

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Abbes Laghrou Khenchela  
Faculté des sciences et de la Technologie  
Département de Mathématiques et Informatique



Mémoire pour obtenir le diplôme de  
Master en Informatique  
Spécialité : Informatique  
Option : Sécurité et Technologies Web

Application des technologies du web sémantique dans le cadre de  
l'internet des objets industriels

Présenter par :

Alalla Amine et Besbas Mostafa

Dirigé par :

Dr. Djeddar Meriem

2022-2023

# Dédicace

**À mes chers parents, à ma merveilleuse épouse et mes adorables filles, à mes frères et sœurs, à mes respectés enseignants, à mon collègue Mustafa et à tous ceux qui ont contribué à leur manière, à tous ceux qui ont des droits sur moi, je dédie humblement ce travail**

*En route*

**À toute ma famille, mon  
encadreur, et mon collègue  
Amine Alalla, ainsi qu'à tous les  
amis que je connais de près ou  
de loin**

**Mostafa**



# Remerciement

*Avant tout, nous remercions ALLAH 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 Dezzar Mariem et 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.*

*Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à la doctorante Mademoiselle Fatima Zahra Amara pour son aide précieuse dans notre travail et son soutien inlassable et dévoué.*

*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*

# Merci à vous tous

## Résumé :

Le web sémantique, une extension du World Wide Web visant à donner un sens aux informations présentes sur Internet il est de plus en plus utilisé dans l'internet des objets industriels (IIoT) pour améliorer l'interopérabilité et l'efficacité des systèmes industriels. Grâce à des standards de données sémantiques tels que RDF et OWL, les informations peuvent être structurées pour être interprétées par différentes applications et dispositifs. Les modèles de données sémantiques permettent de décrire les objets connectés et les ressources industrielles, favorisant ainsi l'échange d'informations entre les dispositifs et les systèmes hétérogènes. De plus, l'utilisation du web sémantique facilite l'analyse des données industrielles en capturant les connaissances spécifiques au domaine industriel à l'aide d'ontologies sémantiques. Ces informations contextuelles permettent de prendre des décisions plus éclairées et de détecter plus facilement les anomalies et les problèmes potentiels. Notre contribution représentée dans la conception et l'implémentation d'une ontologie de domaine d'internet des objets industriels. On a choisi les ontologies comme formalisme de représentation puisque elles permettent de représenter fidèlement les concepts du monde et leur adoption par la communauté du Web. La modélisation de notre ontologie sera fondée sur la méthode METHONTOLOGY, et pour l'implémentation on va utiliser le langage OWL sous l'éditeur d'ontologies PROTÉGÉ.

**Mots clés :** Web sémantique, internet des objets industriels, interopérabilité sémantique, ontologie, protégé.

## **Abstract :**

The Semantic Web, an extension of the World Wide Web aimed at making sense of information on the Internet, is increasingly being used in the Industrial Internet of Things (IIoT) to improve the interoperability and efficiency of industrial systems. Using semantic data standards such as RDF and OWL, information can be structured to be interpreted by different applications and devices. Semantic data models are used to describe connected objects and industrial resources, thus promoting the exchange of information between devices and heterogeneous systems. In addition, the use of the semantic web facilitates the analysis of industrial data by capturing the knowledge specific to the industrial domain using semantic ontologies. This contextual information allows for more informed decisions and easier detection of anomalies and potential problems. Our contribution represented in the design and implementation of an industrial Internet of Things domain ontology. Ontologies have been chosen as representation formalism since they make it possible to faithfully represent the concepts of the world and their adoption by the Web community. The modeling of our ontology will be based on the METHONTOLOGY method, and for the implementation we will use the OWL language under the PROTÉGÉ ontology editor.

Keywords: Semantic Web, internet of industrial objects, semantic interoperability, ontology, protected.

## ملخص :

إن الويبج الدلالي ، وهو امتداد لشبكة الويب العالمية يهدف إلى فهم المعلومات على الإنترنت ، يبحث عن تطبيق ذي صلة متزايدة في مجال إنترنت الأشياء الصناعي (IIoT) إنترنت الأشياء الصناعي هو مفهوم يجمع جميع الأجهزة وأجهزة الاستشعار والأنظمة المستخدمة في القطاع الصناعي لجمع البيانات وتحليلها ومشاركتها. يتبع تطبيق تقنيات الويبج الدلالية في إطار إنترنت الأشياء الصناعية تحسين قابلية التشغيل البيئي وكفاءة الأنظمة الصناعية. باستخدام معايير البيانات الدلالية ، مثل إطار وصف الموارد (RDF) ولغة الويبج في علم الوجود (OWL) ، يمكن هيكلة المعلومات بحيث يمكن تفسيرها واستخدامها بواسطة تطبيقات وأجهزة مختلفة. يتمثل أحد الاستخدامات الرئيسية للويبج الدلالي في إنترنت الأشياء في إنشاء نماذج بيانات دلالية لوصف الكائنات المتصلة والموارد الصناعية. تتيح هذه النماذج إمكانية تمثيل الخصائص والقدرات والعلاقات بين المكونات المختلفة للنظام ، مما يسهل قابلية التشغيل البيئي وتبادل المعلومات بين الأجهزة والأنظمة غير المتجانسة. يساهم تطبيق الويبج الدلالي في IIoT أيضًا في تحسين تحليل البيانات الصناعية. باستخدام علم الوجود الدلالي ، من الممكن التقاط وتمثيل المعرفة الخاصة بالصناعة ، مما يسهل تفسير وفهم البيانات التي تم جمعها. تسمح هذه المعلومات السياقية باتخاذ قرارات أكثر استنارة وتسهيل اكتشاف الانحرافات والمشكلات المحتملة. تتمثل مساهمتنا في تصميم وتنفيذ أنطولوجيا مجال إنترنت الأشياء الصناعي. تم اختيار الأنطولوجيات على أنها شكلية تمثيلية لأنها تجعل من الممكن تمثيل مفاهيم العالم بأمانة واعتمادها من قبل مجتمع الويبج. ستعتمد نمذجة علم الوجود لدينا على طريقة METHONTOLOGY ، ولتنفيذ سوف نستخدم لغة OWL نحد محرر الأنطولوجيا PROTÉGÉ

الكلمات المفتاحية: الويبج الدلالي ، إنترنت الأشياء الصناعية ، قابلية التشغيل البيئي الدلالي ، الأنطولوجيا ، برنامج ptotégé

## Table des Matières :

<b>Liste des figures</b> .....	XI
<b>Liste des tableaux</b> .....	XIII
<b>Introduction Générale</b> .....	14
1- Contexte de travail.....	14
2- Problématique.....	14
3- Objectif.....	15
4- Organisation du mémoire.....	15
<b>Chapitre 1 : Technologie Du Web Sémantique</b> .....	17
1- Introduction .....	17
2- Web actuel.....	17
3- Web sémantique.....	18
3-1- Définition.....	18
3-2- Les principes du Web Sémantique.....	18
3-2-1- Identification par URI.....	19
3-2-2- Typage des ressources et liens Web.....	19
3-2-3- Tolérance de l'information partielle.....	20
3-2-4- L'indisponibilité d'une vérité absolue.....	20
3-2-5- Support de l'évolution.....	20
3-2-6- Architecture minimaliste.....	20
3-3- Les principales composantes du web sémantique:.....	21
4- L'Ontologie.....	22
4-1- Définition.....	22
4-2- Types d'ontologies.....	22
4-2-1- Selon Van Heijst.....	22
4-2-2 Selon Guarino.....	23
5- Le langage du web sémantique .....	25
5-1- XML.....	25
5-2- RDF/RDFS.....	25
5-2-1- RDF.....	25
5-2-2- RDFS.....	27
5-3- DAML+OIL.....	27
5-4- OWL.....	28
6- Outils du web sémantique.....	29
6-1- L'Editeur d'Ontologies Protégé.....	29
6-2- Le projet Annotea.....	30

6-3- JENA.....	31
7- Conclusion.....	33

## **Chapitre 2 : L'Internet des Objets et ses applications..... 35**

1- Introduction.....	35
2- Définition d'Internet des Objets.....	35
3- Petite histoire de l'IdO.....	36
4- L'Architecture d'Internet des Objets.....	37
4-1- La couche perception.....	37
4-2- La couche réseau.....	37
4-3- La couche application.....	37
5- Les Domaines d'Applications de l'IdO.....	38
5-1- Domaine de la Santé.....	38
5-2- Villes Intelligentes.....	38
5-3- Maisons Intelligentes.....	38
5-4- Industries Connectées.....	39
5-5- Voitures connectée.....	39
5-6- Parking Intelligente.....	39
5-7- Énergie Intelligente et Smart Grid.....	39
5-8- Surveillance de l'environnement.....	40
5-9- Agriculture Intelligente.....	40
5-10- Wearables.....	40
6- Industrie 4.0.....	41
7- Les Défis de de l'IdO.....	42
7-1- Disponibilité et fiabilité.....	42
7-2- Interopérabilité.....	42
7-3- Sécurité et confidentialité.....	42
7-4- Evolutivité et passage à l'échelle (Scalabilité).....	42
7-5- Politique réglementaire.....	42
7-6- Propriété intellectuelle.....	42
8- Interopérabilité dans l'IdO.....	42
8-1- Définitions.....	43
8-2- Niveaux d'Interopérabilité dans l'IdO.....	43
8-2-2- L'interopérabilité syntaxique.....	43
8-2-3- L'interopérabilité sémantique.....	43
8-2-4- L'interopérabilité organisationnelle.....	43
9- Conclusion.....	45

<b>Chapitre 03 : Modélisation de l'ontologie d'IdO industriel</b>	<b>47</b>
1- Introduction.....	47
2- Travaux voisins.....	47
3- Processus de construction de l'ontologie.....	48
3-1- La spécification.....	48
3-2- la conceptualisation.....	48
3-2-1- Construire du glossaire des termes.....	48
3-2-2- Classer les concepts en hiérarchie.....	50
3-2-3- Construction de diagramme de relations binaires.....	52
3-2-4- Construction d'un dictionnaire de concepts.....	54
3-2-5- Construction de table de relations binaires.....	55
3-2-6- Construction de la table d'attributs.....	56
3-2-7- Construction de la table des instances.....	56
4- Conclusion.....	58
 <b>Chapitre 04 : Implémentation de l'Ontologie sous Protégé</b>	 <b>60</b>
1- Introduction.....	60
2- Un aperçu sur Protégé.....	60
3- Les étapes d'édition de notre ontologie sous Protégé-OWL.....	60
3-1- Création d'un nouveau projet après Lancement de Protégé...	61
3-2- l'édition de l'ontologie.....	61
3-3- Création des classes et la hiérarchie des classes.....	62
3-4- Création des relations "Object properties".....	63
3-5- Création des attributs "Data properties".....	64
3-6- Ajout des instances "Individuals".....	65
4- Interrogation de l'ontologie avec SPARQL.....	66
4-1- Ajout de SPARQL Query au menu.....	66
4-2- Exécution des requêtes.....	67
5- Définition des règles avec SWRL Tab.....	69
5-1- Le moteur de règles DROOLS.....	69
5-2- Edition des règles.....	69
5-3- Exécution des règles.....	70
5-4 Visualisation de la hiérarchie de classe.....	74
6- Conclusion.....	75
 <b>Conclusion Générale</b> .....	 <b>77</b>
 <b>Références</b> .....	 <b>78</b>

## Liste des figures :

<b>Figure 1-1 :</b> Typage des ressources et liens Web.....	19
<b>Figure 1-2 :</b> Les couches du Web Sémantique.....	21
<b>Figure 1-3 :</b> classification des ontologies selon Van Heijst.....	23
<b>Figure 1-4 :</b> Triplet- Sujet, Prédicat, Objet.....	26
<b>Figure 1-5 :</b> Exemple de graphe RDF.....	27
<b>Figure 1-6 :</b> les couches du langage OWL.....	29
<b>Figure 1-7 :</b> interface du logiciel Protege.....	30
<b>Figure 1-8 :</b> l'éditeur d'annotation Annotea.....	31
<b>Figure 1-9 :</b> Architecture de Jena.....	32
<b>Figure 2-1 :</b> l'internet des objets.....	36
<b>Figure 2-2 :</b> l'architecture d'internet des objets.....	37
<b>Figure 2-3 :</b> les domaines d'application d'Iot.....	40
<b>Figure 2-4 :</b> l'évolution d'industrie.....	41
<b>Figure 2-5 :</b> Les dimensions de l'interopérabilité.....	44
<b>Figure 4-1 :</b> Interface PROTEGE.....	61
<b>Figure 4-2 :</b> Création des classes.....	62
<b>Figure 4-3 :</b> Ajout des descriptions des classes.....	62
<b>Figure 4-4 :</b> Ajouter les relations.....	63
<b>Figure 4-5 :</b> ajout des attributs.....	64

<b>Figure 4-6</b> : Ajout des instances.....	65
<b>Figure 4-7</b> : L'onglet SPARQL Query.....	66
<b>Figure 4-8</b> : Résultat de l'exécution de la requête N°01.....	67
<b>Figure 4-9</b> : Résultat de l'exécution de la requête N°02.....	67
<b>Figure 4-10</b> : Résultat de l'exécution de la requête N°03.....	68
<b>Figure 4-11</b> : Résultat de l'exécution de la requête N°04.....	68
<b>Figure 4-12</b> : L'onglet SWRL Tab.....	69
<b>Figure 4-13</b> : l'éditeur de règles.....	70
<b>Figure 4-14</b> : Exécution de la règle 1.....	71
<b>Figure 4-15</b> : l'observation avant et après l'exécution de la règle 1.....	71
<b>Figure 4-16</b> : exécution d la règle 2.....	72
<b>Figure 4-17</b> : L'observation avant et après l'exécution de la règle 2.....	72
<b>Figure 4-18</b> : Exécution de la règle 3.....	73
<b>Figure 4-19</b> : L'observation avant et après l'exécution de la règle 3.....	73
<b>Figure 4-20</b> : La hiérarchie de classe.....	74

## Liste des tableaux :

<b>Table 1 :</b> Glossaire de termes.....	<b>48</b>
<b>Table 2 :</b> Dictionnaire de concepts.....	<b>54</b>
<b>Table 3 :</b> Tables des relations binaires.....	<b>55</b>
<b>Table 4 :</b> Table d'attributs.....	<b>56</b>
<b>Table 5 :</b> La table des instances.....	<b>56</b>

### **Introduction Général :**

**1- Contexte de travail :** Depuis sa création, Internet s'est efforcée de connecter les gens et de faciliter l'accès à l'information, quelles que soient les distances.

Et avec le développement et l'avancement de la technologie, la communication ne s'est pas limitée aux personnes, mais aussi aux machines reliant les différentes choses que les gens utilisent dans leur vie quotidienne, comme les téléphones et les voitures. Au contraire, la maison dans laquelle nous vivons est devenue intelligente, nos usines aussi, grâce à cette interdépendance.

Cette interdépendance nécessite une compréhension mutuelle entre les objets connectés en raison des différentes données qu'ils produisent. Aux débuts du Web, nous avions le web syntaxique, où les machines ne se comprennent pas, mais avec l'arrivée du web sémantique l'interopérabilité entre ces machines nous a ouvert la perspective d'un Internet où tout est lié à tout.

Tout ce qui précède est le concept de l'Internet des objets qui liait tout ce qui concerne la vie et les tâches humaines, et à partir de l'Internet des objets, le soi-disant Internet industriel des objets est apparu.

L'Internet industriel des objets (IIoT) est un champ de recherche très prometteur en raison de son importance dans de nombreuses applications industrielles. L'IIoT est l'utilisation de capteurs et d'actionneurs intelligents pour améliorer les processus de fabrication et les processus industriels. Également connu sous le nom d'Internet industriel ou d'industrie 4.0. L'IIoT exploite la puissance des machines intelligentes et de l'analyse en temps réel pour tirer parti des données que des machines ont produites dans des environnements industriels.

### **2- Problématique :**

De toutes les difficultés posées par l'IIoT, l'interconnexion des objets et leur interopérabilité sémantique sont les plus importantes. Cela est dû au fait que les objets communiquant sont extrêmement hétérogènes en ce qui les formats de données. La diversité et l'hétérogénéité des données et des ressources de l'IIoT rendent les objets physiquement interconnectés déconnectés aux niveaux sémantiques.

### **3- Objectif :**

L'objectif principal de notre travail est de concevoir et implémenter une ontologie de domaine dans le cadre de l'internet des objets industriels. Cette ontologie peut être utilisée pour assurer l'interopérabilité sémantique entre les objets industriels interconnectés.

### **4- Organisation du mémoire :**

Ce mémoire est composé de 4 chapitres et une conclusion générale :

#### **Chapitre 1 :**

Dans ce chapitre, nous avons abordé le web sémantique en termes de définition, de contenu et de composants principaux, on expliquant le rôle de web sémantique en mieux exploité les ressources du web, puis nous avons abordé l'ontologie, son concept et ses types.

Nous avons également abordé le langage du web sémantique et ses outils.

#### **Chapitre 2 :**

Dans de le deuxième chapitre nous avons abordé l'internet des objets et ces application et ces défis notamment l'interopérabilité entres les objets interconnectés dans l'industrie 4.0 (4<sup>ème</sup> révolution industrielle)

#### **Chapitre 3 :**

Ce chapitre est consacré à la modélisation de notre ontologie pour la problématique posée dans ce mémoire qui est concevoir et implémenter une ontologie de domaine dans le cadre de l'internet des objets industriels. Cette ontologie peut être utilisée pour assurer l'interopérabilité sémantique entre les objets industriels interconnectés

#### **Chapitre 4 :**

Dans ce chapitre nous allons présenter en détail l'implémentation de notre ontologie ,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 : Technologie du Web Sémantique**



### 1- Introduction :

Le web est un ensemble de pages reliées entre elle avec des hyperliens, c'est un environnement avec un contenu très vaste et varié de documents (un document est toute unité qui peut constituer une réponse à une requête d'utilisateur). Il est souvent l'emplacement de ce qu'on cherche en matière d'informations et communication.

Cependant, le web actuel est essentiellement syntaxique, c.-à-d. que les machines ne comprennent pas le contenu des documents qui existent dans le web malgré ses structures est bien définie. En effet, seul l'orthographe du mot est prise en compte. De ce fait, nous avons besoin de faire la machine comprendre la sémantique de la syntaxe introduite avec nos claviers.

Le web sémantique, qui est la nouvelle génération du web, a pour ambition de lever cette difficulté grâce à la représentation sémantique du contenu des documents web. Par ailleurs, il permet la communication non seulement entre les humains mais aussi entre les machines. Cette communication permet l'échange des informations nécessaire pour réaliser des tâches précises.

### 2- Web actuel:

Les informations sur le web aujourd'hui sont essentiellement prévues pour être affichées ( sur les écrans ou imprimées) et lus par les humains.

Et comme il a été mentionné plus tôt, le web aujourd'hui est aussi essentiellement syntaxique car son contenu est quasi inaccessible aux traitements machines, seul les humains peuvent interpréter ses contenus. Par conséquent Les activités Web ne sont pas particulièrement adaptées aux outils logiciels, à l'exception des moteurs de recherches par mot clé comme Google, Yahoo,... sans quoi il n'aurait pas réussi.

Mais la recherche avec les mots clés impose des problèmes à savoir :

- Faible précision
- Résultats très sensibles au vocabulaire
- Résultats : seulement pages Web
- Intervention humaine pour interpréter et combiner les résultats
- Résultats des recherches pas lisibles par d'autres logiciels[1]

### 3- Web sémantique:

#### 3-1- Définition:

- lors de la conférence international du WWW( World wide Web) en 1994 au Massachusetts Institute of Technology (MIT), Tim Berners-Lee a expliqué que le web a besoin de sémantique.
- Selon Tim Berners-Lee : Le Web Sémantique n'est pas un Web distinct mais bien un prolongement du Web que l'on connaît, dans lequel on attribue à l'information une signification clairement définie, ce qui permet aux ordinateurs et aux humains de travailler en plus étroite collaboration. Très bientôt, ces développements permettront une nouvelle fonctionnalité car les ordinateurs seront davantage en mesure de traiter et de 'comprendre' les données que, pour l'instant, ils ne font qu'afficher [2].

#### 3-2- Les principes du Web Sémantique

En associant des méta-données aux documents, cela nous permet de chercher, par exemple, des documents ayant dans les méta données "UFAS" comme université. Nous pouvons aussi faire des requêtes du genre : "afficher tous les documents ayant comme catégorie : document de recherche". Le Web Sémantique ne fournit pas des URIs seulement aux documents, comme le fait le Web actuel, mais il le fait aussi pour les concepts et les relations qui définissent et mettent en relation les ressources du Web. Dans l'exemple ci-dessus en donnant un identifiant unique aux universités et en définissant les concepts "université" et "document de recherche", on fournit de façon claire, une manière d'identifier l'université et quelle est la relation entre ce nom et un document particulier. Ces différentes informations descriptives peuvent être arrangées et incorporés dans le but d'avoir une connaissance plus globale d'un domaine donné.

Le Web Sémantique a pour but d'ajouter une information caractéristique au Web pour aider à l'automatisation des services, de découvrir, relier et inférer des connaissances qui sont vraisemblables. Nous allons maintenant voir les principes qui régissent le Web Sémantique.

## 3-2-1- Identification par URI

Les personnes, les places et les choses du monde réel peuvent être indexées dans le Web Sémantique en utilisant un ensemble d'identifiants. Dans le Web Sémantique les identifiants sont des URIs (Uniform Resource Identifier)

## 3-2-2- Typage des ressources et liens Web

Le Web actuel est composé de ressources et de liens. Les ressources sont des documents web conçus pour la compréhension humaine et ne possèdent pas de descriptions expliquant en quoi elles sont utilisées et quelles relations entretiennent elles avec d'autres documents. Quand une personne peut à directement connaître si un tel document est une facture, un roman ou encore un article de recherche, une machine ignore fréquemment ce type d'information. De la même manière, une personne peut connaître le lien entre deux ressources en lisant le libellé du lien hyper-texte qu'il y a entre elles. Alors que pour une machine il est impossible de procéder de la même manière. L'un des objectifs du Web Sémantique est de typer les ressources et les liens du web.

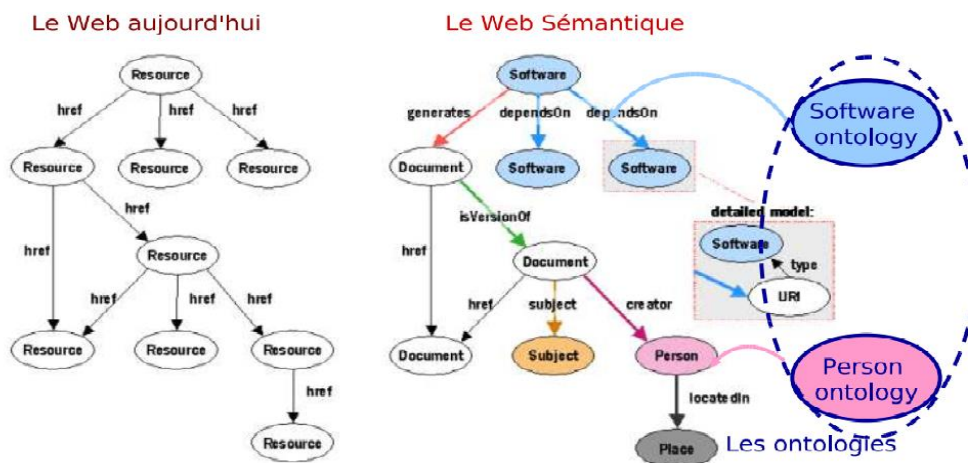


Figure 1-1 : Typage des ressources et liens Web [3]

### 3-2-3- Tolérance de l'information partielle

Lorsqu'une ressource indexée n'est plus disponible, le fonctionnement doit continuer.

Le web actuel est évolutif (scalable) car une information incomplète est déjà tolérée. Le Web Sémantique doit continuer de tolérer une information incomplète.

### 3-2-4- L'indisponibilité d'une vérité absolue

Un des problèmes du Web est que n'importe qui peut dire n'importe quoi sur n'importe quoi posant ainsi la question : jusqu' où et comment peut-on croire à quelque chose? Dans ce sens, les signatures numériques apportent un élément de réponse en permettant de savoir qui a dit quoi, quand et dans quel but.

La confiance dans le Web est la même que chez l'homme : on croit plus à nos amis, un peu moins à leurs amis et moins aux amis de ces derniers.

La véracité ou fiabilité du contenu du web doit être validée par l'application qui utilise l'information issue du Web. Ces applications doivent décider en quoi croire en se basant sur le contexte des déclarations : qui a dit quoi, quand et en qualité de quoi.

### 3-2-5- Support de l'évolution

Il est habituel de voir des concepts semblables définis par différents groupes de personnes à des endroits différents ou même par le même groupe à des moments différents. Généralement, il convient de combiner des données du Web utilisant ces concepts. On doit pouvoir combiner une nouvelle information et une ancienne sans modifier cette dernière. Pour ce faire, le Web Sémantique utilise des conventions descriptives qui peuvent être étendues comme c'est le cas de la compréhension humaine. En plus, ces conventions facilitent la combinaison réelle de différents travaux de divers groupes, même si ils utilisent des vocabulaires distincts. Le Web Sémantique fournit, ainsi, des outils communautaires qui peuvent être utilisés pour lever des ambiguïtés et aider à clarifier des inconsistances.

### 3-2-6- Architecture minimaliste

Le Web Sémantique ne doit pas être compliqué et cela dans le but d'une adaptation simple et rapide[4].

### 3-3- Les principales composantes du web sémantique:

L'architecture du web sémantique s'appuie sur une pyramide de langages pour représenter des connaissances sur le web en satisfaisant les critères de standardisation, d'interopérabilité et de flexibilité. Cette architecture en couches ( Figure 02 ) peut permettre une approche progressive dans les processus de standardisation et d'acceptation par les utilisateurs. Un langage de la couche haute doit être une extension du langage de la couche au-dessous.

La liste suivante introduit la fonction principale de chaque couche dans l'architecture du web sémantique [5]

- XML est utilisé comme couche de base syntaxique du web sémantique. Le langage XML est actuellement considéré comme un standard pour le transport de données sur le web.
- La couche RDF représente les métadonnées pour les ressources web.
- La couche « ontologie », fondée sur une formalisation commune, spécifie la sémantique de métadonnées fournies dans le web sémantique.
- La couche « logique » s'appuie sur des règles d'inférence qui permettent le raisonnement intelligent exécuté par des agents logiciels.

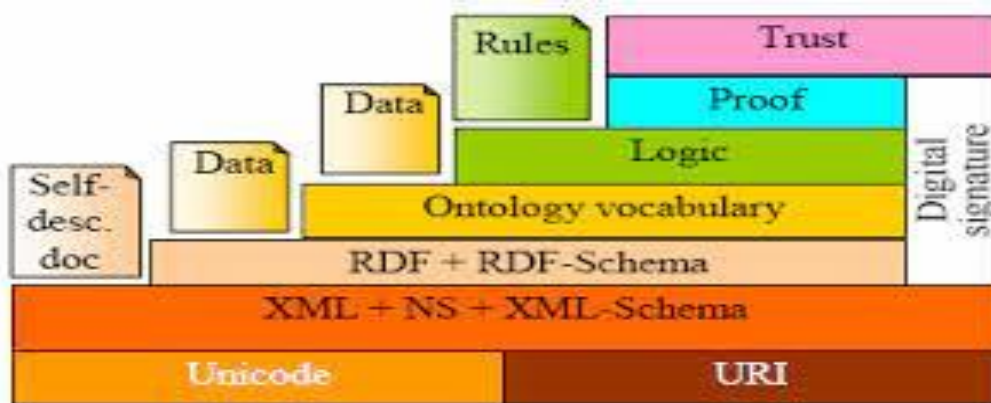


Figure 1-2 : Les couches du Web Sémantique

### 4- L'Ontologie:

**4-1- Définition:** dans le dictionnaire Le Robert, l'ontologie en philosophie c'est la partie de la métaphysique qui traite de l'être indépendamment de ses déterminations particulières. Et en Informatique l'ontologie est un ensemble structuré de concepts permettant de donner un sens aux informations [6].

**L' étymologie du mot ontologie:** de *onto* tiré du grec " ὄντος " « étant » participe présent du verbe εἶμι « être » qui est l'étude de l'être en tant qu'être, c'est-à-dire l'étude des propriétés générales de ce qui existe.

En 1993, Tom Gruber définit une ontologie comme une « spécification explicite d'une conceptualisation » [7]. En 1997, W. N. Borst propose de définir une ontologie comme une « spécification formelle d'une conceptualisation partagée » [8]. Finalement, en 1998, Rudi Studer, Richard Benjamins et Dieter Fensel fusionnent les deux définitions et définissent une ontologie comme une « spécification formelle et explicite d'une conceptualisation partagée » [9].

Une ontologie est une structure de donnée opérationnelle qui rend compte des concepts d'un domaine et de leurs relations. Leur développement croissant en Intelligence Artificielle (IA) vient de leur intérêt pour associer du sens à des ressources textuelles, pour localiser et gérer des connaissances dans diverses applications [10].

**4-2- Types d'ontologies :** Les ontologies ont été classifiées en plusieurs catégories, selon un ensemble de critères défini par des chercheurs.

Dans ce qui suit, on va présenter les classifications de Van Heijst et celle de Guarino .

**4-2-1- Selon Van Heijst [11] :** l'ontologie est classifiée selon deux types de critères. Le premier critère est la richesse des structures utilisées dans l'ontologie. Donc, on peut distinguer trois catégories d'ontologies:

- **Les ontologies terminologiques** qui sont utilisées pour spécifier les termes du vocabulaire d'un domaine de connaissances.
- **Les ontologies d'information** qui spécifient la structure/le schéma d'une base de données pour permettre le stockage d'informations.
- **Les ontologies qui modélisent la connaissance** et qui proposent des structures internes plus riches.

Le deuxième critère de classification est également la prise en compte des "objectifs" de la modélisation. Alors, Van Heijst propose quatre catégories selon ce critère

- **Les ontologies d'applications** qui permettent de modéliser les informations nécessaires aux applications particulières. Elles contiennent toutes les connaissances nécessaires pour le bon fonctionnement d'une application
- **Les ontologies de domaine** qui expriment la conceptualisation des connaissances d'un domaine particulier.
- **Les ontologies génériques** qui sont utilisées pour représenter la connaissance commune réutilisable dans les domaines. Ces ontologies incluent le vocabulaire lié aux choses, aux événements, au temps, à l'espace, à la causalité, au comportement, à la fonction, etc.
- **Les ontologies de représentation** qui visent à expliciter les entités du monde réel, les concepts des ontologies de représentation peuvent être utilisés dans les ontologies génériques ou les ontologies de domaine

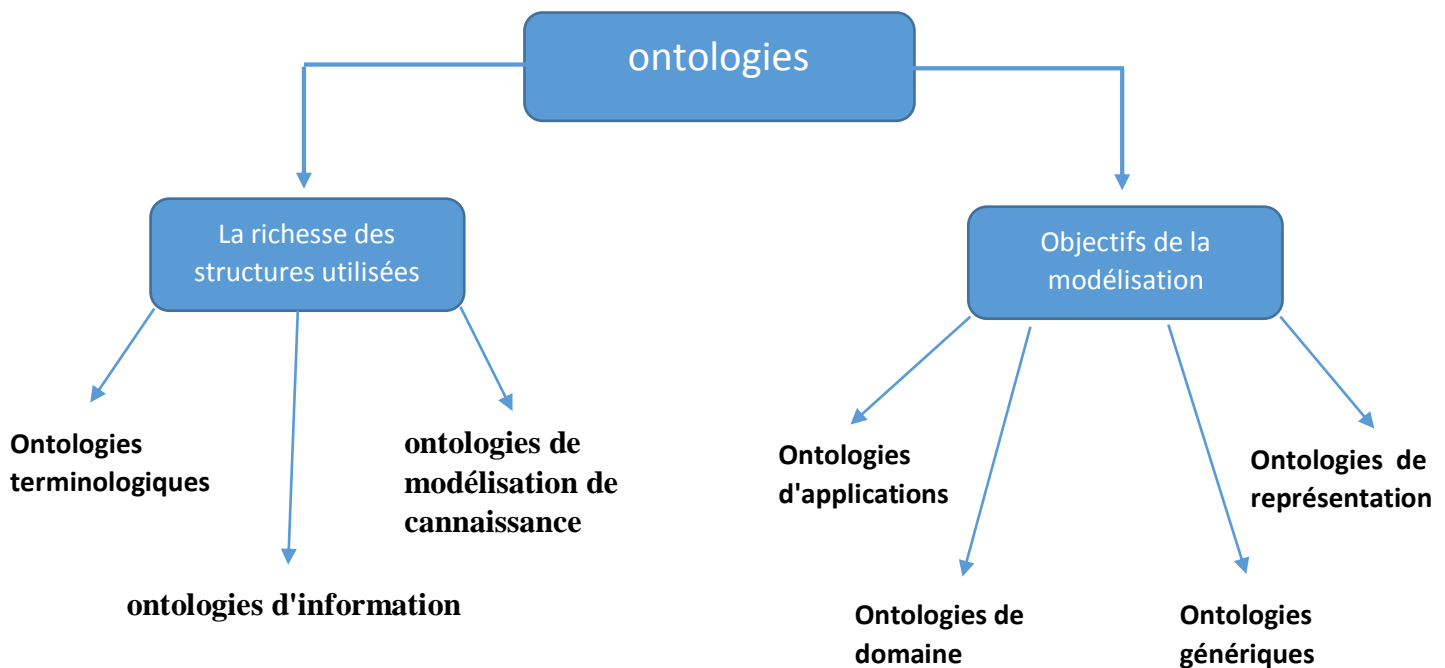


Figure 1-3 : classification des ontologies selon Van Heijst

**4-2-2 Selon Guarino [12] :** Guarino a classifié, les ontologies en cinq catégories, selon leurs degré de généralité ou du niveau de dépendance d'une tâche:

généralité ou du niveau de dépendance d'une tâche:

- **Ontologie de représentation de connaissances** : Dans cette catégorie les connaissances sont formalisées sous forme d'une représentation primitive sous un paradigme donné. Par exemple, une ontologie sur le formalisme des Topic Maps comportera les concepts : Topic, Type de Topic, Association, Occurrence, Type Occurrence.
- **Les ontologies de haut niveau**

C'est le niveau conceptuel des ontologies. Elles couvrent plusieurs domaines et elle exprime des conceptualisations valables dans différents domaines. Ce type d'ontologie utilise des concepts très généraux comme l'espace, le temps, la matière, les objets, les événements, et les actions, etc. Ces concepts appartiennent à plusieurs domaines et sont acceptés par une grande communauté d'utilisateurs. Ils ne dépendent pas d'un problème ou d'un domaine particulier. Son sujet est l'étude de catégories telles que les entités, les événements, les états, les processus, les actions, le temps, l'espace, les relations, et les propriétés.

- **Les ontologies de domaine**

Cette ontologie regroupe tous les concepts et les relations entre eux d'un domaine particulier, elle permet de modéliser et de traiter tous les problèmes qui ont une relation avec leur domaine. Pour construire ce type d'ontologie, il faut des experts d'un domaine pour fournir les concepts et les relations permettant de couvrir les termes, les activités et les théories de ce domaine.

- **Les ontologies des tâches ou d'activités**

L'ontologie de tâches est un ensemble de vocabulaires des termes employés pour résoudre des problèmes liés aux tâches qui peuvent être ou non du même domaine. Elle fournit un ensemble de termes avec lesquels nous pouvons déterminer d'une manière efficace comment résoudre un type de problème. Elle inclut des noms, des verbes et des adjectifs génériques dans les descriptions de tâches.

- **Ontologie Générique (Generic ontology)**

Elle est appelée noyau ontologique, elle permet de modéliser des connaissances assez générales mais moins abstraites que celles qui se trouvent dans les ontologies de haut niveau. Elle peut couvrir différents domaines. Cette ontologie inclut un vocabulaire relatif aux choses, événements, temps, espace, causalité, comportement, et fonction, etc...

- **Les ontologies d'applications**

C'est l'ontologie la plus spécifique, elle contient des concepts qui ont une relation avec un domaine et d'une tâche particulière, elle est spécifique et non réutilisable.

### 5- Le langage du web sémantique :

Il a été bien reconnu dans la communauté du Web Sémantique que les ontologies jouent un rôle clé dans la livraison du Web Sémantique en facilitant le partage d'information entre les communautés des humains et des agents logiciels. Les DTDs et les schémas XML peuvent être utilisés pour échanger les données entre les parties qui ont convenu les définitions avant l'échange. Cependant, leur manque de sémantique ne permet pas aux personnes de créer de nouveaux vocabulaires XML. Le même terme peut être utilisé avec différents sens dans différents contextes et des termes différents peuvent être utilisés pour des articles ayant le même sens. RDF et RDF Schema ont essayé de résoudre ce problème en permettant d'associer des sémantiques simples aux identificateurs. Avec RDF Schema, une personne peut définir des classes qui ayant plusieurs sous-classes et super classes, et peut aussi définir des propriétés pouvant avoir des sous propriétés, de domaines ou d'intervalle.

Dans ce sens RDF Schema est un langage d'ontologie pour le Web primitif. Pour atteindre l'interopérabilité entre les divers schémas développés de façon autonome, des sémantiques plus riches sont nécessaires [13].

Dans ce qui suit, nous allons présenter les langages XML, RDF, DAML+OIL et OWL puisqu'ils constituent des recommandations W3C.

**5-1- XML:** (pour *eXtensible Markup Language*) est un ensemble de règles pour la conception de fichiers textes permettant de structurer des données sous forme arborescente. XML facilite la réalisation de fichiers qui ne soient pas ambigus, et qui évitent les pièges courants, tels que la non extensibilité et la dépendance par rapport à certaines plates-formes. Pour cela XML utilise des balises analogues aux balises HTML; ces balises sont des mots encadrés par des < et des > et elles sont susceptibles de comporter des attributs sous la forme `nom_attribut="valeur"`. Mais alors qu'en HTML ces balises sont prédéfinies et non extensibles, les balises XML sont là seulement pour délimiter les éléments de données. Une balise <p> peut aussi bien encadrer un paragraphe dans un fichier XML destiné à afficher une page Web qu'encadrer un prix dans un catalogue de vente par correspondances, au choix de son utilisateur [14].

### 5-2- RDF/RDFS:

**5-2-1- RDF** (Resource Description Framework) est un modèle de données pour les objets (ressources) et les relations entre eux, fournissant des sémantiques simples pour ce modèle de données qui peuvent être représentés en XML.

RDF est, aussi, un langage pour les métadonnées sur le web. La syntaxe de RDF est basée sur celle de XML. Le modèle de base de ce langage est conçu pour permettre d'associer des attributs aux ressources du Web en utilisant la description de métadonnées sémantiques. Il est la spécification d'un système d'expression d'assertions sémantiques simples. Ainsi, RDF permet de voir le Web comme un ensemble de ressources reliées par les liens étiquetés «sémantiquement», et permet, alors d'accroître la facilité de traitement automatique des ressources Web.

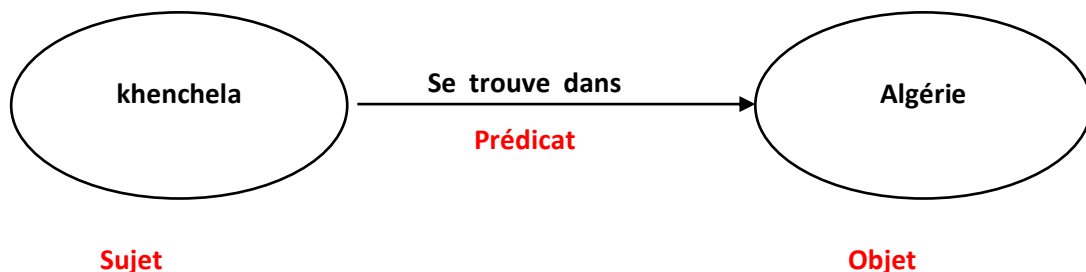
La structure fondamentale de toute expression en RDF est une collection de triplets, chacun composé d'un sujet, un prédicat et un objet.

- Ressource (Sujet) : une entité d'informations pouvant être référencée par un identificateur. Cet identificateur doit être une URI (Universal Resource Identifiers).

Les sujet ou les ressources sont variés : une page Web, une partie d'une page Web, un site Web complet, un objet non accessible par le Web comme un livre...

- Propriété (prédicat): un aspect spécifique, un attribut, une caractéristique ou relation utilisée pour décrire une ressource...

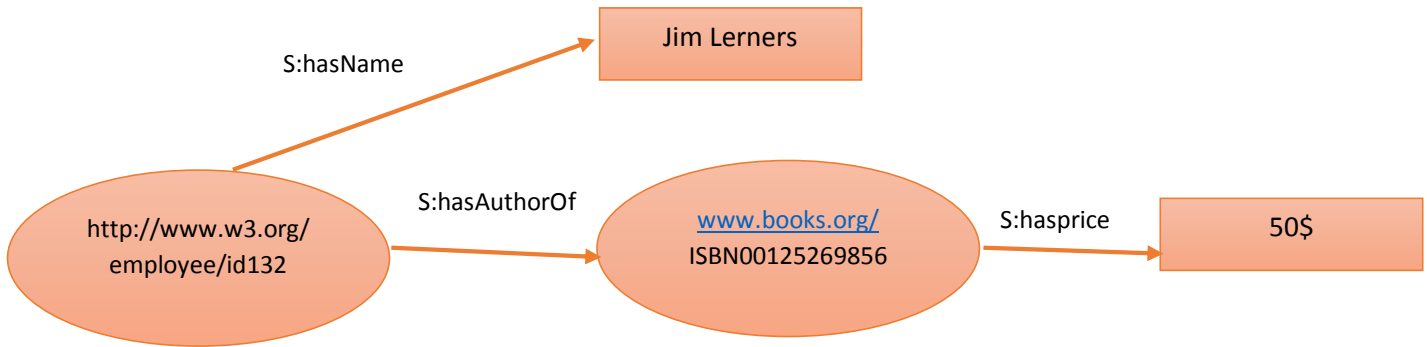
- Valeur : Un littéral (simple chaîne de caractères) ou une ressource



**Figure 1-4 : Triplet- Sujet, Prédicat, Objet**

Un document RDF est un ensemble de triplets de la forme (sujet, prédicat, objet).

Les éléments de ces triplets peuvent être des URIs (Universal Resource Identifiers), des littéraux ou des variables. Cet ensemble de triplet peut être représenté par un graphe. Plus exactement, un multigraphe orienté étiqueté où les éléments apparaissant comme sujet ou les objet sont des sommets, et chaque triplet est représenté par un arc dont l'origine est son sujet et la destination est son objet. Ce document sera traduit par un document RDF/XML, et est souvent représenté sous une forme graphique.(figure 04)



**Figure 1-5 : Exemple de graphe RDF**

**5-2-2- RDFS :** est un méta modèle recommandé par le W3C permettant la définition de schéma/modèle décrivant l'univers sémantique des déclarations RDF. RDFS est le langage de définition de vocabulaires pour RDF, et fournit ainsi un système de typage pour les déclarations RDF. Il permet la définition des classes et des sous-classes (`rdfs:Class`, `rdfs:subClassOf`) décrivant les ressources à annoter et donnant un sens aux propriétés associées aux ressources. Il permet aussi la formulation de contraintes sur les valeurs associées à une propriété afin de lui assurer une signification (`rdfs:domain`, `rdfs:range`).

Voici un exemple qui définit une classe `<< étudiant >>`, et qui instancie de cette classe une ressource `<<http:www.ontoknowledge.org/Definedclass>>`, et la définit comme sous classe de la classe `<<humain>>`:

```
<rdfs:Class rdf:ID="etudiant">  
  
<rdf:type rdf:resource="http:www.ontoknowledge.org/#DefinedClass/">  
  
<rdfs:subClassOf rdf:resource="#humain/">  
  
</rdfs:Class>
```

### 5-3- DAML+OIL:

DAML+OIL est un langage de balises pour la représentation et l'échange d'ontologies. C'est le résultat de la fusion des langages OIL et DAML-ONT (DARPA Agent Markup Language) et il s'appuie sur les langages RDF et RDF Schéma en les enrichissant avec de nouvelles primitives.

D'un point de vue formel, DAML + OIL peut être vu comme une logique de description très expressive à l'aide des types de constructeurs supportés à savoir : les constructeurs qui permettent de définir des classes et des propriétés ainsi que des axiomes.

### 5-4- OWL:

OWL (Ontology Web Language) est une extension du RDF pour pallier aux insuffisances de ce dernier. En effet, RDF souffre de certaines limites, qui sont, entre autres:

- `rdfs:range` définit le domaine de valeurs d'une propriété quelle que soit la classe concernée. Par exemple, il ne permet pas d'exprimer que les nourrissons ne boivent que du lait alors que d'autres niveaux d'ages peuvent boire du Soda.
- RDFS ne permet pas d'exprimer que deux classes sont disjointes. Par exemple, les classes des hommes et des femmes sont disjointes.
- RDFS ne permet pas de créer des classes par combinaison ensembliste d'autres classes (intersection, union, complément). Par exemple, on veut construire la classe Personne comme l'union disjointe des classes des hommes et des femmes.
- RDFS ne permet pas de définir de restriction sur le nombre d'occurrences de valeurs que peut prendre une propriété. Par exemple, on ne peut pas dire qu'une personne a exactement deux parents
- RDFS ne permet pas de définir certaines caractéristiques des propriétés : transitivité (par exemple: `estPlusGrand-Que`), unicité (par exemple: `estLePèreDe`), propriété inverse (par exemple: `mange` est la propriété inverse de `estMangéPar`.)

Le langage OWL devrait être construit sur RDFS tout en disposant d'une syntaxe XML. OWL permet de définir des classes de manière plus complexe en utilisant les opérateurs ensembliste (et / ou logique) tels que : l'intersection, l'union, la restriction, etc.), des propriétés inverses ou transitives ou bien encore des restrictions de cardinalité sur les propriétés, et cela en se basant sur une logique de description. OWL facilite, aussi, l'interopérabilité au niveau machine du contenu du Web plus que ce qui est déjà supporté par les XML, RDF et RDF Schéma en fournissant du vocabulaire supplémentaire avec des sémantiques formelles.

En plus, OWL est doté de trois sous langages offrant des capacités d'expression croissantes et c'est selon les besoins, on choisit le langage qui convient.

- **OWL Lite** est le sous langage de OWL le plus simple. Il est destiné aux utilisateurs qui ont besoin d'une hiérarchie de concepts simple. OWL Lite est adapté, par exemple, aux migrations rapides depuis d'anciens thésaurus.

- **OWL DL** est plus complexe que OWL Lite, permettant une expressivité bien plus importante. OWL DL est fondé sur la logique descriptive (d'où son nom, OWL Description Logics), un domaine de recherche étudiant la logique, et conférant donc à OWL DL son adaptation au raisonnement automatisé. Malgré sa complexité relative face à OWL Lite, OWL-DL garantit la complétude des raisonnements (toutes les inférences sont calculables) et leur décidabilité (leur calcul se fait en une durée finie).
- **OWL Full** est la version la plus complexe d'OWL, mais également celle qui permet le plus haut niveau d'expressivité. OWL Full est destiné aux situations où il est plus important 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. OWL Full offre cependant des mécanismes intéressants, comme par exemple la possibilité d'étendre le vocabulaire par défaut de OWL.

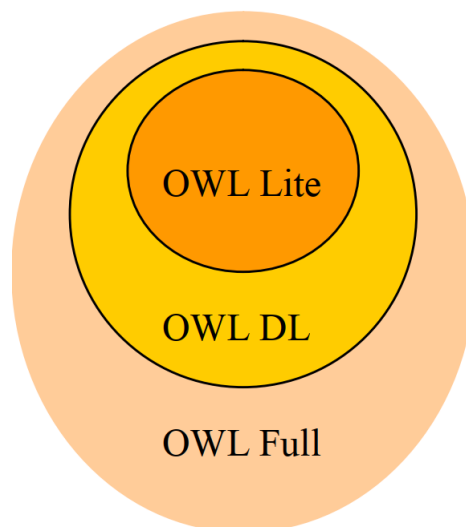


Figure 1-6 : les couches du langage OWL [15]

### 6- Outils du web sémantique :

#### 6-1- L'Editeur d'Ontologies Protégé

Protégé[16]: 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,...etc. 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, OIL, ...etc. Cela est rendu possible grâce à l'utilisation de plugins qui sont disponibles en téléchargement pour la plupart de ces langages.

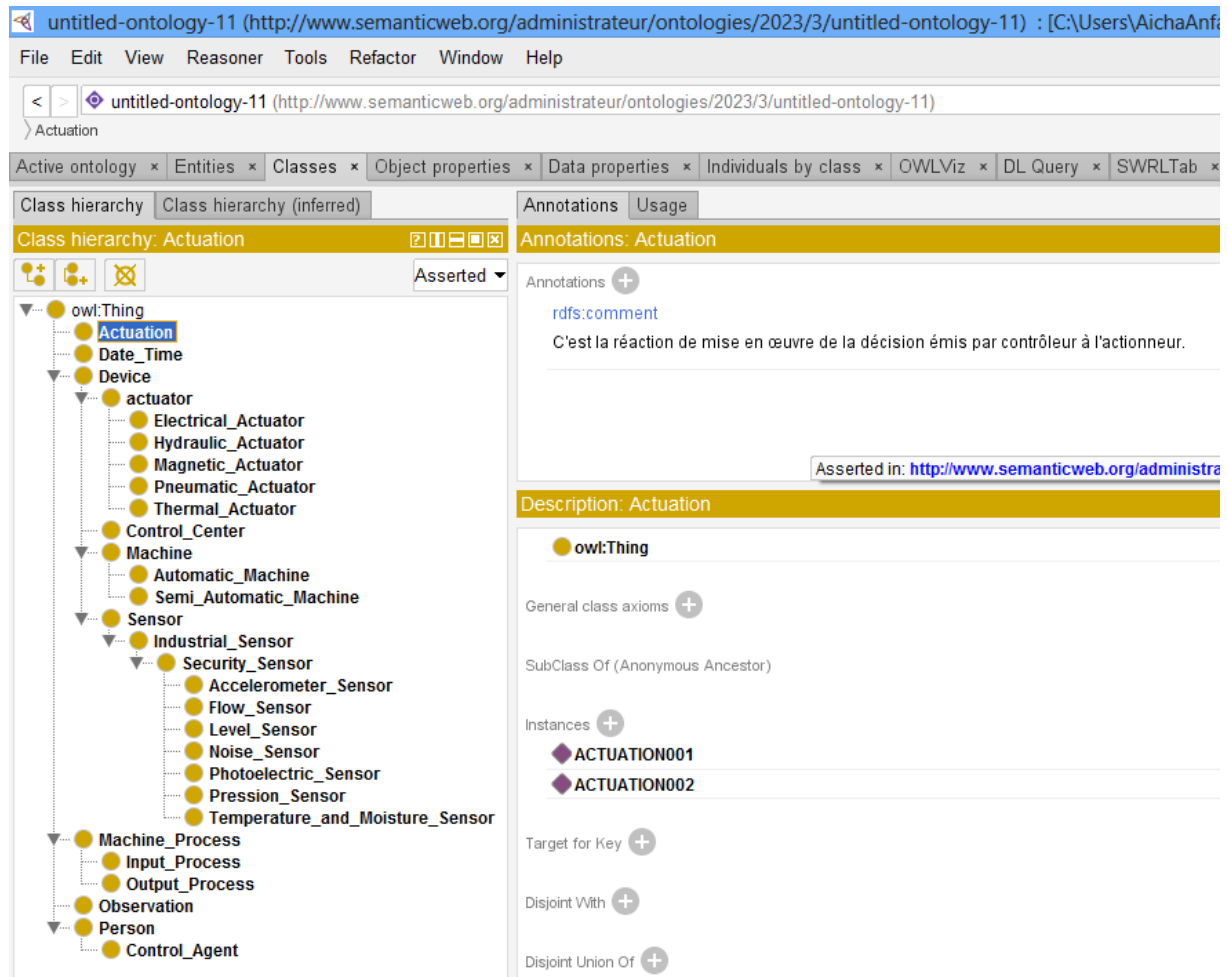


Figure 1-7 : interface du logiciel Protege

## 6-2- Le projet Annotea

Le projet Annotea[17] : est un projet du W3C pour faire de l'annotation web. Les annotations sont des commentaires, des notes, des explications ou d'autres types de remarques externes qui peuvent être associés à tout document web ou une partie sans que cela ne soit nécessaire pour modifier le document. Une fois qu'on a un document on peut charger les annotations le concernant depuis un serveur afin de les exploiter.

On utilise un schéma basé sur RDF pour décrire les annotations comme des méta-données.

Xpointer est utilisé pour localiser des annotations dans un document annoté. Les annotations sont stockées dans des serveurs qui peuvent être interrogés. Il existe des clients d'annotation (editor/browser) comme Amaya.

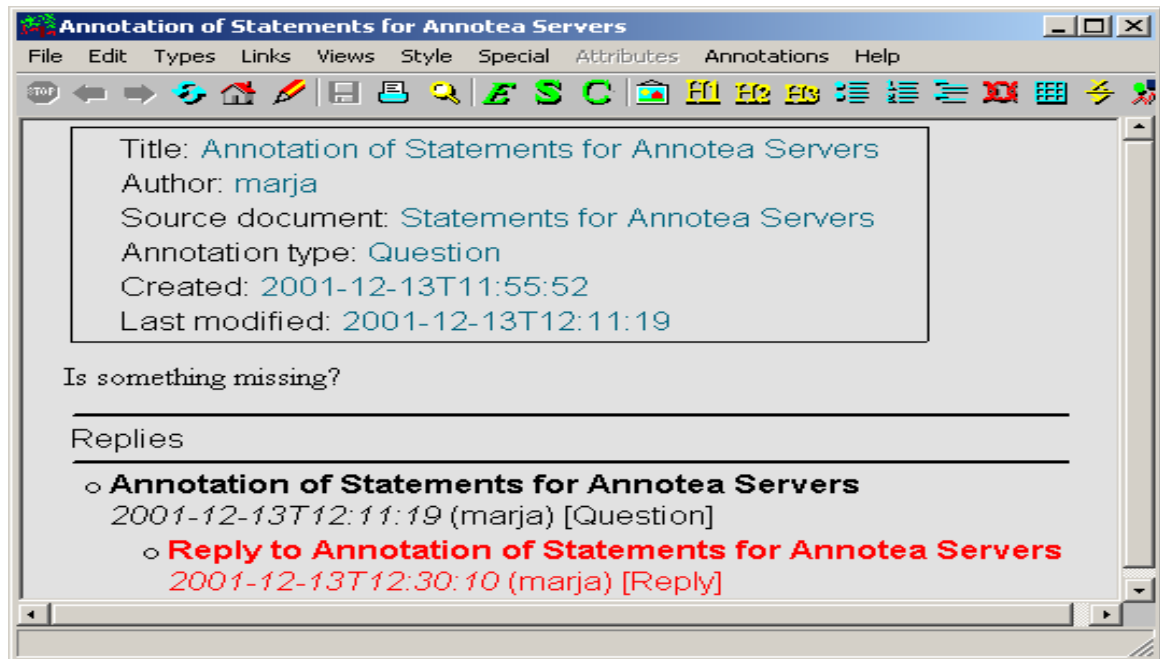


Figure 1-8: l'éditeur d'annotation Annotea

### 6-3- JENA

Jena [18] : est un framework en Java qui permet de construire des applications Web Sémantique. Il fournit un environnement de programmation pour RDF, RDFS et OWL (voir la Figure). Il inclut également un moteur de règles d'inférence.

Le framework contient:

- Un api RDF.
- Un api pour la lecture et l'écriture de RDF en RDF/XML, N3, et N-Triples.
- Un api OWL.
- Un système de persistance.
- RDQL, un langage de requête pour RDF.

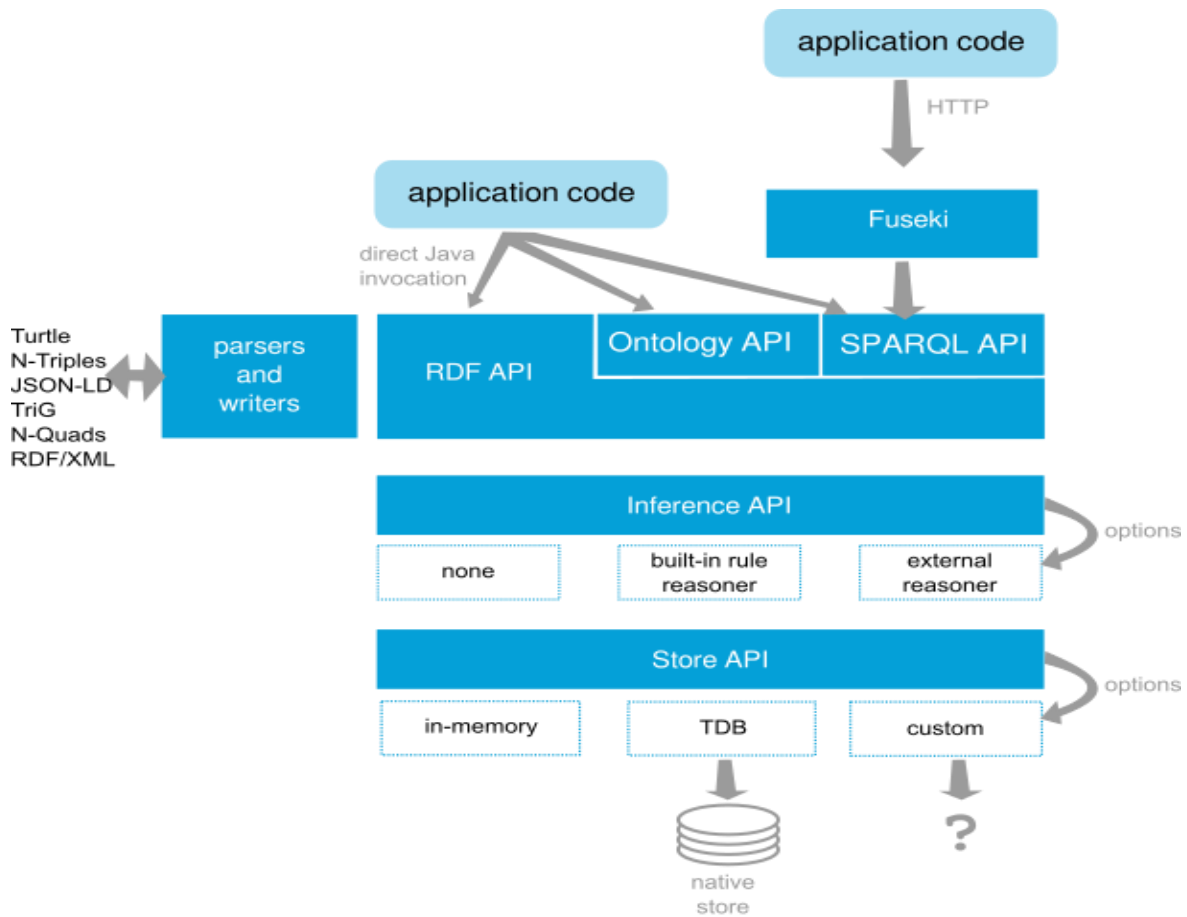



Figure 1-9 : Architecture de Jena[19]

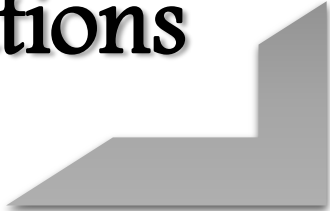
### **7- Conclusion :**

Nous avons expliqué dans ce chapitre le rôle très important de la sémantique qui permet aux humains et aussi aux machines d'exploiter mieux et avec précision les ressources du web, à travers le typage des ressources et des liens entre ces ressources.

Attribuer la sémantique au web facilite l'interopérabilité entre les ressources en fournissant une interprétation non ambiguë des données du web.



# **Chapitre 2 : L'Internet des Objets et ses applications**



### 1- Introduction :

Le monde est devenu un petit village grâce à la connexion via Internet, cette lien n'est pas seulement entre les humains, mais aussi à la connexion des choses que les humains utilisent. C'est l'Internet des objets (Ido) qui relie les appareils, les machines les smartphones, les voitures et tout ce qui est possible de lier sur Internet, cela nous a permis de collecter et partager les données avec un minimum d'intervention humaine. C'est ce qui a fait que les tâches de surveillance et de configuration qui ont été effectuées par les êtres humains sont automatiquement effectuées par des systèmes informatiques peu couteux dans l'Internet des objets.

### 2- Définition d'Internet des Objets :

L'expression "internet des objets" a été inventée par le britannique Kevin Ashton en 1999 , il est le cofondateur de l'auto-ID Centre du MIT et a participé à la création du standard RFID. Le terme a été évoqué lors d'une présentation pour l'entreprise Procter & Gambel. Derrière cette expression il y a un monde d'objet, d'appareils et de capteurs qui sont interconnectés [20].

Le CERP-Ido " Cluster des projets européens de recherche sur l'internet des objets" définit l'internet des objets comme : une infrastructure dynamique d'un reseau global. Ce reseau global a des capacités d'auto-configuration basée sur des standards et des protocoles de communication interopérables. Dans ce reseau les objets physiques et virtuels ont des identités, des attributs physiques, des personnalités virtuelles et des interfaces intelligentes, et ils sont intègres au reseau d'une façon transparente [21] .

Le 27 Mai 2015 , l'IEEE Publie un documents dont l'objectif est de parvenir à une définition de l'Ido. Le document explique que l'Ido est présent dans divers environnement faisant appel à des degrés de complexité différent selon les scénarios d'application mise en place. De ce fait l'IEEE propose deux définitions, la première définit les environnement et scénarios avec un faible niveau de complexité comme suivant :

L'internet des objets est un reseau qui connecte et rend identifiable de façon unique des objets. Les objets ont des capteurs, des actuateurs ont des potentielles capacités de programmation. A travers l'exploitation de l'identification unique et des capteurs. Les informations de l'objets peuvent être collectées et l'état de celui-ci peut être changé depuis n'importe ou, n'importe quand et par n'importe qui [22].

La seconde définition, à l'inverse, s'attarde sur des scénarios plus complexes :

L'Internet des objets a pour vision un réseau complexe auto-configurable et adaptatif qui interconnecte des objets à internet grâce à l'utilisation de protocole de communication. Les objets interconnectés ont une représentation physique ou virtuelle dans le monde digital, des capteurs et des actuateurs, des fonction de programmation et sont identifiable de manière unique. la représentation contient des informations telle que l'identité de l'objet, son statut, sa localisation ou toute autre information jugée pertinente pour le service. Les objets offrent des services avec ou sans l'intervention humaine, à travers l'exploitation d'un identifiant unique, la capture de données, la communication et la capacité d'action. Le service est exploité par l'utilisation d'interface intelligente rendu accessible n'importe où, n'importe quand et par n'importe qui ou quoi compte tenu de la sécurité.

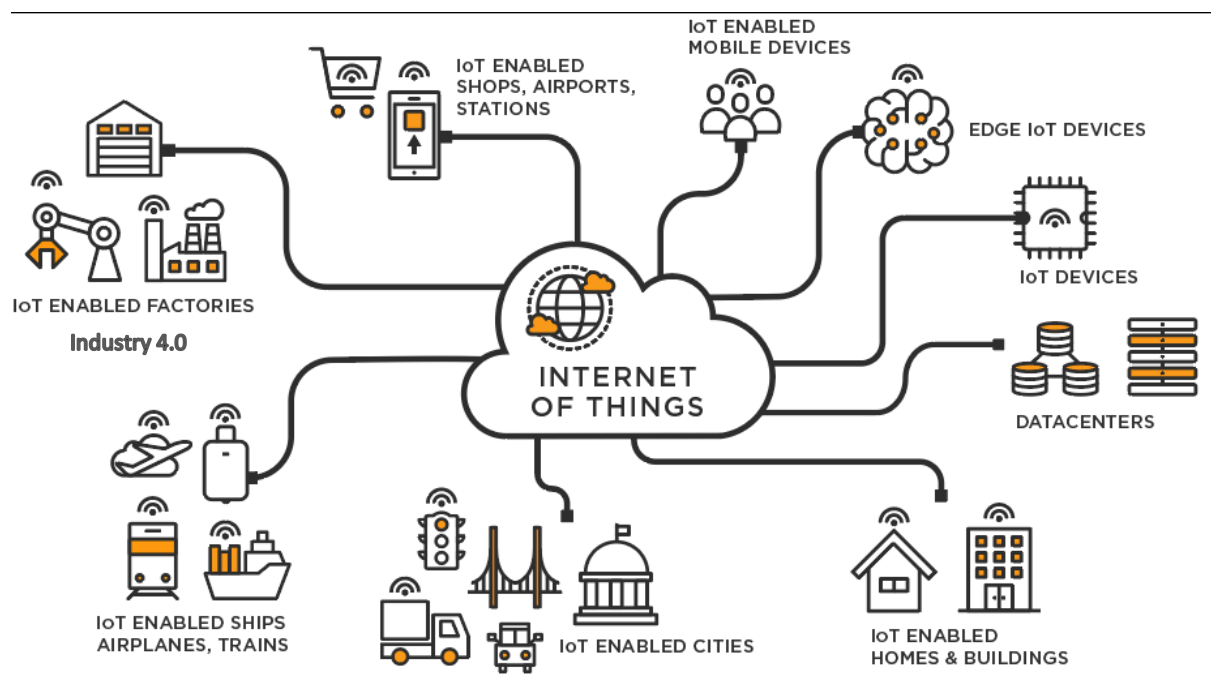


Figure 2-1: l'internet des objets

Il convient de noter ici que les objets connectés ne sont pas nécessairement des systèmes informatiques comme les ordinateurs ou les smartphones, ou des interfaces d'accès au web. Les machines industrielles et les machines à café et même des serrures fait partie des objets connectés via le réseau internet.

### 3- Petite histoire de l'IdO

L'histoire de l'Internet des objets commence en 1982 avec le tout premier appareil connecté : un distributeur automatique de boissons. Les capacités de cette machine intelligente lui permettaient de contrôler et rendre compte de son inventaire (ses inventeurs pouvaient vérifier en ligne si leur boisson préférée était en stock et même si elle était suffisamment fraîche). Le

distributeur automatique intelligent n'a pas vraiment eu de succès, mais il a laissé entrevoir un avenir où les appareils connectés seraient utilisés à grande échelle dans le secteur industriel, et dotés de capteurs leur permettant de surveiller chaque aspect de la chaîne d'approvisionnement et des processus de livraison.

Ce n'est pourtant qu'en 1999 que le terme « Internet des objets » a été inventé par le pionnier de la technologie Kevin Ashton. Cette même année paraît le livre *When Things Start to Think* (Quand les objets commencent à penser), de Neil Gershenfeld, professeur au MIT, qui explique le concept de l'Internet des objets et envisage son rôle futur, sans toutefois utiliser le terme.

D'autres avancées technologiques nous ont propulsés vers le monde des objets connectés que nous connaissons aujourd'hui [23].

### 4- L'Architecture d'Internet des Objets

L'architecture d'une solution IoT varie d'un système à l'autre en se basant sur le type de la L'architecture la plus élémentaire est une architecture à trois couches: [24]

**4-1- La couche perception** possède des capteurs et actionneurs qui détectent et recueillent des informations sur l'environnement.

**4-2- La couche réseau** est responsable de la connexion, du transport et du traitement des données issues des capteurs et actionneurs.

**4-3- La couche application** est chargée de fournir à l'utilisateur des services spécifiques et applications intelligentes.

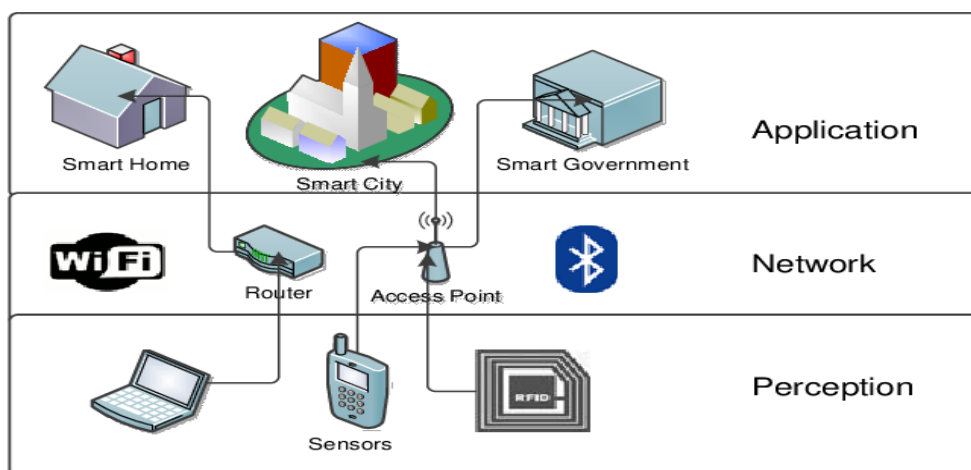


Figure 2-2: l'architecture d'internet des objets [25]

### **5- Les Domaines d'Applications de l'IdO**

L'IdO a la capacité de connecter les objets du quotidien. Il a introduit plusieurs applications et services intelligents, qui ont affecté la vie quotidienne des utilisateurs. Cette section présente une brève discussion de certaines applications de l'IdO [26].

#### **5-1- Domaine de la Santé**

L'IdO a apporté de nombreux avantages et opportunités au domaine des soins de santé. Il permet de développer et d'améliorer les services de santé et de maintenir le domaine innovant. Par exemple, le contrôle intelligent des médicaments et la gestion des hôpitaux. En outre, l'IdO ajoute d'autres avantages en surveillant la santé des individus en temps réel. De même, les ambulances peuvent être immédiatement envoyées sur les lieux d'un accident et les patients peuvent être suivis à leur domicile aussi efficacement que dans les hôpitaux. Par exemple, un médecin peut être immédiatement informé si le patient souffre d'une crise cardiaque.

#### **5-2- Villes Intelligentes**

Le concept de la ville intelligente est utilisé pour décrire la meilleure utilisation des ressources publiques, l'augmentation de la qualité du service présenté aux citoyens, et en même temps la réduction des coûts opérationnels des administrations publiques. L'IdO offre plusieurs avantages dans la gestion et l'optimisation des services publics, tels que le transport et le stationnement, l'éclairage, la surveillance et l'entretien des espaces publics, la préservation du patrimoine culturel et la collecte des ordures. En outre, la disponibilité de différents types de données collectées par les dispositifs d'IdO peut être utilisée pour sensibiliser les gens à l'état de leur ville et stimuler la participation active des citoyens à la gestion de l'administration publique.

#### **5-3- Maisons Intelligentes**

Les gens essaient toujours de trouver de nouvelles approches pour accroître leur luxe. Actuellement, les gens peuvent installer des appareils intelligents dans leur maison pour contrôler de nombreuses tâches domestiques. Ces appareils intelligents peuvent être commandés à distance, ce qui élimine la nécessité d'être à proximité de l'appareil. Par conséquent, ces appareils ont permis l'automatisation des activités domestiques grâce à l'adoption de divers dispositifs intégrés.

### **5-4- Industries Connectées**

L'industrie connectée est la vision d'un environnement de fabrication où chaque machine peut communiquer avec toutes les autres machines à travers l'usine. L'industrie connectée avec l'IdO connectera, surveillera et contrôlera pratiquement n'importe quoi, n'importe où, afin de fournir une productivité et une rentabilité opérationnelles. En outre, l'intégration de l'IdO avec les réseaux de capteurs, la connectivité sans fil, le matériel innovant et la communication entre machines va complètement transformer le processus d'automatisation conventionnel des industries.

### **5-5- Voitures connectée**

Les voitures connectées sont équipées d'un accès à l'internet et peuvent partager leur accès avec d'autres, tout comme la connexion à un réseau sans fil dans une maison ou un bureau.

De plus en plus de véhicules commencent à être équipés de cette fonctionnalité, alors préparez-vous à voir davantage d'applications incluses dans les futures voitures. La voiture connectée est considérée comme le meilleur moyen de minimiser les accidents. Ainsi, un pilote peut commander la voiture à distance afin de minimiser les accidents de voiture et de réduire les erreurs humaines. Ces voitures sans conducteur peuvent offrir d'autres fonctions que la simple sécurité, comme un gain de temps précieux, la réduction du stress lié à la conduite, etc. Certaines études révèlent que d'ici 2040, les voitures sans conducteur représenteront jusqu'à 75% des voitures en circulation dans le monde.

### **5-6- Parking Intelligente**

Depuis peu, des capteurs intelligents sont installés dans les parkings pour détecter l'arrivée et le départ des véhicules. Ils constituent une solution de gestion efficace pour aider les conducteurs à économiser du temps et du carburant. Il fournit aux conducteurs des informations précises sur les places de stationnement et assure la fluidité du trafic. Il permet également au déploiement de réserver une place de stationnement directement depuis le véhicule.

### **5-7- Énergie Intelligente et Smart Grid**

L'IdO fournit davantage d'informations sur les comportements des fournisseurs et des consommateurs d'électricité de manière automatisée afin d'améliorer l'efficacité énergétique. Il fournit également aux consommateurs une gestion intelligente de la consommation d'énergie comme les compteurs intelligents, les appareils intelligents, les ressources en énergie renouvelable.

### 5-8- Surveillance de l'environnement

L'élément clé du système IoT est constitué de capteurs qui collectent des informations sur le milieu environnant. Par conséquent, l'IdO permet de fournir un système d'information à haut débit. Cela permet à l'entité qui surveille les environnements à grande échelle et aux capteurs déployés dans la zone de transmettre facilement une énorme quantité de données, comme la surveillance des sources de pollution, la surveillance de la qualité de l'eau, la surveillance de la qualité de l'air.

### 5-9- Agriculture Intelligente

Grâce à la présence de capteurs partout, les agriculteurs peuvent utiliser les énormes informations recueillies pour obtenir un meilleur retour sur investissement. La détection de l'humidité et des nutriments du sol, le contrôle de l'utilisation de l'eau pour la croissance des plantes et la détermination des engrais personnalisés sont quelques exemples d'utilisations simples de l'IdO dans l'agriculture. En outre, de nombreuses technologies sans fil ont été utilisées dans l'agriculture, comme la télédétection, le système de positionnement global et le système d'information géographique. Cela permettra de remplacer le travail humain par des machines automatiques, ce qui augmentera la productivité.

### 5-10- Wearables

Les montres ne servent plus seulement à donner l'heure. Les smartwatches ont transformé nos poignets en smartphone en permettant l'envoi de messages texte, les appels téléphoniques, etc. De nombreux autres appareils sont utilisés pour nous donner plus d'informations sur nos séances d'entraînement, comme Fitbit, Jawbone et d'autres

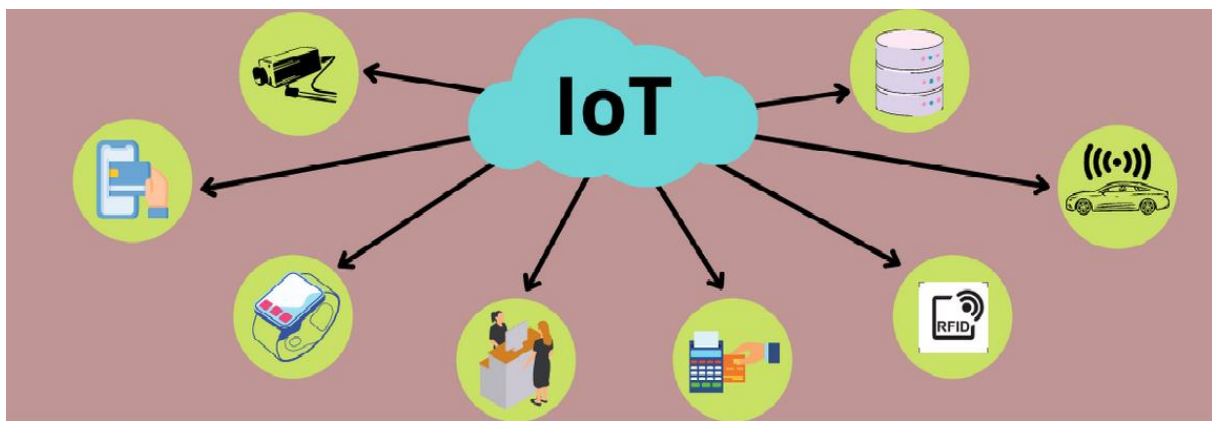


Figure 2-3 : les domaines d'application d'Iot [27]

### 6- Industrie 4.0 :

L'industrie 4.0 est l'une des applications les plus importantes de l'Iot, Il existe de nombreuses définitions et étiquettes pour le concept d'Industrie 4.0.

Le terme industrie 4.0 tire ses origines d'un projet de la stratégie high-tech du gouvernement Allemand. Il a été officiellement introduit dans le Hanover Messe en avril 2011 [28].

4.0 C'est pour marquer cette 4ème révolution industrielle.

Le projet « Industrie 4.0 » vise à développer de nouvelles organisations de production sur toute la chaîne de valeur. « L'Industrie 4.0 est annoncée comme la 4ème révolution industrielle. La 1ère révolution industrielle fut déclenchée dans les années 1780 par la création de la première usine de production mécanisée notamment grâce à l'invention de la machine à vapeur. La 2<sup>ème</sup> révolution industrielle débuta en 1850, avec l'invention de l'électricité puis de la production de masse. Dans les années 1970, la 3ème révolution industrielle signa l'entrée dans l'ère de la production automatisée avec le développement de l'électronique et les débuts de l'automatisme et de l'informatique industrielle. La 4ème révolution industrielle débuta, elle, avec l'Internet des objets connectés et le cloud computing, pour fabriquer des produits grâce à des systèmes intelligents, tels que les systèmes de simulation et les capteurs par exemple [29].

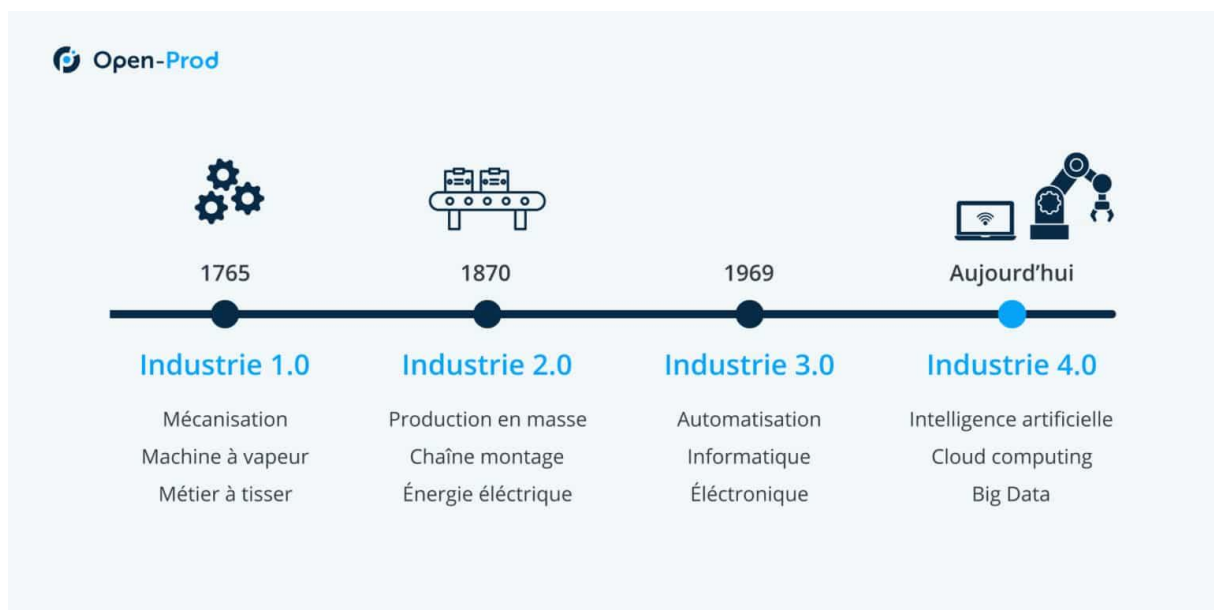


Figure 2-4: l'évolution d'industrie [30]

Dans d'autres pays, des projets similaires ont été créés comme « Smart Factory » dans la Hollande, « Usine de futur » en France, « High value manufacturing Catapult » en Royaume-

Uni, « Fabbri del Futuro » en Italie, « Made in china 2025 » et « Internet plus » dans la Chine et le terme qui est devenu aussi -ou même plus célèbre que l'industrie 4.0, c'est « l'Internet industriel » ou « L'Internet industriel des objets IIoT ». Ce terme créé par la société General Electric[31].

### **7- Les Défis de de l'IdO:**

Comme tous les nouveaux domaines du monde de la technologie, l'Internet des objets est confronté à un ensemble de défis, notamment :

**7-1- Disponibilité et fiabilité** : La méthode de collecte et de transmission des informations influence fortement la qualité des données fournies.

**7-2- Interopérabilité** : l'hétérogénéité et la diversité des environnements logiciels et matériels des objets.

**7-3- Sécurité et confidentialité** : nécessité de sécuriser et cloisonner les données échangées.

**7-4- Evolutivité et passage à l'échelle (Scalabilité)** : trouver des solutions flexibles pour le passage à l'échelle dans un scénario d'objets dispersés et nombreux.

**7-5- Politique réglementaire** : la réglementation n'est pas adaptée pour des applications IoT spécifiques. Par exemple, les entreprises investissent énormément dans ce domaine, mais l'autorisation de circulation des voitures autonomes n'est toujours pas clair du point de vue réglementaire.

**7-6- Propriété intellectuelle** : Une compréhension commune des droits de propriété entre les parties prenantes devrait être clairement définie pour libérer tout le potentiel de l'IoT. La question demeure ouverte, par exemple dans les dispositifs médicaux implantés dans le corps d'un patient, la question du droit sur les données générées, le patient ou le fabricant de l'appareil.

### **8- Interopérabilité dans l'IdO:**

L'un des plus grands défis auxquels l'Ido est confronté est l'interopérabilité, en raison de l'hétérogénéité des données générées par les différents terminaux du système Ido.

### 8-1- Définitions :

L'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, société savante basée USA) définit l'interopérabilité comme étant Capacité de deux ou plusieurs systèmes ou composants à échanger des informations et à utiliser ces informations échangées.

INTEROP (Interoperability Research for Networked Enterprises Application and Software – consortium européen) donne une définition plus précise à l'interopérabilité comme suit :

- Capacité de plusieurs systèmes (identiques ou différents) à communiquer sans ambiguïté et opérer ensemble, sans dépendre d'un acteur particulier.[32]

### 8-2- Niveaux d'Interopérabilité dans l'IdO:

**8-2-1- L'interopérabilité technique** : Elle est généralement associée aux composants logiciels et matériels, aux systèmes et plateformes permettant de faire communiquer les machines entre eux. Ce type est souvent centré sur les protocoles et l'infrastructure qui est nécessaire au fonctionnement de ces derniers

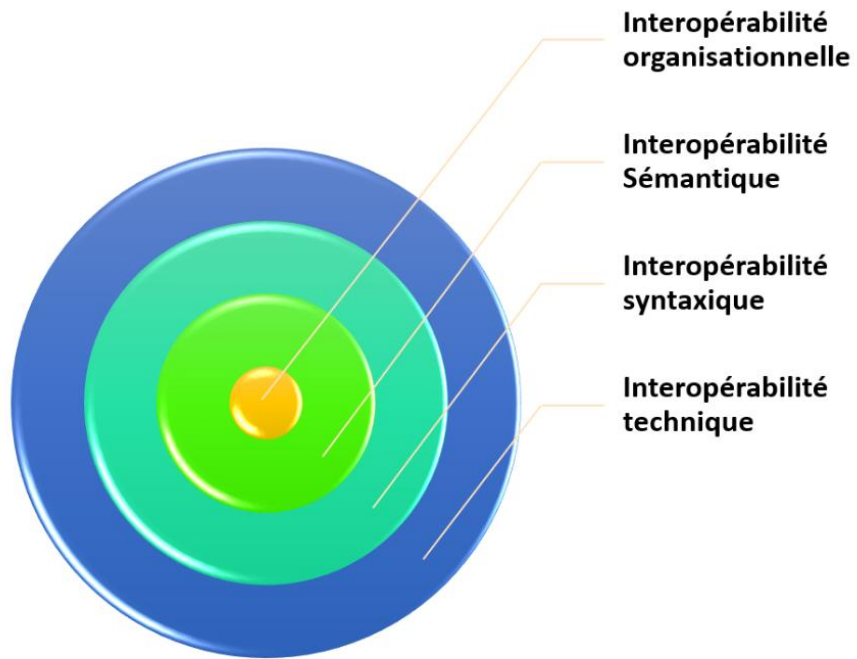
**8-2-2- L'interopérabilité syntaxique** : Elle est généralement associée aux formats des données. Les messages qui sont transférés par les protocoles doivent respecter une certaine structure et un codage bien définis bien que ce n'est seulement sous la forme de tableaux de bits.

Cependant, nombreux de bits transportent des données ou du contenu qui peuvent être représentés à l'aide de syntaxes de transfert du haut niveau telles que HTML, XML,etc.

**8-2-3-L'intéropérabilité sémantique** : Elle est généralement associée à la signification du contenu.

Elle concerne l'interprétation de ce dernier par l'homme au lieu de la machine. Á ce niveau, l'interopérabilité signifie que les personnes comprennent communément la signification du contenu (information) échangé.

**8-2-4-L'intéropérabilité organisationnelle** : Comme son nom l'indique, elle exprime la capacité des organisations à communiquer ainsi qu'à transférer des données (informations) significatives d'une manière efficace, même si elles utilisent de diversité de systèmes d'information différents sur des infrastructures très différentes à travers des régions géographiques et cultures différentes. Cette interopérabilité dépend d'une interopérabilité technique, syntaxique et sémantique réussies [33].




**Figure 2-5: Les dimensions de l'interopérabilité**

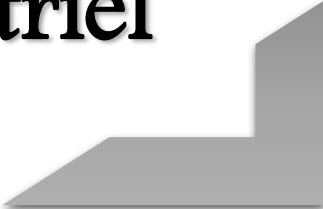
### **9- Conclusion :**

La technologie d'internet des objets a grandement contribué à améliorer la performance des services et des entreprises, en raison de sa capacité à relier les objets, les systèmes et les personnes qui gèrent ces systèmes. Ce lien entre le monde physique et le monde digital est le véritable début du futur numérique dans lequel tout est lié à tout.

Travailler à lever les obstacles qui entravent les systèmes de l'Internet des Objets est nécessaire pour développer ce système, améliorer ses performances et augmenter les capacités de production, industrielles et de services.



# **Chapitre 3 : Modélisation de l'ontologie d'IdO industriel**



### 1- Introduction :

Ce chapitre est consacré à la modélisation de notre ontologie pour la problématique posée dans ce mémoire qui est concevoir et implémenter une ontologie de domaine dans le cadre de l'internet des objets industriels. Cette ontologie peut être utilisée pour assurer l'interopérabilité sémantique entre les objets industriels interconnectés.

Pour la conception de notre ontologie, on va suivre une méthodologie claire et indépendante de tout langage de spécification qui est : **METHONTOLOGIE** qui permet de construire des ontologies au niveau des connaissances à l'aide d'un modèle conceptuel intermédiaire, sans nécessiter une connaissance a priori de concepts [34].

La construction de l'ontologie est réalisée selon un cycle constitué de quatre étapes : spécification (but et utilisateurs visés de l'ontologie), conceptualisation (structuration du domaine au niveau des connaissances), formalisation (traduction du modèle conceptuel en utilisant un langage formel) et implémentation (expression du modèle formel à l'aide d'un langage d'implémentation).

### 2- Travaux voisins:

Avant de modéliser notre ontologie, nous allons présenter quelques travaux, similaire à notre sujet, dans le domaine d'IdO.

Le premier travail c'est un mémoire de Master présenté par Kellil Ibtissem et Hannachi Rahima [35]. Ces derniers, ont proposé le développement d'une ontologie pour le suivi des personnes âgées en perte d'autonomie, dont le but est de prendre en charge des personnes dans unsystèmes d'Habitats Intelligents en Télé-santé(HIT).

Le deuxième travail est celui Charmati Sewsen qui est un mémoire de Master en informatique, de l'université de Guelma [36], dont le thème est Quand l'Iot Sémantique se met au service des personnes en situation de handicap. L'objectif principal de ce mémoire, se base sur la combinaison entre les technologies du web sémantique ( ontologie, SWRL SPARQL) afin de garantir l'interopérabilité sémantique dans le cadre de l'internet des objets (IdO) pour construire un modèle ontologique contenant des connaissance sur les personnes visé dans son sujet (personnes en situation de handicap) afin de les offrir une autonomie dans leur déplacement.

### 3- Processus de construction de l'ontologie:

#### 3-1- La spécification:

On ne peut pas commencer la construction de notre ontologie avant d'établir un document informel de spécification de besoins. Dans ce document, nous décrivons l'ontologie à construire à travers cinq aspects :

- **Domaine de connaissance :**

Notre domaine de connaissance est à propos de L'IIoT est l'utilisation de capteurs et d'actionneurs intelligents pour améliorer les processus de fabrication et les processus industriels. Également connu sous le nom d'internet industriel ou d'industrie 4.0

- **Les objectifs :**

Etablir un vocabulaire conceptuel commun pour permettre l'interopérabilité sémantique entre les objets industriels interconnectés.

- **Utilisateurs :**

Ceux qui contrôlent les machines industrielles et tous les gens qui travaillent dans le secteur industriel en général.

- **Sources d'informations :**

Documents techniques en relation avec le domaine de l'internet des objets, l'Iot industriel, le web sémantique et les ontologies d'Iot.

- **Portée de l'ontologie :**

Industrie, machines, capteurs, processus, interopérabilité sémantique, ...etc.

#### 3-2- la conceptualisation :

Dans la phase de conceptualisation, on doit suivre les étapes suivantes :

##### 3-2-1- Construire du glossaire des termes :

Dans cette tâche on décrit tous les termes utiles et utilisable dans notre domaine d'étude on langage naturel de façon très claire

Terme	Description
<b>Thing</b>	Représente tous les choses qui existent dans la réalité.
<b>Machine</b>	Appareil ou ensemble d'appareils capable d'effectuer un certain travail ou de remplir une certaine fonction, soit sous la conduite d'un opérateur, soit d'une manière autonome.
<b>Automatic_machine</b>	Une machine dont le cycle de travail comprend des phases à déroulement complètement automatique.
<b>Semi_automatic_machine</b>	Une machine dont le cycle de travail comprend des phases à déroulement automatique séparées par des interventions manuelles
<b>Machine_process</b>	Les processus d'entrée et sortie de la machine
<b>Input_process</b>	Le processus d'entrée ici est le produit qui entre dans la machine pour qu'un processus spécifique se produise.
<b>Output_process</b>	Le produit qui sort de la machine après qu'un certain processus ait eu lieu sur lui.

<b>Device</b>	Ensemble d'instruments, d'outils, de dispositifs employés pour mener à bien une tâche.
<b>Sensor</b>	C'est un dispositif physique capable de détecter des données physiologique, des mouvements ou des données de sécurité.
<b>Industrial_sensor</b>	Un capteur industriel est le premier élément dans une chaîne de mesure, il est chargé de transformer une grandeur physique en une grandeur normée, généralement électrique.
<b>Security_sensor</b>	Toutes sortes de capteurs qui sont en relation avec la sécurité de la chine de production.
<b>Temperature_and_moisture sensor</b>	Un capteur de température et d'humidité, mesure la quantité de chaleur et d'humidité générée par une zone ou un objet. Il détecte les changements de température et d'humidité.
<b>Pression_sensor</b>	Un capteur qui détecte les changements de pression dans les gaz et les liquides. En cas d'écart par rapport à la plage de pression standard, la notification de tout problème à résoudre peut être envoyée au centre de contrôle.
<b>Noise_sensor</b>	Les capteurs de bruit enregistrent les niveaux de bruit dans l'environnement donné. ces capteurs utilisés pour envoyer des notifications d'avertissement au centre de contrôle lorsque les niveaux de bruit des objets industriels vont au-delà de la limite de seuil stipulée.
<b>Flow_Sensor</b>	Les capteurs d'écoulement, également appelés débitmètres, sont utilisés pour mesurer le taux d'écoulement d'un fluide dans les machines.
<b>Accelerometer_sensor</b>	Les accéléromètres utilisés pour enregistrer et mesurer l'accélération d'un objet. Ces types de capteurs enregistrent le taux de variation de la vitesse d'un objet par rapport au temps.
<b>Photoelectric_sensor</b>	Les capteurs photoélectriques détectent les objets, les changements des conditions superficielles et d'autres éléments grâce à une variété de propriétés optiques. En fait, ils se composent d'un émetteur pour émettre la lumière et d'un récepteur pour recevoir la lumière
<b>Level_sensor</b>	les capteurs de niveau détectent la quantité ou le niveau de substances différentes des matériaux granulaires aux liquides semi-solides.
<b>Observation</b>	Les données produites par les capteurs.
<b>Control_center</b>	Les données obtenues par l'observation sont utilisées par le control center pour prendre une décision. Il en résulte la commande des actionneurs en fonction des données d'entrée détectées
<b>Actuator</b>	L'actionneur est un dispositif matériel. Il transforme une information digitale en une action physique. Il peut s'agir d'alarmes ou d'interrupteurs par exemple.
<b>Hydraulic_actuator</b>	Ces actionneurs exploitent la puissance hydraulique pour exécuter des fonctions et des opérations mécaniques. Généralement, ces types d'actionneurs sont alimentés par un vérin ou un moteur hydraulique. Selon les exigences et les recommandations, le mouvement mécanique est converti en oscillatoire, linéaire ou rotatif.

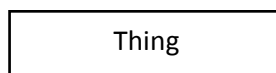
<b>Pneumatic_actuator</b>	Les actionneurs pneumatiques créent deux types de mouvements, rotatifs ou linéaires. Ils sont alimentés par un vide ou de l'air comprimé à haute pression pour mettre en œuvre le type de mouvement requis. Comparés à d'autres types d'actionneurs, les actionneurs pneumatiques sont des actionneurs à faible coût et nécessitant peu d'entretien
<b>Electrical_actuator</b>	Dans ces actionneurs, un moteur convertit l'énergie électrique en mouvement mécanique. Ces actionneurs sont alimentés par l'électricité et assurent un contrôle de précision. Ces actionneurs sont largement utilisés dans les environnements industriels pour automatiser les opérations mécaniques.
<b>Thermal_actuator</b>	les actionneurs thermiques sont équipés d'un matériau thermosensible à l'intérieur, qui est utilisé pour produire un mouvement linéaire. Le mot thermique implique que ces actionneurs sont utilisés en réponse aux changements de température. Le cas d'utilisation le plus courant comprend la fermeture de vannes et l'utilisation de verrous ou d'interrupteurs.
<b>Magnetic_atuator</b>	Ces types d'actionneurs convertissent l'énergie électromagnétique en sortie mécanique et fonctionnent dans une direction linéaire ou rotative. Les actionneurs magnétiques peuvent fournir un fonctionnement mécanique continu et sont couramment utilisés dans les industries automobile et aérospatiale.
<b>Actuation</b>	C'est la réaction de mise en œuvre de la décision émis par contrôleur à l'actionneur.
<b>Person</b>	Agent humain.
<b>Control_agent</b>	C'est une personne qui intervient en cas de dysfonctionnement que la machine ne peut réparer par elle-même.
<b>Date_Time</b>	C'est la date et le temps exact d'une action.

Tableau 1 : Glossaire de termes

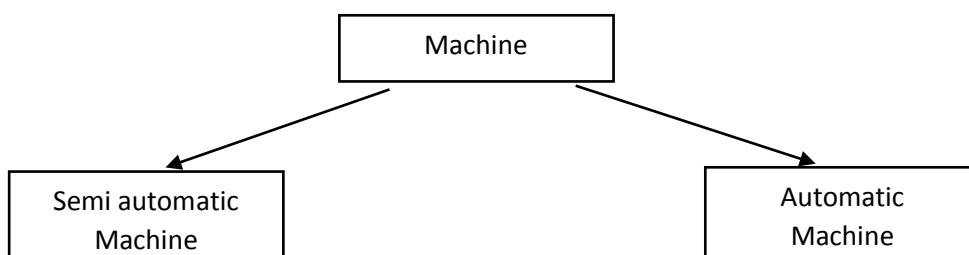
3-2-2- Classifier les concepts en hiérarchie :

Dans cette tâche nous allons définir les relations taxonomiques entre les concepts.

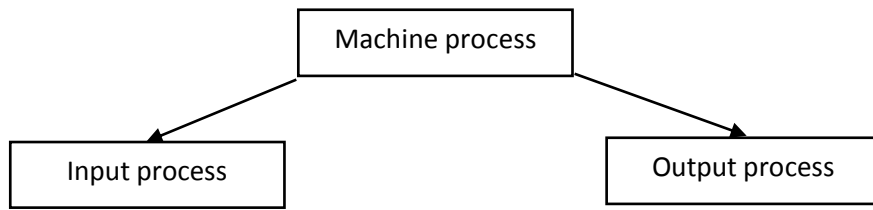
1- Le concept Thing :



2- Le concept Machine :



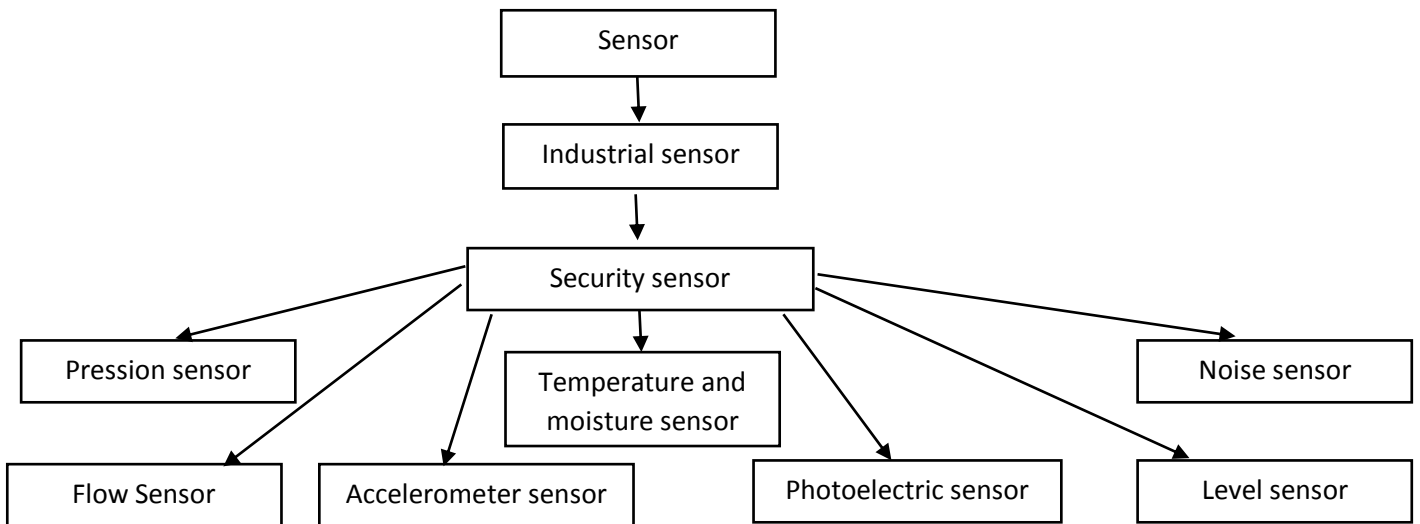
3- Le concept Machine\_process :



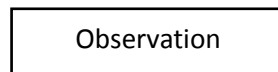
4- Le concept Device :



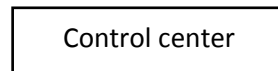
5- Le concept Sensor :



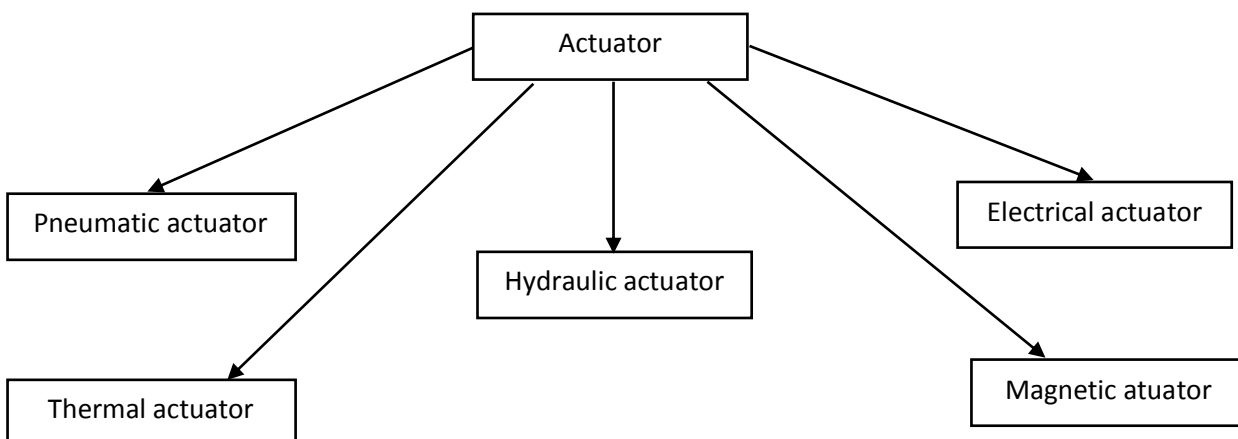
6- Le concept Observation :



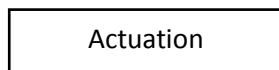
7- Le concept control\_Center :



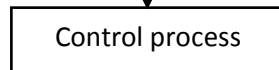
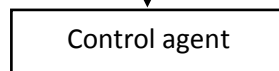
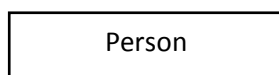
8- Le concept Actuator :



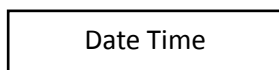
9- Le concept Actuation :



10- Le concept Person :



11- Le concept Date\_Time :



### 3-2-3- Construction de diagramme de relations binaires :

Il s'agit de relier deux concepts entre eux avec une relation, cette tâche va nous permettre de représenter de manière graphique toutes les relations qui existent entre les divers concepts.

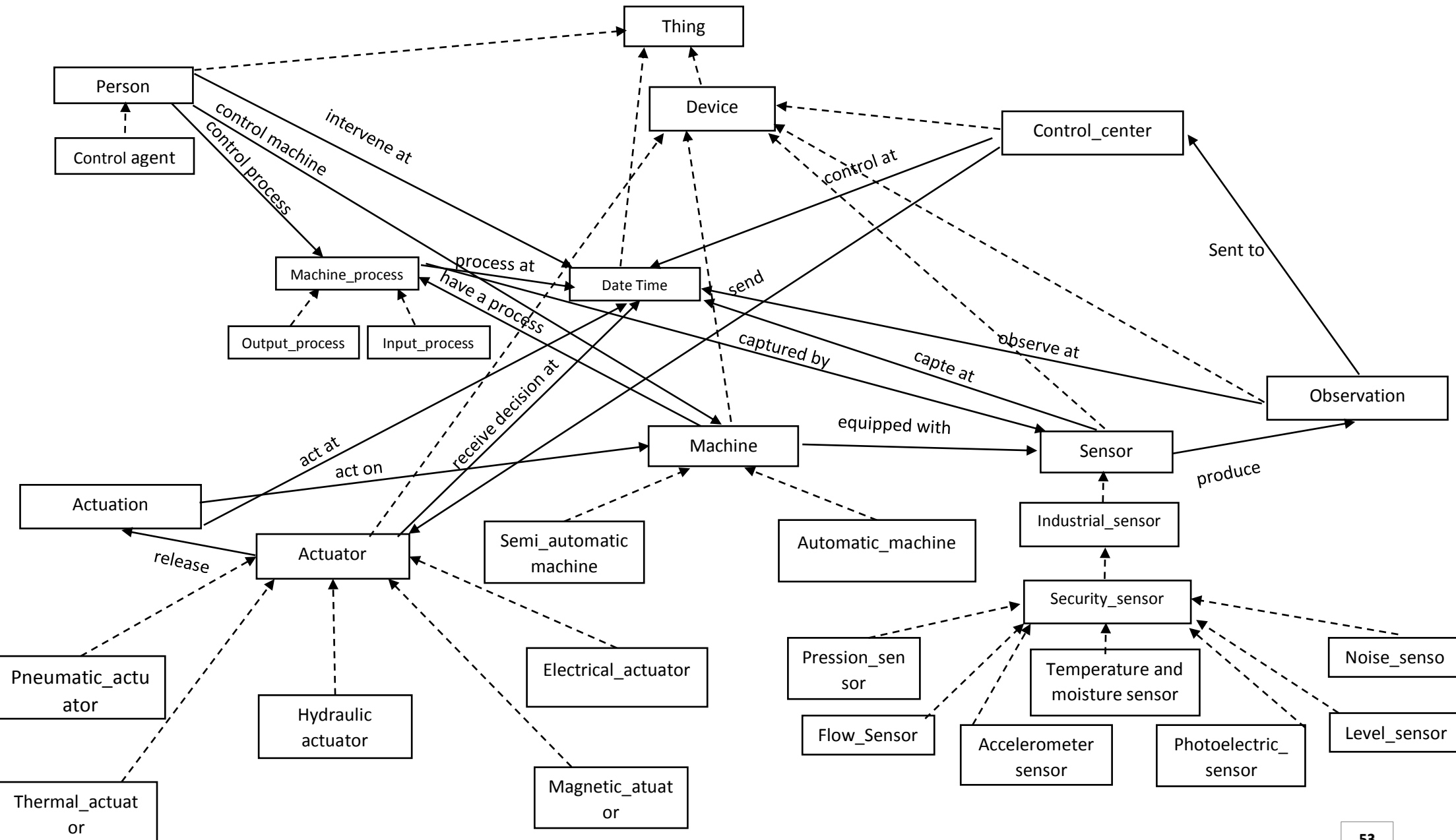


Diagramme de relations binaires

### 3-2-4- Construction d'un dictionnaire de concepts :

Après avoir accomplir la taxonomie de concepts et le diagramme de relations binaires, il faut spécifier les propriétés qui décrivent tous les concepts de la hiérarchie dans un dictionnaire de concepts du domaine, qui contient : les concepts de domaine, leurs synonymes, leurs acronymes, leurs attributs et leurs relations.

Nom de concept	Attributs	Les relations	Synonymes
Thing			Toutes les choses
Device	Id Serial number Type Localisation		Tous types d'appareils
Machine		equiped with have a process	automate, dispositif, engin
Sensor		capt at produce	Capteur, détecteur
Industial_sensor			
Security_sensor			
Temperature_and moisture_sensor			
Pression_sensor			
Noise_sensor			
Flow_sensor			
Accelerometer_sensor			
Photoelectric_sensor			
Level_sensor			
Actuator		Release	Transducteur
Hydraulic_actuator			
Pneumatic_actuator			
Electrical_actuator			
Thermal_actuator			
Magnetic_atuator			
Control_center	Make_decision	Send	Contrôleur de système
Observation	Value Unit	sent to	Donnée, valeur, ..
Actuation	Actuation_type	act on	Mise en œuvre, mise en marche.
Machine_process	Id_machine		Processus d'entrée et sortie de la machine
Input_process			Processus d'entrée de la machine
Output_process			Processus de sortie de la machine
Person	Family_name	control machine	Humain

	First_name Job	control process	
Data_Time	Date Time	Capt at Observe at Intervene at Act at Receive decision at Process at	

**Tableau 2: Dictionnaire de concepts.**

### 3-2-5- Construction de table de relations binaires:

Cette tâche a pour but de construire une table bien détaillé de relations binaires.

Pour chaque relation utilisée dans le diagramme de relations binaires il faut définir:

- Le nom de la relation
- Le nom du concept source
- Le du concept cible
- Les cardinalités source et cible

Nom de la relation	Concept source	Concept cible	Card source	Card cible	Relation inverse
equiped with	Machine	Sensor	1..n	1..1	Equiped in
have a process	Machine	Process	1..1	1..1	Is process of
capt at	Sensor	Data Time	1..1	1..1	Time of capture
sent to	Observation	Control center	1..1	1..n	Receive data from
release	Actuator	Actuation	1..1	1..1	Released by
send	Control_center	Actuator	1..n	1..1	Receive from
produce	Sensor	Observation	1..1	1..1	Produced by
act on	Actuation	Machine	1..1	1..1	Acted by
control_machine	Person	Machine	1..n	1..1	Controlled by
control_process	Person	Process	1..n	1..1	Controlled by
observe_at	Observation	Date Time	1..1	1..1	Time of observation
intervene_at	Person	Date Time	1..1	1..1	Time of intervention
act at	Actuation	Date Time	1..1	1..1	Time of actuation
receive_decision_at	Actuator	Date Time	1..1	1..1	Time of decision reception

process at	Machine Process	Date Time	1..1	1..1	Time of process
------------	-----------------	-----------	------	------	-----------------

**Tableau 3: Tables des relations binaires**

### 3-2-6- Construction de la table d'attributs

Dans cette tâche on construit une table des attributs qui comporte une description détaillée des attributs inclus dans le dictionnaire de concepts, et l'ensemble de contraintes et de restrictions sur ces valeurs.

Nom d'attribut	Type de valeur	Card (min/max)	Valeur par default	Domaine de valeur
ID	String	1..1		
Serial number	String	1..1		Machines, appareils..
Type	String	1.1		Machines, appareils..
Localisation	String	1.1		Machines, appareils..
Value	Intiger	1.1		
Unit	String	1.1		
Family name	String	1.1		
First name	String	1.n		
Job	String	1.1		
Make_decision	String	1.n		

**Tableau 4: Table d'attributs.**

### 3-2-7- Construction de la table des instances:

Dans cette tâche on construit une table des instances qui décrit les instances connues ; et qui sont identifiées dans le dictionnaire de concepts. Pour chaque instance nous allons préciser le nom de l'instance, le nom du concept où elle appartienne, ses attributs et les valeurs qui lui y sont associés.

Dans le tableau 5 ci-après on va donner quelques instances créées

Nom de l'instance	Nom de concept	Attribut	Valeur
M001 M002 . .	machine		
TMSEN001 TMSEN002 . .	Temperature and moisture sensor		
PSEN001 PSEN002 . .	Pression sensor		


NSEN001 NSEN002 . .	Noise sensor		
FSEN001 FSEN002 . .	Flow Sensor		
ACCSEN001 ACCSEN002 . .	Accelerometer sensor		
PHOTELCSEN001 PHOTELCSEN002 . .	Photoelectric sensor		
LVLSEN001 LVESEN002 . .	Level sensor		
HYDACT001 HYDACT002 . .	Hydraulic actuator		
PNEUMACT001 PNEUMACT002 . .	Pneumatic actuator		
ELECACT001 ELECACT002 . .	Electrical actuator		
THERMACT001 THERMACT002 . .	Thermal actuator		
MAGNACT001 MAGNACT002 . .	Magnetic atuator		
CC001 CC002 . .	Control center		
OBSRV001 OBSRV002	Observation		
AGENT1 AGENT2	Person		

**Tableau 5: La table des instances**


### 4- Conclusion:

Dans ce chapitre nous avons présenté les différentes phases pour concevoir une ontologie en suivant des étapes bien définies suivant la méthode "METHONTOLOGY" grâce à cette méthode on a arrivé a concevoir un modèle conceptuel qui a permet d'avoir une liste des concepts, une liste de relations et des autres listes des attributs et des instances en plus d'une représentation des termes pertinents du domaine.

La prochaine étape consiste à rendre cette ontologie opérationnelle et exploitable par un ordinateur, c'est la phase de l'implémentation qui sera le sujet du prochain chapitre.



# **Chapitre 4 : Implémentation de l'Ontologie sous Protégé**



### 1- Introduction:

Le présent chapitre est consacré à l'implémentation de l'ontologie obtenu dans le chapitre précédant.

L'ontologie peut être éditée avec l'éditeur d'ontologie Protégé 5.6.1 et implémentée avec les techniques OWL DL. Avant l'édition de l'ontologie avec Protégé, il faut choisir le langage de spécification. Celui que nous avons choisi est le langage OWL, le codage d'une ontologie sous format OWL présente l'avantage de rendre cette ontologie réutilisable, grâce à l'utilisation des propriétés d'équivalence, de disjonction entre les concepts et les relations.

### 2- Un aperçu sur PROTÉGÉ:

Protégé est un système éditeur pour la création d'ontologies. Il a été créé par le Stanford Medical Informatics de l'université Stanford en Juillet 1987 [37], il est dédié depuis le début aux applications médicales, mais son utilisation s'est généralisée à plusieurs types d'outils et d'applications basées sur la connaissance (la biomédecine, la commerce électronique, la modélisation organisationnelle...).

Protégé est une plate-forme Open Source autonome, qui fournit un environnement graphique permettant l'édition, la visualisation et le contrôle (vérification des contraintes) d'ontologies.

L'implémentation d'une petite ontologie est une tâche complexe elle va prendre plusieurs lignes de code et nécessite un grand effort et du temps. PROTÉGÉ a libéré les ontologistes de toute cette complexité de programmation et a permis de générer automatiquement la structure de l'ontologie créée en OWL-DL

Toutes ces caractéristiques ont contribué à son succès et en font un éditeur d'ontologie très agréable de la plus grande renommée actuellement, servant de référence pour une importante communauté d'utilisateurs (universitaires, gouvernement et entreprises)

### 3- Les étapes d'édition de notre ontologie sous PROTÉGÉ-OWL:

L'interface utilisateur de PROTÉGÉ-OWL plugin fournit un plusieurs onglets. Dont les plus importants que nous allons utiliser par la suite pour l'édition des composants de l'ontologie d'Iot Industriel sont:

- L'onglet Classes : affiche la hiérarchie de classes de l'ontologie. Il permet de créer et d'éditer les classes (les concepts) et affiche le résultat de la classification.
- L'onglet Object Properties : est utilisé pour créer et éditer les relations qui existent entre les concepts de l'ontologie.
- L'onglet DataProperties: est utilisé pour créer et éditer les attributs des concepts.
- L'onglet Individuals : utilisé pour créer et éditer les instances de chaque concept.
- L'onglet OntoGraf : utilisé pour afficher l'ontologie ou seulement un concept sous forme d'un graphe
-

### 3-1- Création d'un nouveau projet après Lancement de Protégé 5.6.1:

Il est réalisé en précisant respectivement le type de projet et le langage avec lequel sera éditée l'ontologie.

### 3-2- l'édition de l'ontologie :

Après avoir spécifié le type du projet, sur la fenêtre suivant nous allons éditer l'ontologie.

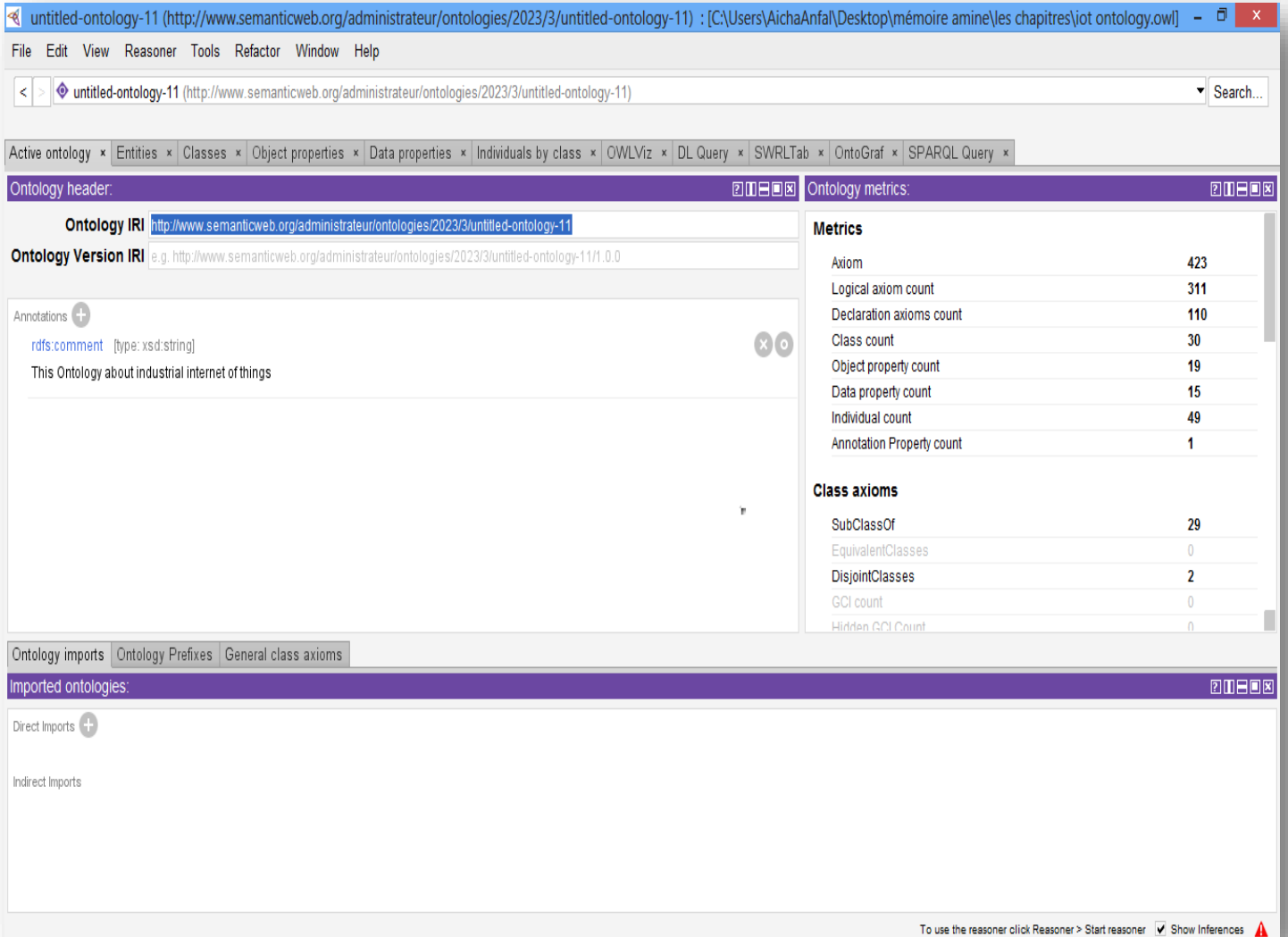


Figure 4-1 : Interface PROTEGE

3-3- Création des classes et la hiérarchie des classes :

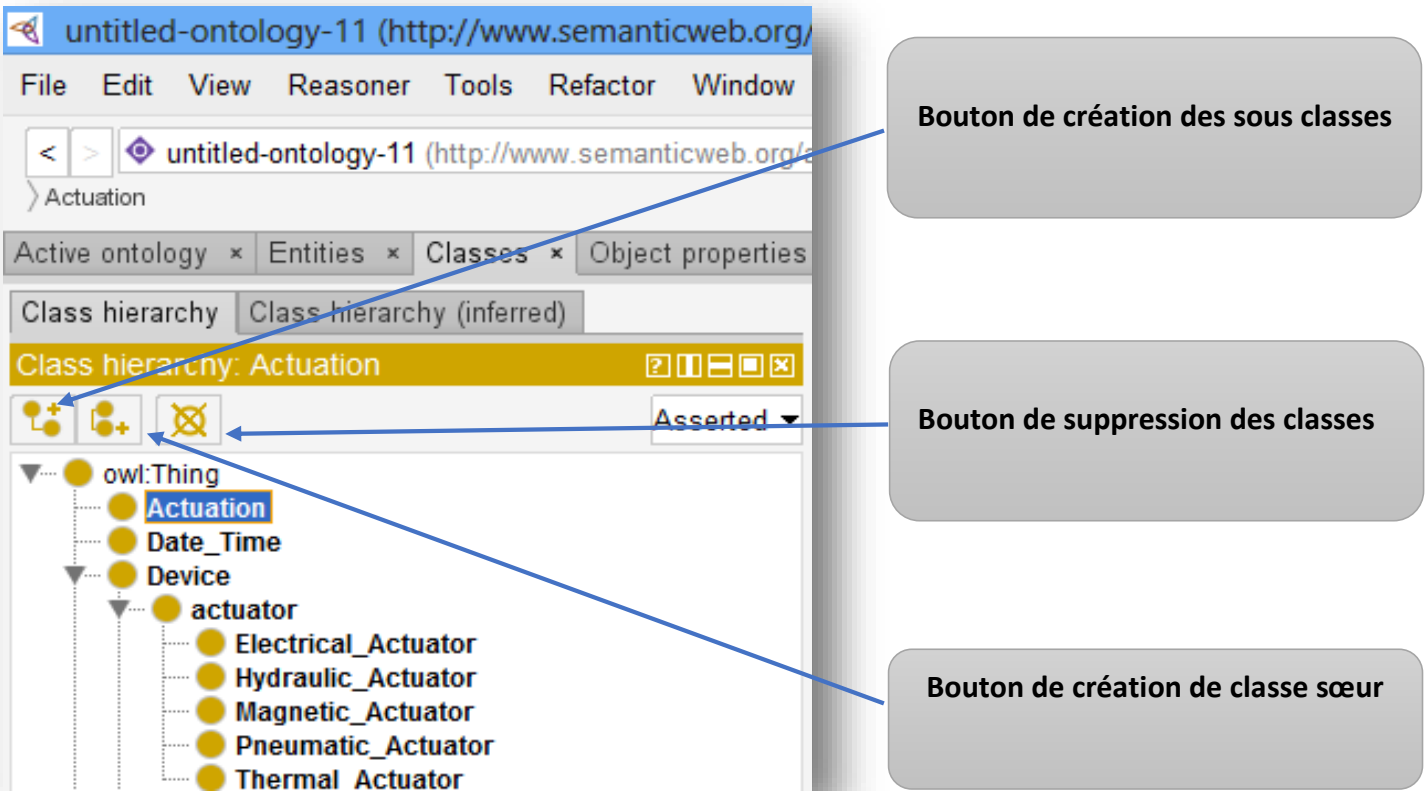


Figure 4-2: Création des classes

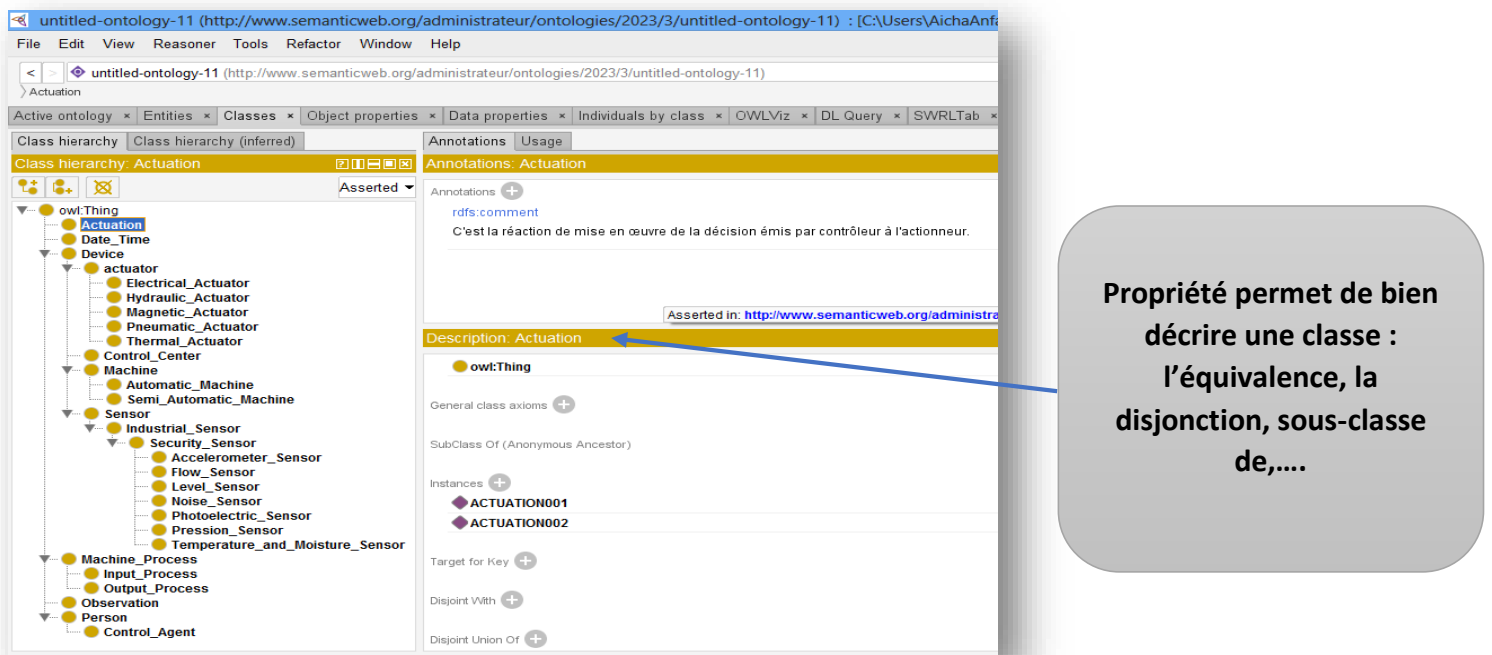
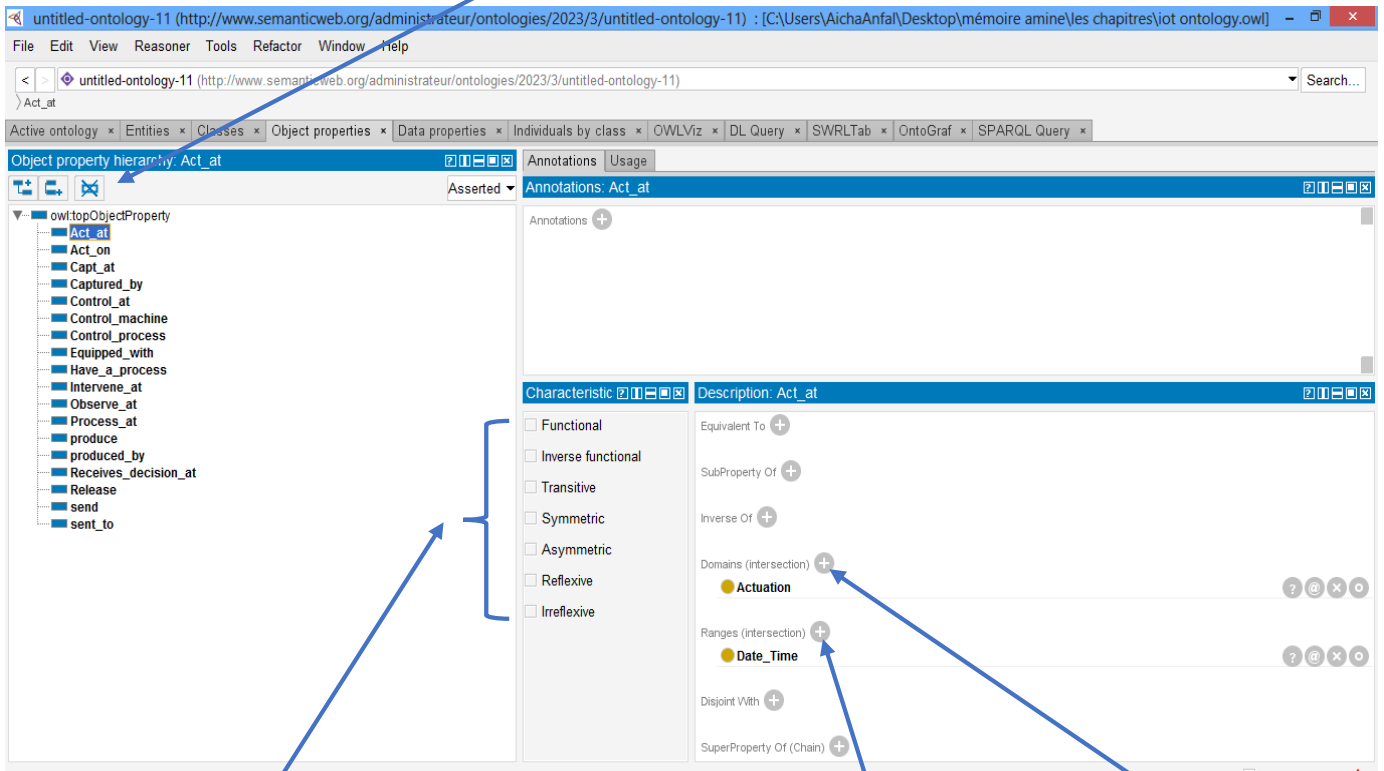


Figure 4-3 : Ajout des descriptions des classes

## 3-4- Création des relations "Object properties:"

Après avoir créé les classes nous pouvons créer les relations qui existent entre eux

Boutons permet la création : sous propriété, propriété sœur et suppression de propriété



Cases à cocher : est ce que la relation : fonctionnel, transitive, symétrique, inverse,...

Concept source

Concept source

Figure 4-4 : Ajouter les relations

## 3-5- Création des attributs "Data properties":

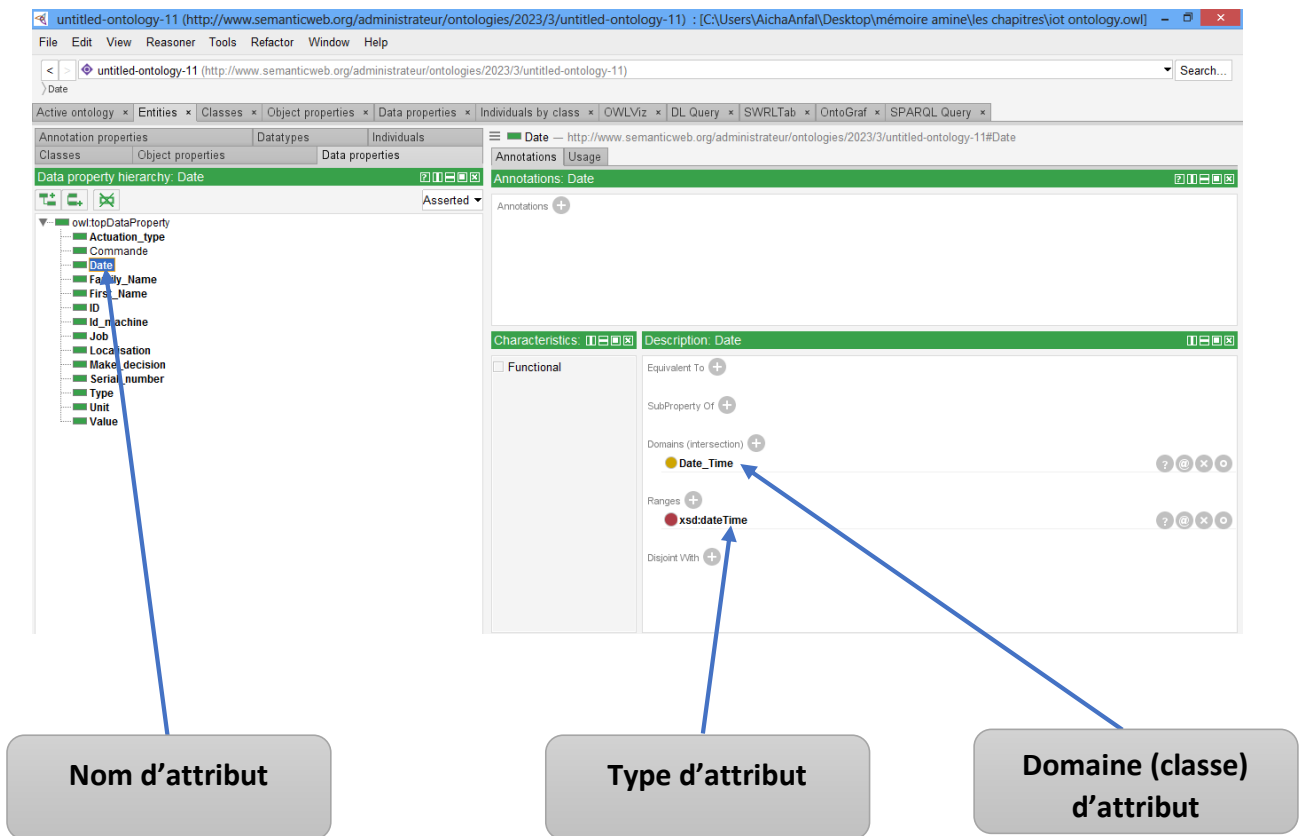
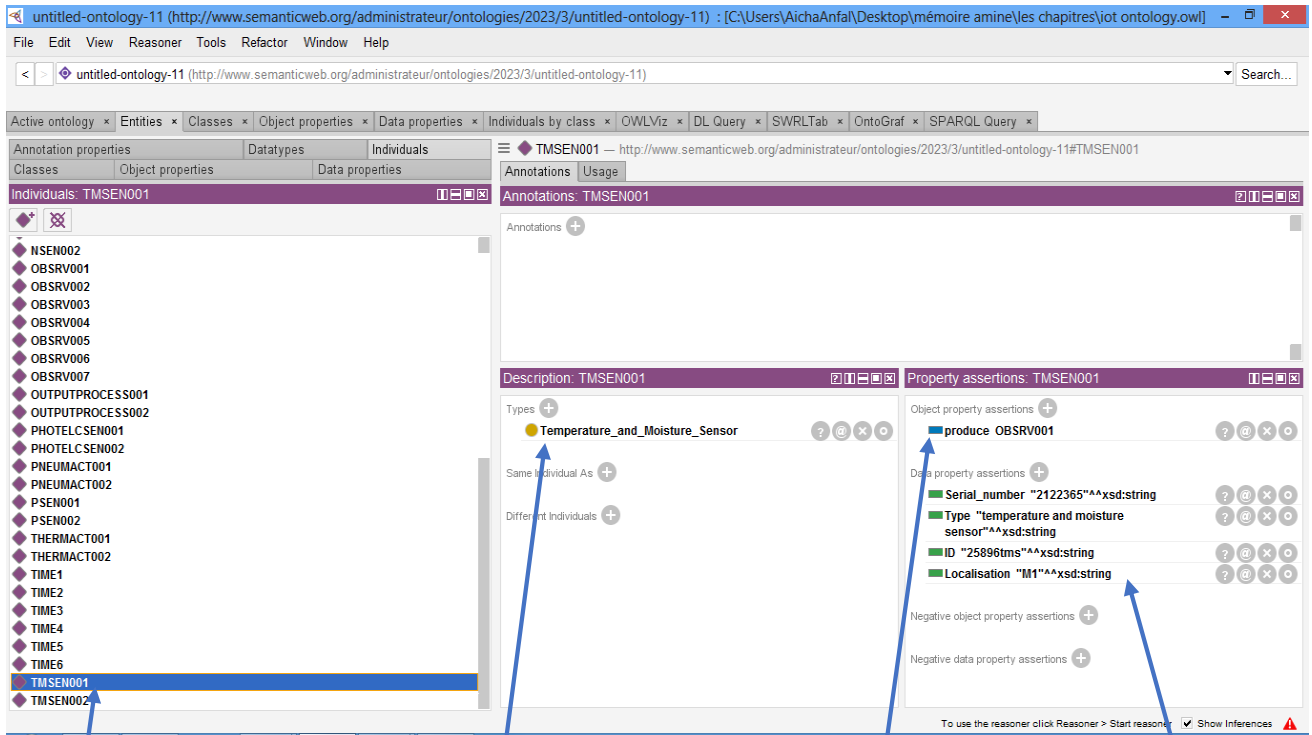


Figure 4-5 : ajout des attributs

## 3-6- Ajout des instances "Individuals":



Nom de l'instance

Type (classe) de l'instance

Relation de l'instance

Valeurs d'attributs pour l'instance

Figure 4-6: Ajout des instances

### 4- Interrogation de l'ontologie avec SPARQL :

SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) : est un langage de requête et un protocole qui permet de rechercher, d'ajouter, de modifier ou de supprimer des données RDF disponibles à travers Internet[38].

SPARQL est l'équivalent de SQL en base de données, en SQL en accède aux données d'une base de données et en SPARQL en peut accéder aux données du Web de données.

Grâce au SPARQL Query plug-in de Protégé qui fournit un support pour l'écriture, l'exécution de requêtes SPARQL, nous interrogeons notre ontologie.

#### 4-1- Ajout de SPARQL Query au menu :

Dans le menu système Window/Tabs nous choisissons SPARQL Query pour ajouter son onglet

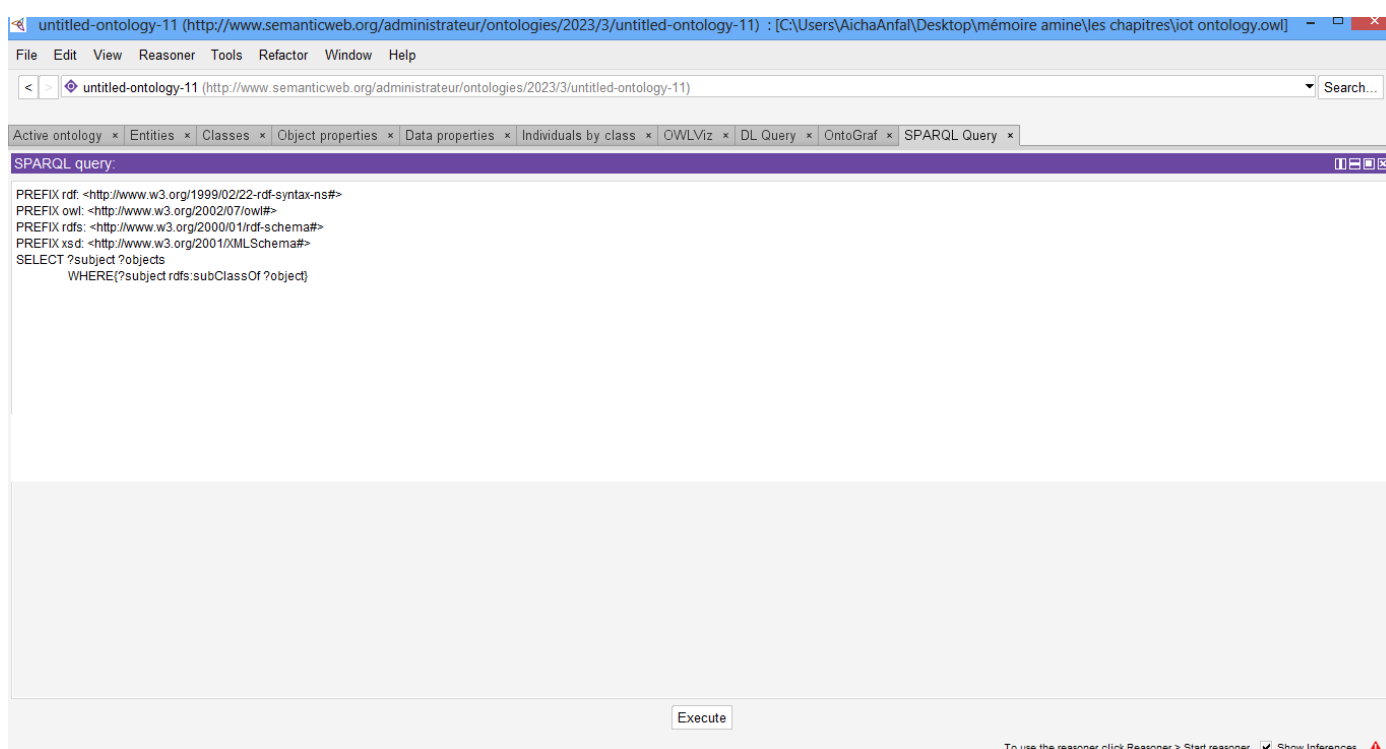
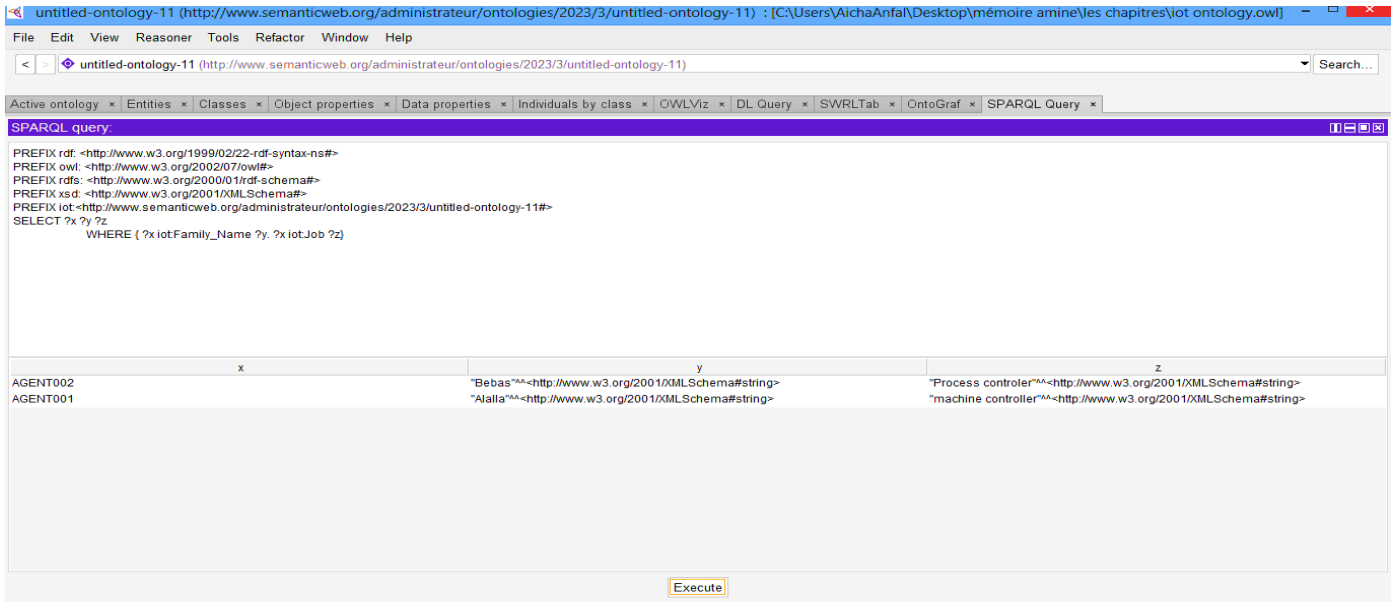


Figure 4-7 : L'onglet SPARQL Query.

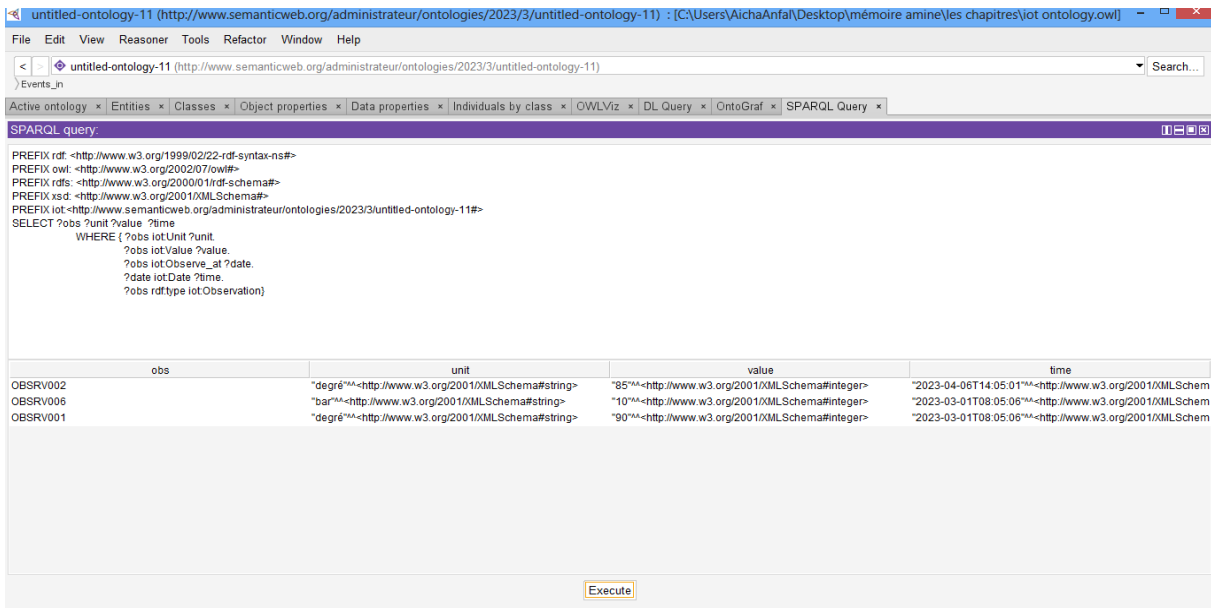
## 4-2- Exécution des requêtes :

Dans la partie d'exécution des requêtes nous rédigeons les requêtes à exécuter. En cliquant sur le bouton « Execute » le résultat apparaît dans la partie en bas. Dans la figure suivante (requête N°01) nous montrons une requête SPARQL qui demande : le nom et la mission de l'agent de control des machines et ces processus.



**Figure 4-8 : Résultat de l'exécution de la requête N°01**

Dans la figure suivante (requête N°02) une requête qui demande les observations effectuées, leurs unités, leurs valeurs et le temps d'observation.

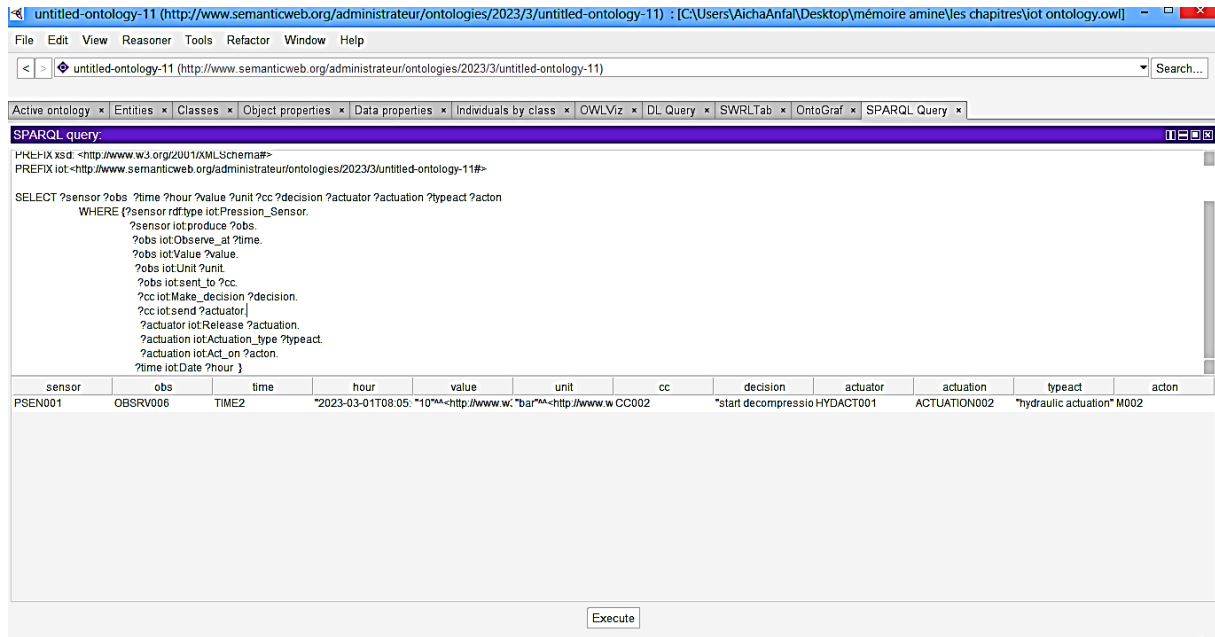


**Figure 4-9 : Résultat de l'exécution de la requête N°02**

Dans la figure suivante (requête N°03) une requête qui nous donne le capteur, l'observation qui a produit, l'heure de production de la donnée détectée, sa valeur eu l'unité de cette valeur, le centre de contrôle qui a reçu cette donnée, la décision prise pour cette donnée, l'actionneur qui

## Chapitre 4 : Implémentation de l'Ontologie sous Protégé

va effectuer la décision prise par le centre de contrôle, le type d'action et sur quelle machine il va effectuer l'action.



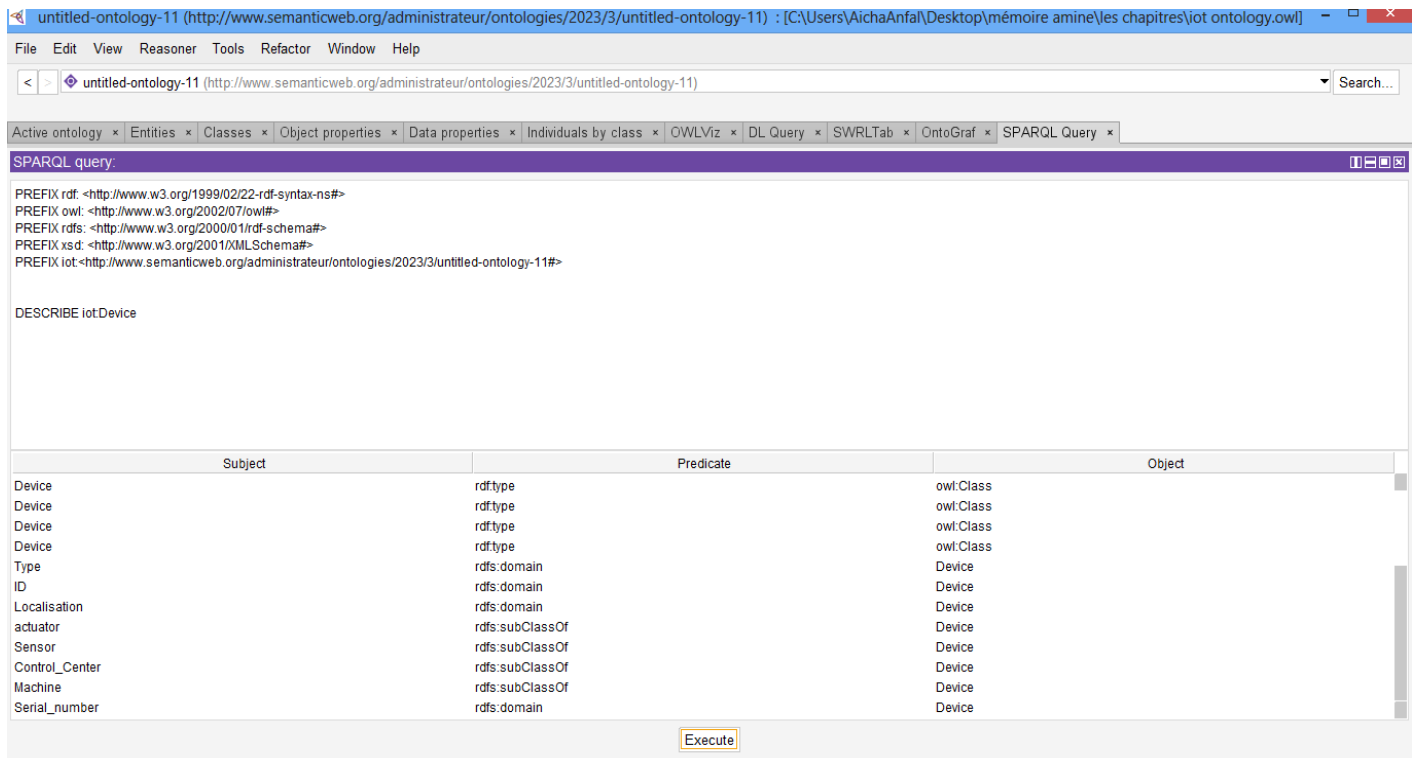
```
SPARQL query:
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX iot: <http://www.semanticweb.org/administrateur/ontologies/2023/3/untitled-ontology-11#>

SELECT ?sensor ?obs ?time ?hour ?value ?unit ?cc ?decision ?actuator ?actuation ?typeact ?action
WHERE {
  ?sensor rdfs:type iot:Pression_Sensor.
  ?sensor iot:produce ?obs.
  ?obs iot:Observe_at ?time.
  ?obs iot:Value ?value.
  ?obs iot:Unit ?unit.
  ?obs iot:sent_to ?cc.
  ?cc iot:Make_decision ?decision.
  ?cc iot:send ?actuator.
  ?actuator iot:Release ?actuation.
  ?actuation iot:Actuation_type ?typeact.
  ?actuation iot:Act_on ?action.
  ?time iot:Date ?hour }

sensor      obs      time      hour      value      unit      cc      decision      actuator      actuation      typeact      action
PSENO01     OBSRV006  TIME2     "2023-03-01T08:05:10"  "http://www.w.  "bar"  "http://www.w  CC002     "start decompressio  HYDACT001     ACTUATION002     "hydraulic actuation"  M002
```

Figure 4-10: Résultat de l'exécution de la requête N°03

Dans la figure suivante (requête N° 04) nous exécutons la requête DESCRIBE qui demande de décrire « Device ». Le résultat est sous forme de triplets RDF en substituant les valeurs dans les modèles de données.



```
SPARQL query:
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX iot: <http://www.semanticweb.org/administrateur/ontologies/2023/3/untitled-ontology-11#>

DESCRIBE iot:Device
```

Subject	Predicate	Object
Device	rdfs:type	owl:Class
Device	rdfs:type	owl:Class
Device	rdfs:type	owl:Class
Device	rdfs:type	owl:Class
Type	rdfs:domain	Device
ID	rdfs:domain	Device
Localisation	rdfs:domain	Device
actuator	rdfs:subClassOf	Device
Sensor	rdfs:subClassOf	Device
Control_Center	rdfs:subClassOf	Device
Machine	rdfs:subClassOf	Device
Serial_number	rdfs:domain	Device

Figure 4-11 : Résultat de l'exécution de la requête N°04

### 5- Définition des règles avec SWRL Tab

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 HermiT 1.4.3

Avant de commencer il faut vérifier que le raisonneur HermiT est sélectionné. Dans le menu système/Reasoner nous sélectionnons HermiT. 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.

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 le menu système Window/Tabs nous sélectionnons SWRLTab pour ajouter son onglet qui contient deux vue horizontale (Figure ) 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.

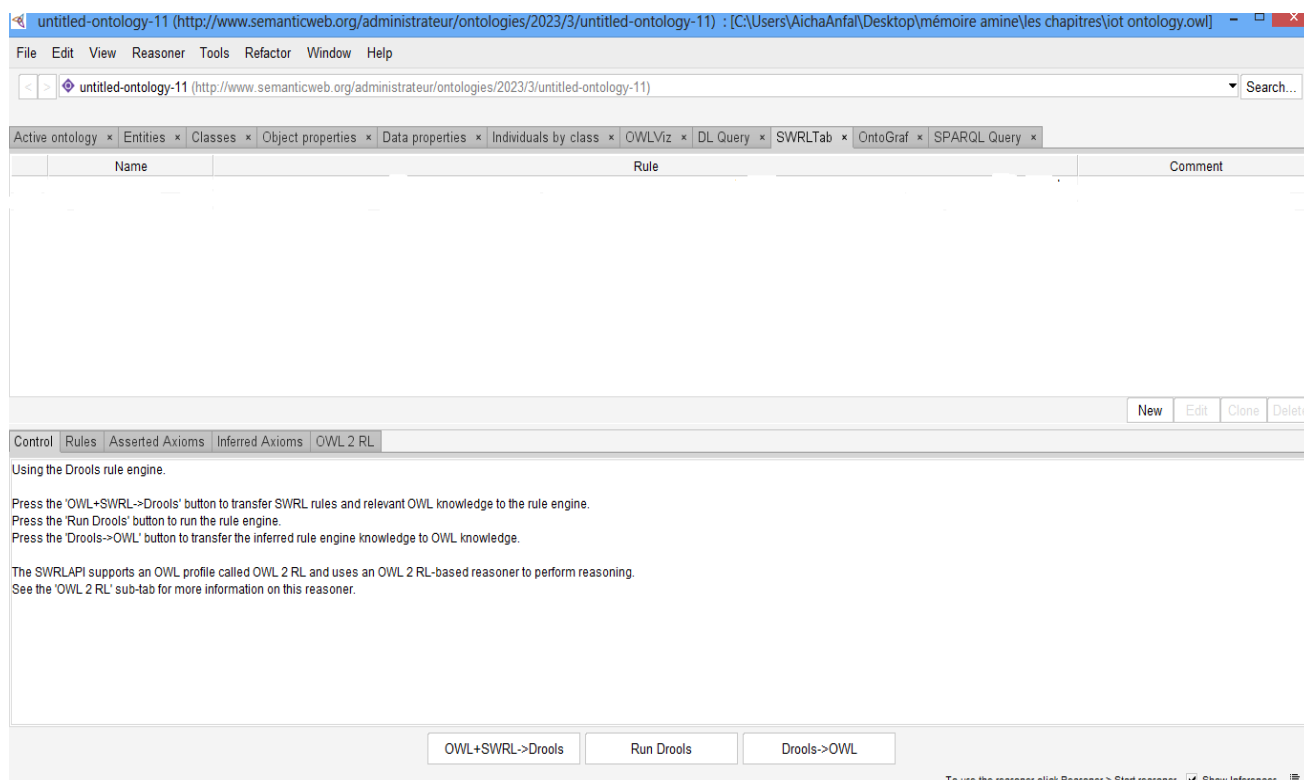
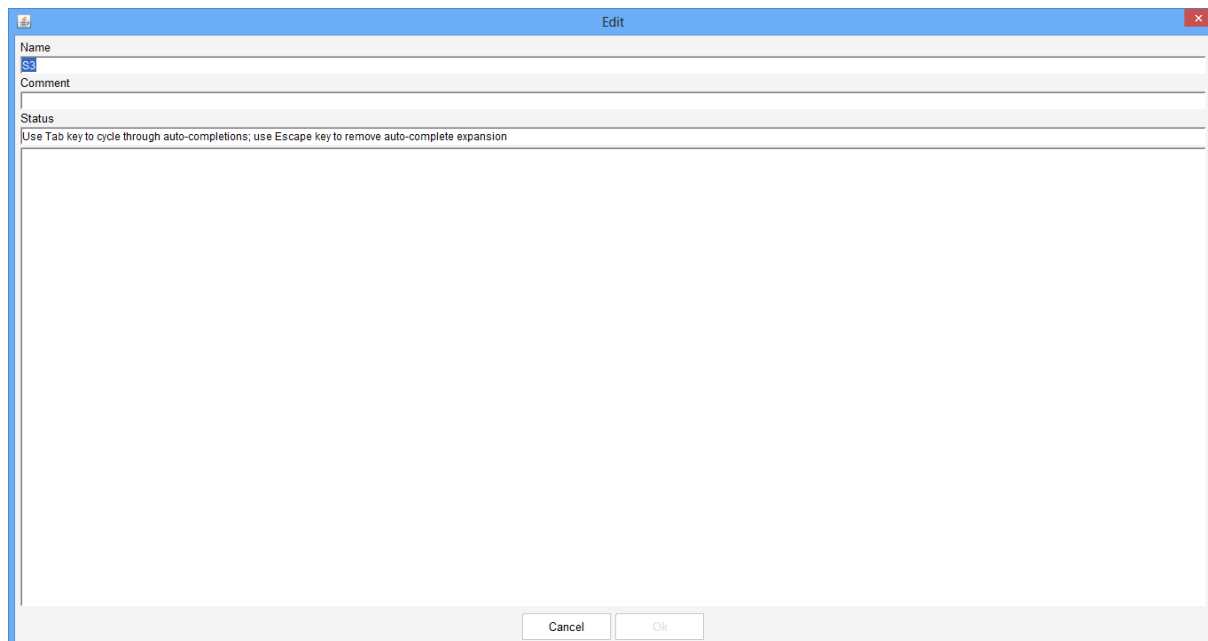


Figure 4-12 : L'onglet SWRL Tab.

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



**Figure 4-13 : 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 Run Drools pour exécuter le moteur de règles en suite sur Drools->OWL pour transférer les connaissances du moteur de règles déduites aux connaissance OWL.

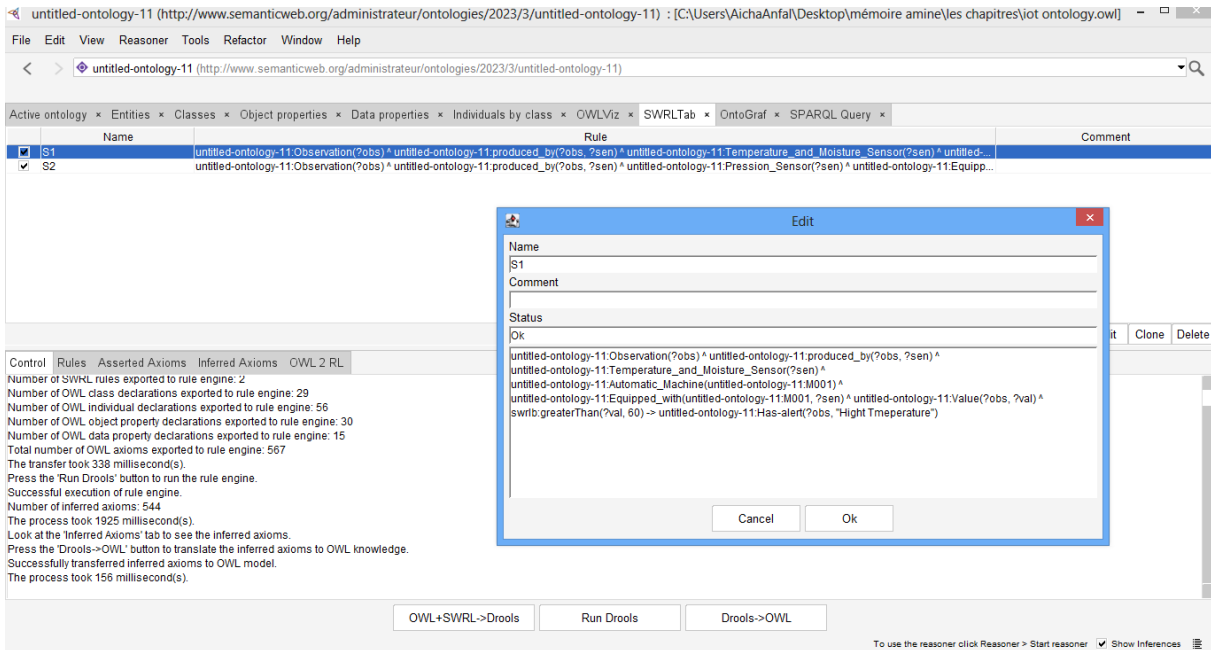
Nous allons exécuter les règles suivantes :

**Règle 1** : Si la valeur de température dans l'observation produit par le capteur de température et d'humidité équipé dans la machine 001 (automatic machine) est supérieur à 60 degré alors une alerte est affichée (connaissance déduite) : ' Hight temperature' – température élevée.

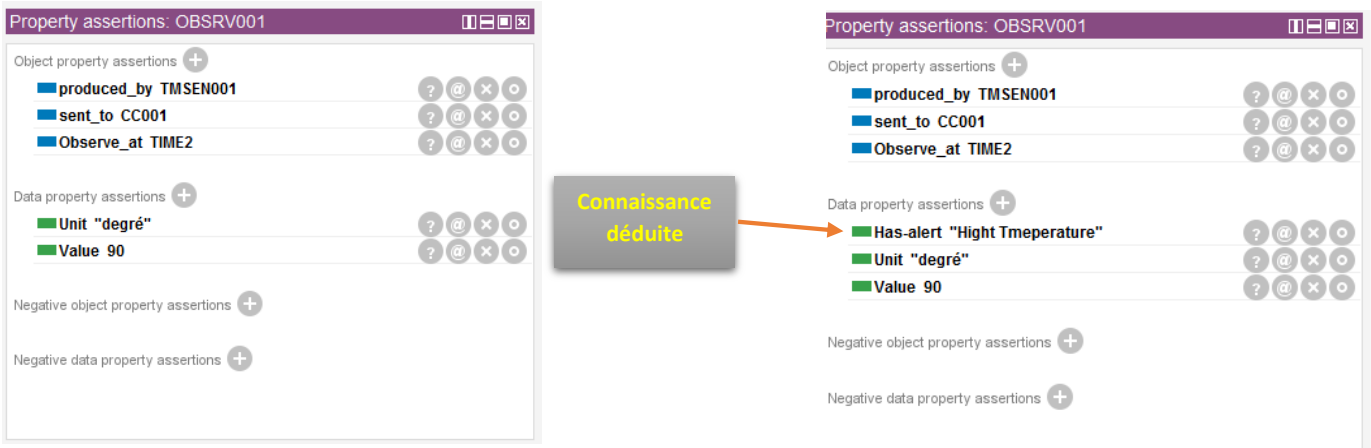
Cette règle est décrite en SWRL comme suite :

```

Observation(?obs) ^ produced_by(?obs, ?sen) ^ Temperature_and_Moisture_Sensor(?sen) ^
Automatic_Machine(M001) ^ Equipped_with(M001, ?sen) ^ Value(?obs, ?val) ^
swrlb:greaterThan(?val, 60) -> Has-alert(?obs, "Hight Tmeperature")
    
```



**Figure 4-14 : Exécution de la règle 1**

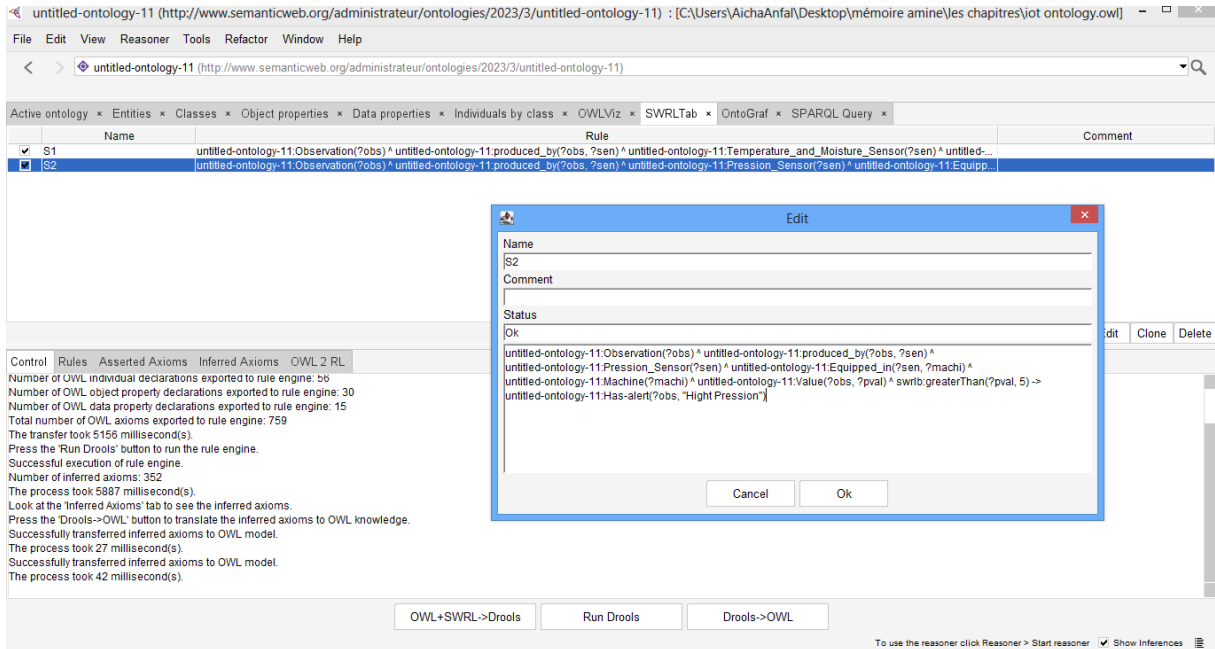


**Figure 4-15 : l'observation avant et après l'exécution de la règle 1**

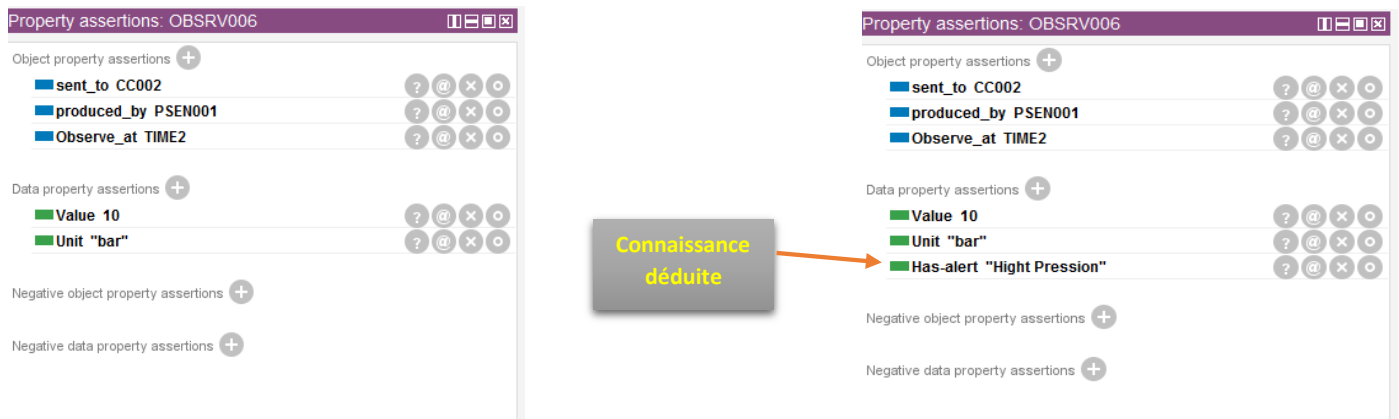
**Règle 2 :** Si la valeur de pression produite par un capteur de pression équipé dans une machine est supérieur à 5 bars Alors une alerte est affichée (connaissance déduite) : 'High pression'

Cette règle est décrite en SWRL comme suite :

```
Observation(?obs) ^ produced_by(?obs, ?sen) ^ Pression_Sensor(?sen) ^ _in(?sen, ?machi) ^
Machine(?machi) ^ Value(?obs, ?pval) ^ swrlb:greaterThan(?pval, 5) -> Has-alert(?obs,
"High Pression")
```



**Figure 4-16 : exécution d la règle 2**

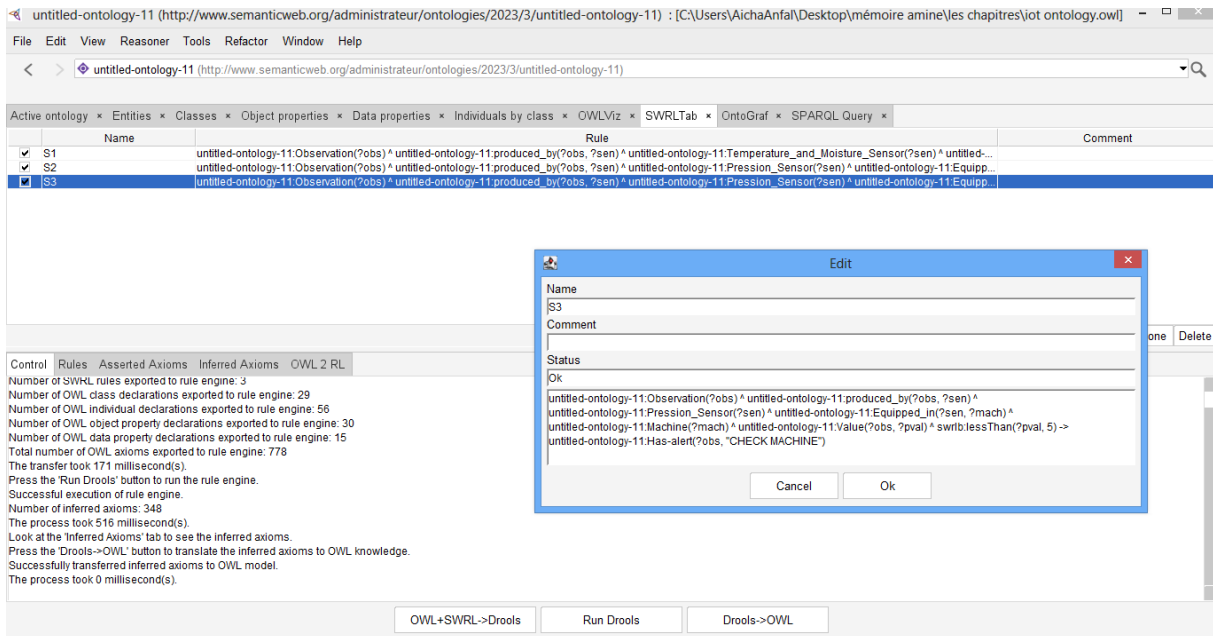


**Figure 4-17 : L'observation avant et après l'exécution de la règle 2**

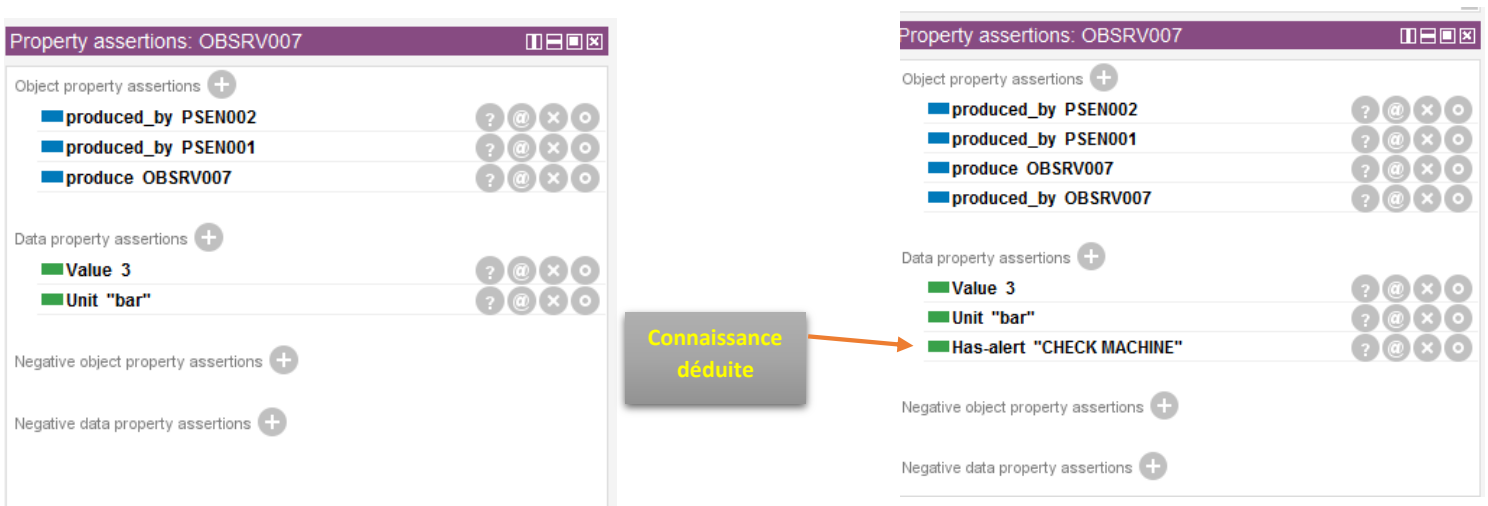
**Règle 3 :** Si la valeur de pression produite par un capteur de pression équipé dans une machine est inférieure à 5 bars Alors une alerte est affichée (connaissance déduite) : ‘CHECK MACHINE’

Cette règle est décrite en SWRL comme suite :

```
Observation(?obs) ^ produced_by(?obs, ?sen) ^ Pression_Sensor(?sen) ^ Equipped_in(?sen, ?mach) ^ Machine(?mach) ^ Value(?obs, ?pval) ^ swrlb:lessThan(?pval, 5) -> Has-alert(?obs, "CHECK MACHINE")
```



**Figure 4-18 : Exécution de la règle 3**



**Figure 4-19 : L'observation avant et après l'exécution de la règle 3**

## 5-4 Visualisation de la hiérarchie de classe :

OWLviz est conçu pour être utilisé avec l'éditeur Protege-OWL. Il permet aux hiérarchies de classes dans une ontologie OWL d'être visualisées et naviguées de manière incrémentielle, permettant la comparaison de la hiérarchie de classes affirmée et de la hiérarchie de classes déduite. OWLviz s'intègre à l'éditeur Protege-OWL, en installons le programme GRAPHViz dans le fichier d'installation de Protege-OWL. OWLviz a la possibilité d'enregistrer à la fois les vues affirmées et déduites de la hiérarchie des classes dans divers formats graphiques concrets, notamment PNG, JPEG et SVG [36].

Notre hiérarchie de classe est illustrée dans la figure suivante :

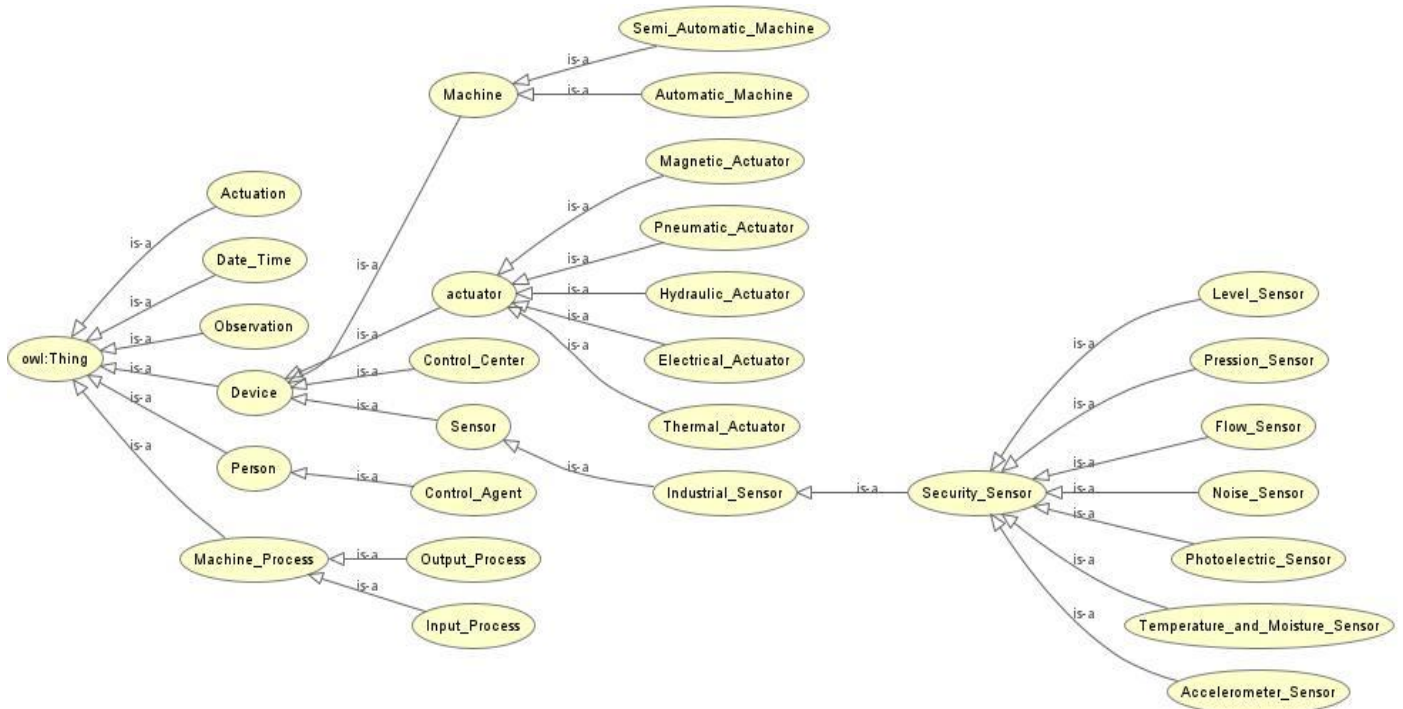


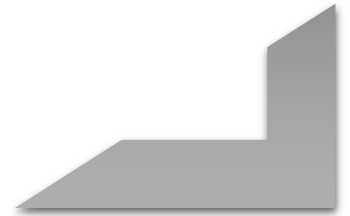
Figure 4-20 : La hiérarchie de classe

### **6- Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons présenter en détail l'implémentation de notre ontologie ,ensuite l'interrogation de l'ontologie avec SPARQL, et 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 SWRLet enfin on a visualisé la hiérarchie de notre ontologie avec OWLVIZ.



# Conclusion Général



### **Conclusion général :**

Ce travail a été motivé par la nécessité de rendre le traitement des données des objets industriels Interopérable. Les technologies du Web sémantiques peuvent améliorer l'interopérabilité et L'accessibilité des observations et des actions des différents composants des objets industriels en les enrichissant Sémantiquement.

Dans notre mémoire nous avons proposé une ontologie des objets industriels. Cette ontologie a été développée avec des connaissances ontologiques pour les machines, les capteurs, les observations, les centres de commande et les actionneurs et leurs actions, et aussi les agents qui interviennent lors des problèmes que les machines ne peuvent pas les traiter automatiquement

Il y a plusieurs directions de recherche futures pour ce travail. Premièrement, nous complétons des instances et des règles pour décrire davantage de ressources Web de domaine d'Ido industriels

Les chercheurs dans ce domaine, basés sur cette ontologie, peuvent également l'enrichir avec plus de classes, de relations et de règles pour l'interroger afin de créer plus de connaissances et d'en faire une base pour étudier l'interopérabilité sémantique entre les objets industriels et la rendre plus efficace, ce qui peut être un ajout fort à ce domaine de recherche.

## Référence :

- [1]- Grigoris Antoniou and Frank van Harmelen, A Semantic web Primer, livre.ISBN0-262-01210-3, the MIT Press, Cambridge, Massachusetts,England 2004.
- [2]- T. Berners-Lee, J. Hendler et O.Lassila, The Semantic Web, Scientific American 2001
- [3]- W3C Semantic Web Activity, Koivunen and Miller, 2001
- [4]- HACINE GHERBI Ahcine, Construction d'une Ontologie pour le WEB Sémantique, UNIVERSITÉ FERHAT ABBES –SÉTIF1- , École doctorale d'informatique, Option Ingénierie des Systèmes Informatiques, Mémoire Diplôme de Magister, sans date.5
- [5]- Tuan Dung CAO, Exploitation du web sémantique pour la veille Technologique, Thèse de doctorat, UNIVERSITE de Nice-Sophia Antipolis, 29 Novembre 2006
- [6]- Le Robert, Dictionnaire en ligne.
- [7]- Nicola Guarino, Daniel Oberle et Steffen Staab, « What Is an Ontology? », dans Handbook on Ontologies, Springer, 2009
- [8]- Thomas R. Gruber, « A translation approach to portable ontology specifications », Knowledge Acquisition, vol. 5, no 2, juin 1993, p. 199–220
- [9]- Rudi Studer, V.Richard Benjamins et Dieter Fensel, « Knowledge engineering: Principles and methods », Data & Knowledge Engineering, vol. 25, nos 1-2, mars 1998, p. 161–197
- [10]- Nathalie Aussenac-Gilles et Agnès Busnel. Méthode de construction à partir du texte d'une ontologie du domaine de l'industrie de la fibre de verre. Rapport Interne IRIT/2002-11-R. Avril 2002
- [11]- Van Heijst G., Schreiber Th., Wielinga B., “Using explicit ontologies in KBS development”. International Journal Human-Computer studies : pages 183- 292, 1997
- [12]- Guarino N., “Semantic Matching: Formal ontological distinctions for information organization, extraction, and integration”. Lecture Notes in Computer Sciences, Technology LNAI,Vol 1299, pages 139-170, 1997.
- [13]- Sabri Boutemedjet, "Web Sémantique et e-Learning", Cours IFT6261, Université de Montréal, Hiver2004.
- [14]- Dr Hammam Sofiane, Cours Services Web, Université Abbes Iaghrou Khenchela, 2015 , P 11.
- [15]- HACINE GHERBI Ahcine, Construction d'une Ontologie pour le WEB Sémantique, UNIVERSITÉ FERHAT ABBES –SÉTIF1- , École doctorale d'informatique, Option Ingénierie des Systèmes Informatiques, Mémoire Diplôme de Magister, sans date
- [16]- <http://protege.stanford.edu/support.php>. 2010
- [17]- José Kahan, Marja-Riitta Koivunen, Eric Prud'hommeaux, and Ralph R. Swick. Annotea: an open RDF infrastructure for shared Web annotations. Computer Networks, 2002.
- [18]- Hewlett-Packard Development Company. Jena: A Semantic Web Framework for Java. Framework, 2000

[19]- <https://jena.apache.org>

[20]- Nasreddine Bouhaï et Imad Saleh, Internet des objets: Evolutions et innovations, ouvrage publié avec le concours de l'université paris8. 2017 , p 54, ISBN 978-1-78405-271-3.

[21]- Saleh, I. « Les enjeux et les défis de l'Internet des Objets (IdO) », revue Internet des objets 1. DOI:10.21494/ISTE.OP.2017.0133, université de Paris 8

[22]- IEEE, Toward definition of the internet of things (IOT) . 2015, P74.

[23]- Nika Latto, Rédactrice en cybersécurité et technophile, Qu'est-ce que l'Internet des objets ? [www.avast.com](http://www.avast.com) 2022

[24]- Hend Ben Hadji, PRIDA Track 1 (T1) Les fondamentaux de l'IoT. Formation 24-08-2020.

[25]- [www.semanticscholar.org/paper/Internet-of-things-\(IoT\)-security%3A-Current-status%2C-Mahmoud-Yousuf/02013a627750035fd95b9e7550636801acce9f69](http://www.semanticscholar.org/paper/Internet-of-things-(IoT)-security%3A-Current-status%2C-Mahmoud-Yousuf/02013a627750035fd95b9e7550636801acce9f69)

[26]- Bekhaled Sihem, Une Approche d'Interopérabilité entre les Objets Interconnectés dans le Contexte d'Internet des Objets, these de doctorat, Université Abbés Laghrour Khenchela. P 10, 2020.

[27]- [geekflare.com/fr/iot-in-banking-and-fintech/](http://geekflare.com/fr/iot-in-banking-and-fintech/)

[28]- Drath, R., & Horch, A. (2014). , Industrie 4.0: Hit or Hype? [Industry Forum] Industrial Electronics Magazine, IEEE. 8. 56-58. 10.1109/MIE.2014.2312079

[29]- Patricia Verriere – Cuenot Et Caroline Quenedey, L'industrie 4.0 La 4 ème Révolution Industrielle Sauvera-T- Elle L'industrie Française ?article publié dans [www.wavestone-advisors.com](http://www.wavestone-advisors.com). 2017

[30]- <https://open-prod.com>

[31]- MECHAACHA Abdelkader, Simulation d'un système de Production dans un contexte industrie 4.0 avec des contraintes écologiques, Projet de Fin d'Étude de Master, Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen –2020

[32]- Antoine Zimmermann, Interopérabilité pour les systèmes d'information (UP 5.2), thèse de master, école des mines de Saint-Etienne.

[33]- Patel, K. K., Patel, S. M., et al. (2016). Internet of things-iot : definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges. International journal of engineering science and computing. 2016

[34]- Jean-Marc Mercantini , Nicole Tourigny, Eugène Chouraqui, Élaboration d'ontologies à partir de corpus en utilisant la méthode d'ingénierie des connaissances Faculté des sciences et de génie Université Laval, Québec 2007

[35]- Kellil Ibtissem et Hannachi Rahima, Développement d'une ontologie pour le suivie des personnes âgées en perte d'autonomie, Mémoire présentée pour l'obtention du diplôme de Master en informatique, univarsité Abbes Laghrour khrnchela , 2021.

[36]- Charmati Sewsén, Quand l'Iot Sémantique se met au service des personnes en situation de handicap, Mémoire présentée pour l'obtention du diplôme de Master en informatique, université de Guelma, 2021.

[37]- Mohammed Reda CHBIHI Présentation de l'outil "Protégé" University of Hassan II of Casablanca • Department of Computer Science MAI 2020

[38]-Toby Segaran, Colin Evans, Jamie Taylor, Programming the Semantic Web, O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472, 2009, 280 p. (ISBN 978-0-596-15381-6), p. 84

[39]- <https://protegewiki.stanford.edu/wiki/OWLViz>