



HAL
open science

Vocabulaires de données liées pour le BIM

Ana Roxin

► **To cite this version:**

Ana Roxin. Vocabulaires de données liées pour le BIM. 5e édition EDUBIM (journées de l'enseignement et de la recherche sur la maquette numérique et le BIM en France), May 2019, Cachan, France. <hal-02279638>

HAL Id: hal-02279638

<https://hal.science/hal-02279638v1>

Submitted on 13 Sep 2019

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.



HAL Authorization

Vocabulaires de données liées pour le BIM

Ana Roxin¹

¹ Univ. Bourgogne Franche-Comté – Laboratoire Informatique de Bourgogne (LIB EA7534)

e-mail : ana-maria.roxin@ubfc.fr

Abstract

Given the high interest in the field of BIM (Building Information Modeling) for Linked Data approaches over the last years, the article at hand presents an evaluation of the main Linked Data vocabularies available for the considered domain. First, Semantic Web layer architecture is presented, along with the 4 main principles of Linked Data. Second, each vocabulary is evaluated according to these 4 principles, while 2 additional ones are added in order to assess the licence associated with the vocabulary (open or not, specified or missing). An overall comparison among the considered vocabularies is also provided, thus helping in choosing which vocabulary to use in future Linked Data applications.

Résumé

Dans le domaine du BIM (Building Information Modeling), l'intérêt pour les approches dites des "données liées" a grandement augmenté durant les dernières années. Après une brève présentation des technologies du Web sémantique et des 4 principes des données liées, sont évalués plusieurs vocabulaires de données liées, sélectionnés pour leur pertinence pour le domaine du BIM. Ces vocabulaires sont évalués selon les 4 principes des données liées, plus 2 principes supplémentaires ajoutés par l'auteur afin de refléter les éléments de licence tels qu'associés au vocabulaire (e.g. licence ouverte ou pas, spécifiée ou pas). L'article fournit une comparaison entre ces différents vocabulaires, afin d'aider dans le choix d'utiliser tel ou tel vocabulaire dans de futures applications de données liées dans un contexte BIM.

Keywords

BIM, Linked Data, Semantic Web, vocabularies

Mots clefs

BIM, données liées, Web sémantique, vocabulaires

1. Introduction

La dématérialisation de l'ensemble des données et des processus dans le domaine du bâtiment est un enjeu mondial depuis la dernière décennie. L'idée est de pouvoir représenter de manière homogène l'ensemble des données produites tout au long du cycle de vie d'un bâtiment, et que chaque acteur puisse les utiliser et les enrichir. Or, un grand nombre d'acteurs est impliqué dans la conception, la réalisation et l'exploitation d'un ouvrage. Chaque acteur est responsable de la création d'une partie de l'information concernant l'ouvrage et utilise une partie de l'information produite par les autres comme donnée d'entrée nécessaire à l'exécution de sa tâche. Afin de répondre à ce besoin, l'approche BIM s'est imposée en tant que standard international.

Lorsque l'on cherche à définir le BIM, de nombreuses définitions apparaissent (Volk et al. 2014). Pour la suite des discussions, je vais reprendre la définition donnée par l'ISO, à savoir le BIM concerne l'utilisation d'une "représentation numérique partagée d'un objet construit (comprenant bâtiments, ponts, routes, usines, etc.) pour faciliter les processus de conception, de construction et d'exploitation et former une base fiable permettant les prises de décision" (ISO29481-1 2016).

Le BIM est d'abord un modèle entités-relations (approche objet, relations, attributs) décrivant les données échangées remplaçant le traditionnel paquet de documents (plans et pièces écrites). Outre la disponibilité de nouvelles possibilités de visualisation de la géométrie, l'objectif est aussi de déléguer une partie des contrôles de cohérence des données échangées à la machine. On ne décrit plus des documents, dont la coordination est à la charge de l'utilisateur, mais des composants du produit final. On complète aussi le modèle avec les "non-dits" que l'humain sait traiter, en rajoutant de la sémantique et des relations entre les entités. Ceci laisse présager une hétérogénéité au niveau des données, des processus, des acteurs ainsi que des systèmes.

Par rapport à ces considérations, le principal verrou auquel le monde du BIM doit faire face est constitué par l'interopérabilité sémantique. Toutefois, avant de discuter de ce verrou, il conviendra de définir ce qu'on entend par interopérabilité et en quoi les technologies dites du Web sémantique et des données liées peuvent aider. Plus particulièrement, il s'agit, au travers de cet article, de lister et caractériser les différents vocabulaires de données liées par rapport aux 4 principes sous-jacents.

Le présent article commencera donc par un rappel des concepts théoriques nécessaires à la compréhension du contexte de recherche dans lequel l'on se place. Il s'agira notamment de rappeler la vision du Web sémantique, les principes des données liées, puis de présenter les différents niveaux d'interopérabilité. Enfin, sur la base de ces éléments, la section 3 présentera d'abord la trame utilisée pour l'analyse technique des différents vocabulaires de données liées, puis les évaluera selon cette trame.

2. Rappels théoriques

Le principal but du Web sémantique est de se construire, au-dessus du Web actuel (ou Web syntaxique), afin de donner à chaque donnée un sens bien défini, pouvant être interprété par un ordinateur. Plusieurs standards et approches constituent l'architecture en couches du Web sémantique (voir Figure 1).

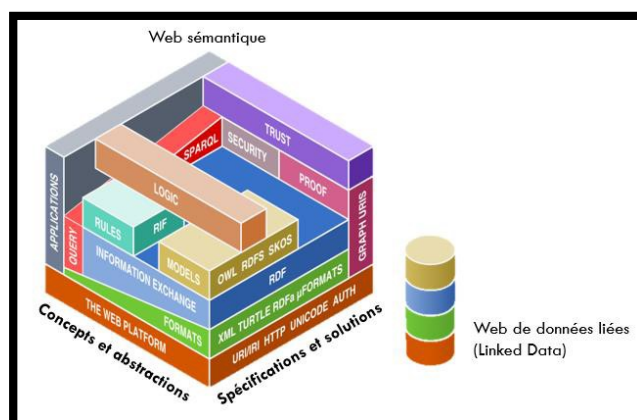


Figure 1: Architecture en couches du Web sémantique.

Dans la figure ci-dessus, la couche inférieure correspond à la couche d'identification des ressources. Elle contient les mécanismes de référencement (URI) et d'encodage des caractères (Unicode). La deuxième couche introduit le langage XML en tant que format de sérialisation standard. La troisième couche représente la couche "échange d'informations". Elle définit le modèle de données RDF (*Resource Description Framework*) comme modèle standard pour la description des données (Hayes et al. 2014). La couche au-dessus représente la couche des langages pouvant être utilisés pour définir des modèles ontologiques, à savoir RDF Schema, OWL (*Web Ontology Language*) et SKOS (*Simple Knowledge Organisation System*). Ces langages n'ont pas la même expressivité, et c'est à ce niveau que je place la séparation entre "données liées" et "Web sémantique" au sens large. Je vais reprendre les constatations du W3C, selon lesquelles les données liées reposent sur des vocabulaires contrôlés (définis en utilisant RDFS), alors que les applications sémantiques vont nécessiter la conception de modèles ontologiques plus complexes (définis à l'aide de la famille des langages OWL 1 et OWL 2). La couche "Requête" introduit le langage SPARQL (*SPARQL Protocol and RDF Query Language*). La couche "Logique" introduit les langages de définition de règles logiques tels que SWRL (Horrocks et al. 2004).

Suivant l'architecture illustrée ci-dessus (Figure 1), les données liées n'utilisent pas l'ensemble des technologies du Web sémantique. Considérée par certains comme une application du Web sémantique, l'approche dite des "données liées" (ou *Linked Data*) représente un sous-ensemble des principes et des technologies du Web sémantique visant le partage et la réutilisation des données à l'échelle du Web.

Les principes des données liées ont été définis par Tim Berners-Lee dans (Berners-Lee 2006). Cette approche se base sur l'architecture actuelle du Web, et l'étend afin de permettre l'implémentation de raccourcis calculatoires en exploitant la structuration et l'interconnexion des différents ensemble de données implémentant ces principes. L'idée sous-jacente est de relier des silos de données isolés en un graphe global géant. Afin de mieux comprendre les principes des données liées, nous allons faire un bref rappel des principes de l'architecture du Web actuel.

Mécanisme pour...	Web syntaxique	Web des données liées
Identifier les ressources	URI (Uniform Resource Identifier)	URI
Accès aux ressources	http (hypertext transfer protocol)	http
Présentation des ressources	HTML (Hypertext Markup Language)	RDF
Interconnexion des ressources	Hyperliens <code></code>	Liens RDF

Tableau 1 – Comparatif des différents mécanismes utilisés par le Web syntaxique et le Web de données.

La lecture du tableau ci-dessous (Tableau 1) nous donne les 4 principes des données liées:

- 1^{er} principe: les éléments (concepts abstraits ou réels) doivent être identifiés avec des références URI. Cela peut être vu comme une extension des principes du Web pour comprendre tout objet ou concept.
- 2^e principe: utiliser des URI HTTP pour accéder aux ressources. Une URI HTTP combine un mécanisme d'identification unique et un mécanisme de récupération simple. Il est ainsi possible de récupérer le contenu référencé en utilisant le protocole HTTP.
- 3^e principe: utiliser les standards sémantiques (RDF, SPARQL) pour la publication de données structurées. Le modèle RDF se base sur une structure en graphe, et sera détaillé plus loin dans ce chapitre.
- 4^e principe (le plus important dans la vision des données liées): inclure, dans les descriptions sémantiques des éléments, des liens vers les URI d'autres éléments, afin de permettre leur découverte.

3. Trame d'analyse

Sur la base des considérations présentées ci-dessus, nous voulons définir la grille de lecture à utiliser pour l'étude des différentes initiatives qui seront étudiées dans les sections suivantes. D'une part, nous évaluerons le respect des 4 principes des données liées vus précédemment. D'autre part, nous évaluerons la qualité des données liées produites par les différentes approches analysées. Pour ce faire, nous utiliserons le système de notation défini par Tim Berners-Lee dans sa note de 2010 (Berners-Lee 2010) :







Qualité	Explication
	Données disponibles sur le Web (peu importe le format) mais avec une licence ouverte (données ouvertes / open data)
	Données disponibles dans un format structuré pouvant être "lu" par un ordinateur (e.g. utilisation d'un fichier Excel au lieu d'une image)
	Données 2 étoiles dans un format non-propriétaire (e.g. CSV au lieu d'Excel)
	Données 3 étoiles décrites en utilisant les standards du W3C (3 premiers principes des données liées)
	Données 4 étoiles reliées à d'autres jeux de données en utilisant des liens RDF (4e principe des données liées)
	Données décrites avec des métadonnées de provenance, licence, etc.

Tableau 2 – Trame d'analyse utilisé.

4. Vocabulaires de données liées pour le BIM

Les vocabulaires présentés ci-dessous seront évalués selon la trame donnée dans le Tableau 2. Plus particulièrement, pour chacun des vocabulaires ci-dessous, je donne une brève description, référence le site où le vocabulaire est publié, puis l'analyse selon les critères listés dans le Tableau 2. Notamment, l'évaluation des liens implémentés exploite les données publiées sur le






site Linked Open Vocabulaires¹. Toujours concernant les liens, il est important de différencier les liens entrants (définissant un lien vers un concept du vocabulaire considéré depuis un nom de domaine extérieur ou différent) et les liens sortants (définissant un lien entre un concept du vocabulaire considéré et un concept d'un vocabulaire différent ou externe). Les liens RDF peuvent aussi être classifiés selon les 3 types suivants:

- *Les liens de relation* pointent vers des éléments dans d'autres sources de données.
- *Les liens d'identité* pointent vers des URI utilisés par d'autres sources de données pour identifier le même objet réel ou concept abstrait. Des liens d'identité permettent aux clients de récupérer d'autres descriptions d'une entité à partir d'autres sources de données.
- *Les liens de vocabulaire* établissent des liens allant des données vers les termes de vocabulaire qui les représentent et de ces définitions vers les définitions de termes apparentés dans d'autres vocabulaires. Ils rendent les données auto descriptives, ce qui fait que les applications de données liées comprennent des données de plusieurs vocabulaires et les intègrent.

Pour chacun des vocabulaires analysés, les différents liens de relation, identité ou vocabulaire sont aussi précisés.

4.1. Semantic Sensor Networks – SSN ([Lien](#))

Cette ontologie décrit les capteurs et leurs observations, ainsi que les concepts en lien avec ce domaine. Elle ne décrit pas des concepts tels que le temps et l'emplacement (ces concepts doivent être importés à partir d'autres ontologies e.g. owl-time). Elle a été développée dans le cadre du groupe incubateur W3C Semantic Sensor Network. Elle contient 41 classes et 39 propriétés, structurées en 16 modules, eux-mêmes regroupés en 11 sections.

Qualité	Explication
	Oui, vocabulaire disponible à l'adresse : http://purl.oclc.org/NET/ssnx/ssn Licence ouverte W3C Software Notice and License: https://www.w3.org/Consortium/Legal/2002/copyright-software-20021231
	Oui, négociation de contenu implémentée - vocabulaire disponible en version HTML pour les humains, et en RDF/XML pour les machines.
	Oui, ontologie décrite en OWL, fichier disponible en RDF/XML
	Oui, utilisation de OWL
	Liens sortants : 5 <ul style="list-style-type: none"> • Métadonnées de description : DCMI Metadata Terms, Dublin Core Metadata Element Set, RDF, Creative Commons • Spécialisation : owl Liens entrants : 19 <ul style="list-style-type: none"> • Liens d'identité: equivalences avec DogONT, généralisation de Internet of Things Ontology (ioto) • Liens de vocabulaire : <ul style="list-style-type: none"> ○ Spécialisations de The EPCIS Event Model (eem), Climate and Forecast features (cff), Ontology for Meteorological sensors (aws), SPITFIRE Ontology (spt), ioto, Semantic Actuator Network (san), The Machine-to-Machine

¹ <https://lov.linkeddata.es/dataset/lov>


	<p>Measurement Lite Ontology (m3lite), Iot-Lite Ontology (iot-lite), Open Fridge vocabulary (of)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Extensions de ioto, SAN, spt, iot-lite, of <p>Liens de relation: spt, cff, Climate and Forecast standard names parameter vocabulary (cfp)</p>
	<p>Oui, spécification des dates de création, modification (avec description des modifications), annotations, créateur, licence et droits.</p>

Tableau 3 – Evaluation du vocabulaire SSN.

4.2. Owl-time ([Lien](#))

Développé par le W3C en collaboration avec l'OGC à travers le groupe de travail Spatial Data on the Web, ce vocabulaire permet de modéliser des entités temporelles, telles que des intervalles de temps, leurs propriétés et relations. Cette ontologie fournit le vocabulaire permettant d'exprimer des assertions sur des relations topologiques entre instants et intervalles, avec des durées et des informations sur l'heure et la date. La Figure 3 illustre la structure de l'ontologie. Actuellement à l'état de « Working Draft » (depuis le 27 septembre 2006), cette spécification est devenue une [Recommandation W3C](#) depuis le 19 octobre 2017.

Qualité	Explication
	<p>Oui, vocabulaire disponible à l'adresse : http://www.w3.org/2006/time Licence ouverte W3C Software Notice and License: https://www.w3.org/Consortium/Legal/2002/copyright-software-20021231</p>
	<p>Négociation de contenu implémentée – description en langage naturel disponible (https://www.w3.org/TR/owl-time/)</p>
	<p>Ontologie décrite en OWL-2 DL, fichier disponible en RDF/XML, Turtle et n3</p>
	<p>Oui, utilisation de OWL 2 DL</p>
	<p>Liens sortants : 4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Métadonnées de description : DCMI Metadata Terms, Dublin Core Metadata Element Set, RDF, Creative Commons • Spécialisation : owl <p>Liens entrants : 34</p> <ul style="list-style-type: none"> • Liens d'identité: equivalences avec The Timeline Ontology (tl) • Liens de vocabulaire : <ul style="list-style-type: none"> ○ Spécialisations de Vocabulary for biographical information (bio), TaxonConcept Ontology (txn), Intervals Ontology (interval), Smart Home Weather (shw), Vocabulary for Linked Genealogical Data (gen), SAREF 4 EEBus/Energy (s4ee), Beverages Ontology (bevon) ○ Extensions de The Event Ontology (event), Linked Open Descriptions of events (lode), Open Provenance Model Vocabulary (opmv), Music Ontology (mo), interval, Semantic Trajectory Episodes (step), ioto, SAN, • Liens de relation: The Smart Appliances REference ontology (saref), step, Open-Multinet Upper Ontology (omn)
	<p>Oui, spécification des dates de création, modification (avec description des modifications), annotations, créateur, licence et droits :</p> <ul style="list-style-type: none"> • http://www.w3.org/Consortium/Legal/ipr-notice#Copyright

- <http://www.w3.org/Consortium/Legal/copyright-documents>

Tableau 4 – Evaluation du vocabulaire owl-time.

4.3. Smart Appliances REference (SAREF) ontology ([Lien](#))

L'ontologie SAREF est un modèle de consensus partagés, facilitant l'appariement actifs (standards, protocoles, modèles de données, etc.) dans le domaine des *smart appliances*. L'ontologie SAREF a une structure modulaire, favorisant la séparation et la recombinaison de différentes parties de l'ontologie, selon des besoins spécifiques. Le point de départ de l'ontologie SAREF est constitué par le concept d'appareil (*device*) (par exemple un *switch*). Les appareils représentent des objets tangibles, censés accomplir une certaine tâche dans le contexte d'un foyer. Un appareil réalise une ou plusieurs fonctions. Lorsque connecté à un réseau, un appareil offre un service, qui est une représentation d'une fonction par rapport à un réseau (qui rend la fonction découvrable et contrôlable par d'autres appareils dans le réseau). Un service peut représenter une ou plusieurs fonctions. L'ontologie comprend 110 classes et 42 propriétés, ainsi que 73 instances.






Qualité	Explication
	Oui, vocabulaire disponible à l'adresse : https://sites.google.com/site/smartappliancesproject/ontologies/reference-ontology
	Oui, license ouverte Creative Commons Attribution Licence (v. 3.0)
	Documentation disponible: http://ontology.tno.nl/saref Vocabulaire disponible: http://ontology.tno.nl/saref.ttl
	Ontologie disponible au format RDF/XML et Turtle
	Oui, données décrites en utilisant les standards du W3C (RDF, RDFS)
	Liens sortants : 7 <ul style="list-style-type: none"> • Métadonnées de description : Dublin Core Metadata Element Set, RDF • Spécialisation : owl, rdfs, geo • Généralisation : time • Extension : xsd Liens entrants : 1 <ul style="list-style-type: none"> • Liens de vocabulaire : • Spécialisations de SAREF 4 EEBus/Energy (s4ee)
	Oui, spécification des informations suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • Date de création : <code>dcterms:created "2015-02-10"</code> • Créateur : <code>dcterms:creator "Laura Daniele"</code> • Description: <code>dcterms:description "The Smart Appliances REference (SAREF) ontology is a shared model ..."</code> • Date de publication: <code>dcterms:issued "2015-04-01"</code> • Licence : <code>dcterms:license "This work is licensed under a Creative Commons Attribution License (version 3.0)"</code> • Editeur: <code>dcterms:publisher "TNO"</code> • Titre: <code>dcterms:title "SAREF: the Smart Appliances REference ontology"</code>

Tableau 5 – Evaluation du vocabulaire SAREF.

4.4. Basic geo ([Lien](#))

Développé dans le cadre du groupe d'intérêt W3C Semantic Web, il s'agit d'un vocabulaire RDF simple, servant de nom de domaine pour représenter des informations comme la latitude et la longitude d'objets localisés dans l'espace, en utilisant le système WGS84.

Le vocabulaire ne fait pas l'objet d'une recommandation W3C en vue d'une standardisation. Il n'y a pas eu processus de révision suivi, ni d'évaluation de la qualité. Il s'agit toutefois d'un vocabulaire largement utilisé par d'autres ontologies (plus d'une quarantaine de liens entrants provenant de différents vocabulaires).







Qualité	Explication
	Oui, vocabulaire disponible à l'adresse : http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos# Pas d'informations sur la licence
	Documentation disponible: https://www.w3.org/2003/01/geo/ Vocabulaire disponible: http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#
	Ontologie disponible au format RDF/XML et N3
	Oui, données décrites en utilisant les standards du W3C (RDF, RDFS)
	Liens sortants : 4 <ul style="list-style-type: none"> • Métadonnées de description : RDF, Dublin Core Metadata Element Set • Spécialisation : rdfs, foaf Liens entrants : 43 <ul style="list-style-type: none"> • Liens de vocabulaire : <ul style="list-style-type: none"> ○ Spécialisations de FOAF, saref, earth, swc, km4c, pns, gen, igeo, frbr, gn, etc. ○ Extensions de foaf, igeo, opo, mo, trao, swc, po, ngeo, ov, iot-lite, tp, dbpedia-owl, event, lode, etc. ○ Généralisations de : juso, sem • Liens de relation: juso, edm, po
	Métadonnées de description fournies: titre, description, dernière date de modification (20 avril 2009) Spécification des différentes modifications (numéro de révision, date et commentaires) en tant que commentaire (<code>rdfs:comment</code>) Pas d'informations sur la licence.

Tableau 6 – Evaluation du vocabulaire basic-geo.

4.5. Ontology Modelling for Intelligent Domotic Environments - DogONT ([Lien](#))

L'ontologie DogONT a été conçue afin d'adresser le problème de l'interopération entre systèmes domotiques, et en se basant sur des études de cas réels. Elle représente une modélisation des différents terminaux, états et fonctionnalités identifiés. DogONT comprend 167 classes réparties dans 5 hiérarchies:

- **Building Thing** modélise les ressources existantes (contrôlables ou pas)
- **Building Environment** modélise l'emplacement des ressources
- **State** modélise les différentes configurations stables pouvant être associées à des ressources contrôlables
- **Functionality** modélise ce que les ressources contrôlables peuvent faire
- **Domotic Network Component** modélise les fonctionnalités réseau des différentes ressources ou composants réseau

L'ontologie comprend plusieurs restrictions (dont 21 restrictions universelles et 54 restrictions de cardinalité), 18 propriétés objet et 26 propriétés de données.







Qualité	Explication
	Oui, vocabulaire disponible à l'adresse : http://elite.polito.it/index.php/research/research-topics/35-dogont Oui, licence ouverte Apache 2.0
	Modèle de données décrit en OWL
	Ontologie disponible au format RDF/XML et N3
	Oui, données décrites en utilisant les standards du W3C (RDF, RDFS)
	Liens sortants : 12 <ul style="list-style-type: none"> • Liens de relation : <ul style="list-style-type: none"> ○ Métadonnées de description : RDF, foaf, cc, vann, dcterms ○ Extension : rdfs, xsd, gr • Liens de vocabulaire (spécialisation) : rdfs, owl • Liens d'identité (équivalences) avec : ssn • Liens entrants : 0
	Oui, utilisation de termes de vocabulaires de données liées pour définir : contributeurs, créateurs, description, version actuelle, version précédente. Licence Apache 2.0.

Tableau 7 – Evaluation du vocabulaire DogONT.

4.6. FIEMSER ([Lien](#))

Cette ontologie a été créée dans le cadre du projet "Smart Appliances", réalisé par TNO entre Janvier 2014 et Mars 2015, pour la Communauté Européenne. Le principal livrable a été la spécification de l'ontologie SAREF. FIEMSER est une ontologie définie dans le cadre du même projet, et vise à décrire l'organisation de l'espace dans un contexte bâtiment. Pour ce faire, les principaux concepts sont les suivants :

- **Building** comprend (**consistsOf**) plusieurs **BuildingSpaces**
- **BuildingPartition** définit une partie d'un bâtiment gérée par un locataire (e.g. un appartement) ou par une gestionnaire de patrimoine (e.g. zones communes d'un bâtiment) ; un **BuildingPartition** comprend (**consistsOf**) plusieurs **BuildingSpace**
- **BuildingSpace** définit les espaces physiques dans un bâtiment
- **BuildingZone** définit une surface fonctionnelle dans le bâtiment qui sera contrôlée en tant que zone unique ; une **BuildingZone** comprend (**consistsOf**) plusieurs **BuildingSpace**.

Le modèle de données FIEMSER contient 103 classes, chacune étant associées à une ou plusieurs vues. Le modèle FIEMSER définit 8 principales vues, telles que listées ci-dessous (voir Tableau 8).

Vue	Description	Contenu
ENV	Données environnementales et contextuelles	Emplacement, zone de climat, degré d'ombre, orientation, etc. Données météo, prix énergie, etc.
BIM	Données BIM en lien avec l'énergie	Organisation de l'espace, caractéristiques enveloppe et partitions

		Données sur les équipements maison (générateurs, appareils domotiques)
WSN	Données en lien avec les réseaux de capteurs (Wireless Sensors Networks)	Capteurs, données collectées à partir des capteurs, log d'activations (ordres de contrôles envoyés aux capteurs)
USR	Préférences de l'utilisateur	Profil utilisateur définition des scènes (e.g. points de confort), règles de contrôle et stratégies d'énergie
SCH	Données sur la planification des ressources	Planification des ressources
ADV	Conseils	Commandes envoyées (et terminaux destinataires) suite à un événement
EPI	Indicateurs de performance énergétique	Log des consommations Indicateurs de performance
RGH	Droits d'accès utilisateur	Droits d'accès de l'utilisateur par rapport aux fonctionnalités FIEMSER

Tableau 8 – Vues définies dans le vocabulaire FIEMSER.

Qualité	Explication
	Oui, vocabulaire disponible à l'adresse : https://sites.google.com/site/smartappliancesproject/ontologies/fiemser.ttl Pas d'informations de licence.
	Description disponible: http://www.fiemser.eu/wp-content/uploads/2011/12/D5_FIEMSER-data-model_m9_CSTmb_REVIEW.pdf Vocabulaire disponible: https://sites.google.com/site/smartappliancesproject/ontologies/fiemser-ontology
	Ontologie disponible au format Turtle
	Oui, données décrites en utilisant les standards du W3C (RDF, RDFS)
	Liens sortants : 8 <ul style="list-style-type: none"> • Liens de relation : <ul style="list-style-type: none"> ○ Métadonnées de description : RDF, dcterms, owl • Liens entrants : 0
	Métadonnées de description fournies pour spécifier : contributeurs, créateurs, description, version actuelle, date de création (14 novembre 2014) et date de publication (1 ^{er} avril 2015).

Tableau 9 – Evaluation du vocabulaire FIEMSER.

4.7. OWL representation of ISO 19107 (Geographical information)

L'ISO 19150 comprend les 2 parties: le cadre de travail est précisé dans la 1^e partie alors que les règles pour le développement d'ontologies dans le langage d'ontologie Web (OWL) sont données dans la 2^e partie. Plus particulièrement, l'ISO 19150-2 spécifie les bonnes pratiques pour développer des ontologies, afin d'améliorer l'interopérabilité de l'information géographique pour le Web sémantique. La 2^e partie de l'ISO 19150 ne définit pas une nouvelle

ontologie, ne traite pas non plus des opérateurs sémantiques, ou des règles à appliquer pour les ontologies de service.

En effet, les autres standards de l'ISO spécifient les normes pour l'information géographique en utilisant des vues statiques UML. L'ISO 19150-2 définit comment il est possible de traduire les éléments de modélisation contenus dans ces vues UML en langage OWL. Ce standard décrit aussi comment convertir en OWL le modèle général d'entités, défini dans l'ISO 19109 "Information géographique – Règles de schéma d'application".

Ces règles spécifiées dans l'ISO 19150-2 garantissent:

- une description exhaustive d'ontologies;
- un ensemble cohérent d'ontologies OWL pour l'information géographique;
- une conversion cohérente de diagrammes UML en ontologies OWL;
- une cohésion et une unité entre ces modèles UML et les ontologies OWL produites en appliquant ces règles.

Pour la définition de ces règles, les experts ont utilisé le méta-modèle ODM (*Ontology Definition Metamodel*) de l'OMG (*Object Management Group*). OWL étant un langage bien plus expressif que le langage UML, les ontologies OWL produites en appliquant ces règles de conversion représentent un complément des vues statiques UML et seront utilisées avec différents objectifs.

L'ISO 19150-2 représente l'adaptation en OWL du standard ISO 19107 :2003. Le vocabulaire résultant s'appelle "Représentation OWL pour ISO 19107 (Information géographique)".

Qualité	Explication
	Oui, vocabulaire disponible à l'adresse : http://def.seegrid.csiro.au/isotc211/iso19107/2003/geometry Pas de licence ouverte (Copyright © 2012-2013 CSIRO)
	Oui, négociation de contenu implementée (versions HTML et RDF)
	Oui, négociation de contenu implementée (versions HTML et RDF)
	Vocabulaire disponible au format RDF/XML et au format N3
	Liens sortants : 9 <ul style="list-style-type: none"> • Métadonnées de description : DCMI Metadata Terms, Dublin Core Metadata Element Set, RDF, vann, skos, h2o • Spécialisation : owl, rdfs • Equivalences : gml Liens entrants : 4 <ul style="list-style-type: none"> • Liens d'identité: equivalences avec Représentation OWL de l'ISO 19109 (General Feature Model) • Liens de vocabulaire : <ul style="list-style-type: none"> ○ Extensions de Représentation OWL de l'ISO 19115 (Information Géographique), The Sampling Features Vocabulary (sam) • Liens de relation: généralisation de The Sampling Features Vocabulary (sam)
	Oui, spécifications de métadonnées en lien avec les vocabulaires voaf et DCTerms <ul style="list-style-type: none"> • version antérieure • IRI de la version actuelle • créateur du document ("Simon Jonathan David COX CSIRO")

	<ul style="list-style-type: none"> description du document ("An OWL representation of part of the model for geometry and space from ISO 19107:2003 Geographic Information - Spatial Schema")
--	---

Tableau 10 – Evaluation du vocabulaire "Représentation OWL pour ISO 19107".

4.8. Geography Markup Language – GML ([Lien](#))

Développée par l’OGC, ce standard spécifie une grammaire XML permettant de spécifier des éléments géographiques. Le langage GML peut être utilisé pour modéliser des systèmes géographiques de même que des formats d’échange ouverts pour effectuer des transactions d’informations géographique sur Internet. Comme toute grammaire XML, ce standard comprend un schéma (GML Schema) décrivant le document et des instances du schéma contenant les données modélisées.

GML est le standard international pour l’échange de données spatiales.

La dernière version du standard est la version 3.3.1, publiée en février 2012.

L’OGC a travaillé en collaboration avec l’ISO/TC 211 afin de proposer l’adaptation du standard GML en standard ISO, notamment en publiant le standard ISO 19136. La version de 2007 du standard ISO 19136 correspond à la version 3.2 du standard GML ; un nouveau standard ISO 19136:2015 étend le précédent en incluant de nouveaux composants schéma et en spécifiant des contraintes supplémentaires. Cette dernière version du standard fait référence vers le vocabulaire SKOS et la sérialisation Turtle pour les données RDF (Prud'hommeaux et al. 2014).


Qualité	Explication
	Oui, vocabulaire disponible à l’adresse : http://www.opengis.net/ont/gml Licence ouverte, mais spécification de contraintes : http://www.opengeospatial.org/ogc/Document
	Pas de négociation de contenu implémentée - vocabulaire disponible uniquement dans des formats pour les machines, basés sur des schémas XML : http://schemas.opengis.net/gml/3.2.1/
	Seules les géométries définies dans GML ont été adaptées en RDF : http://schemas.opengis.net/gml/3.2.1/gml_32_geometries.rdf (total de 53 classes)
	Standard basé sur XML et XML Schema Les types géométriques définis dans le standard ISO ont été adaptés en vocabulaire RDF , disponible au format N3
	Liens sortants : 2 <ul style="list-style-type: none"> Métadonnées de description : RDF Spécialisation : OGC GeoSPRAQL (gsp) Liens entrants : 1 <ul style="list-style-type: none"> Liens d’identité: equivalences avec Représentation OWL de l'ISO 19107 (gm)
	Seule spécification du créateur (OGC). Précisions d’informations de copyright (en tant que commentaire) : “Copyright (c) 2012 Open Geospatial Consortium, To obtain additional rights of use, visit http://www.opengeospatial.org/legal/ .” Spécification de la version actuelle “Version: 1.0.1”

Tableau 11 – Evaluation du vocabulaire GML.

4.9. GeoSPARQL ([Lien](#))

GeoSPARQL est un standard qui supporte la représentation et la requête de données géospatiales sémantiques. GeoSPARQL définit (a) un vocabulaire permettant de représenter des données géospatiales en RDF, ainsi qu'une (b) extension du langage de requêtes SPARQL pour traiter les données géospatiales. GeoSPARQL est adapté pour les systèmes (a) basés sur des raisonnements qualitatifs spatiaux, ou (b) pour les systèmes basés sur des calculs spatiaux quantitatifs. GeoSPARQL respecte une conception modulaire, en intégrant différents composants tels qu'illustrés dans la figure ci-dessous (voir Figure 2).

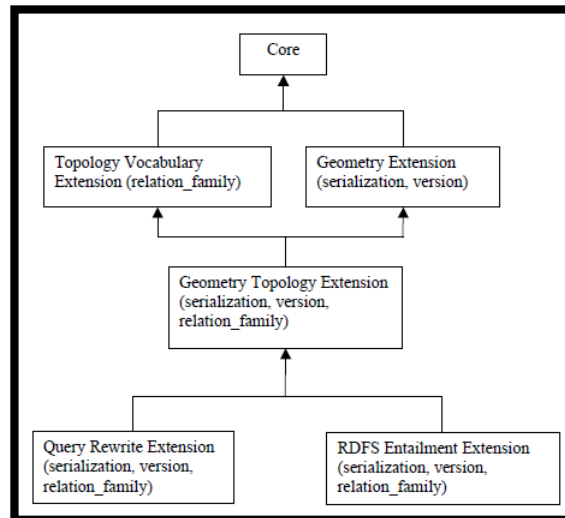


Figure 2: Illustration des dépendances entre les différents composants du standard GeoSPARQL.

Qualité	Explication
★	Oui, vocabulaire disponible à l'adresse : http://www.opengis.net/ont/geosparql Copyright (c) 2012 Open Geospatial Consortium
★★★★	Vocabulaire disponible dans au format RDF, accompagné d'une description textuelle (http://portal.opengeospatial.org/files/47664) <code>dc:source</code> <code>rdf:resource="http://www.opengis.net/doc/IS/geosparql/1.0/"</code>
★★★★★	Liens sortants : 7 <ul style="list-style-type: none"> • Métadonnées de description : RDF, dce, skos • Spécialisation : RDFS • Extension : xsd, RDFS • Importe : dce Liens entrants : 13 <ul style="list-style-type: none"> • Liens d'identité: equivalences avec juso², Spatial Relations Ontology (osspr)³ • Liens de vocabulaire <ul style="list-style-type: none"> ○ Spécialisation de Vocabulary for the Dutch base registration of buildings and addresses (bag), FraPPE: Frame, Pixel,

² L'ontologie [Juso](#) définit un vocabulaire permettant de décrire des adresses et représentation géographiques

³ L'ontologie des relations spatiales a été définie par le Ordnance Survey (UK) - dernière [version](#) en date du 04/09/2013.


	Place, Event vocabulary (frappe ⁴), OGC Geometry ⁵ (gml), Simplified Features Geometry ⁶ (sf), km4c ⁷ , juso , Linked Earth Ontology (earth ⁸) <ul style="list-style-type: none"> Extension de juso, osspr, bag, km4c
	<p>Pour l'ontologie générale, spécification d'un lien permettant de télécharger la description du standard (http://www.opengis.net/doc/IS/geosparql/1.0), de la date de création (dc:date) et du titre (dc:source).</p> <p>Pour chaque élément de l'ontologie, spécification de la date de publication (dc:date), et/ou d'une description (dc:description, skos:definition, skos:prefLabel), et/ou d'un créateur ou contributeur (dc:creator, dc:contributor)</p> <p>Précisions d'informations de copyright (en tant que commentaire) : "Copyright (c) 2012 Open Geospatial Consortium, To obtain additional rights of use, visit http://www.opengeospatial.org/legal/." Spécification de la version actuelle "Version: 1.0.1"</p>

Tableau 12 – Evaluation du vocabulaire GML.

5. Analyse comparative et conclusion

Par rapport aux critères définis dans la trame d'analyse définie dans le Tableau 2, le tableau ci-dessous présente une comparaison entre le niveau atteint par chacun des vocabulaires considérés.










Vocabulaire	Niveau	Explication
SSN		L'ensemble des règles et critères considérés dans la trame d'analyse sont respectés.
Owl-time		
SAREF		
Basic-geo		Pas de spécification des informations de licence.
DogONT		L'ensemble des règles et critères considérés dans la trame d'analyse sont respectés.
FIEMSER		Pas de spécification des informations de licence.
OWL pour ISO 19107		Pas de licence ouverte
GML		L'ensemble des règles et critères considérés dans la trame d'analyse sont respectés.
GeoSPARQL		

Tableau 13 – Analyse comparative des différents vocabulaires analysés.

Nous pouvons ainsi remarquer le fait que malgré que tous ces vocabulaires respectent les 4 principes de base des données liées, ils ne respectent pas tous les principes étendus considérés pour notre analyse. Nombre de vocabulaires présents sur la Toile sont ainsi spécifiés par leurs

⁴ Le vocabulaire Frappe permet les traitements du type « Visual analytics » pour des données spatio-temporelles. L'utilisation de Frappe facilite la capture, la corrélation et la comparaison de données géospatiales, de sources hétérogènes et variant à travers le temps.

⁵ Il s'agit d'une spécialisation du vocabulaire GeoSPARQL pour définir des sous-classes spécifiques de géométries (concept Geometry dans GeoSPARQL).

⁶ Ce vocabulaire représente une spécification de GeoSPARQL pour les représentations géométriques simples (e.g. points, lignes, polygones).

⁷ Il s'agit du vocabulaire "DISIT Knowledge Model for City and Mobility" permettant la description d'une smart city, interconnectant des données de mobilité, des données ouvertes ainsi que d'autres sources de données hétérogènes

⁸ L'ontologie Linked earth définit le vocabulaire permettant l'annotation sémantique de données paléoclimatiques, publiée en [juin 2016](#)

créateurs comme "vocabulaire de données liées", toutefois pas tous connaissent et respectent les principes sous-jacents. Les technologies dites du Web sémantique et des données liées s'accompagnent de nombreuses promesses en termes d'interopérabilité sémantique, raisonnement ou encore déduction de connaissances implicites. Or tant que la communauté scientifique continuera à créer des vocabulaires utilisant ces technologies mais sans définir des liens entre les concepts et relations qu'ils contiennent, cela ne résoudra en rien le problème de l'hétérogénéité sémantique. A titre d'exemple, on peut citer l'approche BOT (*Building Ontology Topology*) qui a été le sujet de nombreuses publications durant les deux dernières années (Rasmussen et al. 2017). Malheureusement, les concepts spécifiés par ce vocabulaire ne sont reliés à aucun autre vocabulaire existant. De plus, BOT redéfinit certains concepts de vocabulaires existants: par exemple **Building** et **BuildingSpace** de FIEMSER deviennent **Building** et **Space** dans le vocabulaire BOT. De manière similaire, de nombreux articles de recherche, publiés durant la dernière décennie, ont proposé le développement de nouvelles ontologies et vocabulaires pour mitiger cette hétérogénéité. Or, ce que l'on observe c'est qu'une fois les articles publiés, les ontologies qui y sont décrites disparaissent rapidement de la toile et ne sont que très peu réutilisées par la communauté. C'est pour répondre à ces problèmes, et aussi car les ontologies ont leurs limites, qu'il est important de connaître les principes des données liées et de veiller à leur application correcte lors du développement de nouveaux vocabulaires. Sans cela, la réutilisation des vocabulaires ainsi créés sera quasi nulle et la vision du graphe global géant, associée au Web sémantique, ne pourra pas être atteinte.

6. Bibliographie

Berners-Lee, T., 2006. Linked Data. Disponible en ligne: <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>.

Berners-Lee, T., 2010. Linked Data. Personal View, imperfect but published. Disponible en ligne: <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>

Patrick J. Hayes, Peter F. Patel-Schneider, Editors. RDF 1.1 Semantics. 9 January 2014. W3C Proposed Recommendation. Disponible en ligne: <http://www.w3.org/TR/rdf11-mt/>

Horrocks, I. et al., 2004. SWRL : A semantic web rule language combining OWL and RuleML - W3C Member Submission 21 May 2004. Disponible en ligne: <https://www.w3.org/Submission/SWRL/>

ISO29481-1, 2016. (ISO 29481-1:2016) - Building information models - Information delivery manual - Part 1: Methodology and format.

Eric Prud'hommeaux, Gavin Carothers, Editors. RDF 1.1 Turtle: Terse RDF Triple Language. 9 January 2014. W3C Proposed Recommendation. Disponible en ligne: <http://www.w3.org/TR/turtle/>

Rasmussen, M. H., Pauwels, P., Hviid, C.A., Karlshøj, J., 2017. Proposing a central AEC ontology that allows for domain specific extensions. In Proceedings of the Joint Conference on Computing in Construction, Heraklion, Greece, doi:10.24929/jc3-2017/0153

Volk, R., Stengel, J. & Schultmann, F., 2014. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. *Automation in construction*, 38, pp.109–127.