

Le Web sémantique n'est pas antisocial

Fabien Gandon

INRIA - Equipe ACACIA, BP 93, 06902 Sophia Antipolis, France, Fabien.Gandon@sophia.inria.fr

Résumé

Cet article rebondit sur une série d'articles [5][6][31][32] soulignant l'importance de la prise en compte de l'aspect social dans le Web sémantique mais opposant radicalement l'approche Web sémantique et l'approche sociale. Tout en reconnaissant cette importance, nous montrons ici que ces deux approches sont complémentaires.

Mots clés : Web sémantique, Web social, Web pragmatique.

1 Introduction

Une série d'articles stimulants [5][6][31][32] a défendu l'importance de la dimension sociale dans la construction d'un cycle de vie du Web sémantique et propose une nouvelle approche (le Web socio-sémantique) que les auteurs opposent radicalement, à l'approche classique du Web sémantique. Loin de remettre en cause cette importance, cet article reprend ici le discours de ces contributions et montre que si les thèses défendues sont à notre avis parfaitement justifiées, leur mise en opposition au Web sémantique ne l'est, par contre, pas. En d'autres termes nous reconnaissons nous-mêmes [12] un certain nombre des besoins avancés dans ces articles, mais si le Web demande effectivement, et entre autres, la prise en compte d'une *dimension sémiotique* (en tant que système signifiant mobilisant des signes dans toutes leurs formes pour des représentations à consommation humaine), d'une *dimension pragmatique* (en tant que système sémiotique immergé dans des usages multiples qui en influencent l'interprétation) et d'une *dimension sociale* (en tant qu'espace d'interaction) rien dans le Web sémantique ne s'y oppose, bien au contraire. C'est donc dans un esprit constructif que les sections suivantes rebondissent sur ces articles. Par soucis d'exactitude, nous devons aussi souligner que le discours des auteurs de cette série d'articles a évolué au fil des contributions et que certains aspects soulignés dans des premières contributions ne le sont plus forcément dans des contributions plus récentes.

Dans la section 2 nous rappelons les objectifs du Web sémantique qui, à notre avis, en sont plus définitionnels que le paysage de recherche qui l'entoure. Les sections 3 et 4 rappellent les caractéristiques des formalismes du Web sémantiques et discutent les critiques faites dans les articles précités. La section 5 aborde les variations d'opérationnali-

sation qui expliquent les différentes connotations que le Web sémantique peut prendre.

2 Le social dans la définition et les objectifs du Web sémantique

Pour ancrer notre discours nous commençons par une relecture des objectifs et définitions du Web sémantique i.e. une ontologie de cette notion au sens où nous nous intéressons au Web sémantique en lui-même et non tel qu'il peut nous apparaître au travers de travaux singuliers. Le Web sémantique est en effet perçu très différemment par de très nombreuses personnes [17]. Non seulement, chacun le voit à sa porte mais en plus chacun s'intéresse à une partie du Web sémantique, à l'image du conte indien des six aveugles qui se représentent un éléphant différemment en fonction de la partie que chacun a touché (FIG. 1 issue de [17]).

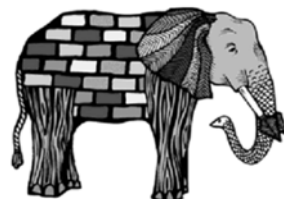


FIG. 1 – L'éléphant du Web sémantique [17]

Le Web sémantique est une extension du Web actuel dans laquelle l'information se voit associée à un sens bien défini améliorant la capacité des ordinateurs et des hommes à travailler en coopération [2]. Dans cette définition la plus citée dans les travaux du Web sémantique, l'ambition de faciliter la coopération entre les machines, entre les hommes et entre les hommes et les machines, est posée comme *l'objectif définitionnel* du Web sémantique. Par conséquent le scénario motivant du Web sémantique utilisé dans sa définition même, le place au cœur d'une problématique sociale: l'assistance à la coopération en utilisant le médium du Web et potentiellement à l'échelle du monde.

Le Web sémantique est une évolution et non une révolution du Web. Cette caractérisation, toute aussi omniprésente dans les introductions au Web sémantique [17] et les documents officiels du W3C [24], a pour corollaire que tout ce que nous pouvons imaginer de faire avec le Web classique, y compris les applications sociales, nous pou-

vons aussi envisager de le faire avec le Web sémantique, de la même façon ou même mieux.

« *Malgré les ambitions assez larges affichées par Tim Berners Lee (...) qui visait autant la médiation des activités humaines que la recherche automatique d'information (...) le projet actuel du Web Sémantique est avant tout celui d'un Web Sémantique Formel principalement tourné vers les besoins d'exploitation automatique servis par des programmes informatiques.* » [32] Nous nous refusons à confondre le Web sémantique et le paysage de contributions académiques qui l'entoure: (i) il existe énormément de contributions industrielles [24] et un intérêt industriel réel [29] qui n'entrent pas dans le cadre de recherches académiques sur des opérationnalisations logiques (ii) le Web sémantique n'est pas défini par une seule communauté de recherche ou une autre [4] (iii) si beaucoup de contributions ont été faites sur les aspects formels elles n'excluent pas des contributions sur d'autres aspects.

« (...) *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 [Web sémantique] (...).* » [6] Nous ne pouvons qu'être d'accord avec cette idée. Cependant, le Web sémantique ne propose qu'un ensemble de standards de représentation sans imposer de méthodologie ni même d'opérationnalisation. L'initiative du Web sémantique est fondamentalement indépendante de tout domaine d'application ou scénario particulier. La paradigme sous-jacent aux couches supérieures du Web sémantique est la représentation des connaissances orientée ontologie; le Web sémantique s'inscrit donc comme une option supplémentaire dans l'implantation de solutions d'ingénierie des connaissances et d'ingénierie ontologique au dessus des représentations sémiotiques du Web classique. Enfin, le Web classique est sémiotique, donc si nous prenons la peine de soigner son intégration avec le Web sémantique le résultat peut fusionner le meilleur des deux mondes.

« *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.* » [6] Rien dans l'approche du Web sémantique rappelée dans cette section, ni dans les langages rappelés dans la section suivante ne stipule, et *a fortiori* n'oblige, que les connaissances représentées sont ou doivent être uniquement utilisables par des programmes. Tous les formalismes du Web sémantiques sont conçus pour être extensibles c'est la philosophie derrière le *X* de XML. L'extension et la transformation sont utilisables à tous les niveaux et permettent en particulier la génération de vues d'accès et d'action pour l'humain. Les connaissances formalisées afin d'être manipulables par des composants logiciels ne sont pas exclusivement destinées à des routines automatiques; un agent logiciel peut être, par exemple, un assistant de navigation et dans ce cas les efforts de structuration sémantique consentis bénéficient directement à des hu-

ains. Ces connaissances peuvent très bien être intégrées dans des systèmes qui interviennent dans les tâches de recherche (ex: Google [15]) et navigation (initiative RDF de Mozilla [19], Magpie [10], Annotea [22], COHSE [1]).

Cette première partie établit clairement que rien dans les objectifs définitionnels du Web sémantique ne s'oppose à la prise en compte d'une dimension sociale au contraire. De plus, le Web sémantique est une notion émergente à partir d'une idée définie en limite. Comme d'autres notions sa définition se construit collectivement; c'est *a fortiori* le cas pour cette notion dont la définition a, par construction, par nature, l'échelle du Web.

3 Une pile de standards ouverts

Le Web sémantique étend le Web classique et repose sur une architecture en couche (FIG. 2) permettant à chacun de ne mobiliser que les couches dont il a besoin, en d'autres termes, rien n'est imposé, tout est proposé:

- *RDF*: un modèle de données pour décrire et connecter des ressources anonymes ou identifiées par un URI.
- *RDFS*, *OWL*: pour définir un vocabulaire conceptuel et définir formellement des aspects choisis.

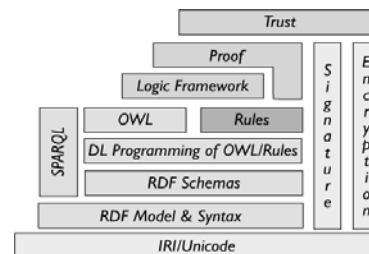


FIG. 2 – Tour des standards du Web sémantique [16]

RDF peut se résumer à un modèle de triplets pour l'annotation de ressources *i.e.* un modèle dans lequel toutes les assertions sont de la forme (sujet, prédicat, objet) par exemple (#Manuel, #proposer, #WebSocioSemantique). Les assertions dans ce modèle peuvent être inscrites en utilisant plusieurs formats, le format officiel étant RDF/XML. Jointes, ces assertions forment un graphe orienté et étiqueté que les utilisateurs ou applications construisent *sans autres restrictions*. Jusqu'à ce niveau il n'y a donc pas nécessairement utilisation de la logique ni même des ontologies. Le langage de requête du Web sémantique (SPARQL [27]) est même défini à ce niveau.

RDFS est un langage de déclarations et descriptions légères d'un vocabulaire utilisable en RDF. RDFS intègre essentiellement le typage des ressources et de leurs relations par des classes de ressources et de propriétés. Ces classes peuvent être organisées en hiérarchies et les signatures des propriétés peuvent être spécifiées. Chacun de ces aspects reste optionnel et indépendant du domaine d'application. Le couple RDF & RDFS est noté RDF/S.

Au dessus, OWL Lite, OWL DL et OWL Full, proposent des langages de plus en plus expressifs (au sens de la logique) pour décrire formellement les ontologies utilisées dans les annotations RDF, mais là encore chaque couche est optionnelle, et chaque primitive de chaque couche est disponible et non obligatoire. Notons au passage que OWL intègre la capacité de comparer et relier des ontologies différentes *i.e.* il reconnaît *de facto* le contexte social de développement des ontologies et propose des mécanismes de base pour la mise en correspondance de conceptualisations ou de représentations différentes.

« (...) nous préconisons, dans un certain nombre de situations, l'usage de langages de représentations des connaissances plus faciles d'utilisation tel que les *Topic Maps* (...), plutôt que le recours à des logiques formelles. » [5] « Si la logique formelle est suffisante pour des transactions simples de machine à machine où dans le contexte des routines bien établies du monde des affaires une autre perspective est nécessaire quand la dimension culturelle et symbolique entre en scène. » [32] « Web computationnellement sémantique: Priorité n°1 l'inférence; Recours à des agents automatiques; Langages logiques ou orientés objet (*Ontolingua, DefOnto, KA2*). » [31] Nous refusons d'amalgamer le Web sémantique et les logiques formelles. Il s'agit d'une famille de langages d'expressivité croissante dont la brique de base n'est pas une logique mais le modèle pivot de RDF: un modèle de triplets pour représenter des graphes descriptifs des ressources. Même au dessus, RDFS est loin d'être une logique et n'ajoute qu'un système de typage déclaratif optionnel des nœuds et des arcs.

Les travaux du Web (sémantique ou pas) se distinguent tous par un attachement systématique à un monde ouvert (qui pose par ailleurs bien des problèmes aux anciens résultats des formalismes de représentation des connaissances) et à l'aménagement de mécanismes d'extension. Chacune des normes se positionne comme une brique supplémentaire et une nouvelle fondation pour les suivantes. Il n'est jamais question de limiter mais d'ouvrir, composer, adapter, tout en restant compatible. Enfin si le modèle en couche implique une valeur supplémentaire à chaque couche il ne le fait que dans une dimension (ici l'expressivité de la formalisation) et il n'empêche en rien le développement d'autres couches dans d'autres dimensions (comme le montre l'évolution du schéma du web sémantique) pour peu que les parties communes restent communes.

« *Le Web Socio Sémantique prolonge pour partie les premières critiques que nous avons formulées à l'égard de certaines attitudes hégémoniques du courant du Web Sémantique Formel, en proposant l'approche alternative du Web Cognitivement Sémantique (...).* » [32] Comme nous venons de le montrer, la formalisation proposée dans les approches du Web sémantique n'est ni obligatoire (RDF peut être utilisée seul), ni binaire, ni monolithique (l'organisation en niveaux permet de choisir le degré de formalisation voulu). Rappelons aussi que le W3C fonctionne par

un système de forums ouverts et que donc toute hégémonie n'est possible que par absence d'opposants.

« [*Les langages de type logique ou objet*] 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. » [6] Il nous semble ici important de discuter la notion de domaine formalisation: le domaine à formaliser en RDF/S ou OWL n'est pas forcément le domaine d'application; la formalisation est essentiellement spécifiée par la tâche. Ainsi si la tâche est l'assistance à l'alignement de plusieurs terminologies médicales, la formalisation se focalisera peut-être sur des primitives linguistiques (ex: terme, synonyme de, hyponyme de, acronyme de, etc.) permettant de représenter et comparer les différentes terminologies. En d'autres termes, on ne retrouve pas forcément les notions du domaine d'application dans le schéma RDFS.

« *L'approche logique qui est privilégiée dans les ontologies formelles, veut asseoir la signification sur des critères qui soient à la fois indépendants du contexte sémiotique de l'expression (...) et de la situation transactionnelle.* » [32] Là encore nous ne voulons pas assimiler l'approche logique et l'approche Web sémantique. Les aspects formels ne sont pas utilisés pour l'interprétation humaine (le web est déjà là pour ça) mais pour les traitements automatiques. La formalisation focalisée d'une notion n'entrave pas une interprétation humaine plus complexe surtout si cette formalisation est motivée par un scénario d'assistance au sens système à base de connaissances vs système expert.

« *L'accord définitionnel s'appuie sur la sélection d'un petit nombre de sèmes, pour partie hérités du graphe dans lequel se trouve le concept, qui confère à l'expression (au mot dans le cas du Web sémantique) une sorte d'autonomie logique.* » [32] Les graphes des formalismes du Web sémantique ne sont pas centrés sur les mots mais sur les notions. Les nœuds d'un graphe RDF représentent des ressources. La classe RDFS n'est pas un mot mais un type auquel on peut attacher des labels qui, eux, peuvent être considérés comme des mots. Un schéma RDFS ne formalise pas des mots mais normalise l'identification unique de notions documentées. Plusieurs labels pouvant être associés, on peut donc considérer que plusieurs chemins sémiotiques (en l'occurrence, symboliques) sont documentés pour arriver à cette notion. Cependant ce point est aussi pour nous symptomatique du manque d'un niveau sémiotique articulé au dessus de ces formalismes de représentation ainsi que d'une articulation logique entre ces deux niveaux. Nous avons par ailleurs discuté [12] le besoin d'une logique sémiotique et pragmatique pour gérer les interactions entre des représentations de connaissance *ex machina* et des interprétations en entrée comme en sortie d'interactions *in vivo* avec des utilisateurs.

« (...) l'approche contextuelle tendrait à remettre en cause l'indépendance de la signification de l'expression vis-à-vis de la matérialité de son support ou du moins de la manière dont le support serait appréhendé perceptivement (...) » [32] Ceci ne s'oppose pas à la vision des formalismes du Web sémantique. Prenons la notion de classe, elle représente une intension mais reconnaît, ne serait-ce que par la diversité des labels, que son expression peut être multiple (plusieurs labels / synonymie), qu'elle peut être ambiguë (plusieurs classes utilisant le même label / homonymie) et que par conséquent appréhender une expression (ex: l'occurrence d'un mot qui est par ailleurs utilisé comme label) pour lui associer un sens (ex: une classe) demande une interprétation contextuelle *i.e.* en appelle à la pragmatique.

« RDF-S qui nécessite d'appréhender correctement un modèle orienté frame(...) Notons que l'héritage multiple (pour RDF-S) ou l'instanciation multiple (pour [les Topic Maps]) est autorisé » [6] Même s'il est tentant de faire le rapprochement entre les frames ou les objets et les classes RDFS, il existe de très fortes différences, en particulier: les frames comportent des slots, les objets ont des champs alors qu'en RDFS les propriétés sont des citoyens de premier ordre définies indépendamment *i.e.* elles ne sont pas dans les classes; RDFS est un modèle de multi héritage *et* de multi instanciation; RDF/S est un modèle de monde ouvert; les propriétés ne sont pas raffinées par l'héritage des classes mais possèdent au contraire leur propre hiérarchie; etc. En fait le modèle dont est issu RDF est un modèle de graphes (c.f. note de Tim Berners-Lee [3] et [25]).

« La formalité sémiotique vient ouvrir le sens en multipliant les ancrages possible du concept sémiotique à partir de différents points de vue tandis que la formalité machinale doit fermer le sens pour que le signe devienne autant que possible un signal univoque. » [32] Pour nous, il s'agit là de signes utilisés dans des niveaux sémiotiques différents: les symboles d'identification dans le système symbolique d'un langage de représentation formel *vs* les symboles de représentation dans un système sémiotique d'une interface. Sur ce point nous renvoyons le lecteur aux triangles de Sowa [21].

« (...) la force de la formalité syntaxique repose sur celle des conventions sociales qui restreignent le potentiel sémiotique des signes dans certaines situations transactionnelles et pas sur une quelconque preuve ou vérité résultant des activités introspectives des ontologues formels accédant aux couches hautes du Web Sémantique. » [32] *Idem*, de même que les signes incriminés précédemment ne sont pas aux mêmes niveaux sémiotiques, les syntaxes comparées ici n'interviennent pas sur les mêmes types de signes. Nous ne voulons pas confondre structure de représentation informatique et représentation d'interface.

« Axiome de modélisation engagée : (1) Les modélisateurs sont partiellement décrits dans les ontologies qu'ils promeuvent (2) Leurs intentions doivent laisser des traces

explicités au sein des modèles pour permettre interprétation et maintenabilité. » [31] Cette axiome nous l'avons nous même défendu [13] mais rappelons que les propriétés comme `rdfs:label`, `rdfs:comment`, `rdfs:seeAlso`, `owl:isDescribedBy` et les commentaires XML ainsi que les extensions possibles en particulier grâce à la notion de propriété d'annotation (ex: utilisation des propriétés du Dublin Core pour documenter une ontologie) soutiennent ces aspects.

4 Standards et interopérabilité

Le Web sémantique n'est pas l'intelligence artificielle sur le Web, même s'il utilise des éléments de logique il est beaucoup plus terre-à-terre et se focalise sur la représentation, l'échange et l'intégration de données. Bien sûr des systèmes d'intelligence artificielle peuvent utiliser les données du Web sémantique mais c'est une couche largement au dessus [16]. Très clairement, l'ambition principale des formalismes du Web sémantique est de standardiser des langages pivots pour supporter l'interopérabilité.

Les articles [5][6][31][32] soutiennent l'intérêt des Topic Maps et d'une extension qu'ils en proposent appelée HyperTopic. Loin de critiquer les Topic Maps qui sont issues d'une analyse de besoins dans la communauté des bibliothécaires, nous discutons ici la mise en opposition que ces articles en font avec les formalismes de base du Web sémantique. Nous discutons leur compatibilité et sommes motivés par le danger de multiplier artificiellement les sources d'incompatibilité et donc de sacrifier l'interopérabilité sur l'autel des chapelles de formalisation.

« L'interprétation linguistique des noms des notions employées est un aspect sur lequel les [Topic Maps] amènent une réponse complète (...) Les [Topic Maps] offrent trois possibilités: d'une part la possibilité d'affecter un nombre quelconque de noms ; ensuite en attachant à ce sujet une ressource qui apporte une description publique et consensuelle de ce sujet ; enfin par les sujets environnant celui dont le nom peut apparaître ambigu. » [6] Ce différentiateur des Topic Maps n'est pas celui que nous aurions choisi pour les comparer aux formalismes du Web sémantique, en effet RDFS offre sur ce point un certain nombre de primitives équivalentes, en particulier: `rdfs:label` (déclaration d'un ou plusieurs noms affichables dans un ou plusieurs langages naturels), `rdfs:comment` (déclaration d'une ou plusieurs descriptions affichables dans un ou plusieurs langages naturels), `rdfs:seeAlso` (déclaration d'une ou plusieurs ressources intéressantes à propos du sujet), `rdfs:isDefinedBy` (déclaration d'une ou plusieurs ressources définissant le sujet).

« Les [Topic Maps] permettent d'affecter un Scope à chacune des caractéristiques d'un Topic (...) En ce qui concerne RDF-S un mécanisme similaire à celui mis en place pour [les Topic Maps] est envisageable moyennant

un développement spécifique. » [6] Même si la notion de points de vue est encore en cours de développement dans les contributions aux extensions des formalismes du Web sémantique, il faut noter que l'utilisation des espaces de nommage (namespaces) est au cœur de RDF/S. Ce mécanisme permet en particulier de composer une annotation avec des vocabulaires différents, possiblement redondants, contradictoires ou complémentaires. Il permet alors dans un deuxième temps à un utilisateur d'ignorer ou de se focaliser sur certains espaces de nommages ne considérant que la facette correspondante de l'annotation voir même d'utiliser des équivalences entre les ontologies associées aux espaces de nommage afin de traduire une annotation vers un vocabulaire qui lui est connu. Le mécanisme des espaces de nommage donne à RDF/S une grande modularité et une grande capacité d'intégration et d'extension.

« (...) le principe de RDF-S et du Dublin Core consiste à inscrire les annotations dans la ressource elle-même. Topic Map 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 (...). » [6] En RDF (et a fortiori dans l'implantation RDF/S du Dublin Core ainsi que dans le reste de la pile des standards du Web sémantique) les annotations sont essentiellement extérieures aux ressources mais pas nécessairement. De même elles peuvent être découpées et distribuées en plusieurs fichiers sur le Web tout comme les éventuelles ontologies sur lesquelles elles sont basées. Il peut même exister plusieurs annotations contradictoires de la même ressource.

« (...) même si RDF-S intègre aujourd'hui le Dublin Core. » [6] RDF/S n'intègre pas le Dublin Core. RDF/S est utilisé pour représenter le vocabulaire du Dublin Core et ce vocabulaire est parfois utilisé pour documenter une ontologie en RDF/S comme des propriétés d'annotation.

« Dans le cas des Topic Maps la cohérence globale de la base est plus simple à maintenir du fait que cette base est centralisée. » [6] L'implantation de la persistance et de la gestion des annotations RDF est laissée libre, une implantation peut parcourir le Web à la recherche d'annotations, gérer une base d'annotations privées dans une base de données, avoir des solutions hybrides en fonction des différents types d'annotations, etc.

« Le Dublin Core exploite par conséquent un objet dont la classe est définie a priori. Ces propriétés (...) sont insuffisantes quand on ambitionne d'aborder n'importe quel sujet. (...) [Le Dublin Core] qui ne laisse aucune latitude quant aux associations possibles entre entités (...) » [6] Comme pour tous les schémas du Web sémantique, la base même de RDF/S et XML fait que le Dublin Core est extensible à volonté et, de fait, déjà étendu dans plusieurs schémas (ex: Creative Commons [7]). Une extension peut ainsi ajouter des propriétés ou des classes étendre les propriétés et les classes existantes où les contraindre, etc.

« [Dans les topic maps, on] ne dispose pas d'une description en intension de ce sujet qui n'est que nommé. » [6]

Dans un schéma RDFS le concept n'est aussi qu'identifié et rappelons par ailleurs que RDF peut être utilisé sans RDFS. « Il en va de même pour l'Association pour laquelle on a à préciser les sujets impliqués ainsi que les noms et types des rôles joués par les sujets arguments. Notons que ce type n'est pas discriminant mais indicatif alors qu'il représente une réelle contrainte dans RDF-S » [6] La sémantique des signatures de RDF/S [24] n'est pas celle d'une contrainte de vérification mais celle d'une inférence positive i.e. la signature est indicative et permet d'inférer le type des objets sur lesquels elle est utilisée, elle peut impliquer par exemple une spécialisation d'un type ou une multi instanciation mais elle n'est pas interprétée comme une contrainte de vérification du typage qui ne ferait pas grand sens dans un monde ouvert et extensible. Notons aussi que la spécification d'une signature n'est pas obligatoire et qu'elle peut aussi être partielle. On pourrait qualifier la sémantique de RDF/S de positive et constructive.

« C'est la démarche que nous avons suivie en adaptant la norme afin de disposer de certains types prédéfinis. » [6] Le besoin de prédéfinir des types est un besoin reconnu depuis les années 70 et si l'on regarde la complémentarité RDF-RDFS on peut noter qu'elle répond très exactement à ce besoin: RDF est un modèle de graphe orienté et étiqueté et RDFS permet d'ajouter, si on le souhaite, une déclaration des types des nœuds et / ou des arcs.

« (...) [(Topic Maps et formalismes du Web Sémantique)] entre lesquels il demeure possible de construire des isomorphismes (...). » [6] « On peut donc considérer les [Topic Maps] comme une ontologie des sujets de conversation. » [6] La deuxième phrase montre en fait que les Topic Maps ne se positionnent pas naturellement en isomorphisme avec RDF/S ou OWL ils sont au contraire au même niveau qu'une ontologie. Nous serions très prudents avant d'affirmer une telle équivalence et renvoyons le lecteur à l'étude en cours au W3C entre 5 propositions de mise en correspondances entre RDF/S et les Topic Maps [26].

« 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. » [6] Ce point est en prolongement avec la remarque précédente: en fonction de l'alignement des niveaux de modélisation entre RDF/S et les Topic Maps, on ne confond pas forcément les particuliers et les universels.

Enfin, et plus généralement, l'opposition « computationnellement sémantique » vs « cognitivement sémantique » nous semble trop accentuée tout comme peut l'être l'opposition « ontologie formelle » vs « ontologie informelle ». Nous pensons que dans les deux cas nous avons à faire au continuum du degré de traduction formelle spécifié par le degré d'automatisation de l'assistance des différentes tâches envisagées. Tout comme nous avons soutenu la thèse selon laquelle la formalisation d'une ontologie n'est pas la transformation d'une ontologie informelle mais son augmentation avec les pendants formels pertinents au scénario

considéré [13], nous soutenons ici la même thèse pour le Web sémantique en considérant que la famille des langages de représentation qu'il offre permet de se positionner, en fonction du scénario considéré, n'importe où sur un continuum allant d'un Web uniquement informel vers un Web toujours compréhensible à l'humain mais complété par des connaissances formelles améliorant la palette des traitements automatiques possibles. Nous ressentons même un danger à trop dissocier le computationnel et le cognitif: il y a au contraire un réel besoin de construire les modèles des liens qui s'articulent entre ces deux facettes, en particulier les relations entre le niveau sémantique et le niveau sémiotique [12].

Le Web sémantique par ses objectifs et par ses formalismes s'étend sur tout le continuum et s'assure les moyens de standardiser et propager sur tout ce continuum le même mécanisme d'identification des objets en général et du vocabulaire en particulier. La formalisation est aussi un point de vue qui change avec le scénario voire même avec la tâche qui est considérée. Multiplier les langages différents et incompatibles nuit à l'interopérabilité et à la diffusion des solutions. Le domaine de la représentation des connaissances a souvent été cloisonné par chapelle de formalisme. Le Web sémantique propose un cadre d'intégration avec des modèles en couches permettant à chacun de ne mobiliser que la complexité formelle et technique dont il a besoin tout en assurant l'interopérabilité ascendante aussi bien au niveau des syntaxes (XML) qu'au niveau de mécanismes vitaux tels que l'identification (URI).

5 Pratiques du Web (sémantique)

Si le W3C standardise les langages d'échanges il s'est toujours défendu de standardiser les usages et les opérationnalisations.

« (...) nous ont amené à rechercher un modèle de représentation qui soit mieux adapté au cadre du Web sémantique. Une des spécifications de ce modèle vise à améliorer la maîtrise des interactions cognitives liées aux coopérations étudiées. » [6] Le Web sémantique reconnaît ces aspects et nous pensons que SKOS (Simple Knowledge Organisation System [29][23]) est un excellent exemple. Ce langage est utilisé pour représenter et partager des classifications, des glossaires, des thésaurus, des *folksonomies*, etc. Il a été motivé par la demande de bibliothécaires. Ses objectifs et sa contrainte de simplicité le rapprochent énormément des Topic Maps. Comme le montre la figure (FIG. 3 issue de [29]) sur un exemple, SKOS fournit un vocabulaire de description informel et riche (ex: Concept, ConceptScheme, prefLabel, altLabel, prefSymbol, altSymbol, definition, scopeNote, changeNote, broader, narrower, related, subject, isSubjectOf, Collection, OrderedCollection, etc.). Point important: SKOS est entièrement en RDF/S et OWL...

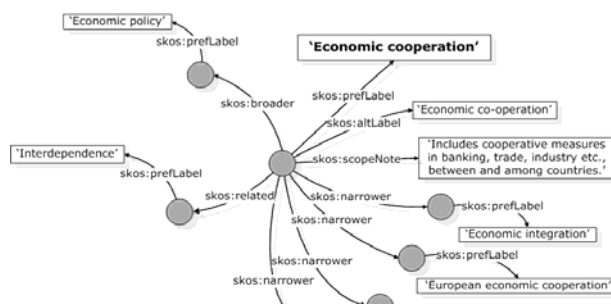


FIG. 3 – Exemple d'une entrée dans un thésaurus en SKOS [29]

« L'introduction dans les primitives d'Hypertopic de concepts sociaux tels que l'Acteur, l'Activité, le Rôle, mais aussi le Point de Vue, contribue à différencier ce modèle des approches du Web sémantique (...). » [5] Rien dans les mécanismes du Web sémantique n'empêche la prise en compte des aspects sociaux. Les objets du discours ne sont pas forcément dans le schéma RDFS; au contraire il est courant de ne mettre dans le schéma RDFS que les primitives du discours qui permettent de décrire ces objets. Sur ce point SKOS est un bon exemple: il montre comment un schéma RDF/S peut capturer des primitives sémiotiques et permettre ainsi de décrire des signes dans des annotations. On ne peut en aucun cas opposer le Web sémantique au Web social ou à un Web cognitivement sémantique puisqu'il propose des familles de langages indépendantes du domaine d'application et de l'opérationnalisation: le choix d'être socio-conscient ou sémio-conscient est un choix d'opérationnalisation et non une contrainte des standards.

« Différence entre HyperTopic et les langages formels (...) [Hyper Topic] permet des relations transversales plutôt occasionnelles et heuristiques (...) [Hyper Topic] permet de faire de la classification heuristique. » [31] Si l'on capture les primitives d'un langage tel que les Topic Maps ou Hyper Topic en RDFS on peut alors l'utiliser en RDF pour décrire les annotations souhaitées; c'est très exactement l'approche de SKOS.

« Les langages formels sont trop sophistiqués pour la gestion des ontologies classificatoires : leur pouvoir d'expression va très au-delà des besoins des modélisateurs et ne permet pas de respecter les critères du Web Cognitivement Sémantique. » [31] Nous avons vu qu'il ne faut pas assimiler Web sémantique et langages formels et que la pile du Web sémantique permet de choisir le niveau de formalisation idoine. Avec l'exemple de SKOS nous voyons qu'en choisissant un niveau approprié de formalisation et en identifiant correctement le domaine de formalisation (i.e. les niveaux méta-ontologie, ontologie et annotations) nous pouvons répondre aux besoins des modélisateurs différents de ceux proposés par RDF/S à l'origine tout en restant en RDF/S. « Le processus de modélisation est un processus social ! » [31] Rien dans les formalismes du Web sémantique, et *a fortiori* dans sa vision, ne remet en cause le fait que beaucoup de processus de modélisation sont des

processus sociaux, nous pourrions même avoir le discours contraire: dans le Web sémantique une solution utilisant la représentation des connaissances ne repose plus forcément sur un système à base de connaissances monolithique; intrinsèquement les formalismes du Web sémantique permettent à tous de dire tout sur tout; le Web sémantique s'est aussi doté de primitives permettant d'exprimer la différence ou l'équivalence entre différentes conceptualisations permettant ainsi de capturer une activité sociale d'alignement.

« *Web computationnellement sémantique vs Web cognitivement sémantique (...)* Web cognitivement sémantique: *Priorité n°1 une indexation permettant de guider la recherche et la navigation d'un acteur humain; Faciliter l'indexation partiellement manuelle de contenus évolutifs; Langages de description normalisés mais suffisamment souples et ergonomiques.* » [31] La raison première du Web sémantique, celle qui est affichée en introduction des standards mêmes, est l'annotation de ressources pour améliorer la capacité des ordinateurs et des hommes à travailler en coopération [2]. Notre interprétation de cette annotation améliorant la coopération inclut largement le scénario d'indexation pour l'aide à la navigation.

« *Alors que les travaux se réclamant du Web Sémantique cherchent surtout à développer les possibilités d'inférence automatique (...)* le Web Cognitivement Sémantique, *visé à soutenir les activités de recherche d'utilisateurs humains dans des corpus complexes et évolutifs.* » [32]. Une application du Web sémantique n'est pas forcément une application qui intègre un moteur d'inférence. Un calendrier qui importe et exporte ses données au format du Web sémantique est une application du Web sémantique: il joue le jeu de l'interopérabilité et permet à d'autres applications non initialement identifiées de consommer ou compléter ses données ex: un blog, un service d'agence de voyage, un annonceur de spectacles, etc.

Enfin revenons sur la notion d'inférence. Outre le fait que l'inférence logique ne soit pas un but en soi du Web sémantique, nous sommes aussi en droit de nous demander à quel point la recherche, la navigation, l'indexation, l'association, etc. ne reposent pas sur des inférences. Personnellement, nous ne réduisons pas l'inférence au sens latin (*infere*) de la causalité logique mais nous l'envisageons au sens large de raisonnement sur les circonstances où inférer peut être, par exemple, synonyme d'impliquer, indiquer, suggérer ou deviner. Nous utilisons les représentations des connaissances du Web sémantique dans bien d'autres manipulations formelles que la dérivation logique: approximation, comparaison, statistiques, clustering, etc. et dans des applications où la prise en compte de la dimension sociale et de l'utilisateur sont indéniables [14].

« (...) *l'intérêt de la représentation en carte de sujets (...) se situe dans (...) 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. » [6] Les formalismes RDF/S et OWL ne sont pas exclusivement destinés à l'utilisation dans des moteurs de recherche avec des langages de requête. Au contraire les applications de RDF arborent des interfaces très variées comme:

- FOAF [11] pour expliciter les informations les plus couramment contenues dans une page personnelle et donc échanger des profils de personnes et faire émerger les réseaux d'acointance (Foafnaut);
- Creative Commons [7] qui réutilise et étend le Dublin Core [9] pour décrire les droits d'utilisation et qui est à son tour exploité par l'option *Usage Rights* de *Google Advanced Search* [15] sans langage de requêtes;
- Les flux RSS qui sont un format RDF de syndication de contenu Web;
- Les clusters de KmP [14] qui permettent une analyse dans une large base d'annotations;
- Magpie [10], Annotea [22], COHSE [1], etc.

« *Affaiblissement des frontières entre sémantique et pragmatique ! La sémantique formelle peut traduire un état stable mais transitoire dans le contexte d'un processus de controverse susceptible de relance permanente.* » [31] Nous ne préférons pas penser en terme de frontière mais en terme de symbiose. La sémantique fournit une brique de base dans la proposition d'assistants sensibles au contexte tout comme la pragmatique fournit des cadres de gestion de la sémantique. De plus la variabilité de la sémantique et les parties de la conceptualisation concernées par ces variations sont relatives au scénario d'usage considéré. Dans notre expérience les scénarios n'amènent jamais toute la conceptualisation à être entièrement remise en cause en permanence. Même d'un point de vue humain ceci serait impossible car sans un minimum de stabilité des primitives de représentation, toute représentation et donc communication un tant soit peu complexe est impossible. Dans nos tâches, y compris celle de re-conceptualisations, nous sommes incapables de mobiliser notre conceptualisation du monde dans sa complétude; nous nous focalisons et les systèmes que nous utilisons doivent se focaliser avec nous.

« (...) *dans l'optique du Web computationnellement sémantique, une attention particulière sera 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.* » [6] Représenter et publier une ontologie en RDFS ou OWL ne signifie pas la graver dans le marbre. Le Web sémantique reconnaît parfaitement l'existence d'un cycle vie et y travaille à plusieurs titres (travaux sur les évolutions, relations d'équivalences entre différentes versions avec OWL, etc.) par exemple en discutant les bonnes pratiques d'utilisation des URI pour gérer l'évolution d'une notion en incluant un marqueur chronologique dans son identité:

<http://www.inria.fr/2003/08/16/orga.rdfs#projet>

« [Si le Web sémantique] peut sembler offrir une modélisation totalement non-ambiguë, cette modélisation n'est pas compréhensible pour des utilisateurs non-informaticiens ou non-logiciens. De plus elle est 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. » [6] Maintenir les aspects humainement compréhensibles d'un modèle est un enjeu de la modélisation des connaissances qui est transversal aux formalismes. C'est un problème méthodologique plus qu'une barrière technologique qui mène les développeurs à concevoir des modèles non documentés et où le niveau sémiotique a été oublié. D'un point de vue outils et opportunités, le Web sémantique est au contraire un cadre idéal pour réconcilier ces aspects. Suffit-ce de considérer le fait qu'un même objet (terme, document, notion, etc.) peut être identifié et référencé par un URI unique et donc apparaître dans un modèle formel en OWL DL où il sera logiquement contraint et dans un modèle SKOS où il sera linguistiquement décrit.

« [La fermeture sémiotique] permet à la plupart des applications automatisées de fonctionner efficacement sans qu'aucune référence ne soit faite à la logique formelle. Or, paradoxalement, cette caractéristique semble largement ignorée par les promoteurs du Web Sémantique Formel qui (...) imputent leur effectivité à la remonté vers les couches hautes du célèbre cake, couches de la preuve et de la vérité (sic !). » [32] Nous ne généraliserions pas autant ni cette critique ni sa portée. Dans certains scénarios la logique est effectivement le garant d'une valeur ajoutée que ce soit dans des tâches de recherche d'information où l'inférence de subsomption permet en effet d'améliorer le rappel ou dans des tâches plus complexes telles que la composition de services Web où la logique est, très exactement, la valeur ajoutée. De plus nous ne pensons pas qu'il faille confondre l'utilité de l'ambiguïté ou du flou d'un terme dans la sérendipité de la recherche avec l'amélioration de la précision de la recherche au sens rappel et précision de la recherche d'information. Tous les scénarios ne bénéficient pas forcément d'une flexibilité, d'un flou, ou d'une variabilité sémantique certains sont au contraire motivés par leur restriction (interopérabilité bancaire, e-gouvernement, aide à la législation, gestion de prescriptions et indications médicalementeuses, etc.)

6 Discussion

Dans cet article, nous espérons avoir montré que ce qui était perçu comme conflictuel ou opposé dans les articles [5][6][31][32] ne l'était pas : le Web sémantique ne s'oppose pas aux dimensions sociales, sémiotiques ou pragmatiques du Web; dans le pire des cas ce sont des usages particuliers qui peuvent être incriminés, pas les standards ni les objectifs. Un point important de la relecture faite dans cet article, est qu'à notre avis la faute n'est pas techni-

que *i.e.* elle n'est pas intrinsèque aux formalismes du Web sémantique, mais elle est plutôt due à une difformité du paysage de recherche: beaucoup de chercheurs issus des langages de représentation des connaissances formelles ont vu l'intérêt et ont fait (et font encore) l'effort de porter leurs résultats en étendant les formalismes du Web sémantique. D'autres aspects attendent encore que des groupes de travail se forment pour se développer. Ce manque n'est nullement dû aux standards du Web sémantique (ils proposent beaucoup de mécanismes d'extensions qui ne demandent qu'à être exploités) ni à leur organisme de tutelle (tous les groupes de travail et leurs listes sont ouverts et toute communauté peut proposer un nouveau groupe).

Nous souhaiterions en conclusion insister à nouveau sur certains messages de cet article et surtout répondre aux remarques soulevées par ses critiques. Rappelons d'abord notre positionnement donné en introduction: nous considérons que les articles [5][6][31][32] ont raison de défendre l'importance de la dimension sociale dans la construction d'un cycle de vie du Web sémantique.

Cependant, comme le rappelle Tim Berners-Lee [4], le web sémantique est avant tout une vision. Cette vision est celle de l'intégration de données à l'échelle du Web, celle de la connexion des données à leur définition et leur contexte, pour inférer, pour permettre une collaboration effective et une réutilisation à différentes échelles (personne, groupe, organisation, communauté, etc.), pour réduire les coûts technologique et social de l'intégration effective des données en réseau, pour ajouter des données manipulables par les machines là où n'y avait que des données manipulables par les humains, le tout en reposant sur des standards de représentation ouverts assurant la flexibilité des inscriptions [17]. Cette vision ne doit pas être confondue avec les formalismes qu'elle mobilise et encore moins avec une famille particulière de formalismes. Cette vision n'est pas non plus figée et s'enrichit régulièrement de nouvelles perspectives (ex: politiques sociales, règles, services, communautés [17]).

Nous pensons aussi que, ironie chronique dans des communautés pluridisciplinaires, les débats sont biaisés par une ambiguïté des termes qui laisse lire aux lecteurs ce que l'auteur n'aurait pas voulu écrire. En particulier, dans le contexte d'une publication sur des aspects formels du web, des termes comme "vérité", "inférence", "confiance", "sémantique" ou "interopérabilité" prennent un sens parfois très différent de celui qui leur serait associé, par exemple, dans une publication sur les aspects cognitifs, sociaux ou ergonomiques. Dans un contexte pluridisciplinaire il nous semble particulièrement important de prendre ce point en compte car, nombre de fois, le désaccord est terminologique et pourrait se résoudre si l'on accordait plus systématiquement le bénéfice du doute aux mots lors de leur interprétation. Si nous pensons, comme l'un de nos critiques, que le débat plonge parfois ses racines dans des questions plus profondes et moins contemporaines que les choix de

conception du web sémantique, nous pensons aussi qu'un certain nombre de désaccords sont moins profonds qu'il n'y paraît et relèvent plus de l'alignement de jargons que de l'alignement conceptuel.

Cet article ne remet en aucun cas en cause l'intérêt d'une prise en compte des aspects sociaux pour le développement d'extensions complètes et viables des outils actuels du web; nous pensons bien au contraire que, plus généralement, l'utilité et l'utilisabilité d'une solution est fonction de l'implication des intéressés dans sa genèse et donc, qu'en particulier, les aspects humains doivent être pris en compte dès les spécifications initiales.

Cet article ne remet pas non plus en doute la prééminence actuelle de travaux sur les représentations formelles dans les contributions au web sémantique. Il propose simplement de voir cette hypertrophie comme un départ et une croissance asynchrones plus que comme un amalgame entre le web sémantique et un formalisme particulier de la représentation des connaissances. Le web sémantique est avant tout une vision et ne doit pas être confondu avec les formalismes qu'il mobilise et encore moins une famille de formalisme particulière. On ne peut nier que la majorité des contributions faites jusqu'à présent soient issues d'un (trop) petit nombre de domaines. Cependant, à notre humble avis, il ne faut pas sacrifier cette vision parce qu'elle est particulièrement utilisée dans une communauté. A notre sens, cette difformité de naissance ne justifie pas d'écarter le fond. De plus, pour nous, il ne faut pas non plus confondre les formalismes du Web sémantique et leur opérationnalisation pour une application particulière. Nous pensons que le risque majeur de ces amalgames est de mettre en danger l'opportunité qui est donnée à la communauté de l'acquisition et l'ingénierie des connaissances d'intégrer ses différentes contributions au sein d'une même famille de langages de représentation avec la possibilité d'une diffusion et d'une utilisation à l'échelle mondiale.

Enfin cet article ne remet pas en doute le fait qu'il manque encore beaucoup de travaux pour atteindre la vision du web sémantique. Si RDF/S et OWL RDF/S ont atteint une visibilité qu'aucun langage de représentation n'avait atteint avant, ils n'ont pas pour autant résolu tous les problèmes qui se posaient déjà avec les autres langages de représentation des connaissances et nous ne les élevons pas en panacée. Ainsi, et à titre d'exemple, le niveau sémiotique manquant au dessus des ontologies est une de nos préoccupations actuelles [12] qui demande un travail pluridisciplinaire de fond pour remplacer les primitives sémiotiques atrophiées actuelles par des représentations plus complètes. Cependant, nous pensons aussi qu'il y a déjà beaucoup de constructeurs dans les formalismes du web sémantique et qu'il est important de poursuivre leur réutilisation systématique, une tâche qui, nous l'admettons volontiers, est rendue fastidieuse par la complexité et le nombre des recommandations du W3C.

Contrairement à l'interprétation de l'un de nos critiques, nous ne pensons pas que réaliser une application du web sémantique signifie implanter une solution uniquement avec les outils du web sémantique, bien au contraire: une application propriétaire qui gère un agenda électronique est une application du web sémantique dès lors qu'elle permet simplement d'exporter et d'importer ses données dans un des langages du web sémantique. Il ne lui est pas demandé d'avoir un moteur de règle, des algorithmes de tableaux ou un opérateur de projection implantant SPARQL. Le seul effort qui lui est demandé est celui de faire le seul pas vers l'interopérabilité qui ne peut être fait à sa place: rendre explicites ses structures de données et la conceptualisation sur laquelle elle se base. C'est le défi des ontologies [18] mais à l'échelle du Web.

Dans la continuité de la question de l'application et pour répondre à une autre critique, la socialité du web sémantique est pour nous un sujet trop vaste pour être simplement qualifié. En particulier, la socialité, telle que nous la comprenons, pourrait se décliner différemment pour différentes opérationnalisations envisagées. Or, s'il est une chose que le W3C se garde de recommander dans ses recommandations c'est l'opérationnalisation du web sémantique: les formalismes proposés sont des outils de représentation où rien ne prescrit les représentations auxquelles ils seront appliqués (indépendance au domaine), ni *si* ou *comment* ils doivent être traités (indépendance à l'opérationnalisation), ni le statut de ce qu'ils représentent (éphémère *vs* immuable, en cours d'élaboration *vs* stable, public *vs* privé, informel *vs* officiel, etc.)

Toujours dans la continuation de cette indépendance à l'opérationnalisation, nous pensons que des scénarios complexes et des solutions complètes pourront articuler des phases reposant sur différentes opérationnalisations de ces mêmes langages et ce au sein d'une même application:

- Un forum ouvert pour les discussions sur un index de ressources d'informations;
- Des phases d'exportation faisant appel à des outils de formalisation pour entretenir l'index;
- L'appel à des outils du traitement de la langue pilotés par des formalisations pour indexer des ressources;
- L'appel à des outils de recherche pour naviguer dans les ressources indexées;
- L'appel à des outils de veille pour détecter de nouveaux concepts et informer le forum; etc.

Nous pensons corollairement que dissocier les socialités comme des étapes est possible, mais que les dissocier trop est dangereux et va à l'encontre du besoin de pluridisciplinarité posé par ces scénarios. Pour nous, le fait que chaque formalité requière des technologies et des méthodologies différentes ne justifie pas le rejet des formalismes de base du web sémantique: ils ont été conçus dans une optique d'indépendance au domaine et à l'opérationnalisation qui mérite au contraire que l'on s'intéresse à la réutilisation de ces formalismes dans différentes opérationnalisations.

Rappelons l'exemple de SKOS: nous pourrions dire que RDF/S et OWL sont inutilisables pour représenter des ressources linguistiques puisque tournés vers la modélisation de classes mais ce faisant on ferait l'erreur de croire que RDF/S et OWL prescrivent de représenter les termes dans l'ontologie, or si l'on considère que notre domaine est celui des terminologues alors l'ontologie représente les notions de "terme", "label", "hyponimie", etc.

Il en va de même pour l'interopérabilité: l'interopérabilité recherchée dans une tâche ou un scénario n'est pas forcément au même niveau que l'interopérabilité recherchée dans une autre tâche ou un autre scénario. De plus dans un même scénario l'interopérabilité (computationnelle) peut être à un certain niveau ou sur un certain domaine (ex: actes du langage) et l'intercompréhension (ou interopérabilité entre utilisateurs) peut porter sur un autre domaine (ex: arguments de conception échangés et organisés par ces actes du langage). Là encore, les multiples interprétations d'un mot comme "interopérabilité" peuvent rendre la formulation des conclusions d'un domaine de recherche ahurissante aux yeux d'un autre domaine.

Pour conclure nous voudrions redire que nous ne devrions pas condamner les formalismes du Web sémantiques pour n'avoir pas encore fait toutes les extensions nécessaires et imaginables; d'autant plus que, contrairement à leurs ancêtres en représentation de connaissances, ils ont mis en place les moyens techniques (mécanismes d'extension) et sociaux (groupes de travail ouverts) pour les accommoder et n'attendent que l'investissement des communautés concernées (ex: Semantic Web Best Practice Working Group [28]). Le Web sémantique est une formidable opportunité de construire le Web pragmatique et la conscience du contexte: il offre une brique de base pour les assistances que nous aimerions développer à ce niveau. Il serait fort dommage de sacrifier cette initiative sur l'autel des chapelles de recherche.

Remerciements: A Olivier Corby et Alain Giboin pour leurs relectures et leurs avis informés. Aux trois critiques pour leurs commentaires constructifs. Au projet Acacia.

Références

- [1] S. Bechhofer, R. Stevens, P. Lord. Ontology Driven Dynamic Linking of Biology Resources. *Pacific Symposium on Biocomputing*, pages 79-90, Hawaii : World Scientific, 2005.
- [2] T. Berners-Lee, J. Hendler, O. Lassila. The Semantic Web. *Scientific American*, Vol 284, n 5, pages 34-43, Mai 2001
- [3] T. Berners-Lee. Conceptual Graphs and the Semantic Web <http://www.w3.org/DesignIssues/CG.html>
- [4] T. Berners-Lee. Putting the Web back in Semantic Web. <http://www.w3.org/2005/Talks/1110-iswc-tbl/>
- [5] J.-P. Cahier, M. Zacklad, A. Monceaux. Une application du Web socio sémantique à la définition d'un annuaire métier en ingénierie. *Actes des journées Ingénierie des Connaissances IC2004*, pages 29-40, Lyon : PUG, 2004.
- [6] J. Caussanel, J.-P. Cahier, M. Zacklad, J. Charlet. Les Topic Maps sont-ils un bon candidat pour l'ingénierie du Web Sémantique. *Conférence Ingénierie des Connaissances IC2002*, pages 3-14, Rouen, 2002.
- [7] Creative Commons. <http://creativecommons.org/>
- [8] DOAP: Description of a Project. <http://usefulinc.com/doap>
- [9] Dublin Core Metadata Initiative <http://www.dublincore.org/>
- [10] M. Dzbor, J. Domingue, E. Motta, Magpie: Supporting Browsing and Navigation on the Semantic Web. *ISWC04 Demos*, <http://iswc2004.semanticWeb.org/demos/40/>
- [11] FOAF, <http://www.foaf-project.org/>
- [12] F. Gandon. Generating Surrogates to Make the Semantic Web Intelligible to End-Users. *IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence*, pages 352-358, Compiègne : IEEE, 2005.
- [13] F. Gandon, R. Dieng-Kuntz. Ontologie pour un système multi-agents dédié à une mémoire d'entreprise. In *Proceedings IC'2001*, pages 1-20, Grenoble : PUG, 2001.
- [14] F. Gandon, O. Corby, A. Giboin, N. Gronnier, C. Guigard. Graph-based inferences in a Semantic Web Server for the Cartography of Competencies in a Telecom Valley. *ISWC*, pages 247-261, LNCS 3729, Galway: Springer, 2005.
- [15] Google Advanced Search. http://www.google.com/advanced_search
- [16] I. Herman. W3C, Tutorial on Semantic Web Technologies, 2006/01/20, <http://www.w3.org/Consortium/Offices/Presentations/RDFTutorial/>
- [17] E. Miller. W3C Semantic Web Activity Lead, The Semantic Web is Here. *Semantics Technology Conference 2005*, <http://www.w3.org/2005/Talks/0308-semWeb-em/>
- [18] R. Mizoguchi, M. Ikeda, K. Sinita. Roles of Shared Ontology in AI-ED Research, Intelligence Conceptualization, Standardization, and Reusability. *Proc. of AIED-97*, pages 537-544, Kobe, 1997.
- [19] Mozilla RDF, <http://www.mozilla.org/rdf/doc/>
- [20] J.F. Sowa. *Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine*. Addison-Wesley, 1984.
- [21] J.F. Sowa. Ontology, Metadata, and Semiotics. *Proceedings of ICCS'2000, Conceptual Structures: Logical, Linguistic, and Computational Issues*, pages 55-81, LNAI 1867, Berlin : Springer-Verlag, 2000.
- [22] W3C. Annotea, <http://www.w3.org/2001/Annotea/>
- [23] W3C. Quick Guide to Publishing a Thesaurus on the Semantic Web, Working Draft 17 May 2005, <http://www.w3.org/TR/swbp-thesaurus-pubguide/>
- [24] W3C. Semantic Web Activity, <http://www.w3.org/2001/sw/> et <http://www.w3.org/2001/sw/Activity>
- [25] W3C. Semantic Web History: Nodes and Arcs 1989-1999 <http://www.w3.org/1999/11/11-WWWProposal/>
- [26] W3C. RDF/Topic Maps Interoperability Task Force, <http://www.w3.org/2001/sw/BestPractices/RDFTM/>
- [27] W3C. RDF Data Access Working Group, <http://www.w3.org/2001/sw/DataAccess/>
- [28] W3C. Semantic Web Best Practice Working Group <http://www.w3.org/2001/sw/BestPractices/>
- [29] W3C. SKOS Core Guide, Working Draft 2 November 2005, <http://www.w3.org/TR/swbp-skos-core-guide/>
- [30] W3C. Testimonials for RDF and OWL <http://www.w3.org/2004/01/sws-testimonial>
- [31] M. Zacklad, J.P. Cahier, X. Pétard. Du Web Cognitivement Sémantique au Web Socio Sémantique. *Journée Web Sémantique et SHS du 7 mai 2003*, <http://www.lalic.paris4.sorbonne.fr/stic/mai2003/Trans>
- [32] M. Zacklad. Introduction aux ontologies sémiotiques dans le Web socio sémantique. *Conférence Ingénierie des Connaissances*, pages 241-252, Nice: PUG, 2005.