et on alors accès à l'ensemble des documents qui référencent ce sujet. On comprend alors que les premiers soient dédiés à un traitement automatisé par agents informatiques alors que les TM soient davantage dédiés à une navigation « humaine ». Reste que la distribution de la représentation pose un problème du point de vue de la consistance globale de la réponse fournie à une requête car il est difficile d'assurer la consistance de représentation distribuée [12].

De plus, dans un Web où la volatilité de la ressource est très importante il semble périlleux d'utiliser ces documents pour y inscrire des parcelles de représentations. Enfin, sur le plan de la réutilisation, la distribution des annotations peut amener des cas de répétition de description de certains schémas de données (en ce qui concerne RDF-S) chaque agent ne connaissant évidemment pas les représentations adoptées par les autres. Ca ne va pas dans un sens de fédération de mutualisation.

Nature des notions manipulées

Dublin Core différencie une quinzaine de propriétés et quelques qualificatifs qui s'appliquent à ces propriétés suffisamment générales pour être « pertinentes » quels que soient les documents. Le Dublin Core travaille par conséquent sur un objet dont la classe est définie a priori. Ces propriétés, certes assez étendues quand il s'agit de décrire un document, sont insuffisantes quand on ambitionne d'aborder n'importe quel sujet. C'est l'objectif des Topic Maps qui fondent la richesse sémantique de leur représentation sur la quantité et la variabilité des relations entre sujets [4]. On ne dispose pas d'une description en intension de ce sujet qui n'est « que » nommé. Il en va de même pour l'association pour laquelle on a à préciser les sujets impliqués ainsi que le nom et type des rôles joués par les sujets arguments. Notons que ce type n'est pas réellement discriminant mais indicatif alors qu'il représente une réelle contrainte dans RDF-S [5]. Ce dernier se situe dans une démarche de représentation à base de frame où les propriétés elles-mêmes dérivent d'une classe surordonnée. Contrairement au DC, RDF-S laisse à l'agent humain la définition des propriétés de la classe.

Cette comparaison permet de situer les TM par rapport aux autres langages, en termes de niveau de compétence requis, et de degré de liberté laissé au concepteur, lors de l'élaboration d'une représentation. Elle montre un positionnement intermédiaire entre RDF-S qui nécessite d'appréhender correctement un modèle « orienté frame » [5] (avec entre autre la notion d'héritage) et DC qui ne laisse aucune latitude quand aux associations possibles entre entités (Sujets pour les TM et référentiel pour le DC) ;

La prise en compte du contexte

Les TM permettent d'affecter un Scope à chacune des caractéristiques d'un Topic (cf. §4.). Cela permet de montrer les divers sens que peut recouvrir un Sujet en fonction du thème (aussi un Topic) dans lequel on se situe. Vu autrement cela autorise à donner le même nom à un Topic à la condition qu'ils appartiennent à des Scopes différents. Cette notion de contexte est absente des modèles Dublin-Core et RDF-S. Pour le DC, le référentiel qui décrit le document n'est pas assez générique pour envisager de plonger cette notion dans un autre contexte qui en changerait certaines de ses caractéristiques tout en conservant le lien vers une structure et/ou une signification commune. En ce qui concerne RDF-S un mécanisme similaire à celui mis en place pour TM est envisageable. Il nécessiterait, par exemple, de typer l'héritage en fonction d'une tierce classe.

Inférence

Comme nous venons de le décrire, RDF-S dispose de la notion d'héritage qui n'existe pas en Topic Maps ou dans le Dublin-Core. Certes, chaque Topic déclare de quel Topic il est l'instance mais cela n'a aucune incidence quant à ses caractéristiques ou les Associations dans lesquelles il est impliqué. Il s'agit donc là plus d'une marque de surface à l'attention de l'utilisateur qui navigue dans la Topic Maps qu'un mécanisme permettant d'inférer des propriétés sur un sujet. Notons que l'héritage multiple (pour RDF-S) ou l'instanciation multiple (pour TM) est autorisé.

5 Un modèle de représentation sémantique basé sur les Topic Maps

Au travers de ses différentes normes, les Topic Maps définissent un méta-modèle au même titre que le modèle Orienté Objet. Bien que le langage puisse être exploité sous sa forme originelle, les modèles génériques de Topic et d'Associations peuvent être instanciés pour créer des types d'Associations. C'est la démarche que nous avons suivie en adaptant la norme afin de disposer de certains types prédéfinis. Cette opération ne remet pas en cause les caractères principaux de la Topic Map. Elle permet de différencier les instances (ou exemplaires qui appartiennent à ce que [2] appellent les *particuliers*) des sujets génériques (que

les mêmes auteurs classes dans les *existentiels*). Notre modèle comprend donc un type de Topics particulier nommé Topic-Instance. Le lien d'instanciation reliant un Topic-Instance à un Topic demeure le lien « instance_of » défini dans la norme XTM. Le lien qui lie deux Topics est désormais représenté par l'association «Sous-Thème». La figure 14 donne un exemple de représentations élaborées à partir d'une Topic Maps et ce nouveau genre d'instanciation.

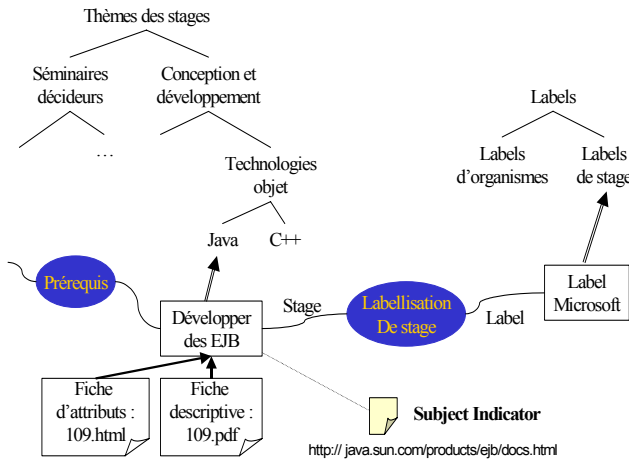


figure 14 : un exemple de Topic Maps concernant des stages de formation en langage Java

Le Topic «Développer des EJB» est une instance du Topic en Java, ce dernier étant un sous-thème du Topic «Technologies Objet». L'association Sous-Thème permet de définir une hiérarchie de Topic qui définit une partition des sujets dans un domaine donné, suivant une perspective donnée.

Le choix de représentations multi-hiérarchisées de Topics s'inscrit dans le cadre d'une démarche de soutien à l'acquisition coopérative des connaissances. Il est probable que dans ce type de situation des points de vues divergents s'expriment quant au rattachement d'un Topic-Instance à un Topic. C'est une situation que l'on rencontre aussi individuellement, par exemple lors du classement en opérant une comparaison entre deux objets : dans laquelle des catégories d'appartenance de ces deux objets devons nous classer ce document ? « Au sein des deux catégories » pourrait constituer une réponse efficace en termes de coût de recherche. Le fait de pouvoir attacher un même Topic-Instance à deux Topics (issus ou non de hiérarchies différentes) ou de pouvoir donner de multiples noms à un même Topic ou encore des noms identiques à des Topics différents devrait permettre d'atteindre un consensus sans l'apport d'une méthodologie lourde de recherche de consensus. Là encore, c'est la consistance (par opposition à la validité logique) du formalisme supportant le modèle des Topic Maps qui permet d'avoir recours à ce type de représentation. De telles incohérences logiques peuvent en effet correspondre à une réalité cognitive (individuelle ou collective) qui mérite aussi d'être représentée. Cependant, pour ne pas confondre multi-points de vues et ambiguïté, les TM disposent des « Scope » et des « Sujets » (au sens de la notion réifiée par le Topic cf. §4.2.2) permettant de qualifier chacune

des alternatives. C'est en cela que les Topic Maps apportent une approche complémentaire des représentations formelles et logiquement valides qui favorisent, quant à elles, la rationalisation de l'organisation de nos connaissances sur un domaine donné.

Favorisant encore l'accessibilité de la représentation, la sémantique des notions représentées (les sujets et les associations), des différents types de liens (« type-de » ou « sous-thème ») permet d'envisager et d'exploiter ce type de représentations pour des utilisateurs quelconque, sans pré-requis sur leurs compétences.

Concernant les interactions cognitives intervenant dans la phase de recherche d'information, l'intérêt de la représentation en carte de sujets (à entrées multiples ou multi-points de vues) se situe dans :

- le peu de pré-requis sémantique demandé à l'utilisateur (le réseau agit alors comme un guide) ;
- la contextualisation des informations accédées. Nous pensons en effet que la navigation dans le réseau offre de ce point de vue un accès sémantiquement plus riche qu'un langage de requête où l'utilisateur est contraint, pour formuler une requête efficace, d'appréhender la structure de la représentation et de formuler des éléments de contexte. Cela, alors même qu'il connaît peu l'objet cherché puisque précisément c'est à propos de celui-ci qu'il effectue une recherche [15].

Les autres aspects concernant l'ergonomie de la navigation sont très dépendants de l'interface homme-machine par laquelle l'utilisateur va parcourir le réseau. Des solutions ont d'ores et déjà été envisagées dans des travaux académiques [10] ou par des outils de sociétés privés. Ces solutions privilégient trop souvent la quantité d'information par rapport à la charge cognitive supportable par l'utilisateur. Il ne s'agit pas là d'une limite du modèle Topic Maps qui fournit toutes les informations pour répondre aux spécifications ergonomiques concernant le parcours de graphe dans une recherche [15][17].

6 Conclusions et perspectives

Un courant important du Web sémantique porte ses efforts de recherche sur le développement ou l'adaptation d'ontologies afin de donner la possibilité à des agents informatiques d'inférer sur le contenu sémantique des ressources du Web et non plus uniquement sur des termes clefs. On imagine également comment les techniques de text-mining vont être exploitées pour l'annotation automatique des documents textuels du Web. Nous pensons qu'une voie complémentaire demeure ouverte pour l'intervention humaine d'utilisateurs « acteurs », à la fois dans l'élaboration des ontologies, leurs mises à jour (fréquentes lorsqu'il s'agit de ressources Web) et dans la recherche d'information. Il s'agirait de représentations sémantiques affaiblies par rapport aux

ontologies précédemment citées mais plus cognitives que computationnelles et plus aisément « maintenables » par les utilisateurs eux-mêmes. Si tel est le cas, il est nécessaire de se donner les moyens d'accompagner et de favoriser les échanges et les interactions cognitives qui s'établissent dans l'élaboration coopérative d'une représentation sémantique.

Nous avons cherché à identifier la nature de ces interactions et montrer en quoi elles pouvaient contraindre la représentation sémantique à concevoir. C'est à l'issue de cette analyse et d'une étude sur les Topic Maps que nous avons adopté ce type de formalisme, pour l'élaboration d'une représentation sémantique adaptée à la voie spécifique dans laquelle nous abordons le Web sémantique : celle d'un Web sémantiquement cognitif.

Nos perspectives de recherches se situent d'une part dans l'amélioration des conditions cognitives de la navigation notamment par le biais d'interfaces adaptées ; d'autre part, dans l'aide au développement coopératif de la Topic Maps. Cette aide portera sur l'emploi de relations prédéfinies en fonction de la nature des Topic qu'elles mettent en relation.

Ces développements ne concernent pas les fondements du modèle des Topic Maps qui doit conserver ses vertus actuelles. Ils concernent des outils qui permettent d'en faciliter l'approche dans la phase d'acquisition de connaissances et dans la phase de recherche d'information.

Références

- [1] Bachimont B., Modélisation linguistique et modélisation logique : l'apport de l'ontologie formelle *Actes de la Conférence Ingénierie des Connaissances (IC'2001)*, Grenoble, p349-351, Grenoble, Juin 2001.
- [2] Barry c. Cormier C. Kassel G. Nobécourt J., Evaluation de langages opérationnels de représentation d'ontologies, *Actes de la Conférence Ingénierie des Connaissances (IC'2000)*, Toulouse, Mai 2000.
- [3] Berners-Lee T., Semantic Web Roadmap. World Wide Web Consortium (W3C), 1998 <http://w3.org/DesignIssues/Semantic.html>
- [4] Biezunski M, Martin Bryan, Steven R. Newcomb, Topic Maps: Information Technology – Document Description and Markup languages, 3 Dec 1999 <http://www.y12.doe.gov/sgml/sc34/document/0129.pdf>
- [5] Brickley, D., Guha, R.V., Resource Description Framework (RDF) Schema Specification 1.0 World Wide Web Consortium, <http://www.w3.org/TR/rdfschema/>
- [6] Cahier J.-P., Zacklad M, « Approche cognitive de la co-construction d'un catalogue multi-points de vue et multi-exports », *Actes de la Conférence Extraction et Gestion des Connaissances EGC 2002*, , p.221-226, Hermes.
- [7] Cahier J.-P., Zacklad M., "Towards a Knowledge-Based Marketplace model (KBM) for cooperation between agents", *Actes conférence COOP'2002*, St Raphael, 4 - 7 juin 2002, IOS Press (à paraître).
- [8] Charlet J., Zaclklad M., Kassel G. Bourigault D., Ingénierie des connaissances : recherches et perspectives, *Ingénierie des connaissances*, Eyrolles, 1999.
- [10] Deslcefs-LeGrand B., Soto M, Information Management - Topic Maps visualisation, <http://www.gca.org/papers/xmleurope2000/papers/s29-03.html>, 2000.
- [11] Euzenat J., Building consensual knowledge bases: context and architecture, in Nicolaas Mars (éd.), *Proceedings of 2nd international conference on building and sharing very large-scale knowledge bases*, Enschede (NL), (10-13 avril) 1995 IOS press, Amsterdam (NL), pp 143-155, 1995
- [12] Euzenat J., L'annotation formelle de documents en (8) questions, *Actes de la Conférence Ingénierie des Connaissances (IC'2001)*, Grenoble, 2001, PUG.
- [13] International Organization for Standardization, ISO/IEC 13250, Information Technology-SGML Applications-Topic Maps, Geneva: ISO, 1999
- [14] Ribière M., Représentation et gestion de multiples points de vue dans le formalisme des graphes conceptuels, *Thèse de Doctorat de l'Université de Nice - Sophia Antipolis*, Paris, avril 1999
- [15] Saadani L, Bertrand-Gastaldy S., Cartes conceptuelles et Thésaurus :essai de comparaison entre deux modèles de Représentation Issus de Différentes Traditions Disciplinaires, *actes de du 28^{ème} congré annuel ACSI 2000 : Les Dimensions d'une Science de L'Information Globale*, Edmonton, Alberta, Canada 28-30 Mai 2000.
- [16] Simone C., Unifying or reconciling when constructing Organisational Memory? Some Open Issue, *extended version of ECAI 2000 Workshop on KM/OM*
- [17] Tricot A., *Un point sur l'ergonomie des interfaces hypermédia Le travail humain*, 1995, 58, 1, 17-45.
- [18] Tricot A. BASTIEN C., La conception d'hypermédiat pour l'apprentissage : structurer des connaissances rationnellement ou fonctionnellement ? *Actes des Troisièmes journées scientifiques Hypermédias et Apprentissages*, E. Bruillard, J.M. Baldner, G.L. Baron (eds.) CREPS de Chatenay-Malabry, 9-11 Mai 1996, 57-72.
- [19] XML Topic Maps (XTM) 1.0, TopicMaps.Org Specification, 2001. <http://www.topicmaps.org/xtm/1.0/>
- [20] Zacklad M., « La Théorie des transactions intellectuelles, une approche gestionnaire et cognitive pour le traitement du COS », *Intellectica*, vol.30, n° 1, , 2000 pp.195-222.