

Architecture d'un système d'aide à l'alignement d'ontologies

Mina Ziani¹, Danielle Boulanger¹, Guilaine Talens¹

¹ Université Jean Moulin

Equipe MODEME

6 Cours Albert Thomas BP 8242

69355 Lyon

{mina.ziani;db;talens}@univ-lyon3.fr

Abstract. Semantic Interoperability based on ontologies is an important challenge. In Cooperation of shared knowledge, alignment of ontologies requests to find correspondences between semantically related entities of different ontologies. It is a difficult task based on the definition of 'similarity measures'. We classify these methods and introduce some existing tools combining several types of methods to build 'mappings'. Unlike these tools, we propose a computer-aided system to choice similarity measures. We try to define a realistic proposal, applicable to the domain of geotechnics which covers several sub-domains.

Keywords: Ontology, Ontology Alignment, Similarity measure, Semantic Interoperability, Knowledge management.

1 Introduction

La géotechnique est la science qui se préoccupe des interactions entre un sol et un construit [5]. C'est un domaine complexe faisant intervenir plusieurs métiers : physiciens, chimistes... De ce fait, la multiplicité des référentiels géotechniques ainsi que l'hétérogénéité des connaissances pose des problèmes pour le partage et la recherche d'informations.

Dans le cadre d'une convention de recherche (Convention CETU n° 2005_4.69011) avec le centre d'Etude des Tunnels (CETu), nous avons été amenés à re-construire une ontologie destinée à des géotechniciens. En effet, l'ontologie initiale contenant toutes les spécificités des différents métiers devenait de plus en plus difficile à gérer (trop volumineuse). Nous avons relevé les deux problèmes suivants : la masse de documents dans le domaine de la géotechnique est très importante et très redondante. Il faudrait pouvoir représenter toute la connaissance nécessaire, sans aucune redondance, ni aucune ambiguïté (des définitions différentes pour un même terme). De plus, au fur et à mesure que l'ontologie devient importante, la recherche dans un contexte donné (une branche de la géotechnique) est de moins en moins pertinente. Le résultat est une ontologie hybride avec une partie « consensuelle » regroupant les concepts partagés par les experts géotechniciens et un ensemble d'ontologies locales représentant chacune les concepts et instances spécifiques à un métier. Ces ontologies locales sont amenées à coopérer. Pour permettre cette coopération, nous proposons de construire un système d'aide pour l'alignement d'ontologies métier. Son principe repose sur le calcul de mesures de similarité et la création de liens entre les entités appartenant à diverses ontologies. Plusieurs outils et Framework ont été proposés pour permettre ce processus. A partir d'une étude comparative de ces derniers, nous avons proposé un Framework d'aide au choix de mesures de similarité à la demande et permettant la combinaison de plusieurs mesures de similarité. Ce travail est applicable au domaine de la géotechnique.

Le papier est structuré de la façon suivante : la section 2 rappelle quelques types de mesures de similarité, des outils et Frameworks qui permettent une combinaison de méthodes pour construire des mappings et propose une comparaison des différents systèmes décrits. Dans la section 3, nous nous focaliserons sur l'architecture et présenterons quelques caractéristiques du système d'aide. Nous concluons en faisant le point sur notre travail et mentionnerons quelques perspectives.

2 Alignement : Etat de l'art

L'alignement d'ontologies est le processus de mise en correspondance sémantique des entités qui les composent [4]. Le processus est exécuté selon une stratégie ou une combinaison de techniques de calcul de mesures de similarité et

utilise un ensemble de paramètres (ex : paramètres de pondération, seuils ...) et un ensemble de ressources externes (ex : thésaurus, lexique...). Au final, nous obtenons un ensemble de liens sémantiques reliant les entités qui composent les ontologies. Ces derniers comprennent des relations d'équivalence, de généralisation/spécialisation, de chevauchement ou encore d'incompatibilité. De nombreux travaux ont été développés dans le domaine de l'alignement d'ontologies et portent sur les techniques de recherche de similarité et sur les outils ou sur les Framework qui les intègrent.

2.1 Les techniques de mesures de similarité

On retrouve plusieurs méthodes de calcul de la similarité entre les entités de plusieurs ontologies. Des classifications de celles-ci sont données dans [7, 14]. Nous retenons :

- Les méthodes terminologiques [9, 12] : elles sont employées pour calculer la valeur de similitude des entités textuelles, telles que des noms, des méta-données sur les noms, des étiquettes, des commentaires,...
- Les méthodes linguistiques utilisant des ressources externes (dictionnaires, taxonomies,...) : la similarité entre deux entités représentées par des termes est calculée à partir des liens sémantiques déjà existants dans les ressources externes [16].
- Les méthodes structurelles internes [10] : elles calculent la similarité entre deux concepts en exploitant les informations relatives à leur structure interne (restrictions et cardinalités sur les attributs, valeurs des instances,...).
- Les méthodes structurelles externes ou conceptuelles : elles se servent de la structure hiérarchique de l'ontologie et se basent sur des techniques de comptage d'arcs pour déterminer la similarité sémantique entre deux entités [15,19].
- Les méthodes extensionnelles : elles déduisent la similarité entre deux entités qui sont notamment des concepts ou des classes en analysant leurs extensions (leurs ensembles d'instances). Chaque instance peut être représentée par un vecteur de noms et/ou de valeurs. Des calculs de similarités entre vecteurs permettent de comparer les instances [17],
- Les méthodes hybrides : elles combinent plusieurs mesures lorsqu'une seule est insuffisante [8].

Ces méthodes sont intégrées dans des outils permettant la mise en correspondance d'ontologies. Il existe des outils qui combinent plusieurs méthodes de similarité et des Frameworks implémentant plusieurs mesures et permettant ainsi de suggérer à l'expert plusieurs mappings.

2.2 Les outils

Différents outils ont été développés dans le but d'aligner plusieurs ontologies.

PROMPT est un système interactif constituant une aide pour la comparaison, l'alignement, la fusion et l'évolution d'ontologies [13]. Son module d'alignement appelé Anchor-Prompt permet de rapprocher des ontologies de la façon suivante : d'abord, des 'matchers' terminologiques permettent de déterminer un ensemble initial de concepts similaires. A partir de cette liste, un algorithme analyse les chemins dans les sous-graphes délimités par ces concepts et détermine quelles classes apparaissent fréquemment dans les mêmes positions sur des chemins similaires. Cette analyse permet de guider l'utilisateur pour choisir les meilleurs mappings.

OLA (OWL Lite Alignment) est un système implémentant un algorithme d'alignement des ontologies décrites en OWL. OLA mesure la similarité entre deux entités à partir des calculs de similarité entre leurs caractéristiques (leurs types : classe, relation ou instance, leurs liens avec d'autres entités : sous-classes, domaine, ...). La valeur de similarité finale est la somme pondérée des valeurs de similarité de chaque caractéristique [4].

AROMA (Association Rule Ontology Matching Approach) est une approche d'alignement pour des ontologies représentées en OWL. Elle permet de découvrir des liens sémantiques de type « subsumption » ou « équivalence » entre deux entités (classes ou propriétés). Le processus d'alignement se déroule en trois étapes : la première procède à l'acquisition des termes contenus dans les descriptions et instances des entités à partir d'outils de Traitement Automatique du Langage (TAL). Ensuite, pour chaque entité, ainsi qu'à ses ancêtres, est associé un ensemble de termes dits représentatifs. La deuxième étape permet de créer des relations de subsumption entre les entités à partir de règles d'association¹. Des 'matchers' terminologiques sont utilisés pour comparer les différentes descriptions. Enfin, la dernière étape vise à analyser les règles d'associations trouvées afin de : (1) déduire des relations d'équivalence, (2) éliminer les incohérences (cycles) (3), supprimer les relations redondantes, (4) sélectionner le meilleur alignement pour chaque entité [1].

ASMOV (Automated Semantic Mapping of Ontologies with Validation) est un système d'alignement d'ontologies conçu pour faire coopérer des ontologies issues de sources de données hétérogènes. ASMOV permet de produire des mappings entre des concepts et/ou des propriétés et/ou des instances de deux ontologies [6]. L'algorithme implémenté est automatique, il calcule de façon itérative, la similarité entre deux entités appartenant à deux ontologies différentes suivant quatre caractéristiques (les éléments lexicaux, les relations structurelles, la structure interne, les instances de classes et valeurs des propriétés). La similarité finale est

¹ Les règles d'associations sont construites sur le principe qu'une entité X est plus spécifique que ou équivalente à une entité Y si le vocabulaire utilisé dans les descriptions et les instances de X a tendance à être inclus dans celui de Y

calculée à partir de la somme pondérée des quatre mesures et permet d'obtenir un alignement. Le système vérifie ensuite cet alignement afin de s'assurer qu'il ne contient pas d'incohérence sémantique.

2.3 Les Frameworks

Plus récemment, les Frameworks sont apparus dans les systèmes d'alignements d'ontologies. Leur avantage est qu'ils permettent de multiples combinaisons de stratégies de calcul de la similarité. Par exemple :

COMA++ (Combining MAtching) est un système générique de mise en correspondance de schémas (XML, Schémas relationnels) [2]. L'outil permet l'importation, le stockage, l'édition de schémas ainsi que leurs alignements et ce, afin de les transformer ou de les fusionner. Il fournit une bibliothèque extensible d'algorithmes de mappings, un module pour combiner les résultats obtenus et une plateforme pour l'évaluation des différentes mesures. L'utilisateur peut interagir dans le processus de mise en correspondance en sélectionnant le mode de combinaison de matchers. COMA++ est une évolution de COMA qui améliore ses algorithmes et son interface graphique.

MAFRA (Mapping Framework for distributed ontologies) est un Framework interactif, dynamique et progressif pour l'alignement d'ontologies distribuées dans le cadre du Web sémantique [11]. L'approche de MAFRA se déroule suivant deux dimensions : la dimension horizontale définit les étapes du processus d'alignement : importation et normalisation des ontologies à aligner, calcul des similarités entre les éléments des différentes ontologies à partir d'une combinaison de plusieurs mesures de similarités, formalisation des mappings en établissant des « ponts sémantiques » entre les entités des différentes ontologies, exécution des mappings pour transformer les instances d'une ontologie source vers les instances d'une ontologie cible à partir des ponts sémantiques, créés précédemment, et enfin vérification des résultats obtenus. Quant à la dimension verticale, elle est constituée de quatre modules additionnels (gestion de l'évolution, gestion des ponts sémantiques, construction d'un consensus coopératif et Interface graphique).

FOAM (Framework for Ontology Alignment and Mapping) est un Framework utilisé dans plusieurs systèmes comme QOM², NOM³, APFEL⁴, à des fins d'intégration de données, de fusion d'ontologies, d'évolution d'ontologies... L'outil implémente plusieurs mesures et stratégies existantes de recherche de similarités et permet de faire des mappings entre des ontologies décrites en OWL. Le processus général d'alignement est le suivant : on sélectionne les paires d'entités à comparer ainsi que les caractéristiques sur lesquels se fera la comparaison. Le système calcule, pour chaque paire et pour chaque caractéristique, une similarité. Ces résultats sont

² Quick Ontology Mapping

³ Naïve Ontology Mapping

⁴ Alignment Process Feature Estimation and Learning

combinés pour obtenir la similarité finale entre chaque paire d'entités. A partir de ces résultats, FOAM permet de proposer à l'utilisateur un ensemble de suggestions d'alignement, qu'il peut accepter ou rejeter [3].

RiMOM (Risk Minimisation based Ontology Mapping) est un Framework interactif implémentant diverses stratégies pour l'alignement d'ontologies [18] et suivant plusieurs étapes : la première consiste à sélectionner les matchers à utiliser selon la similarité supposée entre les ontologies (terminologique ou structurelle). Dans la deuxième phase, plusieurs mesures sont appliquées, indépendamment les unes des autres. Ensuite, les résultats sont agrégés en utilisant une fonction d'interpolation linéaire. La troisième étape consiste à propager les similarités (de concept à concept, de propriété à propriété et de concept à propriété). Enfin, la dernière étape génère des mappings à partir des résultats obtenus précédemment. Le processus est itératif, avec une validation des résultats à chaque itération.

2.4 Comparaison des différents outils et Frameworks

Les outils et Frameworks que nous avons cités précédemment sont, pour la plupart, considérés par l'OAEI⁵ parmi les meilleurs systèmes d'alignement. La plupart d'entre eux utilisent des mesures de similarité terminologiques et/ou structurelles et/ou extensionnelles et proposent une stratégie de combinaison pour trouver la similarité finale. Celle-ci représente en général une équivalence ou un lien de subsumption entre deux entités appartenant à deux ontologies différentes.

L'utilisation de plusieurs mesures de similarité donne souvent de meilleurs résultats. Par contre, ces outils ne précisent pas toujours quels matchers ont été utilisés ni comment les similarités ont été agrégées. Par ailleurs, il est à noter que les Frameworks sont plus adaptés pour la réutilisation ainsi que pour la combinaison de mesures de similarité existantes. Ces systèmes diffèrent également au niveau de leur fonctionnement et de l'interaction qu'ils offrent à leurs utilisateurs. L'intervention d'un expert de domaine dans le processus d'alignement d'ontologies s'avère souvent essentielle pour éviter des incohérences. De plus, des outils interactifs tels que PROMPT ou FOAM, qui suggèrent des résultats de mappings à l'utilisateur, donnent souvent de meilleurs résultats. Par contre, ils ne permettent pas de réutiliser des résultats de mappings pour déduire d'autres relations de correspondances.

La comparaison des différents outils et Frameworks est reprise dans le tableau 1.

⁵ Ontology Alignment Evaluation Initiative

Outil	Techniques utilisées	Combinaison	Algorithme	Mappings
ASMOV	mesures terminologiques, structurelles internes, conceptuelles et extensionnelles	correspond à la somme pondérée des 4 mesures	automatique	équivalence
AROMA	outils de TAL pour l'extraction de termes, règles d'associations et mesures terminologiques	utilise une fonction d'interpolation linéaire	automatique	subsomption et équivalence
Anchor Prompt	mesures terminologiques et structurelles	pas de combinaison de similarité	semi-automatique	équivalence
COMA	mesures terminologiques et structurelles	est fonction des choix de mesures	semi-automatique	équivalence
MAFRA	mesures terminologiques, structurelles et extensionnelles	pas de combinaison de similarité	semi-automatique	équivalence (ponts sémantiques)
FOAM	mesures terminologiques et structurelles	est fonction de caractéristiques retenues par l'utilisateur	semi-automatique	équivalence
RiMOM	mesures terminologiques, structurelles et extensionnelles	dépend de la similarité supposée entre les ontologies (structurelle ou terminologique)	automatique	équivalence

Tableau. 1. Comparaison des différents outils et Frameworks.

Le système d'alignement que nous proposons de construire est un Framework et permet d'interagir avec ses utilisateurs pour trouver des mappings. Le processus d'alignement est basé sur le calcul de mesures de similarité ainsi que sur la réutilisation de liens de synonymie existants (créés durant les opérations d'alignements). Contrairement à la plupart des systèmes qui proposent uniquement des résultats de mappings, notre Framework propose également de guider l'expert pour choisir les méthodes de mesures de similarité les plus appropriées à sa requête, dans le but de lui offrir une meilleure interaction et des suggestions de mappings pertinents.

3 Proposition d'une approche d'alignement

3.1 Contexte

Dans le cadre de la re-conception de l'ontologie initiale construite au CETu, nous avons construit une ontologie hybride constituée d'un ensemble d'ontologies locales, décrivant chacune un métier du domaine de la géotechnique et d'une ontologie globale consensuelle [20]. Dans un premier temps, le système sélectionne l'ontologie « cible ». L'ontologie contenant le plus de concepts communs avec les autres est sélectionnée car elle a le plus de liens avec l'ensemble des ontologies locales. Ensuite, les autres sont intégrées une à une à cette dernière. Le résultat est une ontologie globale consensuelle, contenant tous les concepts communs entre les différentes ontologies ainsi que les relations non conflictuelles qui les lient. Ce travail préliminaire a pour but de permettre aux experts géotechniciens, d'une part de gérer le contenu de la base de connaissances, en manipulant des ontologies métiers représentées sous forme d'arbres lisibles, simples à mettre en œuvre et faciles à appréhender, et d'autre part de concilier les différentes ontologies métiers.

La figure 1 représente une partie de l'ontologie hybride. Pour ne pas alourdir l'exemple, seule une partie des ontologies est représentée. Les ontologies locales représentées sont la maîtrise d'ouvrage (MOA) et la maîtrise d'œuvre (MOE). La première décrit les concepts et relations utilisées par les maîtres d'ouvrage, dont le rôle est l'analyse des besoins et l'expression de la solution fonctionnelle dans les projets géotechniques ; la deuxième décrit ceux utilisés par les maîtres d'œuvres qui sont chargés de réaliser les projets. Seuls, quelques attributs significatifs sont inscrits dans la figure 1 ; en réalité chaque concept en contient beaucoup plus.

Une ontologie globale et cohérente regroupe tous les concepts partagés par les différents métiers. Suivant l'exemple, nous en avons représentés trois : le concept « tunnel » qui est le plus générique dans la hiérarchie, ce qui n'est pas très surprenant étant donné que l'ontologie a été construite par des géotechniciens qui étudient des tunnels. Les deux autres concepts partagés sont les concepts « chantier » et « ouvrage » qui sont parmi les plus courants dans notre domaine, mais qui peuvent être vus différemment selon le métier. En effet, comme le montre l'exemple, les propriétés de ces concepts diffèrent d'un métier à l'autre. L'ensemble de ces ontologies définit une ontologie hybride avec une partie consensuelle partagée par tous, et les concepts et instances spécifiques à la maîtrise d'œuvre et/ou la maîtrise d'ouvrage. Pour faire coopérer les ontologies métiers entre elles, nous proposons un système d'aide pour guider l'expert dans le processus de création de nouveaux liens sémantiques entre les ontologies locales. Dans ce qui suit, nous allons proposer une architecture d'aide à l'alignement, dans le but de permettre la coopération des ontologies métiers.

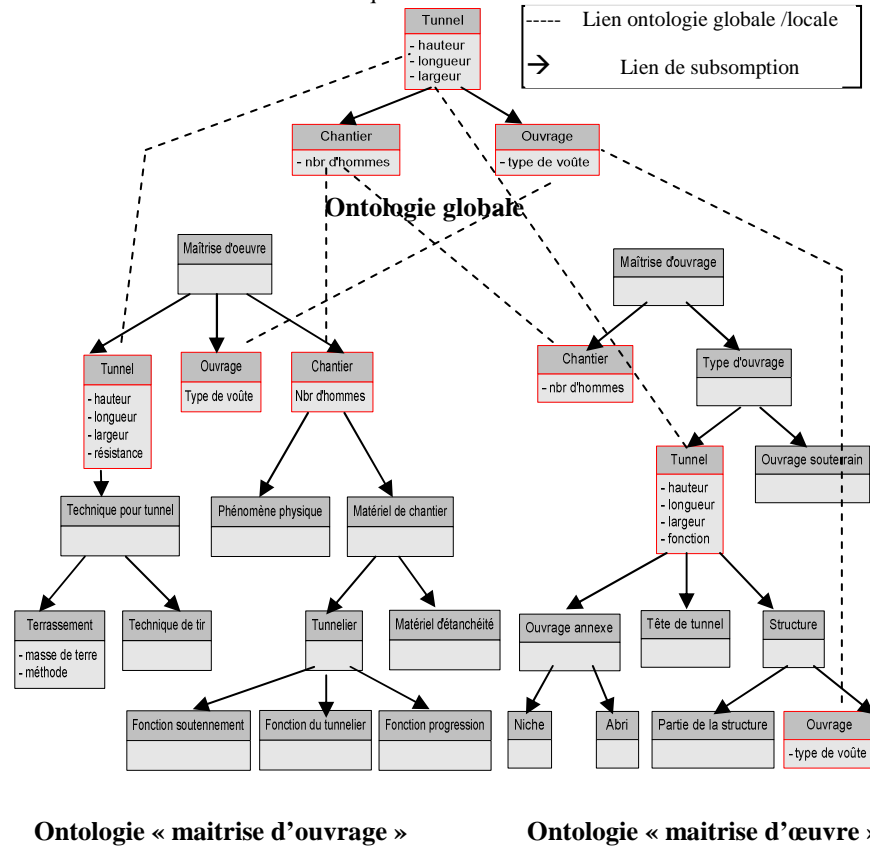


Figure 1. Représentation d'une partie de l'ontologie hybride.

3.2 Architecture de notre système

La plupart des systèmes d'alignements exploitent différentes mesures de similarité pour déduire la similarité entre deux entités. La difficulté est de choisir la bonne mesure ou combinaison de mesures pour retrouver des similarités. Le système que nous proposons (cf. figure 3) doit permettre d'aider les experts géotechniciens dans le processus de recherche de similarités entre concepts puis de permettre de générer des mappings. Les ontologies métier (ex : l'ontologie MOA) construites par les experts de domaine ainsi que l'ontologie globale sont représentées en OWL. C'est un langage formel permettant de décrire les ontologies.

Lorsque l'expert d'un domaine souhaite coopérer avec un autre expert, il envoie au système une requête contenant le concept à apparier (1). Cette recherche s'effectue sur les ontologies (2) que l'on souhaite faire correspondre : l'ontologie de départ (celle du métier de l'expert) et une ontologie de recherche (celle avec laquelle il souhaite coopérer). Le but est de découvrir les éléments de l'ontologie de

recherche que l'on peut mettre en correspondance avec l'élément de l'ontologie de départ. Ensuite, le système vérifie l'existence de synonymes (3). Un panel de méthodes de calcul de mesures de similarité est implémenté dans un Framework et peut être proposé à l'expert de domaine (4). L'intérêt du Framework est de (i) permettre de réutiliser toutes les mesures implémentées (terminologiques, conceptuelles,...) sur toutes les ontologies, (ii) permettre la combinaison de plusieurs mesures de similarités pour définir les règles de correspondances entre deux entités. Le système a pour objectif de mettre à la disposition du géotechnicien plusieurs mesures et de l'aider à choisir celle(s) qu'il faut utiliser. Le résultat est un ensemble de similarités entre les concepts initiaux et les concepts trouvés dans l'ontologie de recherche. Celles-ci peuvent être de différents types (équivalence, synonymie,...) et sont stockées dans une base de données des similarités (5), puis proposées à l'expert du domaine (6). Il reste à sa charge le choix de valider ou non ces similarités (7) afin de permettre au système de générer les mises en correspondances et de les stocker dans une base de mappings (8). Lorsque l'expert connaît les deux concepts à appairer, il a la possibilité de créer directement un mapping.

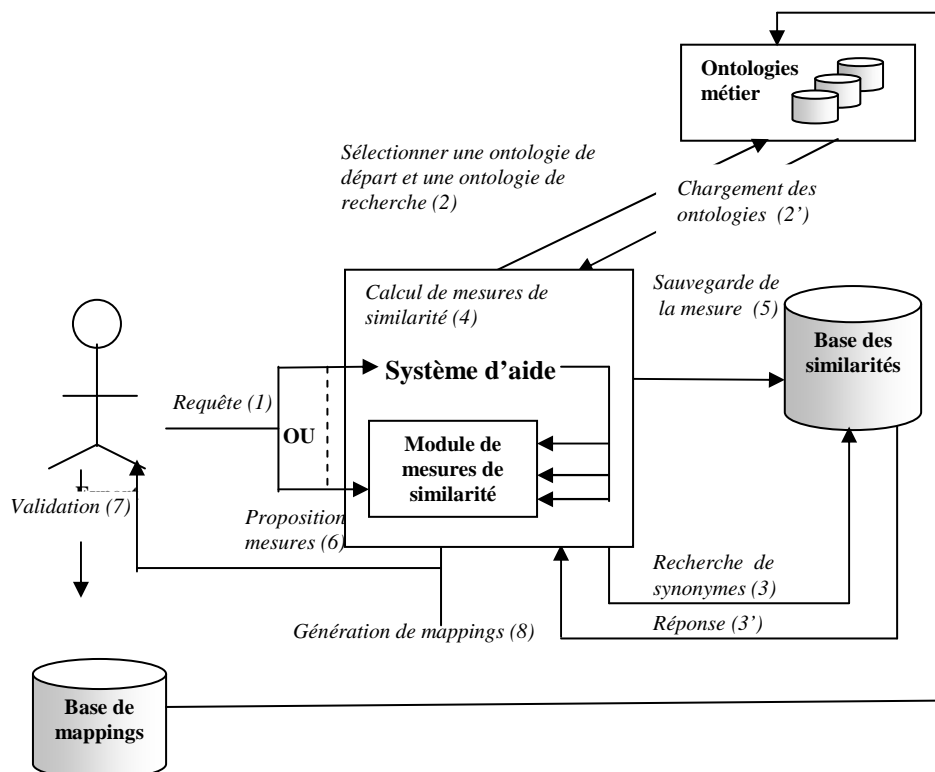


Figure 2. *Architecture du système d'alignements.*

3.3 Quelques caractéristiques du système d'aide

Le système d'aide a pour but de guider l'expert dans son choix d'utilisation d'une méthode.

Les mesures de similarités terminologiques entre concepts sont calculées en priorité, car elles sont les plus simples à gérer. Elles sont calculées entre le nom du concept (et/ou son synonyme) dans l'ontologie de départ et les concepts appartenant à l'ontologie de recherche. Lorsque les mesures de similarités terminologiques donnent un résultat significatif (supérieur à un seuil paramétrable), cela signifie que les concepts comparés sont similaires du point de vue lexical. Cette similarité a un sens s'il existe un lien entre leurs plus petits ancêtres appartenant à l'ontologie globale.

Lorsque les concepts ne sont pas lexicalement similaires ou que les mesures terminologiques sur les concepts ne suffisent pas à déduire la similarité, le système va proposer des méthodes sémantiques pour la déduction des synonymes. Deux méthodes peuvent être utilisées :

Dans le cas, où le nombre d'attributs du concept de départ est significatif (supérieur ou égal à 2, valeur également paramétrable), on préconise de calculer les distances terminologiques entre les attributs du concept de départ (et/ou leurs synonymes) et ceux des concepts de l'ontologie de recherche. Le système donnera en sortie la liste de toutes les similarités trouvées (terminologique entre concepts et terminologique entre attributs).

S'il ne trouve aucune similarité ou que le nombre d'attributs du concept de départ n'est pas significatif (inférieur à 2) c'est la méthode de comptage d'arcs qui est utilisée. Elle consiste à compter le nombre d'arcs (N) entre le concept de départ et le plus petit concept subsumant entre les deux ontologies locales. Ensuite, l'ontologie de recherche est parcourue à partir de l'arc N-2 du concept commun jusqu'à l'arc N+2. Si le nombre de concepts parcourus n'est pas très important (inférieur ou égal à 10), on les propose à l'expert comme étant des concepts probablement similaires au concept de départ.

Enfin, si toutes ces méthodes ne suffisent pas à trouver toutes les similarités existantes, on peut aller plus loin, en comparant les instances de concepts. On dira que deux classes sont équivalentes si elles partagent un sous-ensemble d'instances pour des attributs choisis par l'expert et qui seront représentés par des vecteurs.

3.4 Implémentation

Les ontologies locales sont construites par consensus entre plusieurs experts d'un sous domaine. Quant à l'ontologie globale, elle est construite de façon automatique par une approche d'intégration [20]. Pour manipuler ces ontologies, il existe plusieurs outils permettant l'édition d'ontologies. Nous utilisons Protégé pour les raisons suivantes : d'abord, parce qu'il permet de décrire les ontologies en OWL, ensuite parce qu'il est basé sur un mécanisme de plugins, donc extensible, enfin parce que son interface graphique est très intuitive.

Le développement de notre application est fait en Java car ce langage permet l'utilisation de plusieurs API permettant de manipuler les ontologies : Jena⁶, Sesame⁷, Corese⁸ ... Les deux premières permettent de manipuler des ontologies décrites en OWL. De plus, il existe également plusieurs API de calcul de mesures de similarité réalisées en Java : Simmetrics⁹, SecondString¹⁰, ... Nous les réutilisons dans notre Framework, en plus d'autres mesures que nous avons développées.

La réalisation du système d'aide avec une interface utilisateur interactive est en cours. Le choix d'une ou de plusieurs mesures de similarité est paramétrable par l'utilisateur. Cependant, il est souhaitable qu'il utilise les mesures qui lui sont suggérées par le système d'aide. L'ensemble des similarités calculées est stocké dans une base de données MySQL. Les mappings générés à partir de ces mesures après leur validation par l'expert du domaine sont aussi conservées.

4 Conclusion

Dans ce papier, nous avons présenté l'architecture d'un système d'aide à l'alignement d'ontologies métiers dans le domaine de la géotechnique. Un expert recherche un des concepts contenus dans son ontologie dans une autre ontologie locale. Afin de réaliser une coopération entre ontologies locales, des mappings horizontaux sont établis.

Nous proposons un système d'aide qui permet de sélectionner des méthodes de similarité tenant compte des caractéristiques de l'ontologie de départ et de l'ontologie de recherche. L'expert est donc guidé dans la sélection des méthodes. Avant de lancer la recherche, la base de similarités est consultée afin de connaître les synonymes potentiels du terme précédemment rencontré dans cette ontologie ou dans une autre. Le prototype est en cours de réalisation. Une perspective de ce travail serait d'étudier l'impact de l'évolution des ontologies locales sur les mappings générés ainsi que sur l'ontologie globale. En effet, l'évolution des

⁶ <http://jena.sourceforge.net/>

⁷ <http://www.openrdf.org/>

⁸ <http://www-sop.inria.fr/acacia/soft/corese/>

⁹ <http://www.dcs.shef.ac.uk/~sam/simmetrics.html>

¹⁰ <http://secondstring.sourceforge.net/>

ontologies peut entraîner la création de mappings verticaux entre une ontologie locale et l'ontologie globale.

5 Bibliographie

1. David J. AROMA : une méthode pour la découverte d'alignements orientés entre ontologies à partir de règles d'associations, thèse de doctorat en informatique, université de Nantes, (2007).
2. Do H., Rahm E. COMA – a system for flexible combination of schema matching approaches, in 28th International Conference on Very Large Data Bases, Hong Kong, (2002) 610–621.
3. Ehring M. Ontology Alignment: Bridging the Semantic Gap : Semantic Web and Beyond, New York, Springer, (2007).
4. Euzenat, J., Valtchev, P. Similarity-based ontology alignment in OWL-lite. In Proceedings 15th European Conference On Artificial Intelligence, Valencia (2004).
5. Faure N., Un système d'aide à la modélisation des connaissances en géotechnique, thèse de doctorat en informatique, université Jean-Moulin, Lyon (2007).
6. Jean-Mary Y., Kabuka, M. ASMOV: Ontology Alignment with Semantic Validation. In SWDB-ODBS Workshop, Vienna, Austria, (2007) 15-20.
7. Kalfoglou Y., Schorlemmer M. Ontology mapping: the state of the art. The Knowledge Engineering Review Journal, Vol. 18, n°1, (2003) 1–31.
8. Leacock C., Chodorow M. Combining Local Context and WordNet Similarity for Word Sense Identification. In WordNet : An Electronic Lexical Database, MIT Press, (1998).
9. Levenshtein V. Binary codes capable of correcting deletion, insertions, and reversals, In Soviet Physics Doklady, Vol. 10 , n° 8, (1966) 707-710.
10. Madhavan J., Bernstein P., Rahm, E. Generic schema matching with cupid, In Proceedings of the 27th International Conference on Very Large Data Bases, Morgan Kaufmann Publishers Inc, (2001) 49–58.
11. Mädche A, Motik B., Silva N. and Volz R. MAFRA - a MApping FRAMework for distributed ontologies. In Proceedings of the International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management, Siguenza, Spain, Lecture Notes in Computer Science, Springer, (2002) 235–250.
12. Monge A., Elkan C., The field-matching problem : algorithm and applications, In Proceedings of the 2nd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, (1996) 267-270.
13. Noy N. et Musen M. Anchor. PROMPT : Using non-local context for semantic matching, In Proceedings workshop on ontology and information sharing (IJCAI), Seattle, (2001) 63–70.
14. Rahm E., Bernstein P. A survey of approaches to automatic schema matching. The International Journal on Very Large Data Bases, Vol. 10, n°4, (2001) 334–350.

15. Resnik P. Semantic similarity in a taxonomy: An information based measure and its application to problems of ambiguity in natural language. *Journal of Artificial Intelligence Research*, n° 11, (1999) 95-130.
16. Safar S., Reynaud C., Calvier F. Techniques d'alignement d'ontologies basées sur la structure d'une ressource complémentaire, 1ères Journées Francophones sur les Ontologies, 2007, Sousse, Tunisie, (2007) 21-35.
17. Stumme G., Maedche A. 2001. FCA-MERGE: Bottom-Up Merging of Ontologies, *IJCAI'01 Workshop on Ontologies and Information Sharing*, Seattle, USA.
18. Tang J., Li J., Liang B., Huang X., Li Y., Wang K. Using Bayesian decision for ontology mapping, *Journal of Web Semantics*, Vol. 4, n°1, (2006) 243-262.
19. Wu Z., Palmer M. Verb semantics and lexical selection. In *Proceedings of the 32nd Annual Meeting of the Associations for Computational Linguistics*, (1994) 133-138.
20. Ziani M., Boulanger D., Talens G. Designing an Hybrid Ontology From Domain Ontologies, 2èmes Journées Francophones sur les Ontologies, Lyon, (2008) 41-47.2. Présentation du texte courant