

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE**

Département de mathématique et informatique



N° de série :.....

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master (L.M.D)

Spécialité : Informatique

Option : Sécurité et Technologie Web

Raisonnement sur ontologie de capteurs enrichie par des règles SWRL

Réalisé par : - Nor Elhouda Bourmada

- Fewaz Benachi

Dirigé par : Dr Mounir Hemam.

Membres de jury :

NOM Prénom Pr. Zianou Ahmed Seghir Président

NOM Prénom Dr. Bezza Asma Examinatrice

Présenté le 30/06/2018

*A mes chers parents,
pour tous leurs sacrifices, leur amour,
leur tendresse,
leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,
A mes chères sœurs Sïchem, Ilham et Amïna
pour leurs encouragements permanents,
et leur soutien moral,
A mes chers Amis, Medjda, Amïna, Chafia Rokïa Zahra, Assma et Meriem
pour leur appui et leur encouragement,
A toute ma famille pour leur soutien tout
au long de mon parcours universitaire,
Que ce travail soit l'accomplissement
de vos vœux tant allégués,
et le fruit de votre soutien infailible,
Merci d'être toujours là pour moi.*

Norelhouda

*A mes chers parents,
pour tous leurs sacrifices, leur amour,
leur tendresse,
leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,
A ma chère sœur Aïcha
a ma femme Amel
pour ses encouragements permanents,
et son soutien moral,
A mes chers enfants Zineb, Youcef et Yaakoub
A toute ma famille pour leur soutien tout
au long de mon parcours universitaire,
Que ce travail soit l'accomplissement
de vos vœux tant allégués,
et le fruit de votre soutien infailible,
Merci d'être toujours là pour moi.*

Fewag

REMERCIEMENT

Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

*Nous tenons tout d'abord adresser toute notre gratitude et remerciement à **Dr. Mounir HEMAM** qui nous a permis de bénéficier de son encadrement.*

Les conseils qu'il nous a prodigué, la patience, la confiance qu'il nous a témoignés ont été déterminants dans la réalisation de notre travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nos remerciements s'étendent également à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études

RESUME

Le Web sémantique est une extension du Web permettant à l'utilisateur de trouver, partager et combiner l'information plus facilement. Notre travail s'inscrit dans le domaine du Web des Capteurs Sémantique (Semantic Sensor Web). Ce dernier est né par le couplage des technologies du web sémantique avec le web des capteurs. Notre principale contribution consiste à : Développer une ontologie permettant de décrire les capteurs et les observations dans le cadre de la surveillance environnementale. Proposer un ensemble de requêtes SPARQL permettant l'interrogation des capteurs et leur observations. Enfin, nous appliquons un mécanisme de raisonnement sur des données de capteurs annotées sémantiquement pour en déduire des nouvelles connaissances ou des connaissances implicites, découvrir des données significatives et répondre à des requêtes complexes. Pour illustrer notre approche, nous l'appliquons sur un exemple concernant le domaine météorologique.

Mots clés : Web Sémantique, Web de Capteur , Ontologie, Annotation Sémantique, Web de Capteurs Sémantique.

ABSTRACT

Semantic web is an extension of web that allows the user to find, share and combine the information in an easier way. Our work is located in the semantic sensor web domain. Our main contribution consists of : developping an ontology allowing for the sensors and observations description as part of the environmental monitoring Proposing a set of SPARQL requests allowing for the sensors interrogation and observations. finally, we apply a reasoning mechanism on sensors data semantically annotated for the desuction of new or implied knowledge, the discovery of significant data and the resspose to complex requests. to illustrate our approach, we apply it on an example concerning the météorological domain

Key Words : Semantic web , sensor web , ontology , semantic annotation ,Semantic Sensor Web

ملخص

الويب الدلالي هو امتداد للويب يتيح للمستخدم العثور على المعلومات ومشاركتها والجمع بينها بسهولة أكبر. عملنا في مجال شبكة الاستشعار الدلالية (الويب). ولد هذا الأخير من خلال الجمع بين تقنيات الويب الدلالية مع شبكة من أجهزة الاستشعار. تتمثل مساهمتنا الرئيسية في: تطوير علم وجودي يسمح بوصف المستشعرات والملاحظات في بطاقة المراقبة البيئية ، واقتراح مجموعة من استفسارات تسمح باستجواب المستشعرات وملاحظاتها. أخيراً ، نطبق آلية تفكير على بيانات المستشعرات المفصلة نصف الدلالة SPARQL لاستنتاج معرفة جديدة أو معرفة ضمنية ، واكتشاف بيانات ذات معنى ، والرد على استفسارات معقدة. لتوضيح نهجنا، نطبقه على مثال يتعلق بمجال الأرصاد الجوية

الكلمات المفتاحية: الويب الدلالي ، مستشعر الويب ، علم الوجود ، التعليق الدلالي ، الويب الدلالي للمستشعر

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|------------|
| INTRODUCTION GENERALE..... | XVI |
| 1. Contexte de travail et problématique..... | xvi |
| 2. Notre contribution..... | xvii |
| 3. Plan du travail..... | xvii |
| | |
| CHAPITRE 01: TECHNOLOGIES DU WEB SEMANTIQUE | 1 |
| 1. Web sémantique et ses déférents composants..... | 1 |
| 1.1. Web sémantique | 1 |
| 1.2. Composants du web sémantique..... | 2 |
| 2. Standard et architecture du web sémantique..... | 2 |
| 3. Meta-donnée et annotation sur le web sémantique..... | 4 |
| 4. Langage de web sémantique..... | 4 |
| 4.1. XML (Extensible Markup Language)..... | 5 |
| 4.2. RDF (Resource Description Framework)..... | 5 |
| 4.3. RDFs (Resource Description Framework Schema)..... | 6 |
| 4.4. OWL (Web Ontology Language)..... | 6 |
| 4.5. SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language)..... | 7 |
| 4.6. SWRL (Semantic Web Rule Language..... | 8 |
| 5. Ontologie et Web sémantique | 8 |
| 5.1. Définition de la notion ontologie | 8 |
| 5.2. Composants d'une ontologie | 8 |
| 5.3. Classification des ontologies..... | 9 |
| 5.3.1. Dimensions selon l'objet de conceptualisation | 9 |
| 5.3.2. Dimension selon le niveau de formalisme | 10 |
| 5.4. Formalisme de représentation de connaissances..... | 11 |
| 5.4.1. Langage de frame (frame-based langages) | 11 |
| 5.4.2. Graphe conceptuel..... | 11 |
| 5.4.3. Logique de description..... | 11 |
| 5.5. Outils de construction d'ontologies..... | 11 |
| 5.5.1. OILED..... | 12 |

| | |
|--|-----------|
| 5.5.2. OntoEdit..... | 12 |
| 5.5.3. PROTÉGÉ-2000..... | 12 |
| 6. Moteurs d'inférence..... | 13 |
| 7. Conclusion | 14 |
| CHAPITRE 02: RESEAUX DE CAPTEURS SANS FILS ET WEBDE CAPTEUR..... | 15 |
| Introduction..... | 15 |
| 1. Capteurs, systèmes de capteurs et ressources de capteurs..... | 15 |
| 1.1. Définition d'un capteur..... | 15 |
| 1.2. Anatomie d'un nœud de capteur..... | 16 |
| 1.3. Composant d'un nœud de capteur..... | 16 |
| 2. Réseaux de capteurs, une valeur ajoutée à la communication..... | 17 |
| 2.1. Définition des RCSF..... | 17 |
| 3. Web des capteurs | 18 |
| 3.1. Web de Capteurs, une ouverture des réseaux de capteurs..... | 18 |
| 3.2. Objectif de base des RCSFs | 19 |
| 4. Web des capteurs sémantique | 19 |
| 4.1. Métadonnées des capteurs dans l'espace, le temps et le thème..... | 20 |
| 4.2. Ontologies dans le domaine du Web de capteurs sémantique..... | 20 |
| 4.3. Architecture Web sémantique pour les réseaux de capteurs (SWANS)..... | 21 |
| 4.3.1. Sources de données du réseau de capteurs..... | 22 |
| 4.3.2. Couche d'ontologie..... | 22 |
| 4.3.3. Couche de traitement du Web sémantique..... | 22 |
| 4.3.4. Couche d'application..... | 22 |
| 4.4. Traitement de données de capteur..... | 22 |
| 5. Quelques domaines d'applications des RCSFs..... | 23 |
| 6. Applications environnementales | 23 |
| 7. Conclusion..... | 25 |
| CHAPITRE 03: CONCEPTION DE L'ONTOLOGIE..... | 26 |
| Introduction..... | 26 |
| 1. Ontologies des réseaux de capteurs..... | 26 |
| 2. Cycle de vie d'une ontologie..... | 26 |
| 3. Méthodologie de construction d'une ontologie « METHONTOLOGIE »..... | 27 |
| 4. Processus de construction de l'ontologie..... | 27 |
| 4.1. Spécification..... | 28 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2.conceptualisation..... | 28 |
| 4.2.1.Présentation..... | 28 |
| 4.2.2. Construction d'un glossaire de termes | 29 |
| 4.2.3. Construction des hiérarchies de concepts | 29 |
| 4.2.4. Construction du diagramme des relations binaires | 29 |
| 4.2.5. Construction d'un dictionnaire de Concepts (DC)..... | 29 |
| 4.2.6. Construction de la table des relations binaires | 29 |
| 4.2.7. Construction de la table des attributs..... | 29 |
| 4.2.8. Construction de la table d'axiomes logiques..... | 29 |
| 4.2.9. La table des instances..... | 29 |
| 4.2.10. La table des assertions..... | 30 |
| 4.3. Formalisation..... | 30 |
| 5.Conception de notre ontologie..... | 30 |
| 5.1.Spécification..... | 30 |
| 5.2. Conceptualisation..... | 31 |
| A. Construction de glossaire de terme..... | 32 |
| B. Construction de diagramme de classification de concepts..... | 36 |
| C. Construction de diagramme de relations binaires..... | 38 |
| D. Dictionnaire de concepts..... | 39 |
| E. Tableaux des relations binaires..... | 40 |
| F. Tableaux des attributs..... | 41 |
| G. Construction de la table des axiomes logiques..... | 41 |
| H. Tableaux des instances..... | 42 |
| I. Construction de la table des assertions..... | 43 |
| 5.3. Formalisation..... | 44 |
| 5.3.2. Construction de TBOX..... | 44 |
| a. Définition des concepts..... | 44 |
| b. Définition des rôles..... | 45 |
| 5.3.2. Construction de ABOX..... | 46 |
| a. Partie assertionelle des concepts..... | 46 |
| b. Partie assertionelle des rôles..... | 46 |
| 6.Conclusion..... | 47 |
| CHAPITRE 04: IMPLEMENTATION ET ANNOTATION SEMANTIQUE..... | 48 |
| 1. Présentation de l'outil Protégé 4.3..... | 48 |
| 2. Etape de création de notre ontologie..... | 48 |

| | |
|--|----|
| 2.1. Définition des classes | 49 |
| 2.2. Définition des propriétés | 50 |
| 2.2.1. Object property | 50 |
| 2.2.2. Data type property | 51 |
| 2.3. Ajout des individus | 51 |
| 3. Annotation sémantique des capteurs et des observations avec RDF | 52 |
| 4. Interrogation de l'ontologie avec SPARQL | 55 |
| 4.1. Ajout de SPARQL Query | 55 |
| 4.2. Exécution de requêtes | 56 |
| 5. Définition de SWRL et des règles avec SWRL Tab | 58 |
| 5.1. Le moteur de règles DROOLS | 58 |
| 5.2. Edition des règles | 58 |
| 5.3. Exécution des règles | 59 |
| 6. Conclusion..... | 63 |
| Conclusion générale..... | 64 |
| BIBLIOGRAPHIE | 65 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure1.1 : les couches d'architecture du web sémantique..... | 2 |
| Figure1.2 : exemple d'un triplet rdf | 3 |
| Figure1.3 : langage de requête : SPARQL | 4 |
| Figure1.4 :sparql (sparql protocol and rdf query language) | 7 |
| Figure1.5 :Typologie selon le degré de formalisme | 10 |
| Figure2.1 :Système de capteurs et capteurs en tant que ressources de capteur. | 16 |
| Figure 2.2 :composants d'un nœud capteur. | 16 |
| Figure 2.3 :architecture de communication d'un RCSFs | 17 |
| Figure2.4 :L'ajout de l'aspect communicatif aux ressources de capteurs créé les réseaux de capteurs. .. | 18 |
| Figure2.5 :le web des capteurs rassemble tous les éléments de manière ouverte. | 19 |
| Figure2.6 :sous-ensemble de concepts et relations représentés avec une suite d'ontologies..... | 21 |
| Figure2.7 : Une architecture du Web des capteurs sémantique | 21 |
| Figure2.8 :applications des RCSFs..... | 23 |
| Figure2.9 :Application des RCSF..... | 24 |
| Figure3.1 :Cycle de vie d'une ontologie | 27 |
| Figure3.2 :Le processus d'identification et de structuration des connaissances. | 28 |
| Figure3.3 :Termes générale de notre modèle ontologique. | 31 |
| Figure3.4 : classification des concepts de l'hiérarchie 1 | 36 |
| Figure3.5 : classification des concepts de l'hiérarchie 1 | 36 |
| Figure3.6 : classification des concepts de l'hiérarchie 1 | 36 |
| Figure3.7 : classification des concepts de l'hiérarchie 1 | 36 |
| Figure3.8 : classification des concepts de l'hiérarchie 1 | 37 |
| Figure3.9 : classification des concepts de l'hiérarchie 1 | 37 |
| Figure3.10 : classification des concepts de l'hiérarchie 1 | 37 |
| Figure3.11 : classification des concepts de l'hiérarchie 1 | 37 |
| Figure3.12 : classification des concepts de l'hiérarchie 1 | 37 |
| Figure3.13 : Diagramme de relation binaire | 38 |
| Figure4.1 : l'interface de protégé 5.2 | 48 |
| Figure4.2 : La hiérarchie de classes | 49 |
| Figure4.3 : L'onglet Object Properties | 50 |

| | |
|---|-----------|
| Figure4.4 : L'onglet Data Properties. | 51 |
| Figure4.5 : L'onglet Individuels..... | 52 |
| Figure4.6 : Graphe RDF et description sémantique de « obs02 » | 53 |
| Figure4.7 : Graphe RDF et description sémantique de « obs01 » | 53 |
| Figure4.8 : Graphe RDF et description sémantique de « Anemometre01 » | 54 |
| Figure4.9 : Graphe RDF et description sémantique de « Pluviometre01 » | 54 |
| Figure4.10 : L'onglet SPARQL Query..... | 55 |
| Figure4.11 : Résultat d'exécution de la requête | 56 |
| Figure4.12 : Résultat d'exécution de la requête | 56 |
| Figure4.13 : Résultat d'exécution de la requête | 57 |
| Figure4.14 : Résultat d'exécution de la requête DESCRIBE | 57 |
| Figure4.15 : L'onglet SWRL Tab..... | 58 |
| Figure4.16 : L'éditeur de règles. | 59 |
| Figure4.17 : Les observations et les capteurs avant l'exécution des règles. | 60 |
| Figure4.18 : Les observations et les capteurs après l'exécution des règles. | 60 |
| Figure4.19 : L'éditeur de règles | 61 |
| Figure4.20 : Les observations avant l'exécution des règles. | 62 |
| Figure4.21 : Les observations après l'exécution des règles | 62 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|-----------|
| Table 2.1 :Glossaire des Termes..... | 32 |
| Table 2.2 : le dictionnaire de concepts..... | 39 |
| Table 2.3 : Table des relations binaires | 40 |
| Table 2.4 : La table des Attributs..... | 41 |
| Table 2.5 : La table des axiomes logique..... | 41 |
| Table 2.6 : La table des instances | 42 |
| Table 2.7 : La table des assertions | 43 |
| Table 2.8 : Définition des concept (dans TBOX)..... | 44 |
| Table 2.9 : Définition des rôles (dans TBOX)..... | 45 |
| Table 2.10 : Description assertionelle des concepts..... | 46 |
| Table 2.11 : Description assertionelle des rôles..... | 46 |

ANNEXE

| | |
|---------------|--|
| OWL | Web Ontology Language |
| RCSF | Réseau de Capteur Sans Fil |
| RDF | Resources Description Framework |
| RDFs | Resource Description Framework Schema |
| SPARQL | SPARQL Protocol and RDF Query Language |
| SSN | Semantic Sensor Network |
| SSW | Semantic Sensor Web |
| SWRL | Semantic Web Rule Language |
| URI | Uniform Resource Identifier |
| W3C | World Wide Web Consortium |
| WSN | Wireless Sensor Network |
| XML | Extensible Markup Language |

INTRODUCTION GENERALE

1. Contexte de travail et problématique

Depuis quelques années, Internet suscite un engouement croissant, tant dans les domaines de recherche, de l'éducation et celui des affaires. Ainsi, le nombre de personnes qui accèdent à Internet pour leurs travaux, leurs études ou leurs loisirs augmente considérablement, de même que les services offerts sur ce réseau (messagerie électronique, e-commerce, e-Learning, etc.). Cette diversité de services et d'utilisateurs est principalement due au fait qu'Internet regroupe un grand nombre de réseaux différents. L'évolution dans le domaine des communications sans fils et l'informatique mobile gagne de plus en plus de popularité et les composants mobiles deviennent de plus en plus fréquents Ceci a permis l'apparition d'un nouveau type de réseaux sans fils appelé réseaux de capteurs sans fil. Un Réseau de Capteurs Sans Fil (RCSF) est un ensemble de dispositifs très petits, nommés nœuds capteurs, variant de quelques dizaines d'éléments à plusieurs milliers.

Les capteurs sont répartis à travers le globe, capturant et produisant en continu une quantité énorme de flux de données sur un certain nombre de phénomènes du monde réel. Tous ces différents capteurs disponibles fournissent des données brutes hétérogènes, fournies à différents formats et sans sémantique pour décrire sa signification. L'absence de sémantique commune intensifie le problème existant de "trop de données et pas assez de connaissances". En vue de résoudre ce problème le Web des capteurs sémantique est apparue qui est le couplage du Web sémantique avec le Web de capteurs afin d'améliorer la sémantique des données de capteur et d'augmenter l'interopérabilité entre des réseaux de capteurs hétérogènes, ainsi que pour fournir des informations contextuelles essentielles pour la connaissance de la situation. Dans ce contexte, les techniques du Web sémantique peuvent construire un modèle conceptuel partagé, améliorer la sémantique des données de capteur, et réaliser l'interaction et l'accès des données de capteurs sur le web.

2. Notre contribution

Notre contribution dans ce mémoire consiste à Raisonnement sur ontologie de capteurs enrichie par des règles SWRL Pour faire cela nous définissons une ontologie étendue à partir de l'ontologie W3C SSN. Le modèle ontologique développé est composé de différents concepts qui traitent les différents caractéristiques des capteurs et leurs données des capteurs qui liées aux mesures et observations météorologique en suite sur le modèle ontologique développé, nous proposons d'annoter et d'enrichir les descriptions de capteurs et les flux de capteurs avec des métadonnées sémantiques pour soutenir l'interopérabilité et fournir des informations contextuelles essentielles pour la connaissance de la situation. En particulier, cela implique d'annoter les données de capteurs avec des métadonnées sémantiques spatiales, temporelles et thématiques. Enfin, nous interrogeons notre ontologie avec le langage SPARQL et nous appliquons un raisonnement basé sur des règles sémantiques qui permet de Définir un ensemble de règles, en utilisant le langage SWRL, permettant de déduire de nouvelles connaissances à partir des données de capteurs qui sont sémantiquement annotées.

3. Plan du travail :

Pour faciliter le travail, nous avons structuré notre mémoire en quatre chapitres :

Chapitre 1 :

Ce chapitre est dédié à la présentation de quelques notions de base, que nous avons jugé utile dans le contexte de notre projet qui a pour but l'annotation sémantique des réseaux de capteurs utilisés pour la surveillance environnementale dans le domaine météorologique. Ces notions sont afférentes aux technologies du Web sémantiques, en mettant l'accent sur ses différents composants tels que les ontologies, les métadonnées et les annotations sémantiques.

Chapitre 2 :

Ce chapitre est consacré à la présentation des réseaux de capteurs, leur évolution, d'un système classique basé sur un modèle stimulus-réponse à un système intelligent, capable de percevoir son environnement, raisonner et prendre des décisions dans une perspective d'émuler un comportement humain face à une situation quelconque et grâce à l'intégration des technologies des Web sémantiques dans les différents composants constituant ce type de réseau.

Chapitre 3 :

Ce chapitre est dédié à la conception de notre ontologie de réseau de capteurs pour le domaine de la météorologie basée sur l'ontologie SSN. Le modèle ontologique développé est composé de différents concepts qui traitent, aussi, des caractéristiques des capteurs et aussi, des données des capteurs liées aux mesures et observations du domaine de la météorologique. En suite un processus de construction dans le développement de l'ontologie partant de connaissances brutes et arrivant à une ontologie d'application opérationnelle représentée par le langage OWL.

Chapitre 4 :

Le but de ce chapitre est d'illustrer le développement d'une ontologie pour le domaine de réseau de capteur à travers le processus proposé. ensuite l'interrogation de l'ontologie avec SPARQL et enfin, nous appliquons un raisonnement basé sur des règles sémantiques pour déduire de nouvelle connaissance en se basant sur le langage de règles du Web sémantique SWRL.

Le mémoire s'achève avec une conclusion générale récapitulant le contexte de recherche de notre étude, la démarche suivie, nos contributions et énonce un ensemble de perspectives.

CHAPITRE 1

TECHNOLOGIES DU WEB SEMANTIQUE

Comment trouver, de façon précise et rapide, l'information que l'on cherche sur la toile ? la question se focalise sur un nouveau concept, le web sémantique, et mobilise des chercheurs investis dans des domaines très variés.

Le web actuel est essentiellement syntaxique, dans le sens que la structure des documents (ou ressource au sens large) est bien définie, mais que son contenu reste quasi inaccessible au traitements machine. Seuls les humains peuvent interpréter leurs contenus. La nouvelle génération de web. Le web sémantique a pour ambition de lever cette difficulté. Les ressources du web sont plus aisément accessibles aussi bien par l'homme que par la machine, grâce a la représentation sémantique de leurs contenus. Une des solutions apportées à l'heure actuelle à la représentation de la sémantique des documents consiste à exploiter des ontologies. Ces dernières, en fournissant un vocabulaire constitué de concepts, de relation, voire d'axiomes, liés à un certain domaine et qui seront utilisées pour améliorer la pertinence des recherches sur le web sémantique a conduit à la proposition de différents langages tels que XML, RDF, et OWL dont l'objectif est de faciliter la représentation de contenus des ressources et l'échange d'ontologies sur le web.

1. Web sémantique et ses différents composants

1.1. web sémantique

L'expression Web sémantique, due à Tim Berners-Lee (Berners-Lee *et al.*, 2001) au sein du W3C, fait d'abord référence à la vision du Web de demain comme un vaste espace d'échange de ressources entre êtres humains et machines permettant une exploitation, qualitativement supérieure, de grands volumes d'informations et de services variés. Espace virtuel, il devrait voir, à la différence du Web que nous connaissons aujourd'hui, les utilisateurs déchargés d'une bonne partie de leurs tâches de recherche, de construction et de combinaison des résultats, grâce aux capacités accrues des machines à accéder aux *contenus* des ressources et à effectuer des *raisonnements* sur ceux-ci.

1.2. composants du web sémantique

Pour réaliser cette nouvelle approche du Web sémantique, plusieurs composants ont été décelés à travers plusieurs travaux de recherche parmi lesquelles qui ont connu une large adoption par la communauté internationale et ont pris la route vers la concrétisation on peut citer [00] :

- **Des langages**

Qui doivent définir au minimum des primitives telles que l'héritage pour être utilisable dans des situations pratiques (par exemple des logiques de description).

- **Des ontologies**

Elles modélisent les connaissances nécessaires à la description et au traitement d'un ensemble de ressources.

- **Des moteurs de raisonnement**

Le développement des moteurs de raisonnement qu'il faudra encapsuler dans des systèmes requêtes plus évolués, permettant d'inférer sur les annotations d'après les axiomes déclarés dans les ontologies, afin d'interroger le web et agir sur les réponses obtenues.

- **Des métadonnées**

Par définition des données sur des données. Associer aux ressources des web des informations descriptives sous la formes d'annotation sémantique et rajouter un sens aux contenus afin de favoriser leur exploitation par des agents logiciels.

2. Standards et architecture du Web sémantique

Nous allons maintenant présenter les principales couches du web sémantique tel qu'elles étaient décrites par Tim Bernes Lee. La figure regroupe les différents standards et technologies utilisés dans le contexte du web sémantique.

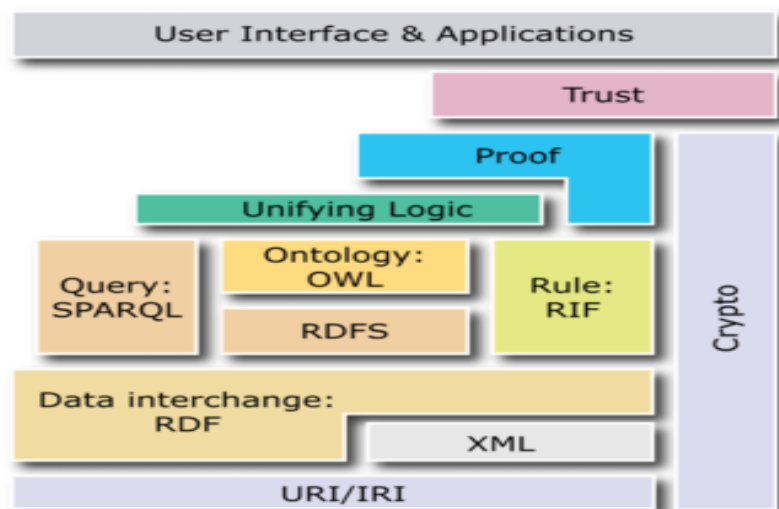


Figure 1.1 : Les couches d'architecture du Web sémantique.

Première couche : Identification des ressources :

Dans le web sémantique, la première couche consiste à identifier les ressources par des identifiants uniques, les URIs. Un objet d'information est "sur le Web" s'il possède un URI. Autrement dit, nous ne pouvons pas trouver un objet sur le web s'il n'a pas d'URI. Par le mot universel, Tim Berners Lee affirme que « *le web est sensé pouvoir contenir en principe chaque bit d'information accessible par les réseaux* » [Berners Lee, 1996]. Les URIs sont donc des identifiants universels dans le sens où il est possible d'identifier chaque objet sur le web que ce soit des objets réels ou des concepts abstraite.

Deuxième couche : description du contenu en XML

Pour décrire le contenu des ressources d'une manière structurée au sein du web sémantique il faut utiliser le langage de balisage XML. XML signifie en anglais 'Extensible Mark up Language 'et en français 'langage de balisage extensible'. C'est une recommandation du W3C datant de 1998 inspirée de SGML.

Troisième couche : lier les données entre elles en utilisant RDF

La troisième couche dans le web sémantique consiste à lier les données entre elles et cela en utilisant RDF (Resource Description Framework). RDF est un langage de représentation de l'information au sein du web. C'est une recommandation du w3c publiée dans sa première version en 1999 et finalisée en 2004. Selon le consortium du web w3c, RDF est un modèle de données simple (simple data model) qui permet de faire des liens entre des ressources identifiées par des URIs et décrites en XML.

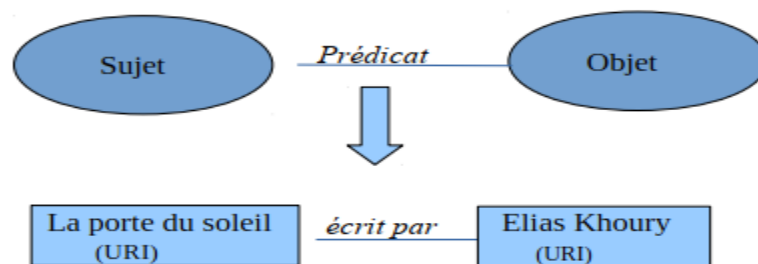


Figure 1.2 : Exemple d'un triplet RDF

Quatrième couche : Représentation graphique des données RDFS et OWL

RDFS (Resource Description Framework Schema) est une extension de l'RDF de base. RDFS est le langage de description des vocabulaires associé à RDF, il permet de spécifier des ontologies dites « légères » [Gandon et al., 2012]. RDFS est un ensemble de triplets RDF dont les données sont liées entre elles pour former un schéma.

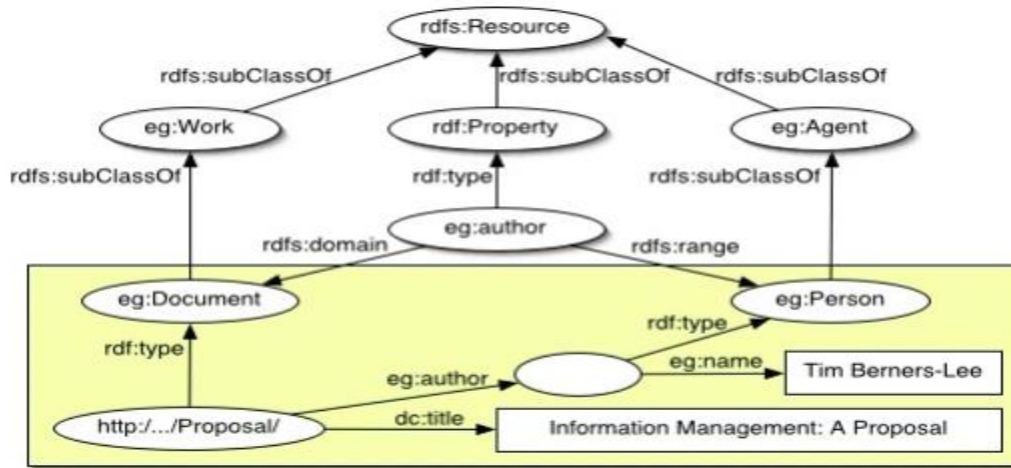


figure1.3 : langage de requête : SPARQL

Le langage de requête : SPARQL

SPARQL25 Protocol and RDF Query Language, est un protocole et un langage de requête pour les données RDF .Selon Tim Berners-Lee, SPARQL facilite l'interrogation des informations issues des bases de données et d'autres sources répandues sur le Web. Selon W3C, SPARQL est conçu pour être utilisé à l'échelle du Web et donc faciliter les interrogations des sources de données distribuées, quel que soit leur format. et en fin les couches preuve et confiance fournissent des éléments pour réaliser la vérification des déclarations effectuées dans le web sémantique.

3. Meta-donnée et annotations sur le Web sémantique

Une Meta-donnée est une donnée sur une donnée qui présente des aspects spécifiques pour faciliter la recherche d'information, décrire le contenu et les relations entre les fichiers d'un site, mieux référencer un site ou une page sur Internet et faciliter l'interopérabilité.

4. Langages du web sémantique

Selon le consortium W3C, le web sémantique est une nouvelle vision fondée sur l'idée de devoir définir et organiser les informations sur le web de manière qu'elles soient utilisables par les machines pour l'intégration, le partage et leur réutilisation. Dans ce qui suit, nous allons présenter les langages XML, RDF, RDFs, OWL, SPARQL, SWRL.

4.1.XML (Extensible Markup Language)

Le XML acronyme Extensible Markup Language (qui signifie : langage de balisage extensible), est en quelque sorte un langage HTML amélioré permettant de définir de nouvelles balises. L'objectif majeur de XML donc est d'étendre les fonctionnalités de HTML afin de faciliter les échanges de documents sur le Web.

4.2. RDF (Resource Description Framework)

RDF est un modèle de graphe destiné à décrire d'une façon formelle les ressources Web et leurs métadonnées grâce à des triplets de la forme < sujet-prédicat-objet > ou :

- Le sujet représente la ressource décrite Il s'agit d'une entité référencée par un identificateur unique (URIs) et il peut être un nœud vide c'est-à-dire il représente une ressource anonyme.
- Le prédicat représente la propriété descriptive peut être un attribut ou une relation qui décrit la ressource.
- L'objet représente la valeur de cette propriété elle peut être une ressource spécifiée par une URI, ou une chaîne de caractères simple (un littéral).

La syntaxe de RDF est basée sur celle de XML. Le modèle de base de RDF est conçu pour permettre d'associer des attributs aux ressources du Web en utilisant la description de métadonnées sémantiques, c'est ainsi que RDF structure le web comme étant un ensemble de ressources reliées par les liens sémantiques [02].

Un fichier XML/RDF a pour balise racine la balise <rdf: RDF> qui contient un ou plusieurs éléments <rdf: Description> pour chacune des descriptions de ressources comprises dans le document. Chaque description comprend un attribut <rdf: about> qui pointe vers l'URI de la ressource à décrire et un à plusieurs éléments représentant chacun un prédicat. Lorsqu'un prédicat a pour valeur une autre ressource, l'attribut <rdf:resource> pointera vers son URI. [03]

RDF propose aussi les conteneurs qui est une ressource qui contient d'autres ressources. On a trois classes de conteneurs :

- *rdf: Bag* définit une liste non ordonnée de ressources ou de littéraux
- *rdf: Seq* qui est une liste ordonnée de ressources ou de littéraux
- *rdf: Alt* désigne un conteneur présentant des alternatives parmi lesquelles une seule doit être sélectionnée.

4.3.RDFs (Resource Description Framework Schema)

Comme son nom l'indique, RDFS a pour but de définir des schémas de Meta-donnée. Il définit le sens, les caractéristiques et les relations d'un ensemble de propriétés. La définition peut inclure des contraintes pour les valeurs potentielles et l'héritage des propriétés d'autres schémas. Il est, en effet, une extension sémantique de RDF afin de fournir un mécanisme pour décrire les groupes associés de ressources et les relations entre les ressources [04].

Les principales caractéristiques de RDFS :

- *rdfs: Class* permet de déclarer une ressource RDF comme une classe pour d'autres ressources.
- *rdfs: subclassOf* permet de définir des hiérarchies de classes.
- *rdfs: domain* définit la classe des sujets liée à une propriété.
- *rdfs: range* définit la classe ou le type de données des valeurs de la propriété. L'intérêt de RDFS est qu'il facilite l'inférence sur les données et renforce la recherche sur ces données.

4.4. OWL (Web Ontology Language)

Le groupe de travail sur le web sémantique du W3C prépare actuellement un nouveau langage : Ontology Web Language [OWL03]. Ce langage d'ontologie du Web a, lui aussi, pour objectif d'ajouter du sens aux informations présentées sur le Web par des descriptions compréhensibles par des machines.

Le langage OWL offre trois sous-langages qui proposent une expressivité croissante :

- **OWL Lite** : Le langage OWL Lite répond à des besoins de hiérarchie de classification et de fonctionnalités de contraintes simples, il ne permet que des valeurs de cardinalité de 0 ou 1.
- **OWL DL** : comprend toutes les structures de langage d'OWL avec des restrictions comme la séparation des types (une propriété doit être un individu ou une classe).
- **OWL Full** : est le langage complet. Il utilise tous les éléments disponibles en OWL. Il a l'avantage de la compatibilité complète avec RDF/RDFS, mais l'inconvénient d'avoir un haut niveau de capacité de description, quitte à ne pas pouvoir garantir la complétude et la décidabilité des calculs liés à l'ontologie.

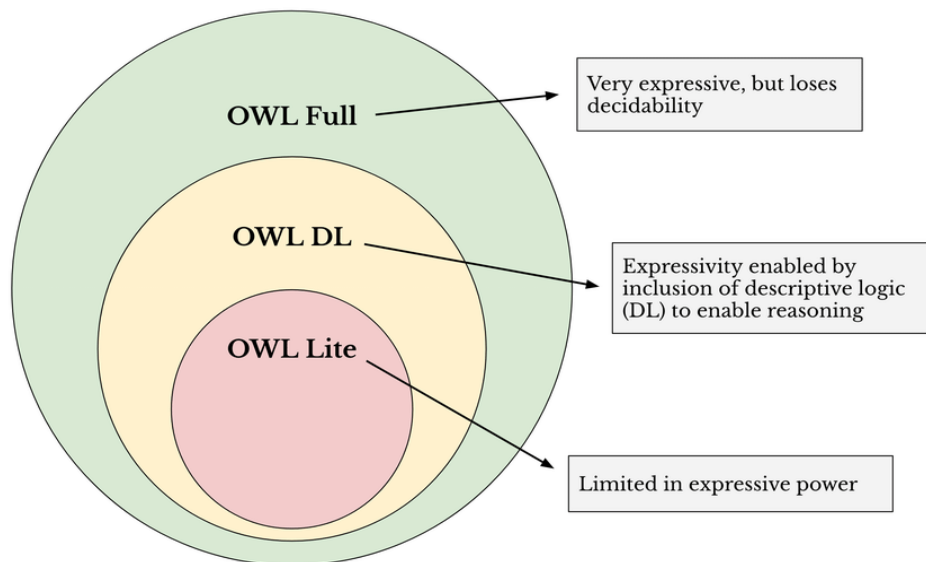


Figure 1.4 : SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language)

4.5. SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language)

SPARQL [00] est un langage de requête et un protocole qui permet de rechercher, d'ajouter, de modifier ou de supprimer des données RDF disponible sur le Web. On pourrait oser dire que SPARQL est l'équivalent du langage SQL (Structured Query Language), le langage informatique normalisé qui sert à effectuer des opérations sur des bases de données. Les requêtes SPARQL [06] sont des requêtes sur les triplets qui constituent un graphe de données RDF.

SPARQL introduit quatre types de requêtes :

- **SELECT** qui renvoie la valeur de la variable.
- **ASK** qui renvoie vrai si la requête correspond, et faux dans le cas contraire
- **CONSTRUCT** qui retourne un graphe RDF en substituant les valeurs dans les modèles de données.
- **DESCRIBE** qui retourne un graphe RDF qui définit la ressource correspondante.

4.6. SWRL (Semantic Web Rule Language)

SWRL est un langage standard basé sur OWL-DL et sur le langage Rule Markup Language (RuleML) qui fournit à la fois l'expressivité OWL-DL et les règles de RuleML [06]. Les règles de SWRL sont des règles d'implication. Par conséquent, la syntaxe de SWRL est de la forme suivante [07]

antécédent → conséquent

Cette syntaxe implique que le conséquent doit être vrai lorsque l'antécédent est satisfait. Les expressions OWL peuvent se produire à la fois en antécédent et en conséquence [08].

5. Ontologie et Web sémantique

5.1. Définition de la notion ontologie

Le terme ontologie est issu du domaine de la philosophie de la connaissance. Il désigne l'ensemble des concepts d'un domaine ainsi leurs relations. En intelligence Artificielle. Le terme ontologie désigne une organisation des concepts d'un domaine.

Les ontologies sont apparues au début des années 90 dans la communauté Ingénierie des Connaissances(IC), dans le cadre des démarches d'acquisition des connaissances pour les systèmes à base de connaissance (SBC). Faisant suite aux systèmes experts qui séparaient une base de connaissance « déclarative » et un moteur d'inférence « procédural », les SBC proposaient alors de spécifier, d'un coté des connaissance du domaine modélisé et de l'autre, des connaissances de raisonnement qui manipule et utilise ces connaissances du domaine.

L'idée de cette séparation modulaire était de construire mieux et plus rapidement des SBC en réutilisant le plus possible des composants génériques que ce soit au niveau du raisonnement ou des connaissances du domaine [09]. Dans ce contexte, les chercheurs ont proposé de fonder ces connaissances sur la spécification d'une ontologie

5.2. Composants d'une ontologie

Ces composants sont principalement **concepts** (ou classes), **relations** (ou propriétés), **fonctions**, **axiomes** (ou règles) et **instances** (ou individus).

- **Les concepts** appelés aussi classes d'ontologie, modélisent une abstraction pertinente d'un segment du domaine traité. Selon [10], un concept peut être abstrait ou concret, atomique ou composé, réel ou fictif.
- **Les relations** traduisent les associations (pertinentes) existant entre les concepts présents dans le segment analysé de la réalité.

- **Les fonctions** sont un cas particulier des relations dont un élément d'une relation est unique par rapport aux éléments qui le précèdent. Un exemple d'une fonction binaire est Mère-de qui donne la mère d'un individu. Ce dernier, doit avoir une seule mère.
- **Les axiomes** constituent des assertions, acceptées comme vraies, à propos des abstractions du domaine traduites par l'ontologie.
- **Les instances** constituant la définition extensionnelle de l'ontologie ; ces objets véhiculent les connaissances (statiques, factuelles) à propos du domaine du problème.

5.3. Classification des ontologies

Les ontologies peuvent être classifiées selon plusieurs dimensions. Parmi celles-ci, nous en examinerons deux :

1. Objet de conceptualisation.
2. Niveau de formalisme de représentation

5.3.1. Dimensions selon l'objet de conceptualisation :

Les ontologies classifiées selon leur objet de conceptualisation (le but de leur utilisation) dans , le son de la façon suivante :

➤ **Ontologie de représentation des connaissances**

Ce type d'ontologies regroupe les concepts (primitives de représentation) impliqués dans la formalisation des connaissances selon des paradigmes de représentation des connaissances. Un exemple de ce type d'ontologie est la Frame-Ontologie qui intègre les primitives de représentation des langages à base de frames : classe, instances, facettes, propriétés/slots, relations, valeurs permises, etc.

➤ **Ontologie supérieure ou de haut niveau :**

Cette ontologie est une ontologie générale. Son sujet est l'étude des catégories des choses qui existent dans le monde, soit les concepts de haut abstraction tels que : les événements, les états, les processus, les actions, le temps, l'espace, les relations, les propriétés.

➤ **Ontologie de tâches :**

Ce type d'ontologies est utilisé pour conceptualiser des tâches spécifiques dans les systèmes, telles que les tâches de diagnostics, de planification, de conception, de configuration, soit tout ce qui concerne la résolution des problèmes inhérente aux tâches et indépendante du domaine.

➤ **Ontologie de domaine**

L'ontologie de domaine propose l'ensemble des termes et des concepts d'un domaine, comme scalpel ou scanner dans la médecine. Selon Mizoguchi, l'ontologie de domaine caractérise les connaissances du domaine où la tâche est réalisée [11].

➤ **Ontologie d'application**

Cette ontologie est considérée comme la plus spécifique. Elle traite les connaissances liées à une application déterminée. Un nombre important des ontologies proposées appartient à cette catégorie. Maedche propose un ensemble d'ontologies pour la gestion des connaissances au sein de l'entreprise [12].

➤ **Ontologie générique**

L'ontologie générique appelée aussi méta-ontologie utilise des concepts moins abstraits que l'ontologie de haut niveau. Mais ces concepts sont assez généraux pour qu'ils puissent être utilisés dans des domaines précis [13]. Ce type d'ontologie s'adresse principalement à résoudre des problèmes génériques pouvant être utilisé à travers plusieurs domaines. Borst propose plusieurs ontologies de cette catégorie [14]. Il donne comme exemple l'ontologie météorologique et l'ontologie topologique.

5.3.2. Dimension selon le niveau de formalisme

D'autre part, selon le niveau du formalisme de représentation du langage utilisé pour décrire l'ontologie, [15]proposent une classification comprenant quatre catégories :

1. Informelles ;
2. Semi-informelles ;
3. Formelles.
4. Semi-formelles ;

Ces quatre catégories sont récapitulées et détaillées dans la **figure 1.5**

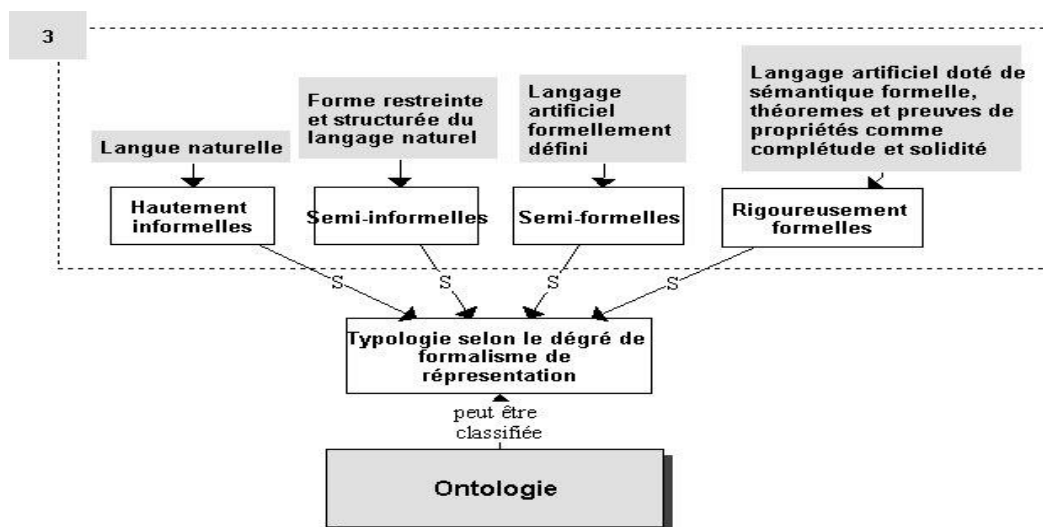


Figure 1.5 :Typologie selon le degré de formalisme

5.4. Formalisme de représentation de connaissances :

Depuis la naissance de l'intelligence artificielle, plusieurs formalismes de représentation de connaissances ont été développés, permettant de formaliser les connaissances d'un domaine puis de mettre en œuvre des raisonnements sur ces présentations. Parmi ces formalismes développés au niveau conceptuel pour la modélisation d'ontologie, trois grands modèles sont distingués : les graphes conceptuels, les logiques de descriptions.

5.4.1. Langage de frame (frame-based langages) :

Le concept de « frame » était introduit par Minsky depuis 1970, et les langages de frame devenaient une modélisation de base pour la représentation de connaissances dans le domaine de l'intelligence artificielle.

5.4.2. Graphe conceptuel

Introduit par J. SOWA au début des années 80, le modèle des Graphes Conceptuels (GC) appartient à la famille des réseaux sémantiques. Les réseaux sémantiques modélisent les connaissances sous forme de graphes, les nœuds étant associés à des concepts et les arêtes à des relations. Le modèle des GCs se décompose en deux parties [16] :

- Une partie terminologique dédiée au vocabulaire conceptuel des connaissances à représenter, c'est-à-dire les types de concepts, les types de relations et les instances des types de concepts. Cette partie correspond à la représentation du modèle conceptuel mais intègre également des connaissances sur la hiérarchisation des types de concepts et de relations.
- Une partie assertionnelle dédiée à la représentation des assertions du domaine de connaissance étudié.

5.4.3. Logique de description

Les ontologies de description (LD), appelée parfois les logiques terminologiques, ont été introduites par Brahim en 1979 et ont ensuite connu de nombreux développements [17]. Elles sont issues de la logique des prédicats, des langages de frames et des réseaux sémantiques.

5.5. Outils de construction d'ontologies

De nombreux outils informatiques permettant aujourd'hui d'éditer des ontologies. Ces outils peuvent se regrouper en deux catégories. Dans la première, on trouve les plus anciens historiquement, qui permettent de spécifier les ontologies au niveau symbolique (par exemple, le serveur Ontolingua), une grande partie des définitions se fait directement dans un langage de représentation de connaissance donné (pour Ontolingua, il s'agit de KIF), auquel le créateur et l'utilisateur doivent se plier. Dans la seconde catégorie, les outils prennent mieux en compte l'importance du niveau des connaissances : ils proposent à leur utilisateur de créer l'ontologie de manière relativement indépendante de tout langage

d'implémentation et prennent ensuite automatiquement en charge l'opérationnalisation de l'ontologie en le transportant dans divers langages, cette évolution tend à rapprocher les ontologies de leur but original, il semble en effet naturel de chercher à s'abstraire –dans un premiers temps – du niveau symbolique si on veut obtenir une ontologie permettant un réel partage d'une compréhension. Cette dernière catégorie regroupe les outils principalement utilisés aujourd'hui et qui sont capables de produire des ontologies écrites dans les langages **OWL** et **RDFS**

5.5.1. OILED :

OILED, développé sous la responsabilité de l'université de Manchester, a été conçu pour éditer des ontologies dans le langage de représentation OIL, un des précurseurs du langage OWL (Ontologie Web Langage) qui est aujourd'hui en d'être une recommandation W3C. officiellement, il n'a pas d'autre ambition que de construire des exemples montrant les vertus du langage pour lequel il a été créé. A ce titre, OILED est souvent considéré comme une simple interface de la logique de description SHIQ. Néanmoins, il offre la plus grande partie de ce que l'on peut attendre d'un éditeur d'ontologies. On peut créer des hiérarchies de classe et spécialiser les rôles, et utiliser avec l'interface des types d'axiomes les plus courants. Cet éditeur offre également les services d'un raisonneur, FACT, qui permet de tester la satisfiabilité des définitions de classes et de découvrir des subsumptions restées implicites dans l'ontologie.

5.5.2. OntoEdit

OntoEdit[18] (Ontology Editor) est également un environnement de construction d'ontologies indépendant de tout formalisme. Il permet l'édition des hiérarchies de concepts et de relations et l'expression d'axiomes algébriques portant sur les relations, et de propriétés telles que la généralité d'un concept. Des outils graphiques dédiés à la visualisation d'ontologies sont inclus dans l'environnement. OntoEdit intègre un serveur destiné à l'édition d'une ontologie par plusieurs utilisateurs. Un contrôle de la cohérence de l'ontologie est assuré à travers la gestion des ordres d'édition.

5.5.3. PROTÉGÉ-2000

Protégé [19] est un éditeur d'ontologies distribué en open source par l'université en informatique médicale de Stanford. Il permet de construire une ontologie pour un domaine donné, de définir des formulaires d'entrée de données, et d'acquérir des données à l'aide de ces formulaires sous forme d'instances de cette ontologie. Protégé est aussi une plate-forme extensible, grâce au système de plug-ins, qui permet de gérer des contenus multimédias, interroger, évaluer et fusionner des ontologies, etc. L'outil Protégé possède une interface utilisateur graphique (GUI) lui permettant de manipuler aisément tous les éléments d'une ontologie : classe, propriété, instance. Protégé peut être utilisé

dans n'importe quel domaine où les concepts peuvent être modélisés en une hiérarchie des classes. Protégé permet aussi de créer ou d'importer des ontologies écrites dans les différents langages d'ontologies tel que : RDF-Schéma, OWL, DAML et OIL. Cela est rendu possible grâce à l'utilisation de plugins qui sont disponibles en téléchargement pour la plupart de ces langages.

6. Moteurs d'inférence

Le développement d'outils efficaces pour raisonner dans le Web sémantique sera un critère décisif pour l'adoption de tel ou tel langage. Ce sont ces moteurs d'inférence qu'il faudra encapsuler dans des systèmes de requêtes plus évolués afin d'interroger le Web et agir sur les réponses obtenues.

Or, pour le plus simple de ces langages (RDF), la subsomption est un problème NP complet. Des algorithmes efficaces ont pourtant été développés pour calculer les homomorphismes de graphes qui répondent à ce problème (basés sur les améliorations de rétrogression développés pour les réseaux de contraintes). Ces algorithmes permettent, pour donner un ordre de grandeur, de calculer les homomorphismes d'un graphe à 500 sommets dans un graphe à 3000 sommets dans un temps raisonnable (si ces graphes ne sont pas trop denses). Le problème est maintenant tout autre. Même si nous pouvons supposer que l'ordre de grandeur de graphe question est de 50 sommets, la base de faits est l'ensemble des documents RDF disponibles sur le Web. Il y a aujourd'hui plus de 3 milliards de pages HTML référencées par Google, et, sans présager du succès de RDF, on peut se demander combien de documents RDF seront disponibles demain. Bien que nous pensons que la réalisation d'algorithmes efficaces soit possible (avec de bons mécanismes d'indexation pour démarrer le raisonnement, car il suffit d'étendre localement des homomorphismes partiels), seule une expérimentation sur une grande masse de données réelles peut permettre de valider cette intuition. Cependant, dans le langage RDF+OWL que nous jugeons souhaitable, les problèmes deviennent tout autres. Même en n'ajoutant que la négation atomique de type, le problème de subsomption devient P2P-complet. Un traitement local de l'information au cours de l'exécution de l'algorithme n'est alors plus envisageable.

7. Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la présentation du web sémantique en tant que nouvelle approche pour la représentation des connaissances. En s'appuyant sur les publications de Tim Berners Lee, nous avons pu suivre l'évolution de cette expression. Le Web sémantique désigne un ensemble de technologies visant à rendre le contenu des ressources du Web accessible et utilisable par les machines et agents logiciels, grâce à un système de métadonnées formelles, utilisant une famille de langages développés par le W3C. Ainsi que les ontologies qui jouent un rôle important dans la réutilisation et le partage de données, elles permettent de faciliter la communication entre les acteurs de différentes organisations et en particulier, la réalisation de l'interopérabilité entre différents systèmes, elles permettent aussi non seulement la création de systèmes mais capables de gérer et de raisonner sur ces connaissances.

CHAPITRE 2

RESEAUX DE CAPTEURS SANS FILS ET WEB DE CAPTEURS

Les progrès récents dans les domaines de la micro-électronique, des communications sans fil et de l'informatique embarquée ont permis de fabriquer des systèmes de mesure autonomes de plus en plus petits, appelés nœuds-capteurs ou tout simplement capteurs, capables de mesurer une ou plusieurs grandeurs physiques, et de stocker, traiter et communiquer les données. Les réseaux de capteurs sans fil (WSN) peuvent être définis comme des réseaux sans fil auto configurés et sans infrastructure pour surveiller les conditions physiques ou environnementales telles que la température, le son, les vibrations, la pression, les mouvements ou les polluants, en transmettant leurs données à un emplacement sur le réseau ou ce qui est appelé un puits, où les données peuvent être mitigées, observées et analysées [20]. La multiplication de ce type de réseau et le manque d'intégration isolent souvent le flux de données importants et intensifie le problème existant de trop de données et pas assez de connaissances. Ce problème doit être résolu dans des environnements ouverts qui brisent les cloisons entre les différents réseaux de capteurs en permettant l'exploitation de données à grande échelle, et avec une possibilité de faire des analyses sémantiques basées sur des interprétations correctes, homogènes et uniques de données en vue d'extraire des informations pertinentes.

1. Capteurs, systèmes de capteurs et ressources de capteurs

1.1. Définition d'un capteur

Les capteurs sont des composants de la chaîne d'acquisition dans une chaîne fonctionnelle. Les capteurs prélèvent une information sur le comportement de la partie opérative et la transforment en une information exploitable par la partie commande. Une information est une grandeur abstraite qui précise un événement particulier parmi un ensemble d'événements possibles. Pour pouvoir être traitée, cette information sera portée par un support physique (énergie) on parlera alors de signal. Les signaux sont généralement de nature électrique ou pneumatique.

1.2. Anatomie d'un nœud de capteur

Un capteur sans fil a pour fonction, à la base, de mesurer des grandeurs relatives à un phénomène physique, de stocker si besoin les données de mesure ainsi que de transmettre les données brutes ou pré-traitées à l'utilisateur final.

Un certain nombre de capteurs agrégés en une seule unité, fournissant une seule interface d'accès, est considéré comme un système de capteur [21]. Par exemple une station météorologique représente un système de capteurs composé d'un thermomètre, un pluviomètre et un capteur de vitesse du vent. Une « ressource de capteur » se réfère à un « capteur » et « système de capteur » comme une, illustré à la

Figure2.1

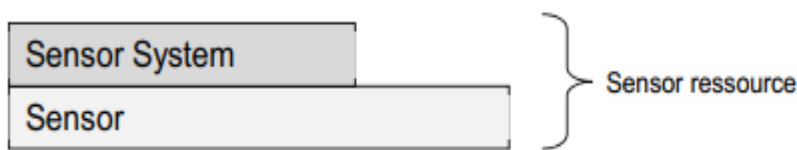


Figure2.1 : Système de capteurs et capteurs en tant que ressources de capteur.

1.3. Composants d'un nœud capteur

Un nœud capteur est composé de quatre unités de base [22], représentées dans la **figure2.2** et qui sont :

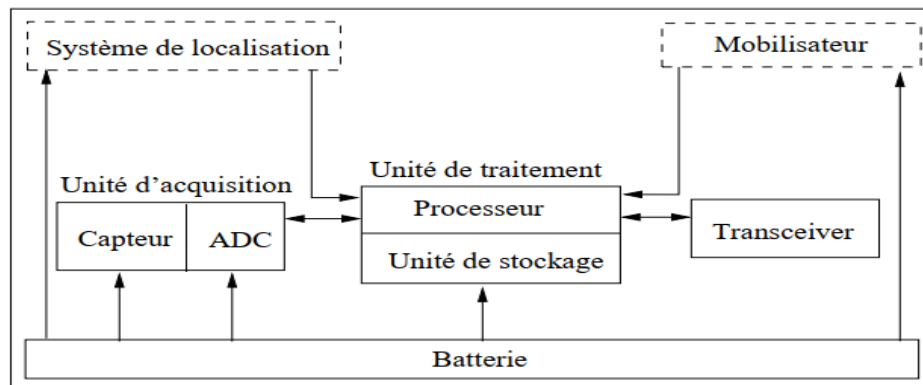


Figure2.2 : Composants d'un nœud capteur.

Unité d'acquisition (ou de captage) : elle est généralement composée de deux sous-unités, un capteur et un convertisseur analogique-numérique ADC (Analog- toDigital Converter). Les capteurs obtiennent des mesures sur les paramètres environnementaux et les transforment en signaux analogiques. Les ADCs convertissent ces signaux analogiques en signaux numériques. Ces derniers alimenteront l'unité de traitement.

Unité de traitement : elle est généralement composée d'une petite unité de stockage pour stocker les données collectées, et d'un processeur pour traiter les données et contrôler les procédures permettant au nœud capteur de collaborer avec d'autres nœuds pour réaliser les tâches d'acquisition.

Unité de communication (émetteur-récepteur ou transcrive en anglais) : elle est composée d'un émetteur/récepteur. C'est l'unité permettant aux nœuds du réseau de communiquer entre eux via un support de communication radio.

Batterie : c'est l'un des composants importants d'un nœud capteur, elle sert à alimenter les autres unités pour fonctionner. La capacité d'énergie limitée au niveau des capteurs représente la contrainte principale lors de la conception des protocoles pour les réseaux de capteurs. Et les batteries ne sont, généralement, ni rechargeables ni remplaçables.

2. Réseaux de capteurs, une valeur ajoutée à la communication

2.1. Définition des RCSF

Un Réseau de Capteurs Sans Fil (RCSF) ou Wireless Sensor Network (WSN) est un réseau informatique composé de petits dispositifs autonomes, xés ou dispersés aléatoirement dans une zone d'intérêt [15], utilisant des capteurs coopérant pour surveiller des conditions environnementales ou physiques, comme la température, le son, les vibrations, la pression, le mouvement, etc. [08].

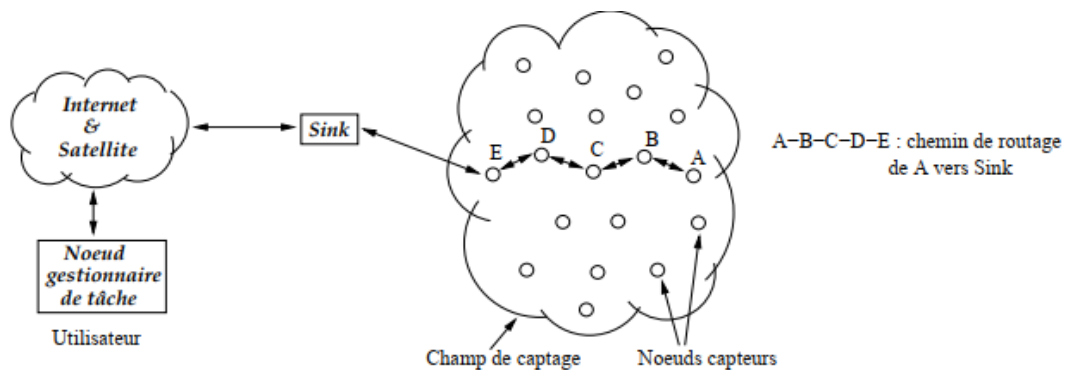


Figure2.3 : Architecture de communication d'un RCSF

Les réseaux de capteurs offrent une approche d'observation robuste et dynamique. Au lieu de déployer une seule ressource sensorielle pour observer un phénomène, un réseau de capteurs est déployé. Un réseau de capteurs peut être considéré comme une « collection de ressources de capteurs en réseau » [24], comme le montre la figure2.4

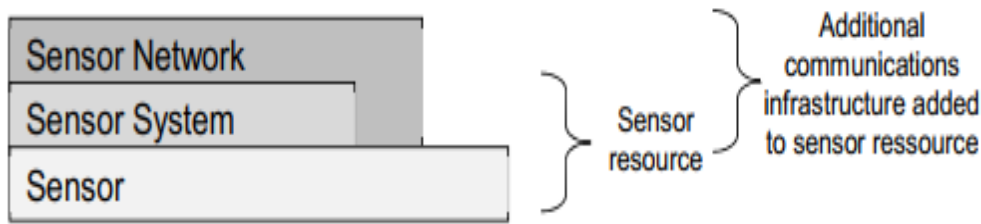


Figure 2.4 : L'ajout de l'aspect communicatif aux ressources de capteurs crée les réseaux de capteurs.

Les réseaux de capteurs, bien que très utiles en tant que systèmes d'observation, ils sont sujet de quelques problèmes parmi lesquels on peut citer :

- Les réseaux de capteurs sont déployés de telle sorte que chacun existe dans son propre silo. Le réseau de capteurs n'a connaissance d'aucune autre ressource de capteur en dehors de ses propres limites de système. Les utilisateurs du réseau de capteurs utilisent le réseau de capteurs à l'intérieur de ce silo [25].

3. Web des capteurs

Le concept de Web de capteurs est né à la NASA/Jet Propulsion Laboratoire à la fin des années 1990 [26][27]. Une nouvelle élaboration du concept du Web des capteurs, décrit un «Sensor Web» à un méta-niveau comme étant un système global distribué de capteurs, des observations de capteurs traitées, des bases de données, pouvant être configurées dynamiquement pour élaborer une synthèse d'informations sur une grande zone spatiale afin de suivre des phénomènes dynamiques [26] [27]. L'initiative SWE (Sensor Web Enablement) dirigée par le groupe l'OGC (Open Geospatial Consortium), qu'elle sera détaillée par la suite, a reconnu une large adoption dans le domaine du Web des capteurs, grâce à laquelle les ressources des capteurs sont interopérables et disponibles sur Internet via des interfaces standardisées, des codages de données et des métadonnées. Cela permettrait un traitement automatisé des données des capteurs et même l'attribution de tâches aux capteurs pour acquérir des observations intéressantes [28] [29].

3.1. Web de Capteurs, une ouverture des réseaux de capteurs

L'effet «système dans les silos» des réseaux de capteurs évoqué auparavant nécessite certaines correctives, et afin de surmonter ces limitations il est question de trouver un mécanisme permettant de combiner les réseaux de capteurs pour former un seul et même macro instrument, cette idée a donné naissance au nouveau concept du Web des capteurs, qui est défini en tant que type particulier d'infrastructure d'information centrée sur le Web pour la collecte, la modélisation, le stockage, la récupération, le partage, la manipulation, l'analyse et la visualisation d'informations sur les capteurs et les

observations de capteurs [30]. Il décrit aussi une couche complexe fournissant une fonction ombrelle au-dessus des capteurs, des systèmes de capteurs et des réseaux de capteurs [31] comme le montre la **Figure 2.5**.

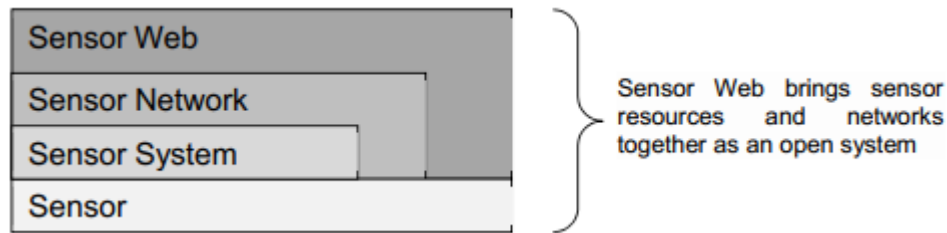


Figure 2.5 : Le Web des capteurs rassemble tous les éléments de manière ouverte.

3.2. Objectif de base des RCSFs

- A partir des applications des réseaux de capteurs sans fil, nous pouvons tirer leurs objectifs de base. Ces derniers peuvent être rassemblés dans les points suivants :
Déterminer les valeurs de quelques paramètres suivant une situation donnée. Par exemple, dans un réseau environnemental, on peut chercher à connaître la température, la pression atmosphérique, la quantité de la lumière du soleil, l'humidité relative dans un certain nombre de sites, etc.
- Détecter l'occurrence des événements dont on est intéressé et estimer les paramètres des événements détectés. Dans les réseaux de contrôle de trac, on peut vouloir détecter le mouvement de véhicules à travers une intersection et estimer la vitesse et la direction du véhicule
- Classifier l'objet détecté. Par exemple dans un réseau de trac, on peut dire si un véhicule est une voiture, un bus, ou autre.

4. Web des capteurs sémantique

Bien que le Web des capteurs a permis une ouverture à grande échelle des réseaux de capteurs, notamment avec l'initiative SWE de l'OGC qui constitue une grande étape vers l'intégration de données provenant de divers réseaux de capteurs pour déployer des applications Web de capteurs sur Internet, et du fait que cette initiative est basée essentiellement sur XML. Les données manipulées par les différentes technologies du Web des capteurs restent toujours incompréhensibles par les machines vu le manque d'une sémantique bien définie, ceci dû à l'incapacité du langage XML à décrire leurs significations. D'où la nécessité d'introduire d'autres technologies permettant d'ajouter des annotations sémantiques sur les données de capteur en fournissant des descriptions plus significatives et un accès amélioré que SWE seul. Le SSW (Semantic Sensor Web) est un Framework pour fournir un sens bien défini aux données issues

de capteurs. En association avec l'annotation sémantique, les ontologies et les règles jouent un rôle important dans le SSW pour l'interopérabilité, l'analyse et le raisonnement sur les données de capteurs hétérogènes.

4.1. Métadonnées des capteurs dans l'espace, le temps et le thème

Les données issues des capteurs sont par nature opaques (souvent dans des formats binaires ou propriétaires) ; par conséquent, les métadonnées jouent un rôle essentiel dans la gestion de données des capteurs. Un réseau de capteurs sémantiquement riche fournirait des informations spatiales, temporelles et thématiques essentielles à la découverte et à l'analyse des données de capteur

- Les métadonnées spatiales fournissent des informations sur l'emplacement et les données du capteur, en termes de système de référence géographique, de référence locale ou d'emplacement désigné [30].
- Les métadonnées temporelles fournissent des informations sur l'instant ou l'intervalle de temps lorsque les données du capteur sont capturées [30].
- Les métadonnées thématiques décrivent un état du monde réel à partir des observations de capteurs, tels que des objets ou des événements [30]. Chaque discipline contient des informations spécifiques au domaine, telles que des concepts décrivant les phénomènes météorologiques ou les événements biomédicaux représentant l'état de santé d'un patient.

4.2. Ontologies dans le domaine du Web de capteurs sémantique

Dans le premier chapitre nous avons repris qu'une ontologie définit les termes utilisés pour décrire et représenter un champ d'expertise. Dans le domaine du SSW (Sensor Web Semantic), les ontologies ont été classées selon les trois types de sémantique associés données de capteurs à savoir [30]

- **Spatiale:** Une ontologie spatiale définit les concepts généraux des objets spatiaux et leurs relations avec les domaines d'application spatiale. Parmi lesquelles on peut citer WGR-GEO développée par le groupe W3C pour de nombreuses applications telles que le routage, l'observation de la terre et l'interprétation des images.
- **Temporelle :** Une ontologie temporelle définit des concepts temporels, pour décrire les propriétés temporelles des ressources. Elle fournit des informations sur les durées, et la position temporelle, y compris la date et l'heure. Parmi lesquelles on peut citer OWL-Time utilisé pour décrire le contenu temporel des pages Web et les propriétés temporelles des services Web.
- **Thématique:** Une ontologie qui représente un domaine ou un champ d'application spécifique tel que la météorologie. La **figure2.6** montre un sous-ensemble de concepts d'une suite d'ontologies dans SSW et leurs relations, modélisant le domaine météorologique [30].

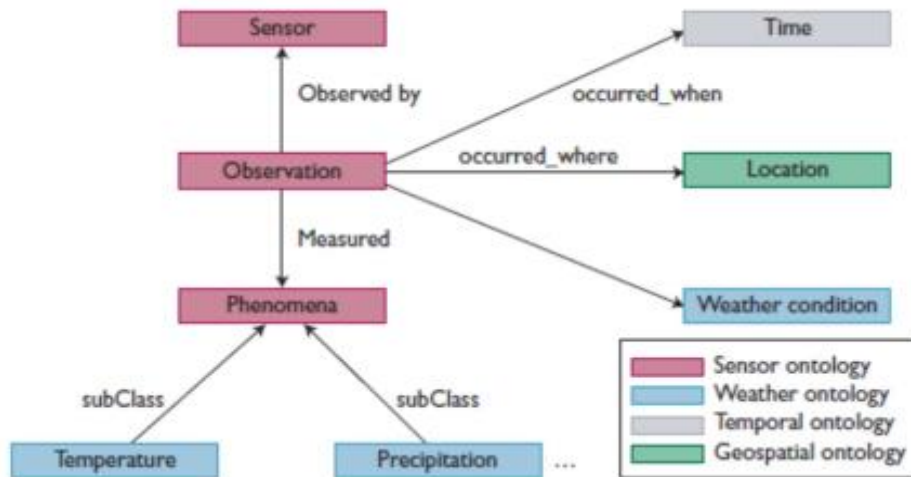


Figure 2.6: Sous-ensemble de concepts et relations représentés avec une suite d'ontologies

4.3. Architecture Web sémantique pour les réseaux de capteurs (SWANS)

Le domaine du SSW fait l'objet de plusieurs travaux de recherche visant entre autres à trouver une meilleure architecture pour représenter les réseaux de capteurs et les informations en résultant. Dans le cadre de notre projet, nous allons présenter une architecture proposée dans un article de recherche [32] pour le traitement des informations issues des capteurs appelée SWANS (Architecture Web Sémantique pour Réseaux de Capteurs). Cette architecture permet une meilleure compréhension de l'information véhiculée dans les données du capteur par la machine et un traitement de l'information avancé et adapté aux exigences des applications. L'architecture SWANS est divisée en quatre couches (Figure 2.7).

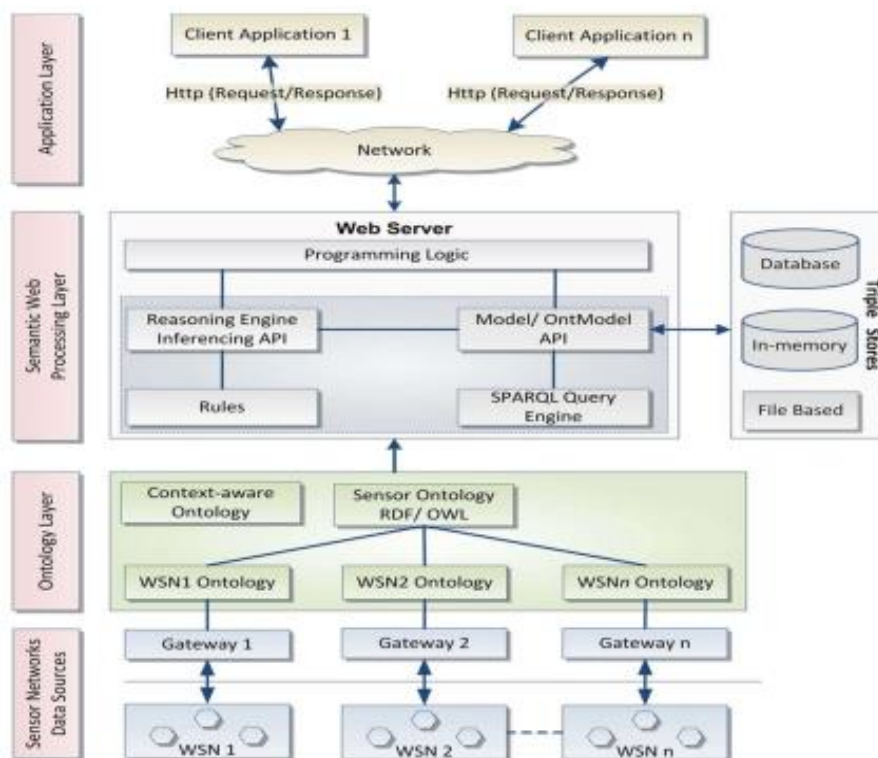


Figure 2.7 : Une architecture du Web des capteurs sémantique

4.3.1. Sources de données du réseau de capteurs

La première couche représente la source de données issues de réseaux WSN hétérogènes qui est constitués de différents nœuds de capteurs. Les données provenant des nœuds de capteurs sont collectées et peuvent être accédées via une passerelle de capteur standard.

4.3.2. Couche d'ontologie

Une fois que les données du capteur sont disponibles via une passerelle, la sémantique de ces données doit être décrite. Cette deuxième couche de cette architecture est constituée d'ontologies de capteurs. Chaque WSN peut avoir sa propre ontologie locale. Les concepts issus des ontologies locales seront décrits en utilisant les termes globaux définis dans l'ontologie des capteurs globale. Cette approche offre plus de flexibilité et d'extensibilité, car de nouveaux WSN peuvent facilement être ajoutés sans avoir besoin d'être modifiés dans d'autres ontologies locales ou dans un vocabulaire partagé. Les données de capteur qui proviennent des nœuds de capteurs à travers la passerelle, correspondent aux ontologies de cette couche.

4.3.3. Couche de traitement du Web sémantique

Les données du capteur peuvent être traitées après avoir défini leurs sémantiques en les mappant à l'ontologie. La couche d'ontologie interagit directement avec la couche de traitement Web sémantique. Elle peut aussi créer un modèle simple dans RDF ou un modèle d'ontologie dans OWL. Les données de capteur peuvent ensuite être stockées temporairement dans la mémoire principale ou sur une base de données persistante ou un système basé sur des fichiers.

4.3.4. Couche d'application

La couche d'application est constituée de différentes applications clientes nécessitant les données des capteurs. Ces dernières et après qu'elles soient traitées, elles peuvent être disponibles pour ces applications via n'importe quel serveur Web sur Internet ou intranet. L'interaction entre les applications clientes et le serveur Web s'effectue via HTTP.

4.4. Traitement de données de capteur

Pour le traitement des données de capteurs, l'API Jena peut être utilisé. Les deux principaux aspects du traitement de données sont :

- L'interrogation ; une fois que les données de capteur brutes sont transformées au format RDF/OWL ; SPARQL peut être utilisé pour exécuter des requêtes.
- L'inférence, un raisonnement peut être effectué, sur les données de capteurs pour déduire.

de nouvelles informations ou comprendre une nouvelle situation édictée par un changement de l'environnement.

5. Quelques domaines d'applications des RCSF

Les RCSFs est une nouvelle technologie, qui est actuellement largement répandue dans plusieurs domaines variés ; ses applications accroissent chaque jour. Harnando étale. [10] les décomposent en quatre catégories, représentées dans la **figure2.8** et qui sont :

les applications environnementales, les applications dans la santé, les applications dans la sécurité, et autres applications additionnelles.

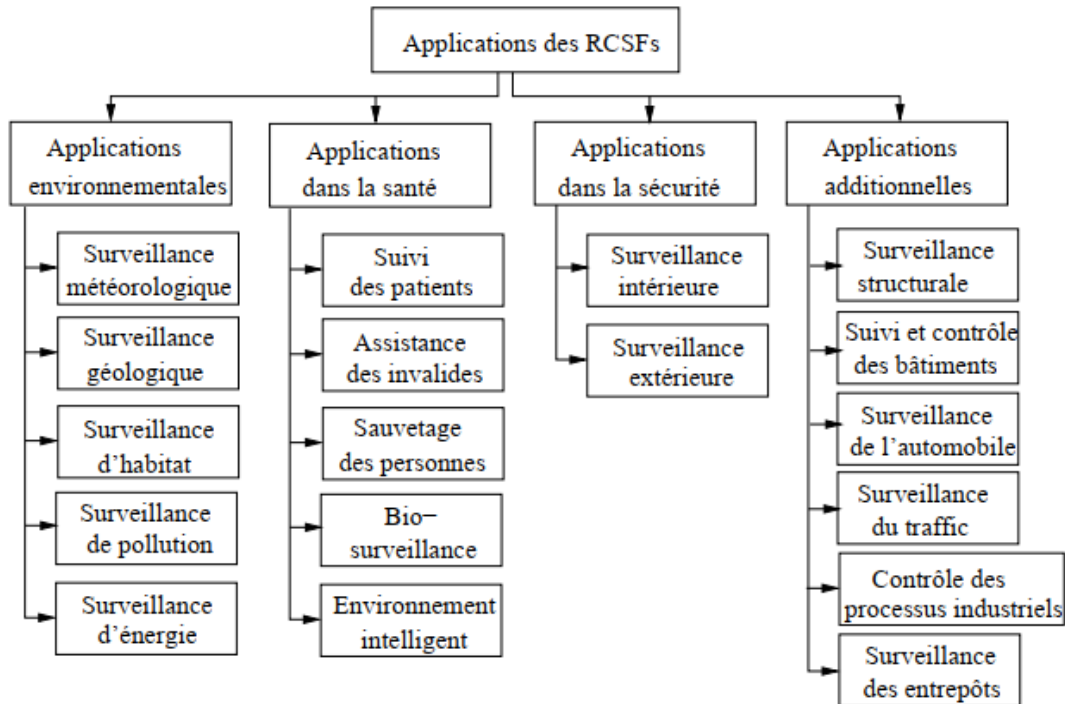


Figure2.8 : Applications des RCSFs

6. Applications environnementales

Les problèmes environnementaux tels que les inondations, les incendies, la pollution, etc. sont de nos jours fréquents. L'utilisation des réseaux de capteurs sans fil dans les applications environnementales devient de plus en plus importante, permettant ainsi d'améliorer la connaissance de l'environnement et l'efficacité des moyens de lutte. Les RCSFs peuvent contribuer au développement des systèmes de réponse aux risques, de détection de catastrophes naturelles, de gestion d'énergie, et d'autres systèmes. Les applications environnementales peuvent être décomposées en cinq classes, représentées dans la **figure2.9** et qui sont :

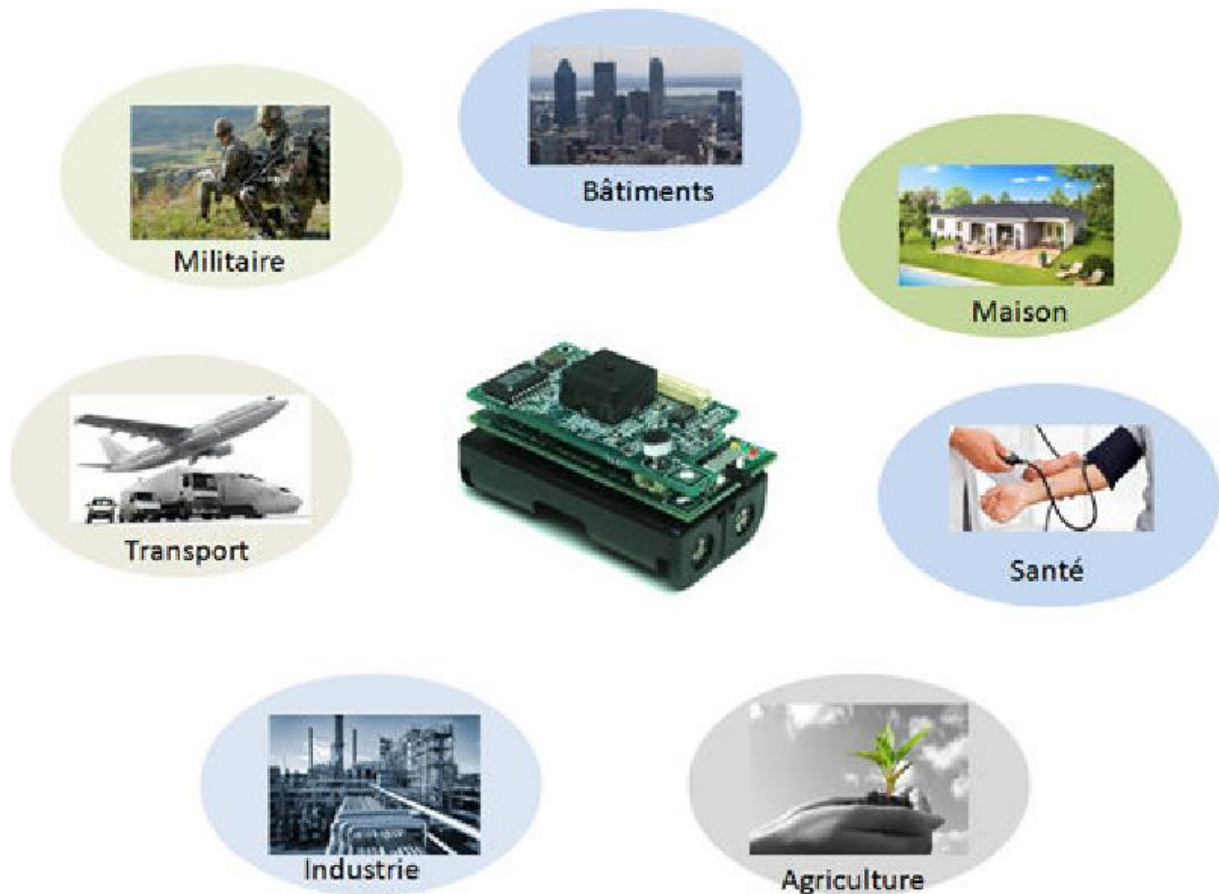


Figure 2.9 : Application des RCSF

Les applications météorologiques : l'objectif principal de la surveillance météorologique est de contrôler, superviser et étudier diverses grandeurs physiques et atmosphériques. L'utilisation des réseaux de capteurs sans fil dans ce domaine serait d'un grand apport pour réduire ou prévenir les catastrophes à temps, telles que les ouragans, les inondations et les sécheresses, qui ont déjà été la cause de grandes pertes économiques et humaines [11]. Les avantages de cette technologie dans la prévision des catastrophes sont la collecte de données en temps réel, la réponse précise et coordonnée de plusieurs capteurs, et la surveillance d'une zone géographique importante, car les nœuds capteurs peuvent être déployés avec une grande densité.

Les applications géologiques : l'une des applications les plus importantes dans le domaine de la géologie est la prévision des catastrophes. La principale caractéristique partagée par les catastrophes géologiques, telles que les tremblements de terre, les tsunamis, les éruptions volcaniques, et les glissements de terrains, est le fait qu'elles sont liées à un événement souterrain. Contrairement aux méthodes existantes de surveillance des événements souterrains, qui s'appuient sur des capteurs enterrés reliés par fil à la surface, les composants du RCSF sont déployés complètement souterrain et ne nécessitent pas de connexions [10].

Surveillance des habitats : la biodiversité dans l'environnement de la faune et la flore est menacée par la progression des dégradations d'habitats naturels, ainsi la surveillance de ces derniers devient de plus en

plus exigeante en terme de temps et de précision pour évaluer les éléments de toute action de conservation. L'utilisation de la nouvelle technologie de réseau de capteurs sans fil, comme solution pour la surveillance de l'habitat, montre d'énormes avantages potentiels pour les communautés industrielles et scientifiques, et la société dans son ensemble, en raison de leur capacité de collecter des données à long terme à des échelles et résolutions qui sont difficiles à obtenir autrement par les méthodes traditionnelles. Les chercheurs sont de plus en plus préoccupés par l'impact potentiel de la présence humaine lors de la surveillance des plantes et des animaux dans leur milieu, mais avec des capteurs sans fil, la surveillance de la faune peut être exécutée sans l'utilisation d'instruments traditionnels intrusifs [33].

Surveillance de la pollution : une préoccupation majeure du 21^{ème} siècle est l'augmentation de la pollution et de ses dévastateurs. La pollution dans toutes ses formes doit être contrôlée et surveillée pour réduire ses conséquences néfastes. Les RCSFs peuvent remplacer les systèmes classiques surveillant la pollution, qui utilisent les câbles, et soient plus efficaces car ils peuvent être déployés n'importe où, même dans des zones durs et difficiles d'accès.

Surveillance de l'énergie : il est souvent possible d'économiser de l'énergie, qui est une ressource très chère, en intégrant la nouvelle technologie et les nouvelles techniques de gestion. L'avantage d'utiliser la technologie sans fil est que le gaspillage d'énergie peut souvent être réduit par quelque chose d'aussi simple que la mesure de la température ou de la présence humaine dans une pièce et dépendre les mesures nécessaires, telles que la coupure d'une lumière ou la baisse du chauffage.

7. Conclusion

Il est incontestable que les différentes technologies du Web sémantique ont influencé le développement des réseaux de capteurs, ce qui a donné naissance au Web des capteurs sémantiques, qui est à la fois une vision futuriste et une réalité. C'est une vision dans le sens où elle ne cesse de croître. De nouvelles normes, de nouveaux services, de nouvelles ontologies seront développées pour décrire la sémantique des données des capteurs, ce qui facilitera le partage et la réutilisabilité de ces données et par conséquent construire des applications sur mesure permettront une meilleure compréhension de notre environnement. C'est une réalité dans la mesure où les premières applications ont déjà vu le jour dans différents domaines.

CHAPITRE 3

CONCEPTION DE L'ONTOLOGIE

La conceptualisation consiste à identifier et à structurer, à partir des sources d'informations, les connaissances du domaine. Ce chapitre sera consacré à la présentation de l'ontologie qu'on a conçue dans le cadre de ce projet, la conception a été faite en reposant sur une méthodologie. Pour ce faire, nous inspirons de l'étape de conceptualisation qui est l'étape la plus importante dans la méthode **METHONTOLOGIE** qui est le support de base du processus de construction de l'ontologie qui commence par la spécification qui permet de décrire l'ontologie puis la conceptualisation de l'ontologie à créer, à travers un ensemble de représentations intermédiaires semi-formelles en suite la formalisation de l'ontologie avec un langage complètement formel et opérationnel.

1. Ontologies des réseaux de capteurs

Réseaux de capteurs sémantique sont basé sur des ontologies. Cette ontologie fournit une brève description des capteurs et de leurs capacités. Il existe de nombreuses propositions d'ontologies, dont l'objectif et la portée varient grandement. CSIRO [34] et l'ontologie SSN [35] sont les seules ontologies qui permettent de représenter toutes les facettes d'un RCSF. Avec un développement modulaire, elles nous permettent de modéliser les dispositifs du capteur (et leurs capacités), les procédures, le système, etc. *CSIRO*, *SSN* sont les ontologies les plus appropriées pour représenter le thème Sensor.

2. Cycle de vie d'une ontologie

Les ontologies étant destinées à être utilisées comme des composants logiciels dans des systèmes répondant à des objectifs opérationnels différents, leur développement doit s'appuyer sur les mêmes principes que ceux appliqués en génie logiciel. Ainsi, elles doivent être considérées comme des objets techniques évolutifs et possédants un cycle de vie qui nécessite d'être spécifié [36]. Un cycle de vie inspiré du génie logiciel est proposé dans [37], [38]. Il comprend une étape initiale d'évaluation des besoins, une étape de construction, une étape de diffusion, et une étape d'utilisation

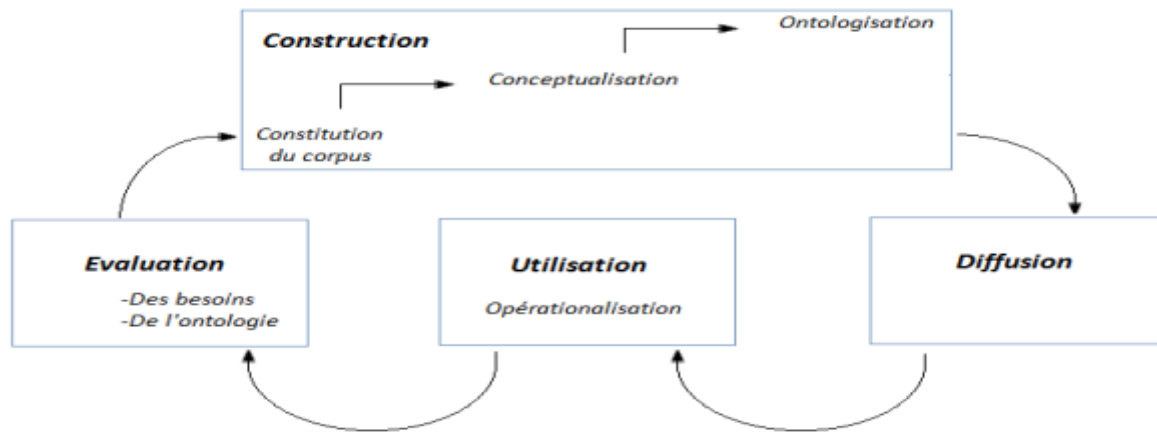


Figure 3.1 : Cycle de vie d'une ontologie

3. Méthodologie de construction d'une ontologie « METHONTOLOGIE »

Cette méthode a été développée au laboratoire d'intelligence artificielle de l'université de Madrid [39], elle se situe entre le GL (Génie Logiciel) et l'IC (Ingénierie des Connaissances). Elle vise la construction CO d'ontologie au niveau de connaissance en identifiant une séquence d'activités techniques à appliquer pour le développement de l'ontologie, et spécifie de façon très détaillée l'étape de conceptualisation. L'approche **METHONTOLOGY** distingue les étapes suivantes :

- **Cadrage** : Cette étape, consiste à cerner l'étendue de l'ontologie et le domaine à prendre en compte.
- **Conceptualisation** : Le but de cette étape est d'identifier et de structurer les connaissances du domaine en utilisant un ensemble de représentations intermédiaires semi-formelles faciles à comprendre par les experts du domaine et qui sont indépendants du formalisme à utiliser pour représenter l'ontologie.
- **Implémentation** : Cette étape consiste à formaliser le modèle conceptuel obtenu dans l'étape précédente par un formalisme de représentation d'ontologie. Puis, coder l'ontologie dans un langage d'ontologie formel.

4. Processus de construction de l'ontologie

Nous utilisons un processus de construction dans le développement de l'ontologie partant de connaissances brutes et arrivant à une ontologie d'application opérationnelle représentée par le langage OWL.

4.1. Spécification

Cette étape consiste à établir un document formel de spécification des besoins représenté dans le langage RDF. Ce dernier, permet de décrire l'ontologie à construire, à travers les quatre aspects suivants :

- a. **Domaine de connaissance** : cet aspect consiste à déterminer précisément que possible le domaine que va couvrir l'ontologie.
- b. **Objectifs** :cet aspect précise le but de l'ontologie à créer pour le domaine considéré.
- c. **Utilisateurs** :cet aspect consiste à identifier les utilisateurs prévus de l'ontologie à créer.
- d. **Portée de l'ontologie** :cet aspect consiste à déterminer a priori la liste des termes les plus importants pour le domaine à représenter.

4.2. Conceptualisation

4.2.1. Présentation

La conceptualisation consiste à identifier et à structurer, à partir des sources d'informations, les connaissances du domaine. Pendant cette étape, il faut procéder au tri des connaissances spécifiques au domaine et celles, qui, bien présentes dans le domaine, ne participent qu'à des connaissances du domaine. Une fois les concepts identifiés par leurs termes, il faut en décrire la sémantique dans un langage semi-formel, en indiquant leurs propriétés, leurs instances connues et les liens qu'ils entretiennent entre eux. Pour ce faire, nous inspirons de l'étape de conceptualisation qui est l'étape la plus importante dans la méthode **METHONTOLOGY**.

Pour cela on distingue les principales activités suivantes **Figure3.2**:

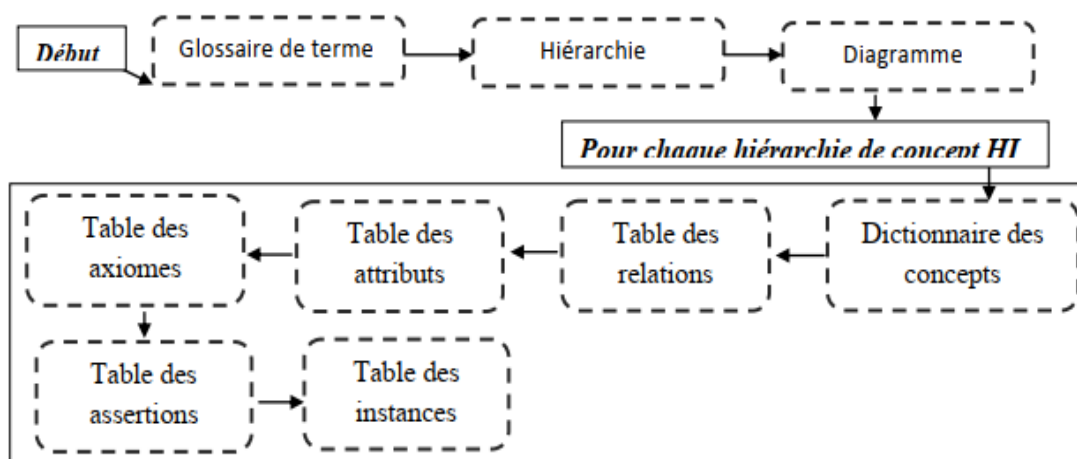


Figure3.2 :Le processus d'identification et de structuration des connaissances.

4.2.2. Construction d'un glossaire de termes :

La première chose à faire quand le constructeur de l'ontologie essaye de capturer la connaissance d'un domaine donné est de construire un glossaire de terme. Le glossaire recueille et décrit tous les termes qui sont utiles et potentiellement utilisables dans le domaine que l'on investit.

4.2.3. Construction des hiérarchies de concepts :

Une hiérarchie de concepts organise un groupe de concepts entre eux sous forme d'une taxonomie. Les hiérarchies de concepts sont utilisées non seulement pour spécifier les relations taxonomiques entre concepts, mais aussi pour modulariser la connaissance de domaine.

4.2.4. Construction du diagramme des relations binaires :

Une relation binaire permet de relier deux concepts entre eux (un concept source et un concept cible). « Si R est une relation entre deux concepts C1 et C2 alors pour tout coup d'instances des concepts C1 et C2, il existe une relation de type R qui lie deux instances de C1 et C2 ». Cette phase consiste à construire un diagramme de relations binaires. Ce diagramme permet de représenter de manière graphique les diverses relations qui existent entre les divers concepts de même ou de différentes hiérarchies.

4.2.5. Construction d'un dictionnaire de Concepts (DC) :

Le dictionnaire de concepts contient tous les concepts du domaine, et pour chaque concept ses instances connus, ses propriétés (attributs) et ses concepts synonymes.

4.2.6. Construction de la table des relations binaires :

La table des relations binaires définie pour chaque relation dans laquelle le concept source figure dans la hiérarchie H_i courante, nous devons compléter les champs : le nom de la relation, le nom des concepts sources et cibles, le nom de la relation inverse et les cardinalité source et cible.

4.2.7. Construction de la table des attributs :

Pour chaque attribut d'un concept inclus dans le DC, nous devons compléter les champs suivants : le nom d'attribut. Sa description en langage naturel, le type, la cardinalité : la valeur.

4.2.8. Construction de la table d'axiomes logiques :

On a recours aux axiomes pour structurer des phrases qui sont toujours vraies. La table des axiomes définit les concepts au moyen des expressions logiques. Chaque axiome comporte, le nom de concept sur lequel porte l'axiome, une description en langage naturelle, et une expression logique.

4.2.9. La table des instances :

La table des instances décrit toutes les instances (incluses dans le champ instances de dictionnaire de concepts) avec leurs attributs et valeurs.

4.2.10. La table des assertions :

Les assertions affirment l'existence de relations entre des instances. La table des assertions définie pour chaque concept source 'Cs' représenté dans la table des relations binaires et pour chaque instance 'I' de 'Cs' définie dans la table des instances- les instances du concept cible 'Cc' qui sont en relation par 'R' avec l'instance 'I'.

4.3. Formalisation

Dans cette étape s'intéresse à la formalisation de l'ontologie conceptuelle obtenue précédemment afin de faciliter sa représentation ultérieure dans un langage complètement formel et opérationnel. Notre choix est porté sur le formalisme de représentation de la logique de description qui permet de représenter les connaissances relatives à un domaine de référence à l'aide de "descriptions" qui peuvent être des concepts, des rôles et des individus.

La logique de description est constituée de deux parties : une partie terminologique (TBOX) permettant de décrire les concepts et les rôles et d'une partie assertionnelle (ABOX) décrivant les instances.

5. Conception de notre ontologie

Afin de plus aisément comprendre la façon de développer une ontologie qui une ontologie de réseau de capteurs pour la météorologie basée sur l'ontologie standard SSN, à travers Le processus proposé, le plus simple est d'en créer une, étape par étape.

5.1. Spécification

Pour développer une ontologie il faut commencer par la phase de spécification qui consiste à établir un document de spécification des besoins. Nous décrirons l'ontologie à construire à travers les quatre aspects suivants :

- a. **Domaine de connaissance** : il s'inscrit dans le cadre des réseaux de capteurs sans fils dans la météorologie.
- b. **Objectif** : l'objectif majeur est l'enrichissement sémantique des descriptions des capteurs et des flux de capteurs et l'interopérabilité entre les données de capteurs provenant de différentes sources.
- c. **Utilisateurs** : cet aspect consiste à identifier les utilisateurs prévus de l'ontologie à créer. Les utilisateurs de cette ontologie sont les applications web qui doivent exploiter les ontologies pour atteindre l'objectif visé.

d. Portée de l'ontologie : cet aspect consiste à déterminer a priori la liste des termes les plus importants pour le domaine à représenter .dans notre ontologie nous pouvons déterminer les termes globaux suivants : { capteur, observation, propriété... }

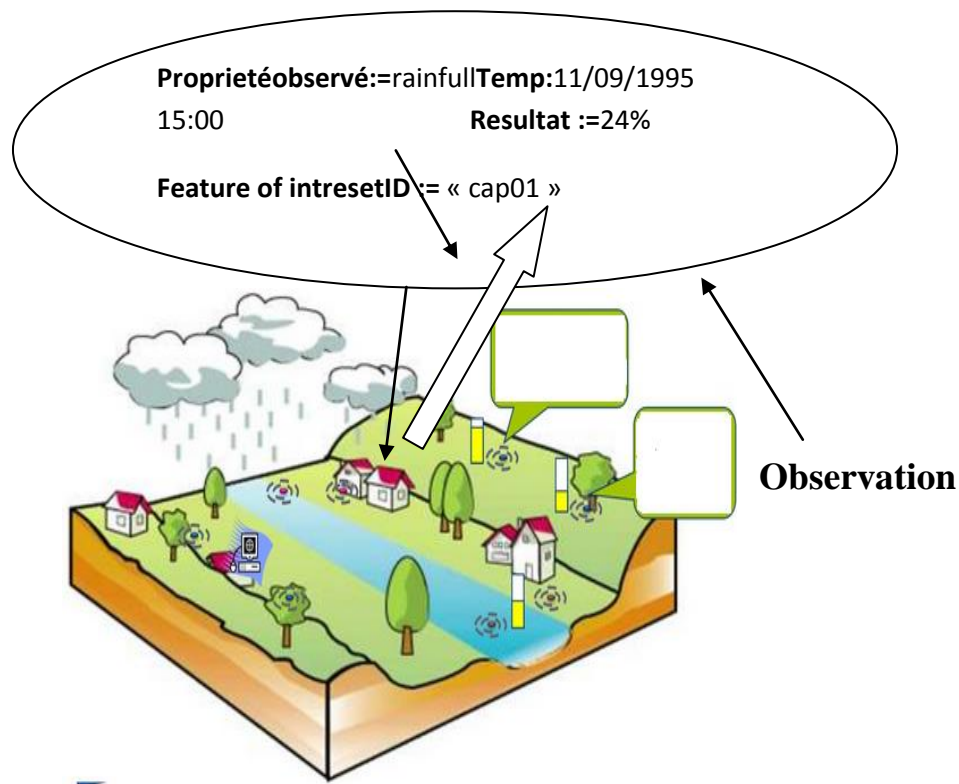


Figure3.3: Termes générale de notre modèle ontologique.

5.2. Conceptualisation

La conceptualisation mérite une attention particulière car elle détermine le reste de la construction de l'ontologie. L'objectif est d'organiser et de structurer la connaissance, en utilisant des représentations semi-formelles indépendantes des paradigmes de la représentation des connaissances dans lesquels l'ontologie sera formalisée. La conceptualisation a été faite avec une approche hybride (de haut en bas et de bas en haut) en définissant d'abord les concepts les plus importants et en les généralisant autant que possible.

Dans le domaine météorologique, nous avons besoin de connaissances ontologiques pour les observations de capteurs, les observations de données, les situations, et nous avons aussi besoin de connaissances ontologiques pour la modélisation des localisations temporelles et spatiales .Ainsi, en étendant l'ontologie du W3C SSN, nous avons défini des concepts de base et leurs relations pour la surveillance météorologique.

A. Construction de glossaire de terme

| Terme | Description |
|-------------------------------------|---|
| Objet physique | Une entité tangible et visible |
| Platform | C'est une entité à laquelle un système peut être attaché. |
| System | Est une unité d'abstraction représentant les éléments de l'infrastructure de la détection. Il a des sous-systèmes (System) qui peuvent être Dispositid, capteur.. |
| Réseaux de capteur sans fils | Un RCSF est un système de communication distribué constitué d'un nombre élevé de nœuds capteurs. |
| dispositif | Un dispositif est un morceau physique construit de petits appareils et des composants logiciels (System). |
| Dispositif de communication | C'est le dispositif responsable d'effectuer toutes les émissions et réceptions des données de capteur. |
| Bluetooth | un standard de communication permettant l'échange bidirectionnel de données à très courte distance et utilisant des ondes radio UHF. |
| Dispositif de détection | C'est le dispositif qui met en œuvre la détection |
| Capteur | un capteur est une entité qui peut suivre une méthode de détection (Sensing) pour observer une propriété(Property) avec une capacité de mesure (Measurement capability), détecte seulement l'entrée du capteur (SensorInput). C'est un dispositif (Device) qui se compose d'une unité de traitement, de communication, de détection et c'est généralement alimenté par batterie .Peut-être : Atmospheric Pressure Sensor, HumiditySensor, MechanicalSensor, TemperatureSensor or PrecipitationSensor. |
| Thermomètre | Est un dispositif (Sensor) permet de transformer l'effet du réchauffement ou du refroidissement sur leurs composants en signal électrique. |
| girouette | Est un dispositif permet d'indiquer la direction du vent |
| Baromètre | Est un dispositif permet de mesurer la pression atmosphérique |

| | |
|---------------------------------|--|
| Pluviomètre | Un détecteur d'occurrence de précipitations est un appareil qui détecte la présence d'hydrométéores et en détermine le type (pluie, neige, bruine, etc.) et l'intensité. |
| Anémomètre | Est un dispositif permet d'évaluer la vitesse du vent. |
| Hygromètre | Est un dispositif (Sensor) permet, de mesurer l'humidité relative de l'atmosphère |
| héliographe | Appareil enregistrant le nombre d'heures d'ensoleillement et utilisé pour mesurer la nébulosité |
| GPS | Le Global Positioning System (GPS) est un Système de navigation et de géolocalisation par satellite. |
| Propriété | C'est une qualité observable d'un événement |
| Atmosphère pression | Caractérise la pression atmosphérique. |
| Air température | Caractérise la température de l'air |
| Vitesse de vent | Caractérise la vitesse du vent. |
| Direction de vent | Caractérise la direction du vent. |
| les pluies | Désigne tous les météores qui tombent dans une atmosphère et il peut s'agir de solides ou de liquides |
| Nébulosité | Caractérise la couverture nuageuse. |
| Humidité relative | Caractérise le taux d'humidité présent dans l'air (quantité de vapeur d'eau) |
| Stimulus | Un événement dans le monde réel qui « déclenche » le capteur. Les propriétés associées au stimulus peuvent être différentes de la propriété ObservableProperty observée. C'est l'événement, pas l'objet, qui déclenche le capteur. |
| Événement | Fait auquel aboutit une situation |
| Localisation observation | La position géographique de l'observation. |
| Localisation | Position géographique, déterminer l'emplacement où se situe une chose, un phénomène ou son origine |
| Résultat | Est une valeur observée (mesure) produite par un capteur, |

| | |
|----------------------------------|---|
| | représentée par une valeur |
| Processus | C'est une méthode qui peut-être : Sensing, Transforming. |
| transformant | C'est un processus qui peut décrire la façon dont les transformations des données ont été faites. |
| Sensing | La méthode de détection est un processus qui aboutit à l'estimation ou le calcul de la valeur d'un phénomène. Décrit le principe qui sous-tend un capteur et la façon dont les observations ont été faites. |
| communicant | Est un processus qui peut décrire la façon dont les communications ont été faites. Ses entrées peuvent être des sorties du Sensor Output. |
| Situation | Peut-être : Observation ou Communication |
| Communication | C'est la situation qui permet de lier les différents nœuds du réseau, et l'acte d'observation |
| Observation | Acte d'effectuer une procédure d'observation pour calculer une valeur d'une propriété d'une caractéristique observée (Feature Of Interest). |
| Unité de mesure | Est un étalon nécessaire pour la mesure d'une grandeur physique |
| Temps observation | un temp de l'observation. |
| Temps | C'est une période |
| Caractéristique d'intérêt | Les entités dans le monde réel qui sont la cible de la détection |
| Moyen | Caractérise le sol, l'air, l'eau de mer et de l'atmosphère |
| Précipitation | Caractéristique liée aux chutes de neige et la pluie |
| Vent | Concerne la vitesse et la direction du vent |
| Surface moyen | Concerne l'humidité et la pression de l'air |
| Phénomène | Représente le phénomène physique qui se produise dans un environnement. |
| Pression | Force qui agit sur une surface donnée |
| Humidité | Désigne en météorologie la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air. |

| | |
|-------------------------------------|---|
| vent | Désigne le mouvement horizontal de l'air. Sa mesure comprend deux paramètres : sa direction et sa vitesse. |
| Température | Degré de chaleur ou de froid de l'atmosphère. |
| Précipitation | Eau qui tombe en gouttes des nuages sur la terre. |
| potentiellement glacé | Phénomène potentiel de la formation d'une couche de glace naturelle très mince qui se forme sur un sol au-dessous de 0 °C |
| Blizzard | Un phénomène qui désigne le brouillard. |
| Type de capteur | Les différents types de capteurs qui peuvent être : TemperatureSensor, HumiditySensor, Percipitationsensor, Wind Speed Sensor, Wind DirectionSensor, Pressure Sensor, Cloud CoverSensor ou Insolation Sensor. |
| Capteur de température | Type caractérise les capteurs de température |
| Capteur d'humidité | Type caractérise les capteurs d'humidité |
| Capteur de précipitation | Type caractérise les capteurs de précipitation |
| Capteur de vent | Type caractérise les capteurs d'humidité. |
| Capteur de pression | Type caractérise les capteurs de pression |
| Capteur de nuage | Type caractérise les capteurs de la couverture nuageuse |
| Capteur de direction de vent | Type caractérise les capteurs de la direction du vent. |
| Capteur de vitesse de vent | Type caractérise les capteurs de la vitesse du vent. |

Table 2.1 : Glossaire de termes

B. Construction de diagramme de classification de concepts

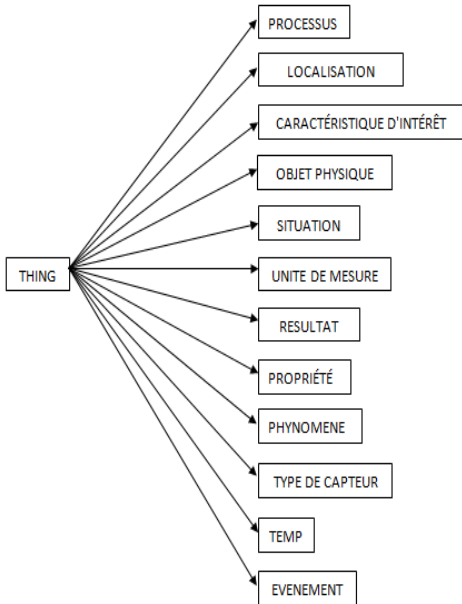


Figure3.4: classification des concepts de l'hierarchie 1

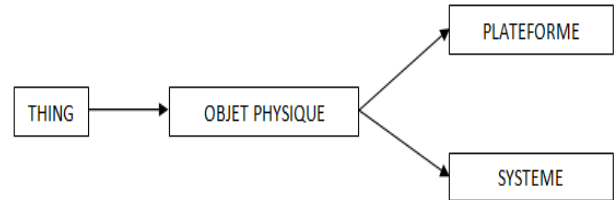


Figure3.5 : classification des concepts de l'hierarchie 2

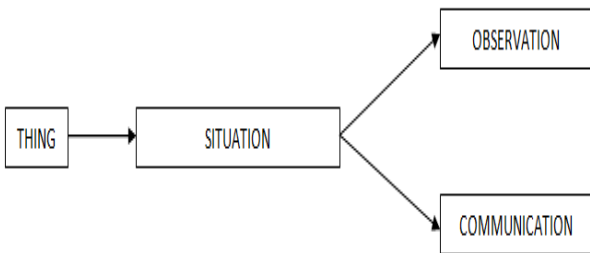


Figure3.6: classification des concepts de l'hierarchie 3

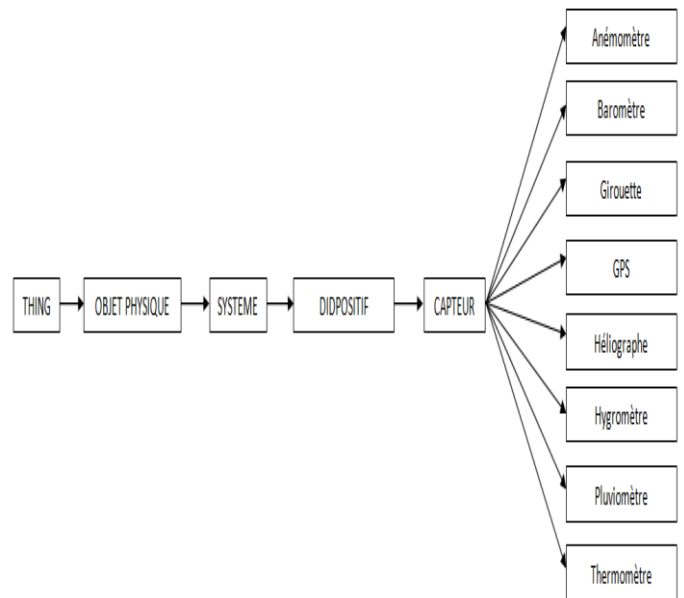


Figure3.7 : classification des concepts de l'hierarchie 4

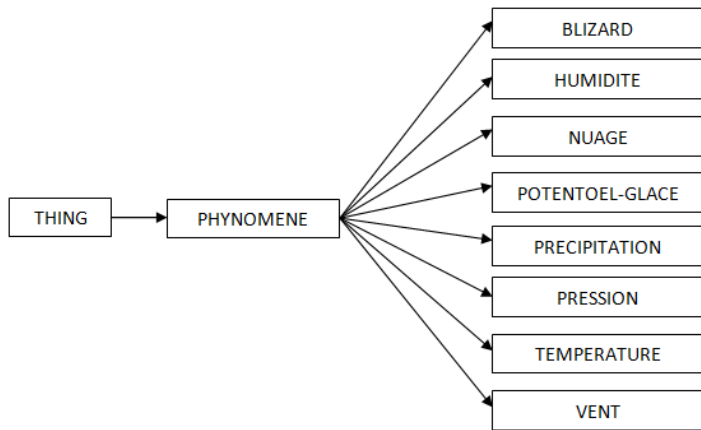


Figure 3.8: classification des concepts de l'hierarchie 5

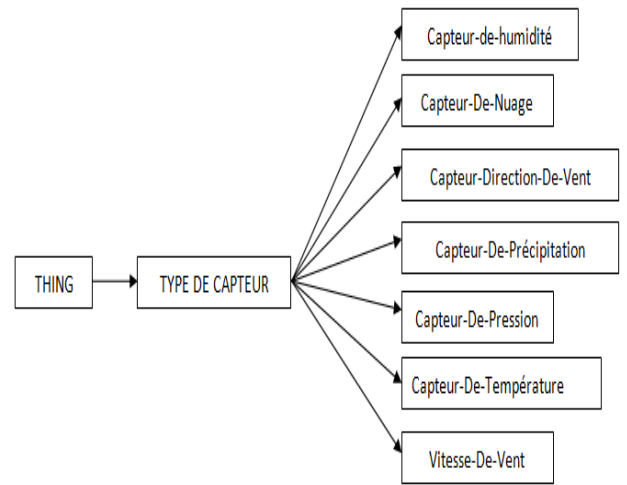


Figure 3.9 : classification des concepts de l'hierarchie 6

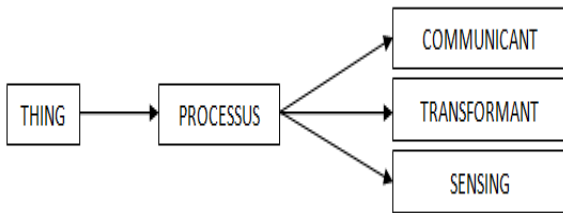


Figure 3.10: classification des concepts de l'hierarchie 7 Figure 3.11 : classification des concepts de l'hierarchie 8

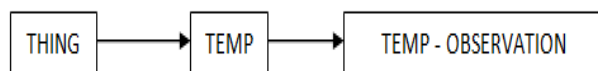


Figure 3.12 : classification des concepts de l'hierarchie 9

D. Dictionnaire de concepts

| Nom du concept | Concept synonymes | Attributs | Instances |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--|---|
| capteur | Sensor Detecteur Sensingdevice | ID Capacité info Capacité memo Capacité batterie Date creation | Thermometre Barometre Heliograph Hygrometre Pluviometre Anemometre GPS |
| observation | - | Temps Valeur | Obs01 Obs02 Obs03 ... |
| propriété | Property | Description_propriété | Vitesse de vent Humidité relative Lespluies Atmosphere pression ... |
| Réseau de capteurs sans fils | WirelessSensorNetwork | Wsn_description Wsn_identification | Wsn_1 Wsn_2 |
| Platform | Plate-forme | NamePlatform | Station_1 Station_2 |
| Temp | Time | Date Temp | D1-t1 D2-t2 D3-t3 |
| ... | ... | ... | ... |

Table 2.2 : Le dictionnaire de concepts.

E. Tableaux des relations binaires

| Nom de relation | Concept source | Cardinalité source | Concept cible | Cardinalité cible | Relation inverse |
|--------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Implemente | Capteur | (1,n) | sensing | (1,1) | Implementé_par |
| Detecte | Capteur | (1,1) | stimulus | (1,n) | Detecte par |
| Observe_proprité | Capteur | (1,1) | proprité | (1,n) | Observe_prop_par |
| Situé | Capteur | (1,1) | localisation | (1,n) | - |
| Produit | Capteur | (1,1) | resultat | (1,n) | Est_produit par |
| A_type | Capteur | (1,1) | Type capteur | (1,n) | |
| Observe | Capteur | (1,n) | observation | (1,n) | Observe_par |
| Satisfair | observation | (1,1) | sensing | (1,1) | - |
| Involve | Observation | (1,1) | resultat | (1,1) | - |
| Dans_une | Observation | (1,1) | Localisation observation | (1,1) | - |
| Feature | Caracterestique d'interet | (1,n) | observation | (1,1) | Est_observe_dans |
| A_unité de mesure | Observation | (1,1) | Unité de mesure | (1,1) | |
| A_proprité | Caracterestique d'interet | (1,1) | proprité | (1,n) | Est_propriete_de |
| Mesure | observation | (1,n) | phenomene | (1,n) | Est_mesuré_par |
| Dans_uneperiode | observation | (1,1) | temp | (1,1) | - |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |

Table 2.3 : Table des relations binaires

F. Tableaux des attributs

| Attribut | Type | Cardinalité | Valeur par défaut | Domaine de valeur |
|--------------------------|----------------|--------------|-------------------|--|
| ID | String | (1,1) | - | - |
| Temp | Date | (1,1) | - | AAAA/MM/JJ Hh :mm :ss |
| Capacité mémoire | String | (1,1) | - | - |
| Capacité batterie | String | (1,1) | - | - |
| valeur | Integer | (1,1) | - | - |
| ... | ... | ... | ... | ... |

Table 2.4 :la table des attributs.

G. Construction de la table des axiomes logiques :

| Le concept | La description | L'expression logique |
|----------------------|---|--|
| System | Un système peut être : un capteur, Dispositif ou réseau de capteurs sans fil | $\forall(X), \text{System}(X) \Rightarrow \text{capteur}(X) \vee \text{Dispositif}(X) \vee \text{reseau de capteur sans fil}(X)$ |
| Capteur | Un capteur (Sensor) est un système qui peut être : capteur d'Humidity, capteur de Temperature, GPS ou capteur de Precipitation... | $\forall(X), \text{capteur}(X) \Rightarrow \text{capteur d'Humidity}(X) \vee \text{GPS}(X) \vee \text{capteur Temperature}(X) \vee \text{capteur de Precipitation}(X)$ |
| Un dispositif | Un dispositif (Device) est un système qui peut être : ProcessingDevice, SensingDevice, | $\forall(X), \text{Device}(X) \Rightarrow \text{ProcessingDevice}(X) \vee \text{SensingDevice}(X)$ |
| Situation | Une Situation peut être : Observation, Communication. | $\forall(X), \text{Situation}(X) \Rightarrow \text{Observation}(X) \vee \text{Communication}(X)$ |

| | | |
|-----------------------|---|---|
| Phénomène | Un phénomène peut être : Blizzard, Potentialy-glace, vent, Température, nuage, précipitation, Pression ou Humidité. | $\forall(X), \text{Phenomena}(X)$ $\Rightarrow \text{Blizzard}(X) \vee \text{Potential-}$ $\text{glace}(X) \vee \text{vent}(X)$ $\vee \text{Température}(X)$ $\vee \text{nuage}(X)$ $\vee \text{précipitation}(X)$ $\vee \text{Pression}(X) \vee \text{Humidité}(X).$ |
| Objet physique | Un objet physique peut être :Platform ou System | $\forall(X), \text{Object physique}(X)$ $\Rightarrow \text{Platform}(X) \vee \text{System}(X).$ |
| ... | ... | ... |

Table 2.5: La table des axiomes logique.

H. Tableaux des instances

| Instance | Attribut | Valeur |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Barometre | ID | 101 |
| | Capacité d'info | High |
| | Capacité de mémoire | High |
| | Capacité de batterie | High |
| | Creation de date | 2016- 02-12T14:39:40 |
| Obs01 | Valeur | 52 |
| | | ... |
| Bluetooth | Besoin de mémoire | 4_32 Kb |
| | Vitesse de transfert | 200 Kb/s |
| | Portée | 100 m |
| ... | ... | ... |

Table 2.6 : La table des instances

I. Construction de la table des assertions

| Relation | Instance source | Instance cible |
|--------------------------|------------------------|--------------------------------|
| A type | Barometre01 | Capteur de pression |
| Observe_propriété | Barometre01 | Atmosphere pression |
| Observe | Barometre01 | Obs03 |
| Situe | Barometre01 | Loc_04 |
| A type | GPS | Capteur de localisation |
| Observe_propriété | GPS | - |
| Observe | GPS | Obs02 |
| Situe | GPS | Loc_02 |
| A type | Thermometre | Capteur_de_temperature |
| Observe_propriété | Thermometre | Air_temperature |
| Observe | Thermometre | Obs01 |
| Situe | Thermometre | Loc_01 |
| Dans_une | Obs01 | Loc_01 |
| Dans_temp | Obs01 | 11/10/2011 11 :02 :10 |
| Dans_une | Obs02 | Loc_02 |
| Dans_temp | Obs02 | 12/02/2000 10 :50 :14 |

Table 2.7: La table des assertions

5.3. Formalisation

5.3.1. construction de TBOX :

a. Définition des concepts

| concept | Definition | Relation de subsumption |
|----------------|--|-------------------------------------|
| System | capteur \cup Dispositif \cup reseau de capteur sans fil $\cap (\forall a_sous_system, System) \cap (\forall dans_platform, Platform)$ | System \subseteq Objet_physique |
| Processus | Communication \cup Sensing \cup Transformation | Processus \subseteq Thing |
| Sensing | Processus $\cap (\exists a_resultat, resultat).$ | Sensing \subseteq Process |
| Situation | Observation \cup Communication | Situation \subseteq Thing |
| Observation | Situation $\cap (\forall produit, Résultat) \cap (\forall observe_propriété, Propriété) \cap (\forall observe_par, capteur) \cap (\forall feature, caractéristique_d'iteret) \cap (\exists dans_une_periode, temp).$ | Observation \subseteq Situation |
| capteur | GPS \cup Thermomètre \cup Pluviomètre \cup Baromètre \cup Hygromètre \cup Anemometre \cup Girouette \cup Héliographe $\cap (\exists Id, Integer) \cap (\exists capacite_batterie, string) \cap (\exists capacite_memoire, String) \cap (\exists capacite_d'information, String) \cap (\exists date_de_creation, DateTime) \cap (\forall dans_une_Platform, Plat_form) \cap (\forall observe, Observation) \cap (\forall observe_Propriete, Propriété) \cap (\forall situe, Location) \cap (\forall a_Type, Type_capteur) \cap (\forall deteces, Stimulus) \cap (\forall implemente, Sensing)$ | Capteur \subseteq System |
| Type_de_ | Capteure_de_pression \cup Capteur_de_precipitation \cup Capteur_de_temperature \cup Capteur_de_humidite \cup | Type_de_capteur \subseteq Thing |

| | | |
|---------------|---|-----------------------------|
| Capteur | Capteur_de_vitesse_de_ventUCapteur_de_direction_de_ventUCapteur_de_nuage. | |
| Phenome ne | Blizzard UPotentiel-glace UTemperatureUventUPressionUHumiditeUpluieUnuage. | Phenomene \subseteq Thing |

Table 2.8 : Définition des concept (dans TBOX).

b. Définition des rôles

| Roles | Couple(cible,source) | Roles inverse |
|--------------------------|--|------------------------|
| A_type | (Capteur,Type_de_capteur) | - |
| Implemente | (Capteur,Sensing) | Implemente_par |
| Situe | (Capteur, Location) | - |
| A_unite_de_mesure | (Observation,Unite_de_mesure) | - |
| Detecte | (Capteur, Stimulus) | Detecte_par |
| Mesure | (Observation,Phenomene) | - |
| Produit | (Capteur, Resultat) | Est_produit_par |
| Dans_une | (Observation,Localisation_observation) | - |
| Observe | (Capteur, Observation) | Est_observe_par |
| Involve | (Observation, Resultat) | - |
| ... | ... | ... |

Table 2.9 : Définition des rôles (dans TBOX)

5.3.2. Construction de ABOX

Représentation de la partie assertionnelle (A_box) : Le langage assertionnelle est dédié à la description des faits, en spécifiant les individus (avec leurs classes) et les relations entre eux de la manière suivante :

- **A : C** {Pour dire que A est une instance de la classe C}.
- **(A1, A2) : R** {Pour dire que les deux individus A1 et A2 sont reliés par la relation R}.

a. Partie assertionnelle des concepts

| Concept | Description |
|--------------------------|---|
| Localisation_Observation | Kais : Localisation_Observation Khenchela : Localisation_Observation |
| Type_de_capteur | Capt_temperature : Type_de_capteur Capt_humidite : Type_de_capteur |
| Observation | Obs01 : Observation Obs02 : Observation |
| ... | ... |

Table 2.10 : Description assertionnelle des concepts.

b. Partie assertionnelle des rôles

| Relation | Description |
|----------|---|
| Dans_une | (obs01,kais) : dans_une (obs02,khenchela) : dans_une |
| A_type | (thermometre,capt_temperature) :a_type (anemometre,capt_vitess_vent) :a_type |
| Observe | (thermometre,obs03) : observe |
| ... | ... |

Table 2.11 : Description assertionnelle des rôles

Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté les différentes étapes par lesquelles on a passé pour construire une ontologie de notre projet, et on a présenté le résultat de la conception sous forme d'une liste de concepts, une liste de relations et une autre des attributs en plus d'une représentation hiérarchique.

Après avoir effectué la conception de notre ontologie et la façon d'exploiter ses connaissances, nous allons à présent entamer dans le chapitre suivant l'implémentation de l'ontologie.

CHAPITRE 4

IMPLEMENTATION ET ANNOTATION SEMANTIQUE

1. Présentation de l’outil Protégé 4.3

Pour l’implémentation de notre ontologie nous avons utilisé l’éditeur Protégé 4.3 qui est L’interface de Protégé complet ainsi que l’architecture logicielle ouverte et extensible permettant l’insertion de plug-ins, ont grandement participé au succès de Protégé .Ces plug-ins pouvant apporter de nouvelles fonctionnalités entre autres Onto Graf permet de gérer des représentations sous forme graphique, SPARQL Query qui est dédié pour l’exécution des requêtes SPARQL, et un plugin dédié à OWL.

2. Etapes de création de notre ontologie

Après le lancement de Protégé nous obtiendrons une interface divisée en (**Figure4.1**) qui est divisé en vues qui dépendent des onglets (Active Ontology, Entités, Classes, ...). Dans l’onglet Active Ontologie nous définissons l’URI de notre ontologie dans Ontology IRI ,dans le menu système File/Save nous choisissons le format de sauvegarde de l'ontologie, dan snotre cas il s’agit de OWL/XML ainsi l'endroit où sera enregistrer notre ontologie

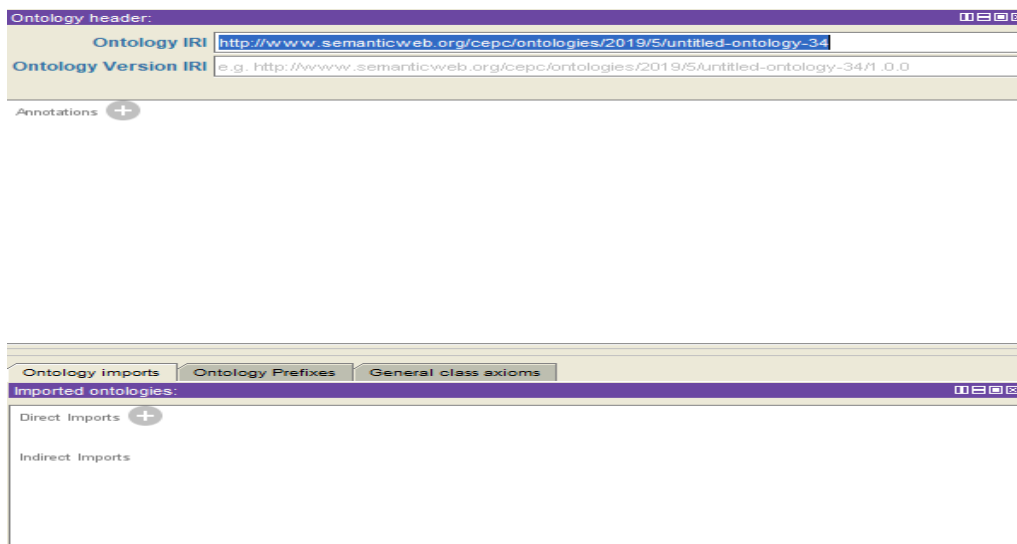


Figure4.1 : l’interface de protégé 5.2

2.1. Définition des classes

Dans le sous-onglet **Classes** de l'onglet **Entities** (Figure 4.2). En cliquant sur Thing dans la vue **Class hierarchy** qui est la racine de toutes les classes que nous allons créer. En appuyant sur le premier bouton en haut à gauche de cette vue, un dialogue apparaît qui permet de créer une classe qui sera une sous-classe de la classe sélectionnée, le deuxième bouton permet de créer une classe sœur de la classe sélectionnée et le troisième bouton détruit la classe sélectionnée ainsi que ses sous-classes. La partie droite de l'écran permet de voir des informations sur les classes et d'en changer les caractéristiques. Pour indiquer que les classes sont disjointes nous choisissons une classe et nous indiquons l'autre dans Disjoint With dans la vue Description.

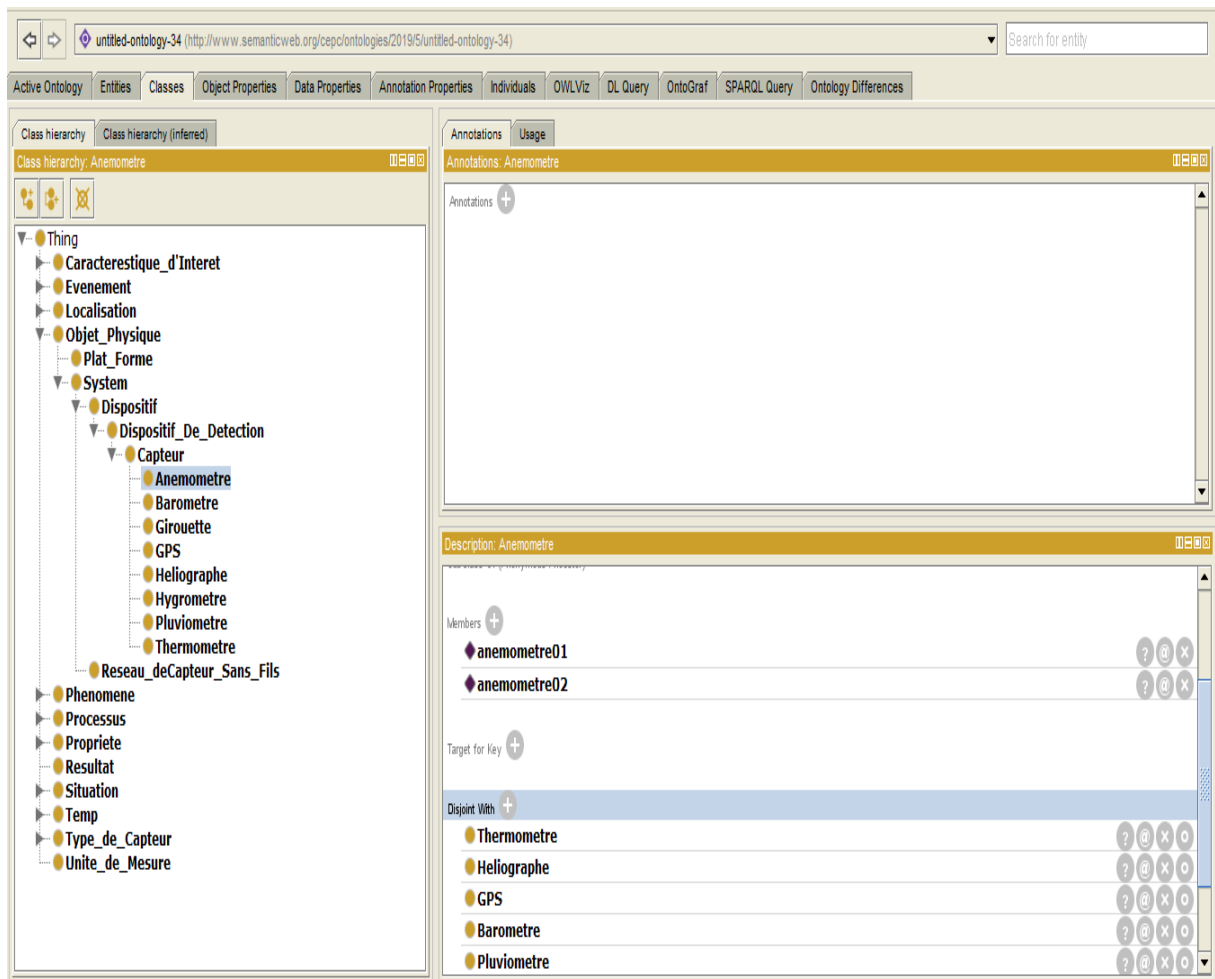


Figure 4.2 : La hiérarchie de classes

2.2. Définition des propriétés

Les propriétés des classes peuvent être de deux types différents attribut ou rôle. Il s'agit des attributs « datatypeProperty » des concepts et des rôles « objectProperty » qui relient les concepts.

2.2.1. Object property

Dans l'onglet **Object Properties**(**Figure 4.3**) nous allons créer la hiérarchie des propriétés et nous spécifions les caractéristiques (fonctionnalité, fonctionnalité inverse, symétrie, transitivité) et les autres propriétés équivalentes et différentes dans la vue **Characterist**. leur domaine (domain), co-domaine (range) et la relation inverse qui lui correspond(inverseOf) dans la vue **Description**.

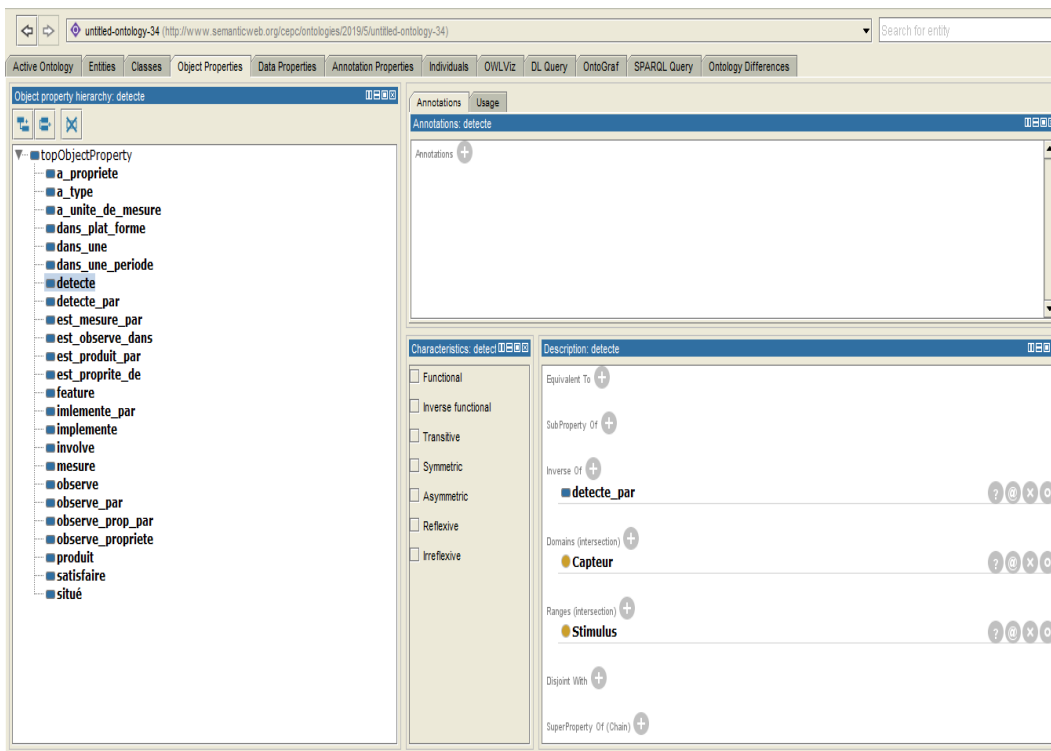


Figure4.3: L'onglet Object Properties

2.2.2. Data type property

Dans l'onglet Data Properties (**Figure4.3**) en cliquant sur le bouton de l'ajout d'une propriété dans la vue Data property hierarchy pour ajouter les propriétés et dans la vue Description nous spécifions leur domaine (domain), co-domaine (range) qu'il s'agit d'un type de valeur.

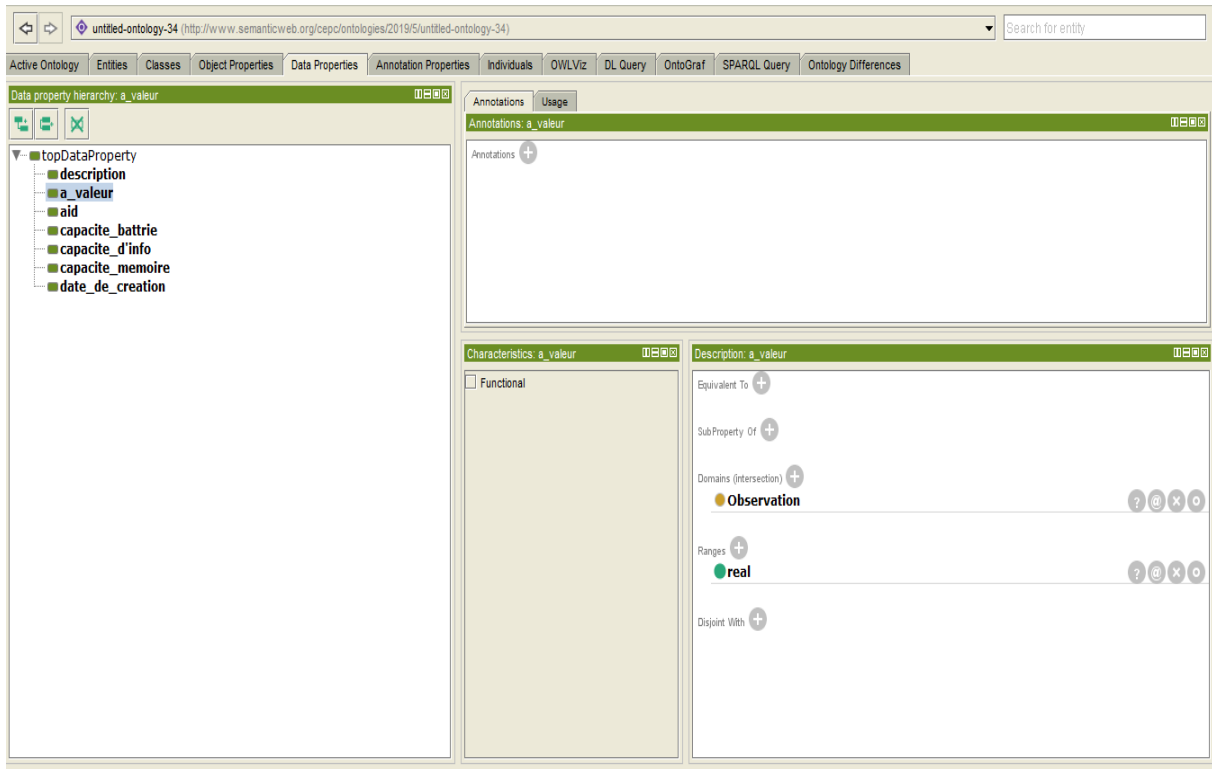


Figure4.3 : L'onglet Data Properties.

2.1. Ajout des individus

Pour ajouter des instances des classes, dans l'onglet **Individuals** (**Figure4.4**) nous sélectionnons la classe à instancier dans la vue en haut à gauche et nous ajoutons un individu comme membre dans la vue **Instances**. Dans la vue **Property assertions** nous complétons les champs soit par les valeurs des attributs « **Data property assertions** », soit par les noms des instances « **Object property assertions** » avec lesquelles cette instance est reliée par un rôle.

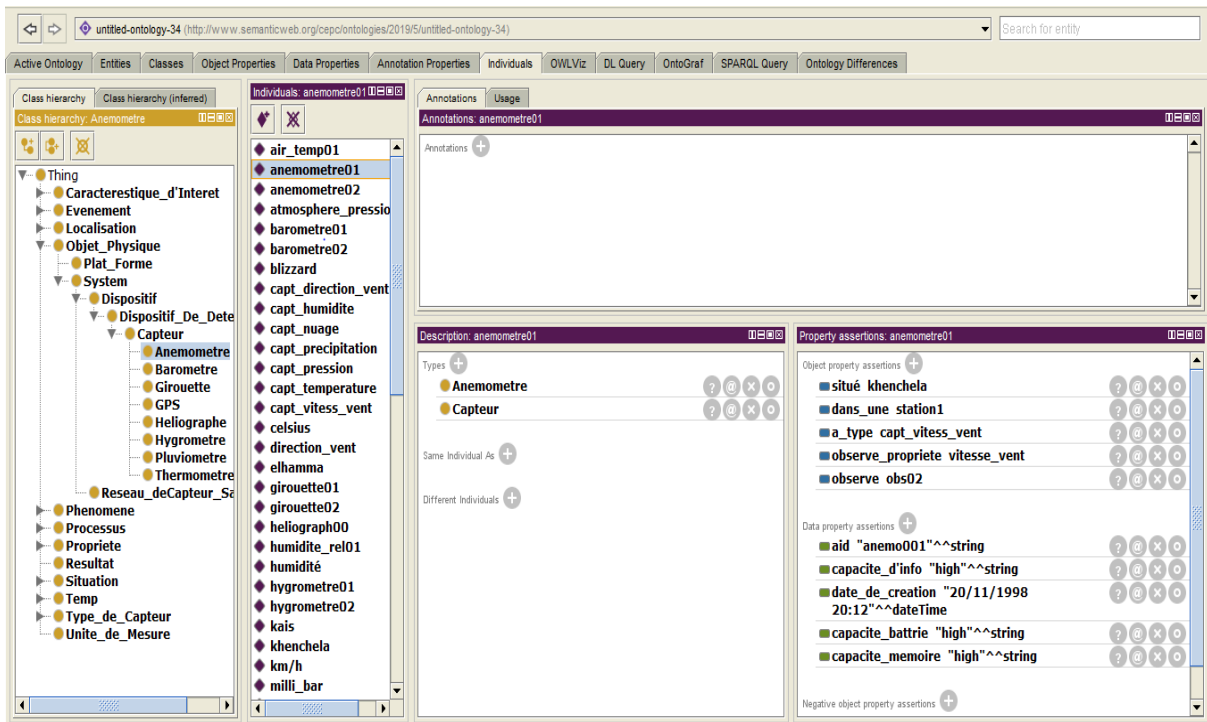


Figure4.4: L'onglet Individuals

3. Annotation sémantique des capteurs et des observations avec RDF

Pour enrichir sémantiquement des données nous devons les annoter. La deuxième partie de notre approche consiste à proposer un ensemble d'annotations sémantiques qui permet d'associer des Meta-données aux capteurs (propriétés des capteurs et localisation... etc.) et les flux des capteurs (mesures et observations obtenue à partir des capteurs), en prenant par considération les deux critères spatial et temporel. Pour l'annotation des capteurs et des observations nous utilisons le langage RDF, selon notre modèle ontologique proposé les annotations sont stockées dans un dépôt de triplets. Ce dernier est utilisé pour le stockage et la récupération de triplets via des requêtes sémantiques ainsi de les partager et de les réutiliser entre les systèmes et les utilisateurs.

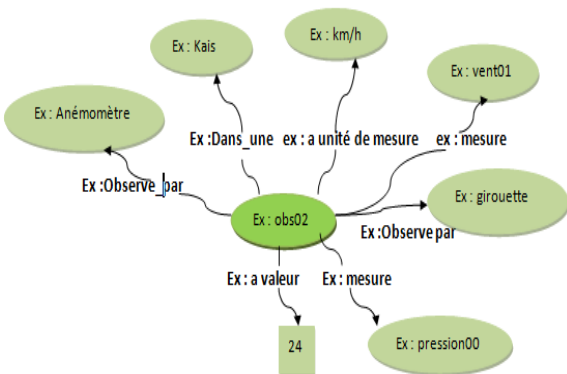
Les capteurs et leurs observations sont annotés au format RDF comme suit :

Obs02

Annotation RDF:

```

<ex:obs02 rdf:type ex:Observation>
<ex:obs02 ex:dans_une ex:Kais>
<ex:obs02 ex:a_valeur "24">
<ex:obs02 ex:observe_par ex:anemometre>
<ex:obs02 ex:observe_par ex:girouette>
<ex:obs02 ex:mesure ex:vent01>
<ex:obs02 ex:mesure ex:pression00>
    
```



The screenshot shows a window titled 'Property assertions: obs02'. It is divided into sections:

- Object property assertions:** Contains five entries: 'mesure vent', 'dans_une kais', 'observe_par anemometre01', 'a_unite_de_mesure km/h', and 'observe_par girouette01'. Each entry has control icons (question mark, at-sign, X, O).
- Data property assertions:** Contains one entry: 'a_valeur 24'.
- Negative object property assertions:** Empty section with a plus sign.
- Negative data property assertions:** Empty section with a plus sign.

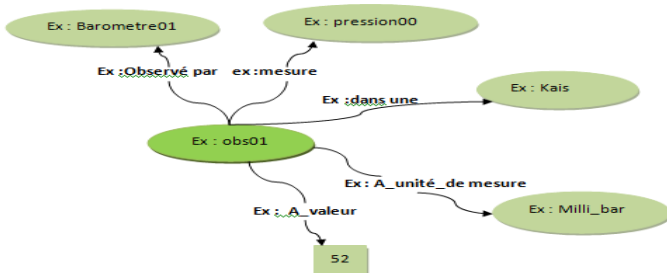
Figure 4.5: Graphe RDF et description sémantique de « obs02 »

Obs01

Annotation RDF:

```

<ex:obs01 rdf:type ex:Observation>
<ex:obs01 ex:dans_une ex:Kais>
<ex:obs01 ex:a_valeur "52">
<ex:obs01 ex:hasUnit ex:milli_bar ">
<ex:obs01 ex:observe par ex: barometre>
<ex:obs01 ex:mesure ex:pression00>
    
```



The screenshot shows a window titled 'Property assertions: obs01'. It is divided into sections:

- Object property assertions:** Contains four entries: 'a_unite_de_mesure km/h', 'mesure vent', 'dans_une kais', and 'observe_par anemometre02'. Each entry has control icons.
- Data property assertions:** Contains one entry: 'a_valeur "22"^^real'.
- Negative object property assertions:** Empty section with a plus sign.
- Negative data property assertions:** Empty section with a plus sign.

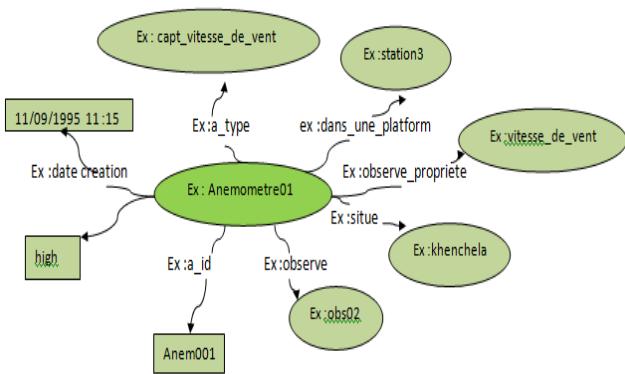
Figure 4.6 : Graphe RDF et description sémantique de « obs01 »

Anemometre01

Annotation RDF:

```

<ex: Anemometer01 rdf:type ex:capteur>
<ex: Anemometer01
ex:observe_Propriete ex:vitesse_de_vent>
<ex: Anemometer01 ex:dans_une_Platform ex:station3>
<ex: Anemometer01 ex:situe ex:khenchela>
<ex: Anemometer01 ex:a_ID ex:anem001>
<ex: Anemometer01 ex:a_Type ex:capt_vitesse_de_vent>
<ex: Anemometer01 ex:observe ex:obs02>
    
```



The screenshot shows a window titled 'Property assertions: anemometre01'. It is divided into three sections: 'Object property assertions', 'Data property assertions', and 'Negative object property assertions'. The 'Object property assertions' section lists: 'situé khenchela', 'dans_une station1', 'a_type capt_vitesse_vent', 'observe_propriete vitesse_vent', and 'observe obs02'. The 'Data property assertions' section lists: 'aid "anemo001"^^string', 'capacite_d'info "high"^^string', 'date_de_creation "20/11/1998 20:12"^^dateTime', 'capacite_batterie "high"^^string', and 'capacite_memoire "high"^^string'. Each entry has a set of control icons (question mark, at-sign, X, O).

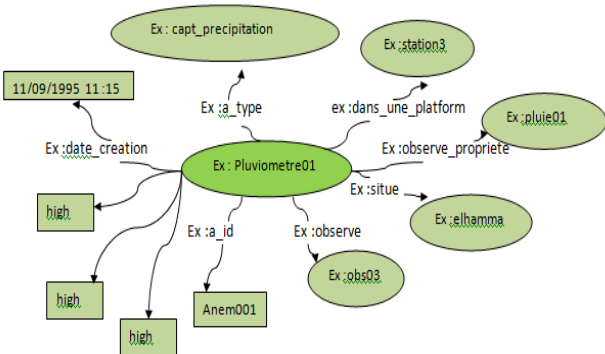
Figure4.7: Graphe RDF et description sémantique de « Anemometre01 »

Pluviometre01

Annotation RDF:

```

<ex: Pluviometre01 rdf:type ex:capteur>
<ex: Pluviometre01 ex:observe_Propriete ex:pluie01>
<ex: Pluviometre01 ex:dans_une_Platform ex:station3>
<ex: Pluviometre01 ex:situe ex:Elhamma>
<ex: Pluviometre01 ex:a_ID ex:pluv001>
<ex: Pluviometre01 ex:a_Type ex:capt_precipitation>
<ex: Pluviometre01 ex:observe ex:obs03>
    
```



The screenshot shows a window titled 'Property assertions: pluviometre01'. It is divided into three sections: 'Object property assertions', 'Data property assertions', and 'Negative object property assertions'. The 'Object property assertions' section lists: 'a_propriete pluie01', 'a_type capt_precipitation', 'dans_plat_forme station3', 'observe obs03', and 'situé elhamma'. The 'Data property assertions' section lists: 'aid "pluv001"^^string', 'capacite_memoire "high"^^string', 'date_de_creation "11/09/1995 11:17"^^dateTime', 'capacite_batterie "high"^^string', and 'capacite_d'info "high"^^string'. Each entry has a set of control icons (question mark, at-sign, X, O).

Figure4.8: Graphe RDF et description sémantique de « Pluviometre01 »

4. Interrogation de l'ontologie avec SPARQL

SPARQL est un langage de requête et un protocole qui permet de rechercher, d'ajouter, de modifier ou de supprimer des données RDF disponibles. Il est l'équivalent de SQL car comme en SQL, on accède aux données d'une base de données alors qu'avec SPARQL, on accède aux données du Web des données. Cela signifie qu'en théorie, nous pouvons accéder à toutes les données du Web avec ce standard. Grâce au SPARQL Query plug-in de Protégé qui fournit un support pour l'écriture et l'exécution de requêtes SPARQL, nous interrogeons notre ontologie

4.1. Ajout de SPARQL Query

Dans le menu système **Windows/Tabs** nous choisissons SPARQL Query pour ajouter son onglet (**Figure 4.8**).

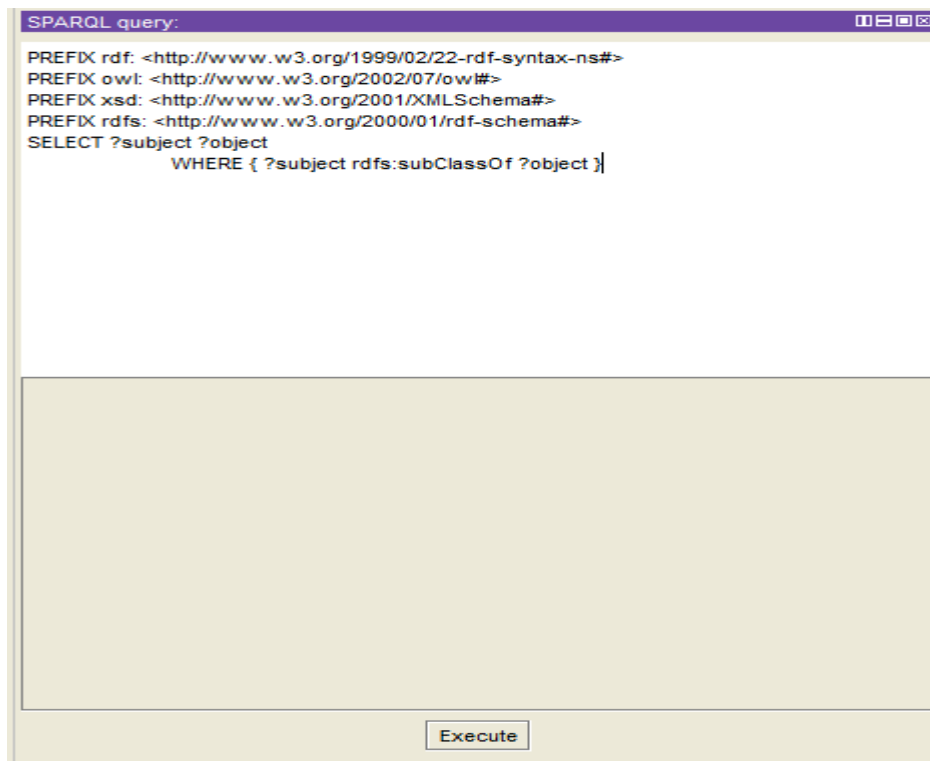


Figure4.8 : L'onglet SPARQL Query

Dans la partie d'édition de requêtes nous écrivons la requête à exécuter, en cliquant sur le boutons Exécute le résultat va apparaître juste en bas. Dans (la **Figure4.9**) nous montrons une requête SPARQL simple qui demande de sélectionner les capteurs et localisation qui observe observation obs02

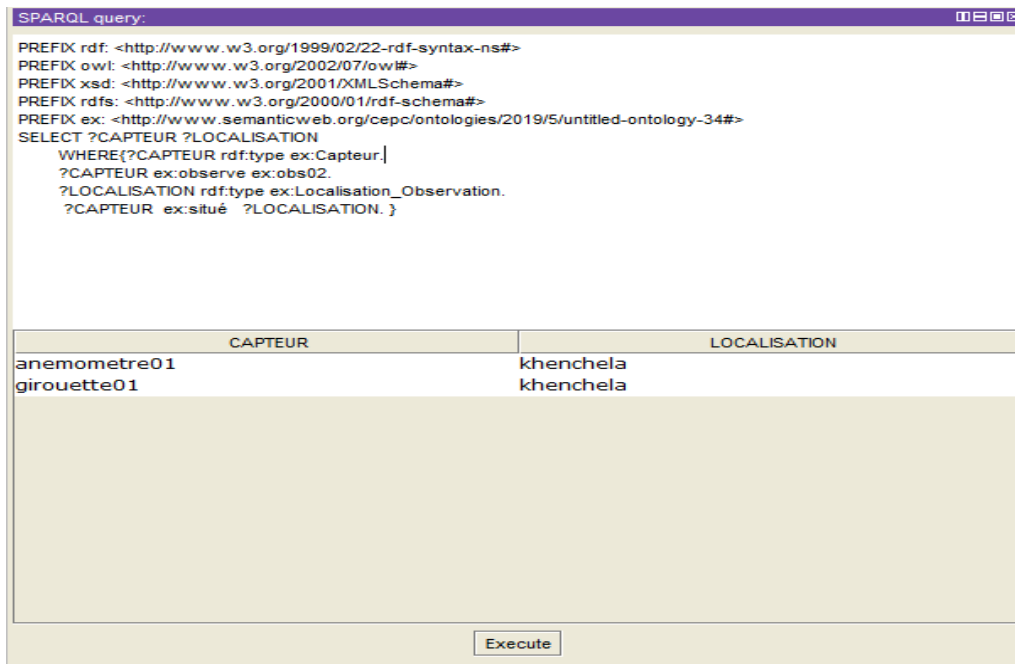


Figure4.9: Résultat d'exécution de la requête .

Dans (la Figure4.10) nous montrons une requête SPARQL simple qui demande de sélectionner les observations qui mesure la température.

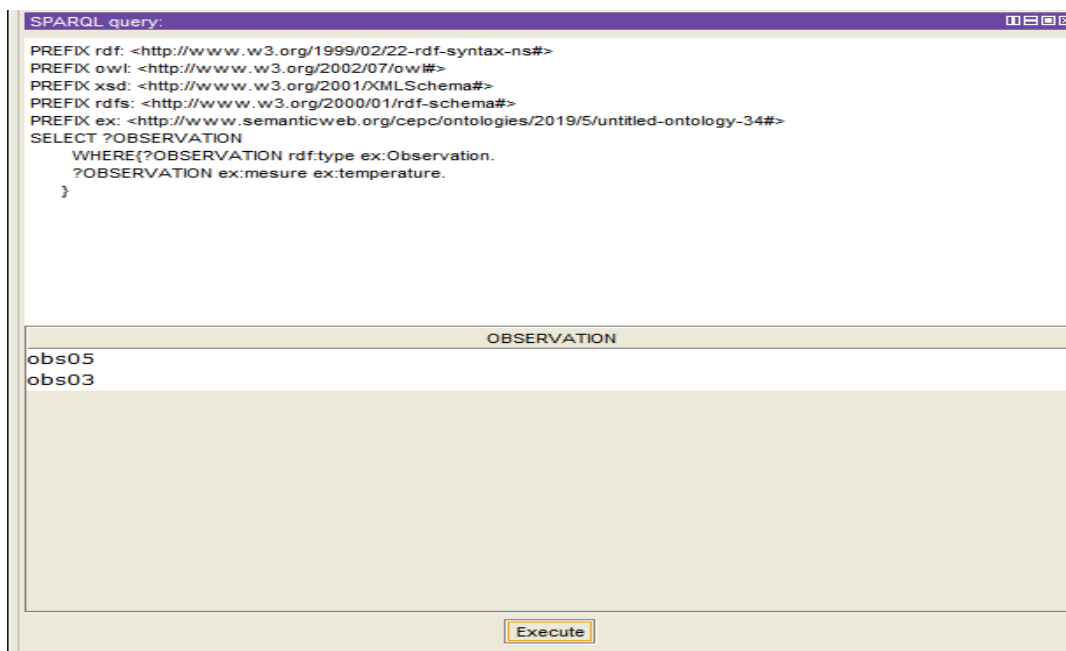


Figure4.10: Résultat d'exécution de la requête.

Dans (la **Figure4.11**) nous montrons une requête SPARQL simple qui demande de sélectionner les capteurs qui sont de type (capt_température).

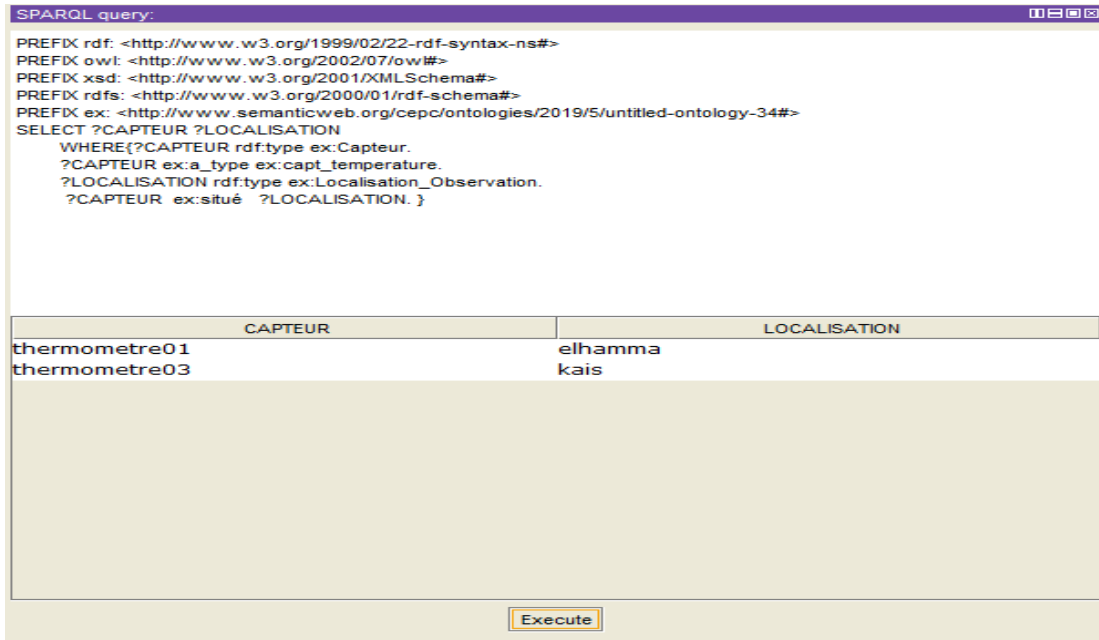


Figure4.11: Résultat d'exécution de la requête.

Ici Dans la **figure4.12** nous exécutons la requête DESCRIBE qui demande de décrire« anemometre01 ». Le résultat est sous forme de triplets RDF en substituant les valeurs dans les modèles de données.

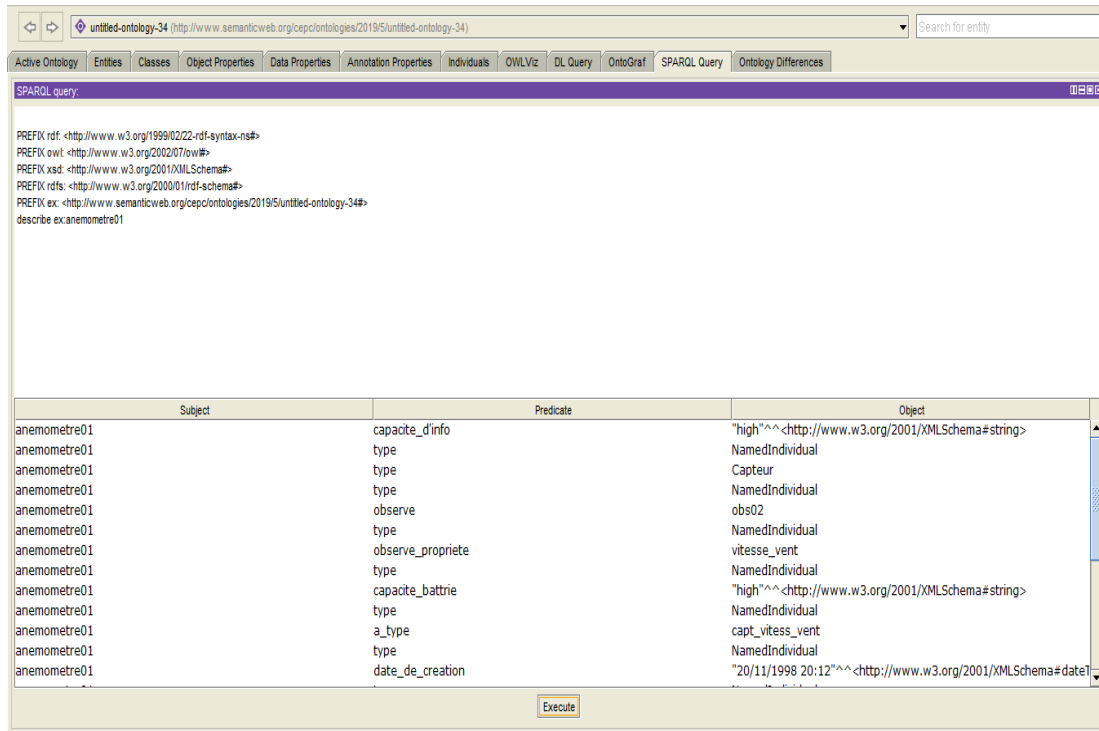


Figure4.12 : Résultat d'exécution de la requête DESCRIBE

5. Définition de SWRL et des règles avec SWRL Tab

SWRL est un langage de règles pour le web sémantique, combinant le langage OWL-DL et le langage RuleML. Le SWRLTab est un plugin Protégé qui fournit un environnement de développement pour travailler avec les règles SWRL. Nous utilisons SWRLTab Protégé Plug-in 2.0.2, et le raisonneur Pellet Plug-In 2.2.0.

Avant de commencer il faut vérifier que le raisonneur Pellet est sélectionné. Dans le menu **système/Reasoner** nous sélectionnons Pellet. Maintenant nous démarrons le raisonneur **Reasoner/Start reasoner**.

5.1. Le moteur de règles DROOLS

un moteur de règles est un système capable de définir des règles et de les appliquer à des faits. En vulgarisant, un fait est une donnée. Un moteur de règles est la solution idéale pour les programmes contenant une logique nécessitant un nombre important de « if »

Le SWRLAPI Drools est un plug-in pour le SWRLAPI qui supporte l'exécution des règles SWRL en utilisant le moteur de règles Drools.

5.2. Edition des règles

Dans une autre version de protégé, dans le menu système Window /Tabs nous sélectionnons SWRLTab pour ajouter son onglet qui contient deux vue horizontale (**Figure4.13**) la vue en haut doit contenir les règles que nous allons ajouter et celle en bas est pour les différents messages de l'exécution des règles.

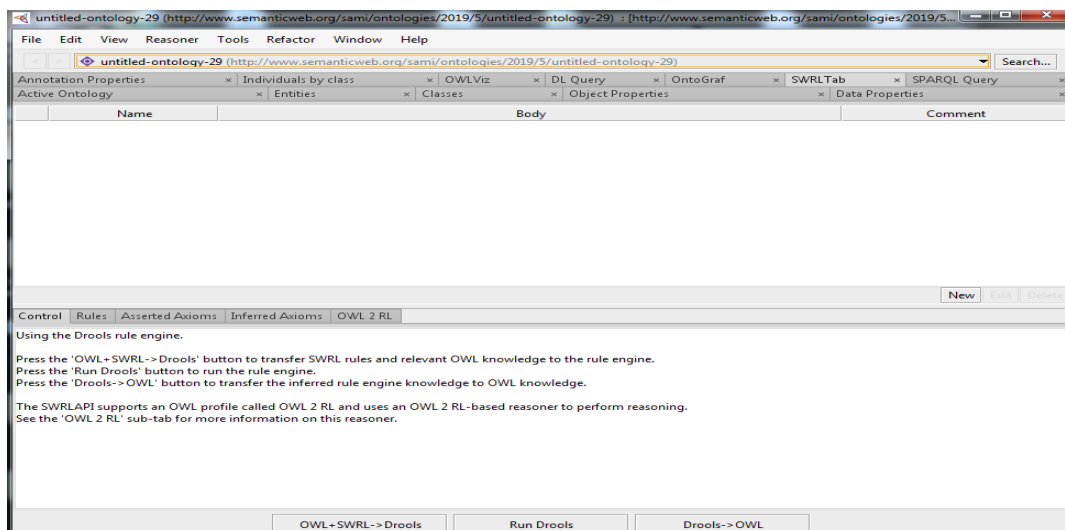


Figure4.13: L'onglet SWRL Tab.

En cliquant sur New, une fenêtre apparaît qui permet de saisir une règle (**Figure4.14**) et en appuyant sur Ok pour l'ajouter.

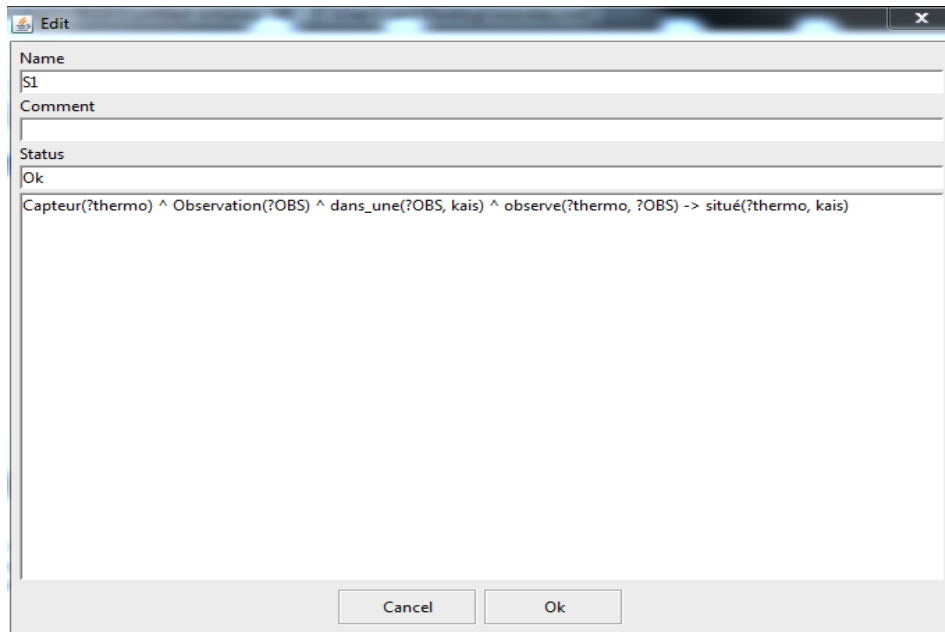


Figure4.14 : L'éditeur de règles.

5.3. Exécution des règles

Après l'ajout des règles dans la vue en bas en cliquant sur OWL+SWRL->Drools pour transférer les règles SWRL et les connaissances de l'ontologie au moteur de règles, puis sur RunDrools pour exécuter le moteur de règles en suite sur Drools->OWL pour transférer les connaissances du moteur de règles déduites aux connaissance OWL. Nous allons exécuter ces deux règles :

Règle 1 :La règle suivante stipule que un capteur observe une observation qu'elle est dans une localisation (Kais) alors en déduire que ce capteur est situé a Kais

Capteur(?thermo)^Observation(?OBS)^dans_une(?OBS,kais)^observe(?thermo,?OBS)->situé(?thermo,kais)

Règle 2 :La règle suivante stipule que si une observation observée par un thermomètre alors en déduire que l'unité de mesure de cette observation est Celsius.

Observation(?x)^observe_par(?x,thermometre01)->a_unite_de_mesure(?x,celsius)

Les figures suivantes montrent les observations avant l'exécution des règles :

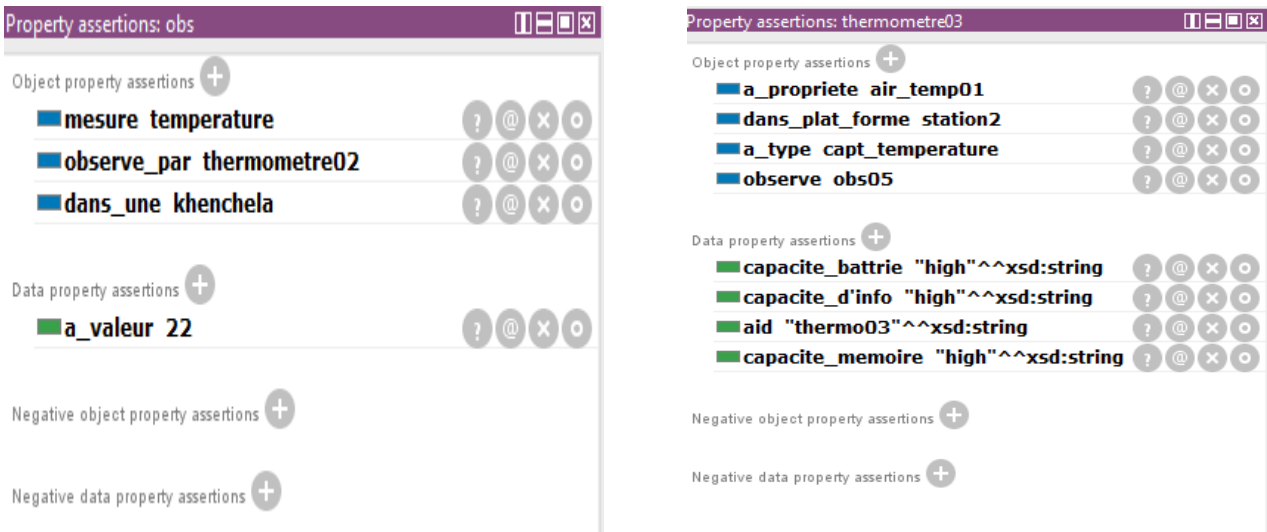


Figure4.15 : Les observations avant l'exécution des règles.

Les figures suivantes après l'exécution des règles nous voyons qu'il a ajouté les descriptions aux observations :

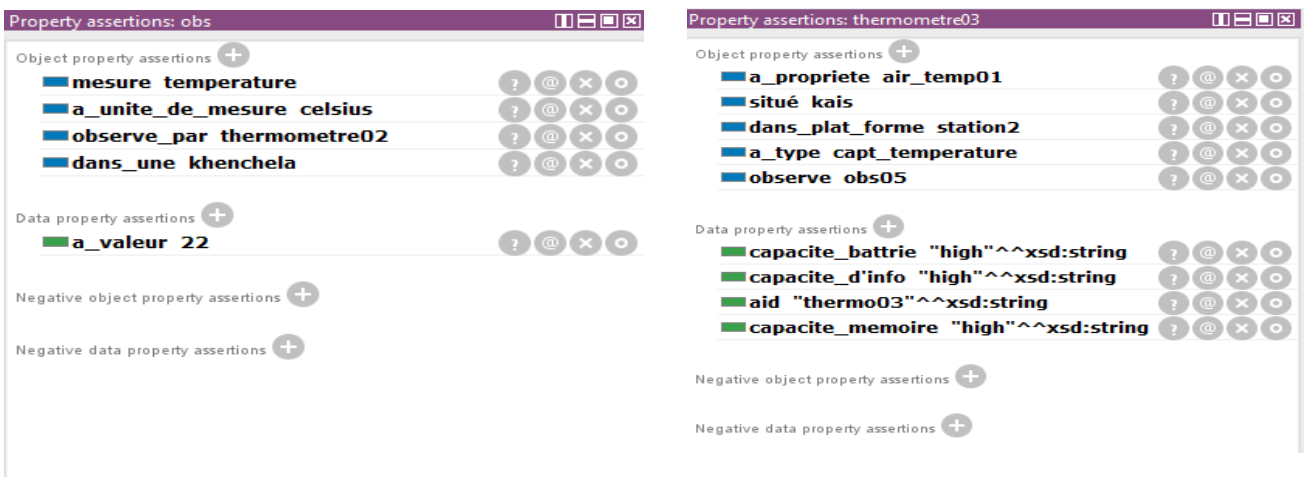


Figure4.16 : Les observations après l'exécution des règles.

Les figures suivantes montrent les règles en train d'exécution :

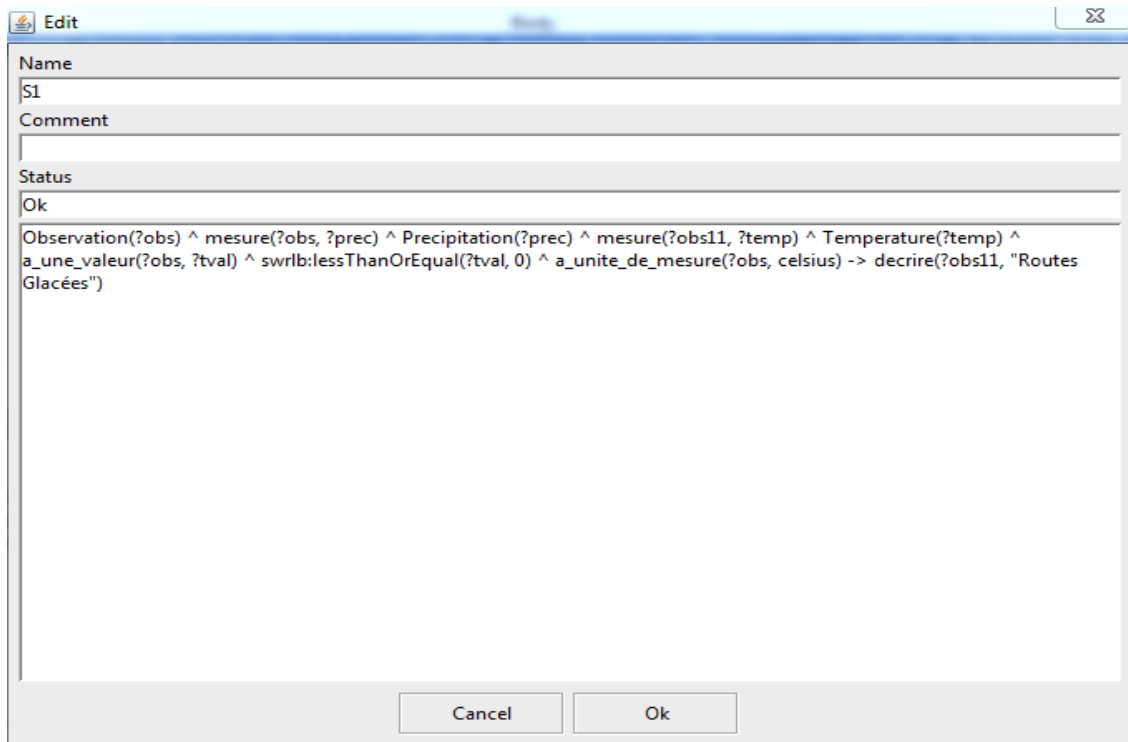


Figure 4.17 : L'éditeur de règles.

Règle 3 : Si la valeur de la couverture nuageuse, collectée à un emplacement donné, est égale à 0 okta, alors un moteur de raisonnement basé sur des règles peut déduire de nouvelles connaissances : le ciel est complètement dégagé. Cette règle peut être décrite en SWRL par la phrase suivante :

```
Observation(?obs) ^ mesure(?obs, ?cloud) ^ Phenomene(?cloud) ^ a_valeur(?obs, ?cval)
^swrlb:equal(?cval, 0) ^ a_unite_de_mesure(?obs, okta) ->decrire(?obs, "ciel completement claire")
```

Règle 4 : La règle suivante stipule que si la température est inférieure à 0 degré Celsius et qu'il pleut, les routes sont potentiellement glacées. Cette règle peut être décrite par la phrase SWRL suivante :

```
Observation(?obs)^mesure(?obs, ?prec)^Precipitation(?prec)^mesure(?obs, ?temp)^Temperature(?temp)^a_une_v
aleur(?obs,?tval)^Swrlb :lessThanOrEqual(?tval,0)^a_unite_de_mesure(?obs ,celsius)->decrire(?obs, 'routes
glacées')
```

Les figures suivantes montrent les observations avant l'exécution des règles :

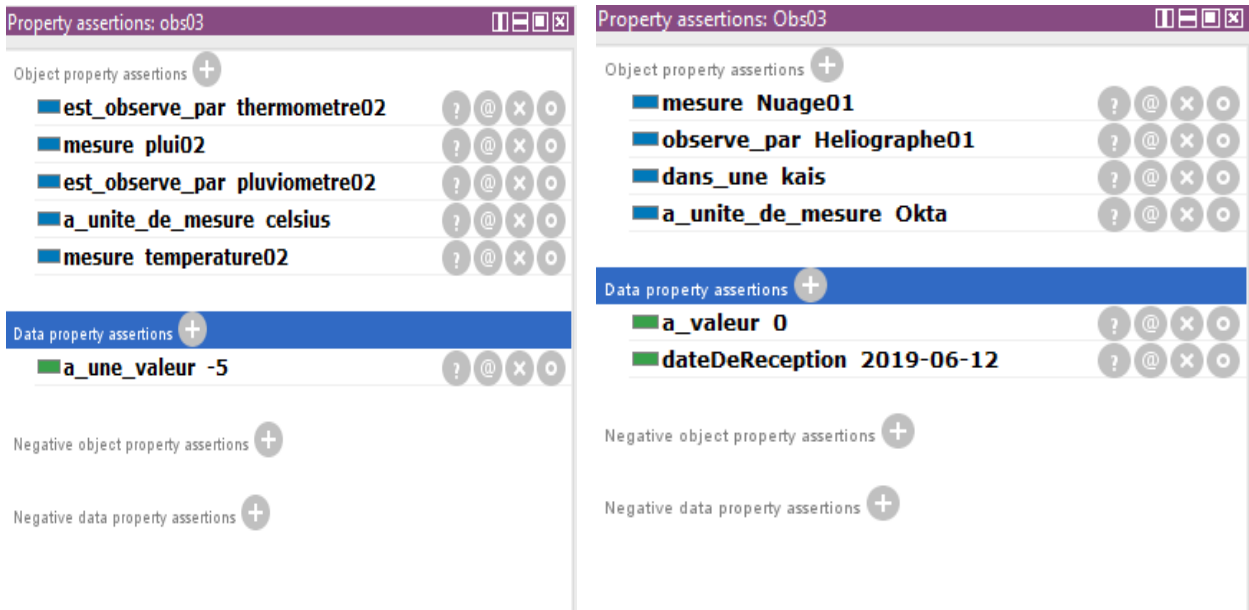


Figure4.18 : Les observations avant l'exécution des règles.

Les figures suivantes après l'exécution des règles nous voyons qu'il a ajouté les descriptions aux observations :

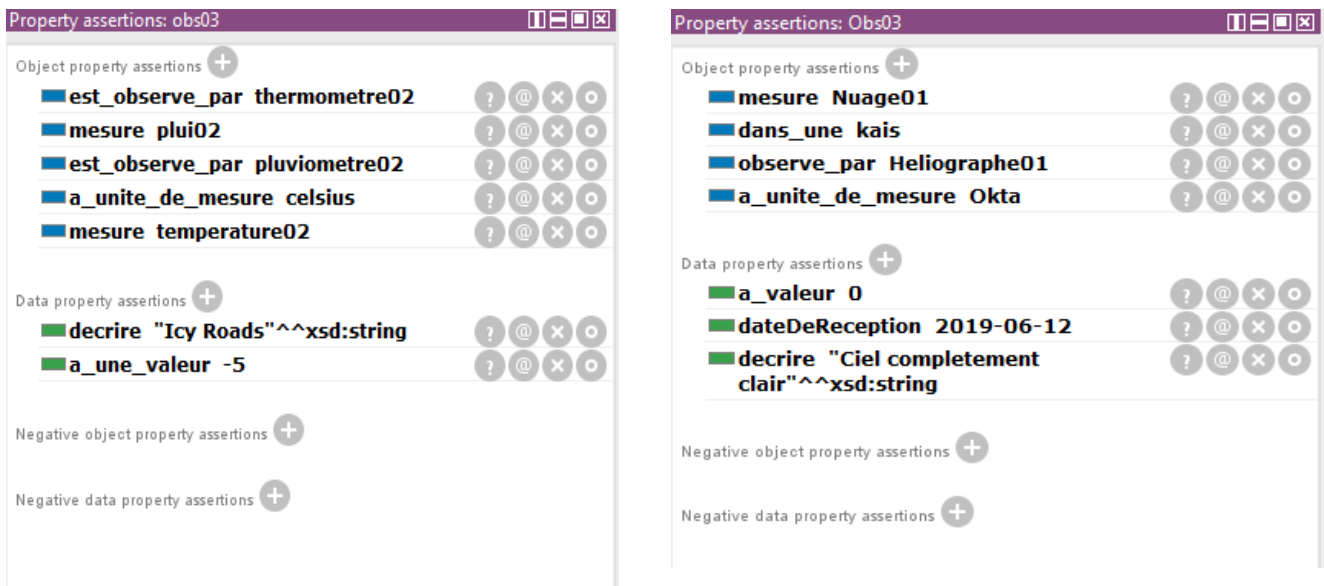


Figure4.19 : Les observations après l'exécution des règles.

6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les détails de l'implémentation de notre ontologie sous l'éditeur protégé, d'une part. D'autre part, l'annotation sémantique des capteurs et leurs observations avec le langage RDF. Ensuite nous avons interrogé notre ontologie avec le langage SPARQL et enfin nous avons défini un ensemble de règles, en utilisant le langage SWRL, qui permet de déduire de nouvelles connaissances à partir des données de capteurs qui sont sémantiquement annotées.

CONCLUSION GENERALE

Ce travail a été très bénéfique et profitable, il nous a permis de renforcer, enrichir nos connaissances théoriques concernant l'intersection de deux disciplines ; les réseaux de capteurs sans fils et le Web sémantique, et nous a aussi permis de nous familiariser avec les outils utilisés pour le développement de l'ontologie. Dans notre mémoire nous avons proposé une ontologie web de capteur météorologique. Cette ontologie a été développée en étendant l'ontologie SSN W3C avec des connaissances ontologiques pour les capteurs, les observations, des situations, mais aussi avec des connaissances ontologiques pour la modélisation temporelles et spatiales des localisations.

En perspective, notre application peut être un travail de réflexion et de recherche et peut être améliorée en ajoutant d'autres fonctionnalités ; l'ajout des individus prenant en compte les propriétés, la faire l'interrogation et la consultation, et d'autre part, faire le raisonnement à partir de langage SWRL .

BIBLIOGRAPHIE

- [00]M. K. KHELIF. (2006) Web sémantique et mémoire d'expériences pour l'analyse du transcriptome. UNIVERSITE de Nice-Sophia Antipolis.
- [01]S. Henry, C. Thompson, M. Sperberg-McQueen, Shudi (Sandy) Gao, Noah Mendelsohn, David Beech, and Murray Maloney, (2006) « XML Schema 1.1 Part 1: Structures ». Technical report. W3C. <http://www.w3.org/TR/xmlschema11-1/>
- [03]M. Hemam, (2012) « Développement des ontologies multi-points de vue : une approche basée sur la logique de descriptions », Université Mentouri Constantine, Thèse de doctorat
- [04]RDF-Schema. <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>
- [06]A. Chebotko, S. Lu, H. M. Jamil, et F. Fotouhi, (2006). Semantics Preserving SPARQL to SQL Query Translation for Optional Graph Patterns. Technical Report TR-DB-052006-CLJF. <http://www.cs.wayne.edu/~artem/main/research/TR-DB-052006-CLJF.pdf>
- [07]D. Mun, K. Ramani. (2011) Knowledge-based part similarity measurement utilizing ontology and multi-criteria decision-making technique. Advanced Engineering Informatics 25
- [08]V. Hirankitti, T. Xuan. (2011) A meta-reasoning approach for reasoning with SWRL Ontologies, International Multiconference of Engineers.
- [10]A. Gomèz-Pérez. (1999) "Ontological Engineering: A state of the art". Expert Update, Volume 2 (3), Pages 33-43
- [11]R. Mizoguchi, J. Vanwelkenhuysen, M. Ikeda. (1995) "Task Ontology for Reuse of Problem Solving Knowledge". Knowledge Building & Knowledge Sharing (2nd International Conference on Very Large-Scale Knowledge Bases), Enschede, The Netherlands, Pages.46-59
- [12]A. Maedche, B. Motik, L. Stojanovic, R. Studer et R. Volz. (2003) "Ontologies for Enterprise Knowledge Management". IEEE Intelligent Systems, Volume 18 (2), Pages 26-33.
- [13]G. Van Heijst, A. Schreiber et B. J. Wielinga. (1997) "Using Explicit Ontologies in KBS Development". International Journal of Human and Computer Studies / Knowledge Acquisition, Volume 46, No (2/3), Pages 183-292
- [14]W. N. Borst (1997). "Construction of Engineering Ontologies for knowledge sharing and reuse". CTIT Ph. D-thesis series No. 97-14. Center for Telematica and Information.
- [16]J.F. Sowa, (1984) "Conceptual structures: information processing in mind and machine", Addison-Wesley.

- [18] ONTOEDIT, Ontology Editor Home Page, <http://www.ontoprise.de/com/>, (2004)
- [19] <http://protege.stanford.edu/support.php>. (2010)
- [20] F. Abdelfatah. (2008) Rapport Développement d'une bibliothèque de capteurs. Université Montpellier 2 Sciences Et Techniques
- [21] T. L. van Zyl, I. Simonis and G. McFerren, (2008) Research paper The Sensor Web: systems of sensor systems.
- [22] A. Sheth, C. Henson, and S. Sahoo, (2008) "Semantic sensor web". IEEE Internet Computing, vol.12 (4), pp. 78–8.
- [23] M.K. Smith, C. Welty, D.L. McGuinness. (2004) "OWL Web Ontology Language", <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/>
- [24] NASA Geospatial Interoperability Office 2005. (2005) Geospatial interoperability return on investment. Technical report.
- [25] A. Gray, et al. Technical report Adaptation and re-configuration in the global sensor web, NASA., 2007.
- [26] K. Delin, et al. (2005) Environmental studies with the Sensor Web: Principles and practice. Sensors, 5 (1-2), 103_117
- [27] S. Liang, et C. Tao, (2005) A distributed geospatial infrastructure for the sensor web. Computers and Geosciences, 31 (2), 221_231
- [28] M. Botts, et al. (2006) Open GIS sensor web enablement architecture document. Technical report, Open Geospatial Consortium Inc
- [29] G. Percival, et C. Reed, (2006) OGC sensor web enablement standards. Sensors and Transducers Journal, 71 (9), 698_706.
- [30] A. Sheth, C. Henson, and S. S. Sahoo. (2008) Semantic Sensor Web.
- [31] I. Simonis, (2007) Technical report. South African international workshop on Sensor Web Enablement. Meraka Institute, CSIR
- [32] V. Huang, M. Kashif Javed. (2014) Semantic Sensor Information Description and Processing. The Second International Conference on Sensor Technologies and Applications.
- [33] R. Mizoguchi, K. Kozaki, T. Sano and Y. Kitamura. (2000) "Construction and Deployment of a Plant Ontology". Knowledge Engineering and Knowledge Management - Methods, Models and Tools, The 12th International Conference, EKAW2000, Lecture Notes in Artificial Intelligence 1937, Springer-Verlag, Pages.113-128, Juan-les-Pins, France.
- [34] M. Compton, H. Neuhaus, K. Taylor, and Ki-N. Tran. (2009) "Reasoning about sensors and compositions". Proceedings of the Semantic Sensor Networks., pp. 33–48

[35]M. Compton, P. Barnagh, L. Bermudez, R. Garcia-Castro, O. Corcho, S. Cox, J. Graybeal, M. Hauswirth, C. Henson, A. Herzog, V. Huang, K. Janowicz, W. David Kelsey, D. Le Phuoc, L. Lefort, M. Leggieri, H. Neuhaus, A. Nikolov, A. Page, A. Passant, A. Sheth, and K. Taylor. (2012) “The ssn ontology of the w3c semantic sensor network incubator group”. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 17(C), pp. 25–32.