HAL open science

Construction avec des enseignants d'une ontologie des compétences en géométrie, Geoskills

Cyrille Desmoulins

To cite this version:

Cyrille Desmoulins. Construction avec des enseignants d'une ontologie des compétences en géométrie, Geoskills. 23es Journées francophones d'Ingénierie des Connaissances, Jun 2010, Nimes, France. pp.13. hal-01008929

HAL Id: hal-01008929

https://hal.science/hal-01008929v1

Submitted on 17 Jun 2014

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

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

Construction avec des enseignants d'une ontologie des compétences en géométrie, Geoskills.

Cyrille Desmoulins

Université Joseph Fourier, Laboratoire Informatique de Grenoble
Cyrille.Desmoulins@imag.fr

Résumé : Cet article présente la construction d'une ontologie des compétences en géométrie impliquant spécialistes ontologiques et spécialistes de cursus scolaire géométriques dans toute l'Europe. Il présente la méthodologie utilisée, l'ontologie elle-même et ses usage avant de discuter les avantages et inconvénients des principaux choix. La principale caractéristique de l'ontologie développée est sa simplicité, nécessaire pour un développement effectif à grande échelle, en même temps que l'utilisation d'un langage (OWL-DL) offrant une sémantique formelle aux compétences et assurant la décidabilité des raisonnements automatiques.

Mots-clés : Ontologie, compétence, capacité, notion, connaissance, géométrie dynamique, méthodologie, OWL, programme scolaire, enseignement.

1 Introduction

L'enseignant utilise aujourd'hui couramment l'informatique, depuis la préparation des séances jusqu'à leur évaluation. Dans certains domaines, il utilise des logiciels en classe pour lesquels il prépare des exercices et documents pour les élèves. Cette pratique reste cependant assez individuelle, chacun construisant et gérant de son côté ses propres ressources, dans son propre espace, avec sa propre logique.

Les systèmes de partage de ressources pédagogiques restent peu utilisés. Les systèmes issus de plusieurs années de recherche au niveau européen ou étatsunien, comme ARIADNE (ARIADNE Foundation; Forte, Wentland Forte, & Duval, 1997a, 1997b) ou MERLOT *Multimedia Education Resource for Learning and Online Teaching* (Cafolla, 2006) ne correspondent pas aux attentes de la plupart des enseignants. Les systèmes institutionnels (au niveau académique ou inter-académique en France), sont peu développés, avec de rares ressources.

Les barrières qui freinent le partage et la réutilisation de ressources pédagogiques sont nombreuses.

La première barrière est bien entendu celle de la langue des documents et exercices.

La deuxième barrière est celle du format des exercices créés. Même dans un domaine aussi développé que la géométrie dynamique, chacun utilise son propre

logiciel, avec son propre format de donnée, alors que les fonctions et représentations offertes sont similaires.

La troisième barrière est le référencement des ressources, décrit en général dans les méta-données, ou inversement dans les index des systèmes de partage. Le référencement de type bibliothécaire, par mots-clés contrôlés/classification thématique ou de type tags du Web par mots clés libres n'est pas assez précis et trop contraint pour les usages des enseignants.

Enfin la dernière barrière est la qualité des ressources. C'est surtout vrai pour la mise à disposition des exercices et de documents personnels d'un enseignant pour d'autres enseignants, même dans sa communauté. L'enseignant connaît les limites et les contextes d'utilisation de ses propres productions. Il sait les gérer en classe mais l'effort de mise au propre pour résoudre ces limites en vue d'un partage lui est trop coûteux. Aussi peu de ressources sont disponibles, en premier lieu les manuels produits par des éditeurs voire par des associations (Sésamath, 2009), quelques document validés par une institution (typiquement, un groupe académique comportant des formateurs et des inspecteurs). Le problème de qualité est aussi vrai pour la recherche de ressources, dont la pertinence nécessite une description fine de des qualités et limites de la ressource et de son contexte d'utilisation.

Le projet Intergeo (InterGeo Consortium, 2010b) a pour but de résoudre ces limites au niveau européen sur le domaine de la géométrie dynamique (Goldenberg & Cuoco, 1998).

Le projet a en premier lieu défini un format interopérable de représentation de constructions géométriques interopérables entre les nombreux logiciels de géométrie dynamique partenaire du projet. Il a défini en second lieu un système d'évaluation des ressources qui permet à des experts et de simples enseignants de construire collaborativement une évaluation précise de la ressource. Ces deux points ne font pas l'objet de cet article et sont présentés dans (Hendriks, Kortenkamp, Kreis, & Marquès, 2009; Mercat, et al., 2009).

Pour résoudre les barrières de la langue et obtenir un référencement précis et adapté aux pratiques professionnelles des enseignants, une ontologie des compétences a été définie dans le projet Intergeo. L'approche est de considérer que les enseignants de mathématiques européens utilisent tous au quotidien les descriptions des capacités (savoir-faire) et connaissances (savoirs) attendues dans leurs cursus respectifs de formation, et qu'ils savent référencer les ressources qu'ils produisent (exercices ou documents) avec ces capacités et connaissances. Ces capacités et connaissances ont une sémantique mathématique communément admise qui dépasse les frontières des langues et des cultures locales. Pour leur permettre de référencer finement des ressources informatiques par rapport à ces capacités et connaissances, il s'agit alors d'obtenir une représentation formelle de cette sémantique partagée dans une ontologie.

La construction de cette ontologie des compétences en géométrie dynamique est l'objet de cet article. La section 2 présente la méthodologie de construction et les sources d'information pour cette ontologie. La section 3 détaille la structure de

l'ontologie alors que la section 4 explique sa manipulation par des logiciel ou par des utilisateurs suivant leur rôle. Enfin la section 5 reprend les choix effectués pour en étudier les avantages et les limites.

2 Méthodologie

Le programme de travail du projet Intergeo comportait la construction d'une ontologie de l'univers de la géométrie dynamique qui puisse servir à référencer à la fois les éléments des différents curriculums européens et les ressources partagées dans Intergeo. Cette ontologie est dénommée Geoskills.

Cependant l'approche ontologique ne convainquait pas tous les partenaires impliquées dans la construction de ce référentiel. Un certain nombre considérait l'approche par mots clé libre suffisante, simple et efficace.

La première étape méthodologique a de ce fait consisté à définir un sous-ensemble thématique réduit autour du *théorème d*
d'une approche ontologie. En effet, ce qu
théorème de Thalès désigne un théor
Intercepting lines theorem en anglais (voi
et anglo-saxons désignant par Thèorème
droite de Fig. 1).

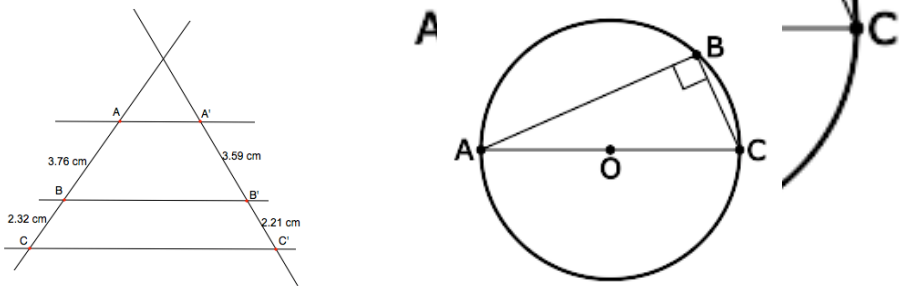

Fig. 1 –Thalès latin (à gauche) et non latin (à droite)

Dans cette première étape ont ainsi été extraits des curriculums les parties concernant ces deux théorèmes en France, Espagne et Angleterre.

La seconde étape a consisté à délimiter l'univers de l'ontologie. Nous sommes pour cela partis d'une notion assez large de compétence, en nous basant sur les travaux du projet Européen Calibrate (van Assche, 2007) et la charte des programmes scolaires français (Ministère de l'Éducation Nationale, 1992). Les compétences ainsi définies sont les capacités des élèves, décrites par un verbe appliqué à des notions. Par exemple *Utiliser la proportionnalité des longueurs des côtés de deux triangles en configuration de Thales*.

La troisième étape a permis de développer une première version des concepts et propriétés de l'ontologie. Le choix a été fait de développer directement une ontologie

formelle, en profitant des compétences formelles des experts en curriculum mathématique (maîtrise des notions d'ensemble, sous-ensemble, élément d'ensemble et relation ensembliste). Le langage retenu a été OWL-DL, comme standard du Web, pour ses propriétés de décidabilité et du fait de la disponibilité d'outils d'édition (National Library of Medecine, 2008) et de raisonnement (Clark&Parsia, 2009). Une première version de classes principales de *Competency* (capacités) et de *Topic* (notions) ainsi que des propriétés qui les définissent et les relient a été définie. Elle utilisait comme base une ontologie sommaire des programmes de géométrie français utilisée pour un cours sur les ontologies pour l'enseignement (Desmoulins & Grandbastien, 2006).

A partir de cette ontologie initiale, le travail des experts en curriculum des trois pays concernés a consisté à prendre une par une les capacités concernant « le thèorème de Thalès » pour créer une instance correspondante dans l'ontologie. Dans le cas où des classes de compétences ou de notions manquaient, elles étaient ajoutées incrémentalement, éventuellement après discussion entre experts et l'ontologue du projet. Cette quatrième étape a permis d'une part de valider l'approche ontologique pour les experts et d'autre part de valider et faire évoluer les concepts et propriétés de l'ontologie initiale. Elle a nécessité de choisir un outil d'édition (Protégé v3.3 (National Library of Medecine, 2008) et mode de travail collaboratif (par un référentiel SVN).

Une cinquième étape a visé à étendre le codage ontologique à l'ensemble des curriculums. En particulier, la décision a été prise de couvrir l'ensemble des programmes de mathématiques du secondaire, du fait de la forte intrication entre la géométrie dynamique et des mathématiques de ce niveau.

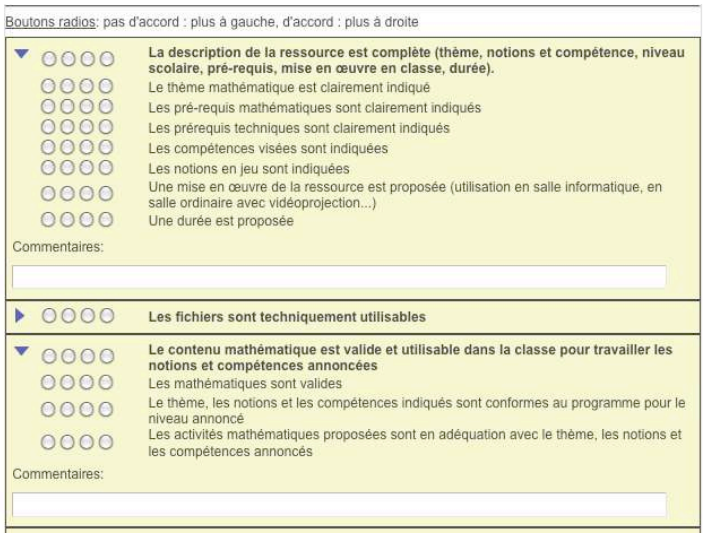

Fig. 2 – Formulaire d'évaluation des ressources.

La sixième étape a vu la mise en production de l'ontologie sur la plateforme web Intergeo (InterGeo Consortium, 2010b) pour décrire et rechercher des ressources. Elle a nécessité, en plus de l'installation classique d'un service ontologique de

référencement de ressource et de classification automatique, le développement d'un outil d'édition spécifique à Geoskills, nommé Comped (http://i2geo.net/comped/). Il permet - suivant les rôles sur la plateforme – de proposer de nouvelles dénominations aux capacités et notions, par exemple dans une nouvelle langue, d'ajouter de nouvelles capacités/notions ou de nouvelles classes de capacités. *In fine*, un système de recherche basé sur Lucene (Hatcher & Gosnopedic, 2004) permet à l'utilisateur de retrouver des compétences décrites dans Geoskills. La compétence choisie sert de base à la description ou la recherche d'une ressource. Elle peut aussi être consultée ou manipulé via Comped.

La dernière étape est l'évaluation de l'ontologie par les utilisateurs finaux (les enseignants). Elle n'a pas été organisée formellement mais des éléments partiels se retrouvent dans les commentaires donnés dans les évaluations de ressources (Mercat, et al., 2009), dans les parties traitant de la description de la ressource et des compétences visées (voir figure 2).

3 L'ontologie GeoSkills

Comme indiqué précédemment, l'ontologie GeoSkills (InterGeo Consortium, 2010a) comprend à la fois des classes et propriétés (ce qu'on appelle T-box dans la logique des descriptions), et des instances (A-Box). Le nombre de hiérarchies de classes et de propriétés Geoskills est volontairement limité, afin de mettre le travail ontologique à la portée des experts en curriculum, voire des enseignants.

Nous présentons dans cette section en premier lieu les classes et propriétés de GeoSkills, puis un exemple de capacité représentée.

3.1 Classes et propriétés de l'ontologie Geoskills.

L'ontologie Geoskills est organisée autour d'une hiérarchie de classes centrale représentant des capacités et nommée C*ompetency*. Cette appellation de *compétence* suit celle de Van Assche et celle de la charte des programmes scolaires français (Ministère de l'Éducation Nationale, 1992). Nous présentons dans la section 5 une discussion sur le terme choisi par rapport au concept européen actuel de *compétence*.

3.1.1 Competency

Une classe de *Competency* est définie par un verbe. Par exemple, *Calculate* au plus haut niveau puis *Calculate_mesure_of_magnitude* enfin *Calculate_area*.

Elle est reliée par la propriété *hasTopic* à au moins une notion, représentée dans la hiérarchie *Topic*, qui constitue la seconde hiérarchie de classe de l'ontologie.

Elle est rattachée à un ou plusieurs curriculums par la propriété *belongsToCurriculum*. Ces curriculums sont représentés dans la hiérarchie *EducationalProgram*.

Comme classiquement dans une approche ontologique, les noms utilisés pour les concepts et propriétés de l'ontologie n'ont pas de valeur linguistique autre qu'utilitaire et pourraient à la limite être totalement arbitraires. Ils constituent par contre des référents dont on doit garantir l'unicité et la persistance.

Les aspects multilingues des classes et propriétés ont de ce fait été représentés en utilisant des méta-propriétés `rdfs:label` et en précisant un attribut xml:lang.

Exemple :

```
<owl:Class rdf:ID="Calculate_areas">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="Calculate_measure_of_magnitude"/>
    </rdfs:subClassOf>
    <rdfs:label xml:lang="fr">Calculer des aires</rdfs:label>
    <rdfs:label xml:lang="en">Calculate areas</rdfs:label>
    <rdfs:label xml:lang="de">Flächen berechnen</rdfs:label>
  </owl:Class>
```

Les aspects multilingue des instances sont eux représentés par quatre propriétés reliant une compétence à une description textuelle :

- *commonName* est une des dénominations usuelles de la compétence
- *unCommonName* est une dénomination peu usuelle de la compétence
- *rareName* est une dénomination rare de la compétence
- *falseFriendName* est une dénomination erronée la compétence

Ces quatre propriétés sont des sous-propriétés de la propriété *name*.

Elles sont précisées par un attribut `xml:lang`.

Avec cette représentation, plusieurs valeurs de la même propriété peuvent être attribuées à une compétence dans une langue donnée dans le cas où plusieurs dénominations existent.

3.1.2 Topic

La hiérarchie *Topic* représente les notions des curriculums, appelées « connaissances » dans les programmes scolaires français.

La plupart de ces classes sont abstraites et n'ont donc pas d'instances dans les curriculums ; par exemple, la notion de coordonnée cartésienne dont les instances n'existent que dans les exercices. Deux classes font exceptions en géométrie, les théorèmes (dont nos deux *théorèmes de Thalès*) et les figures particulières (comme le *cercle d'Euler* ou le *triangle de Nagel*).

Théorèmes et figures particulières peuvent être reliés par la propriété *involvesObject* à des objets géométriques (*GeometricObject* de la hiérarchie *Topic*) et entre eux par la propriété *isSpecialCaseOf*. Les théorèmes peuvent aussi être reliés entre eux par la propriété *converseTheorem*.

La représentation des Topic comme classe abstraite pose des problèmes de références avec OWL-DL. En effet, les propriétés ne peuvent relier que des instances entre elles et non une instance à une classe abstraite.

Nous avons résolu le problème en introduisant pour tout classe un unique représentant, sous la forme d'une instance. Ainsi la référence d'une capacité à une notion par la propriété *hasTopic* est faite par rapport à cette instance, et les raisonneurs sont capables de classifier ces instances dans toutes les clases plus générales.

Les dénominations des *Topic* utilisent les propriétés *name* utilisées pour les capacités.

3.1.3 Classes accessoires

Plusieurs classes permettent de définir les programmes scolaires :

- *EducationalProgram* représente les programmes scolaires pour une matière et un niveau scolaire dans une région donnée.
- EducationalLevel représente les niveaux scolaires d'un cursus (primaire, collège, etc.), eux-mêmes représentés par des EducationalPathway.
- EducationalRegion représente les régions éducatives. La France est un cas particulier, avec une seule région éducative.

3.2 Exemple de capacités représentées.

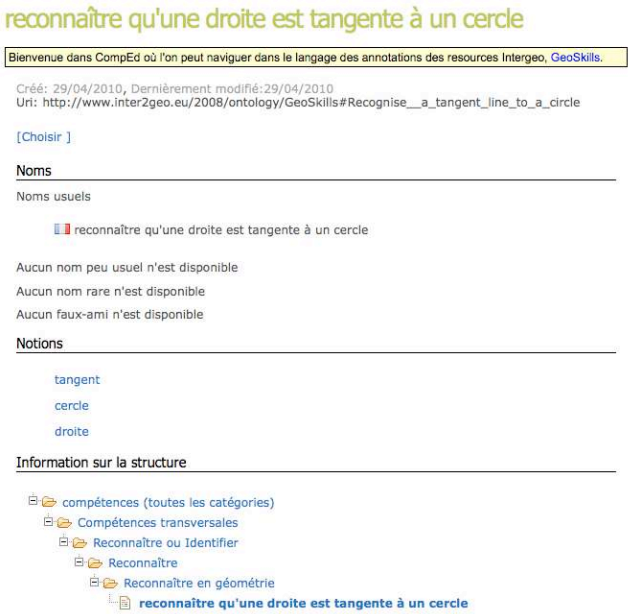

Fig. 3 – Compétence dans CompEd

La capacité *Reconnaître une droite tangente à un cercle* du programme français de 4ème est représentée en OWL par

```
<Recognize_in_geometry rdf:ID="Recognise__a_tangent_line_to_a_circle">
       <defaultCommonName xml:lang="fr">
        reconnaître qu'une droite est tangente à un cercle
        </defaultCommonName>
       <belongsToCurriculum rdf:resource="#Programme_de_Maths_4eme"/>
       <hasTopic rdf:resource="#Tangent_r"/>
        <hasTopic rdf:resource="#Straight_Line_r"/>
        <hasTopic rdf:resource="#Circle_r"/>
</Recognize_in_geometry>
```

qui indique qu'elle fait référence aux notions de tangente, de droite et de cercle et qu'elle est une compétence de la classe *Reconnaître en géométrie*.

Elle est visible dans CompEd comme le montre la figure 2.

4 Usages de l'ontologie Geoskills

Nous détaillons dans cette section la manipulation de Geoskills par les utilisateurs suivant les rôles de CompEd et par les outils logiciels de la plateforme Intergeo.

4.1 Usages par les utilisateurs experts

Les experts et ontologues peuvent manipuler l'ontologie avec l'éditeur de leur choix, sachant qu'OWL 1.1 est utilisé du fait de l'édition d'origine avec Protégé 3.x. Ils peuvent utiliser tout le pouvoir d'expression du langage. En particulier, l'utilisation des restrictions a été utilisée dans deux types d'usages :

- d'une part pour définir l'ensemble des niveaux scolaires similaires. Par exemple les niveaux scolaires de « Neunte Klasse » de chacun des Länder d'Allemagne sont définis comme la classe des niveaux dont un des *commonName* est « neute Klasse ».

- d'autre part pour définir un ensemble de capacités, comme par exemple *Utiliser une égalité* qui est défini comme toute capacité dont un des *Topic* est un élément (ou un sous-élément) de *Equality*.

Noter que dans ce dernier exemple, non seulement OWL permet la définition par intension et donc la classification automatique de capacités, mais aussi la classification automatique des classes entre elles, la classe de capacités *Utiliser une identité* étant classifiée automatiquement comme une sous-classe de *Utiliser une égalité* car *Identity* est une sous-classe de *Equality*.

4.2 Usages par les utilisateurs via CompEd

Plusieurs rôles pour l'accès à l'ontologie GeoSkills (Laborde, et al., 2008) sont définis pour CompEd :

- les rôles « annotateur de ressources » et « chercheur de ressources » ont un simple accès en lecture de l'ontologie.
- le rôle « traducteur de compétence » peut en plus ajouter ou modifier des dénominations de l'ontologie.
- Le rôle « expert en curriculum » peut en plus ajouter des capacités, classes de capacités et notions.

Suivant ces rôles, l'utilisateur de la plateforme Intergeo peut à la volée, soit consulter une capacité pour connaître son sens précis, soit faire évoluer l'ontologie. En cas de modification, la mise à jour est prise en compte le jour suivant, après lancement du raisonneur pendant la nuit.

L'accès aux éléments de l'ontologie dans CompEd se fait initialement par une champ de recherche plein texte, nommé SkillsTextBox (voir fig. 4). L'accès à CompEd se fait par la compétence sélectionnée, qui fournit un accès par liste ou en utilisant l'arborescence des classes. Noter qu'un accès alternatif direct par les curriculums est fourni : l'enseignant parcourt le curriculum dans sa forme habituelle où un lien est fourni vers CompEd sur chaque élément de GeoSkills. Un accès similaire depuis les tables des matières de manuels scolaires est à l'étude, sous réserve des questions de droits sur les manuels.

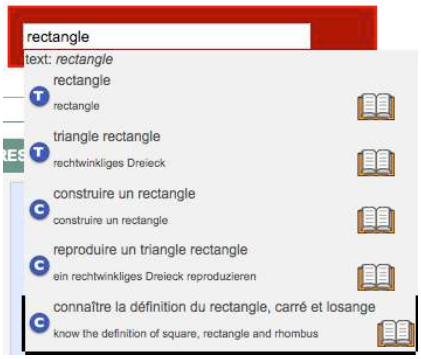

Fig. 4 –Recherche par SkillTextBox

4.3 Utilisation par des composants logiciels.

L'ontologie est utilisée par plusieurs composants logiciels.

En premier lieu, une service ontologique utilisant Pellet (Clark&Parsia, 2009) permet de classifier automatiquement capacités, classes de capacités et de notions.

En deuxième lieu, l'ontologie est utilisée par le service de recherche plein texte basé sur Lucène, lancé par SkillsTextBox

Enfin, l'ontologie est utilisée par l'éditeur CompEd. Il utilise une base de donnée MySQL dans laquelle est stockée l'ontologie, ce qui permet des accès rapides et une gestion propre des transactions. L'accès à l'ontologie pour remplir cette base est faite grâce à Hibernate (Jboss Community, 2010) et l'API owlapi.

5 Choix et limites de l'approche

Cette section reprend les principaux choix afin d'en donner les avantages et limites.

Représentation de capacités et des notions associées.

Utiliser les capacités pour donner un sens mathématique à des ressources est particulièrement adapté à la pratique des enseignants. Même dans certains pays comme l'Espagne ou l'Angleterre où les curriculums nationaux sont encore peu précis et peu utilisés par les enseignants, les capacités précises sont effectivement représentées dans les manuels scolaires. Dans d'autres pays où les choix des programmes sont dévolus aux régions (16 Länder en Allemagne), des programmes nationaux se développent actuellement pour faciliter le passage des élèves d'une région à une autre.

L'évolution des programmes dans le temps n'est pas non plus un problème majeur. Les experts estiment que si les programmes évoluent tous les quatre ans, ce n'est à chaque fois qu'une faible partie qui est modifiée, environ 10%. De plus ces compétences sont pour la plupart déjà présentes à un autre niveau et sont déjà dans GeoSkills.

La dénomination utilisée par contre pose question. La description des programmes par compétences se généralise à tous les niveaux scolaires et dans tous les pays d'Europe. Des définitions ont été produites au niveau européen qui ne correspondent pas aux termes employé dans l'ontologie. EQF (European Communities, 2008) définit ainsi les *Topics* comme des *Knowledge* et les *Competencies* comme des *Skills.* Une Competence est la capacité d'utiliser Skills et Knowledge dans des situations personnelles ou professionnelles. Cette incohérence des dénominations avec les dénominations admises aujourd'hui ne sont pas un problème fondamental mais devraient au moins être reprises au niveau de la manipulation par l'utilisateur dans CompEd.

Enfin la représentation par classe de capacité ou de notion est simple dans son principe. A la pratique, l'approche est inhabituelle pour les experts plus habitués à une approche thématique aux contours assez flous. L'ontologie actuelle n'est donc pas toujours bien organisée de ce fait.

Utilisation d'OWL-DL.

L'utilisation d'OWL-DL a nécessité l'introduction d'instances représentatives des classes abstraites. Cela contraint a beaucoup de rigueur lors de l'édition avec Protégé et nécessite que Comped masque le problème aux utilisateurs, ce qui n'est pas aujourd'hui totalement effectif. Nous sommes en recherche d'autres solutions auprès de spécialistes en OWL, infructueuses à ce jour.

Utilisation de Protégé 3.3 pour l'édition par les spécialistes de curriculum, avec un système SVN.

L'utilisation de Protégé 3.3 pour l'édition par les spécialistes de curriculum a bien fonctionné. En particulier, les utilisateurs on finalement apprécié l'interface, le

fonctionnement multiplateforme et beaucoup utilisé la recherche de classes et d'instances. La gestion par SVN du travail collaboratif a été possible mais jugée trop contraignante. Nous avions expérimenté les diverses solutions de Protégé collaboratifs, qui soit n'étaient pas encore aboutis, soit ne donnaient pas des performances acceptables (la version basée sur un serveur utilise des RPC Java qui sont incomptable avec un éditeur interactif pour un travail transeuropéen). WebProtege offre depuis peu les outils de travail collaboratif en ligne correspondant à ce besoin.

Un éditeur Web dédié mais limité, CompEd.

Le développement d'un éditeur Web dédié a été motivé bien sur par la nécessité d'un travail collaboratif en ligne qui faisait défaut mais pas aussi pour d'autre raisons qui restent valide. Il s'agit d'une part, d'intégrer la consultation et l'édition de l'ontologie aux consultations de ressources de la plateforme, et d'autre part d'offrir à des non initiés aux monde des ontologies OWL une manipulation simplifiée et adaptée à leurs besoins.

D'après les premiers retours des utilisateurs, la capacité de retours immédiats sur les changements de l'ontologie autre de dénominations manque actuellement et les modifications de nuit ne convainquent pas. Elle nécessite d'une part des raisonnements très rapides sur l'ontologie et d'autre part d'étudier la façon de gérer les erreurs, aussi bien côté messages utilisateur que du côté de la cohérence du système.

La possibilité d'expression de certaines restrictions utiles dans ce domaine des compétences de géométrie dynamique demande aussi à être étudiée.

6 Conclusion

L'ontologie Geoskills développée est importante : pour la partie T-Box 614 classes dont 6 décrites par équivalence, 46 propriétés et 697 axiomes de sous-classe et pour la partie A-Box 2619 instances. Elle n'est pas encore totalement validée, par manque d'évaluation et de correction systématique. En particulier, le fait de devoir en premier lieu convaincre de l'approche ontologique n'a pas permis de mettre en œuvre une méthodologie pour assurer sa qualité.

Le choix de la simplicité (deux hiérarchies de classes principales avec peu de propriétés) correspond bien au besoin d'impliquer des non spécialistes d'ontologie dans la construction d'une ontologie conséquente et utilisée dans un système en production, à grande échelle (presque 2 500 ressources actuellement et 800 utilisateurs). La possibilité de représentation de compétences telles que définies au niveau européen et qui devraient dans l'avenir servir à l'évaluation des apprenants est compatible avec l'ontologie actuelle. Garder la simplicité actuelle tout en représentant des compétences comme une composition de capacités et de notions pose des problèmes classiques de granularité (décomposer les capacités ?) et d'utilisabilité qui seront sans doute ceux du système éducatif lui-même.

Sur le plan formel, OWL 2.0 devrait offrir des solutions adaptées en permettant des déductions cohérentes et décidables de type « héritage par composition » qui sont typiquement in besoin dans ce cas.

La structure principale de Geoskills sert actuellement de base à la construction d'une ontologie des programmes scolaires dans le domaine des circuits électriques avec des enseignants de Physique-Chimie français. A la différence de Geoskills, nous avons pu cette fois mettre en œuvre une méthodologie s'inspirant de Methontology (Fernandéz-Lopez, Gómez-Pérez, & Juristo, 1997) et de MI2O (Psyché, 2007). Nous avons aussi basé notre hiérarchie des capacités sur la hiérarchie de (Melis, Faulhaber, Eichelmann, & Narciss, 2008), elle-même une synthèse des taxinomies de Bloom (Bloom, 1956) et de l'OCDE (OECD, 2004).

Références

ARIADNE Foundation. (2010), ARIADNE Finder. 2010, from http://ariadne.cs.kuleuven.be/AriadneFinder/

Bloom, B. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals: Handbook I.* Toronto: Longmans, Green

Cafolla, R. (2006). Project MERLOT: Bringing Peer Review to Web-Based Educational Resources. *Journal of Technology and Teacher Education, 14*(2), 313-323.

Clark&Parsia. (2009), Pellet. Retrieved 2008, from http://clarkparsia.com/pellet

Desmoulins, C., & Grandbastien, M. (2006). Une ingénierie des EIAH fondée sur des ontologies. In M. Grandbastien (Ed.), *Environnements Informatiques et Apprentissage Humain* (pp. 161-180). Paris: Hermès-Lavoisier.

European Communities. (2008). *Explaining the European Qualification Framework for Lifelong Learning*. Luxembourg, Retrieved from http://ec.europa.eu/education/lifelong-learning-policy/doc/eqf/brochexp_en.pdf

Fernandéz-Lopez, M., Gómez-Pérez, A., & Juristo, N. (1997). *METHONTOLOGY: From Ontological Art to Ontological Engineering.* Paper presented at the Workshop on Ontological Engineering., Stanford University.

Forte, E., Wentland Forte, M., & Duval, E. (1997a). The ARIADNE Project (Part 1): Knowledge Pools for Computer Based & Telematics Supported Classical, Open & Distance Education. *European Journal of Engineering Education 22*, 61-74.

Forte, E., Wentland Forte, M., & Duval, E. (1997b). The ARIADNE Project (Part 2): Knowledge Pools for Computer Based & Telematics Supported Classical, Open & Distance Education. *European Journal of Engineering Education 22*, 61-74.

Goldenberg, E. P., & Cuoco, A. A. (1998). What is Dynamic Geometry? In R. Lehrer & D. Chazan (Eds.), *Designing learning environments for developing understanding of geometry and space* (pp. 351-358). New York: Erlbaum.

Hatcher, E., & Gosnopedic, O. (2004). *Lucene in Action*: Manning.

Hendriks, M., Kortenkamp, U., Kreis, Y., & Marquès, D. (2009). *Deliverable D3.6: i2g Common File Format Draft v2* (Technical report), Retrieved from http://svn.activemath.org/intergeo/Deliverables/WP3/D3.6/D3.6-Common-File-Format-v2.pdf

InterGeo Consortium. (2010a), Geoskills ontology. 2010, from http://i2geo.net/ontologies/dev/GeoSkills.owl

InterGeo Consortium. (2010b), Intergeo Web site. from http://i2geo.net/

Jboss Community. (2010), Hibernate relational persistance for JAVA & .Net. Retrieved 2010, from http://www.hibernate.org/

Laborde, C., Dietrich, M., Creus-Mir, A., Egido, S., Homik, M., & Libbrecht, P. (2008). *Intergeo deliverable D2.5 : Curricula Categorisation into Ontology* (No. D2.5), Retrieved from http://svn.activemath.org/intergeo/Deliverables/WP2/D2.5-Curricula-Categorisation/D2.5-Curricula-Categorisation.pdf

Melis, E., Faulhaber, A., Eichelmann, A., & Narciss, S. (2008). Interoperable Competencies Characterizing Learning Objects in Mathematics *Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 5091, pp. 416-425). Berlin: Springer.

Mercat, C., Hasek, R., Leistenschneider, M., Pech, P., Recio, T., Soury-Lavergne, S., et al. (2009). *Intergeo deliverable D6.2: Report on best practises for the use of DGS content* (Technical report), Retrieved from http://svn.activemath.org/intergeo/Deliverables/WP6/D6.2.pdf

Ministère de l'Éducation Nationale. (1992). *Charte des programmes du 13 novembre 1991*.

National Library of Medecine. (2008), Protégé Editor version 3.3.1. Retrieved 2008, from http://protege.stanford.edu/

OECD. (2004). *Learning for Tomorrows World – First Results from PISA 2003*: Organisation for Economic Co-operation and Development Publishing

Psyché, V. (2007). *Rôle des ontologies en ingénierie des EIAH : cas d'un système d'assistance au design pédagogique.* Unpublished Phd, Université du Québec à Montréal, Montréal.

Sésamath. (2009). Mathenpoche. from Sésamath association: http://mathenpoche.sesamath.net/

van Assche, F. (2007). *Linking Learning Resources to Curricula by using Competencies.* Paper presented at the First International Workshop on Learning Object Discovery & Exchange, Crete.