



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



Département des Mathématiques et de l'Informatique

Mémoire de fin d'études

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

Spécialité : Informatique
Option : STW

Construction d'une ontologie médicale (Maladie de diabète)

*Réalisé par : -Guebli Bouchra
- Harrath Djahida*

*Dirigé par : Mm.Lehis Saida
Présenté le 24/06/2018*

Membres de jury :

*_Djmouai Djamai
_Bakhouche Abdelalal*

Présenté le 01 /07/2019

Remerciement

Nous voudrions avant tout remercier DIEU, le tout puissant, pour tous ses bienfaits trop souvent négligés.

Nous remercions notre encadreur Mm Lehis Saida pour l'aide et les conseils si précieux qu'il m'a prodigués pour l'élaboration de ce mémoire. Je tiens à lui exprimer ma profonde gratitude pour le respect et la sympathie dont nous fusons l'objet. Vous demeurerez pour moi un exemple à suivre pour votre savoir, votre compétence, vos qualités scientifiques et humaines.

Nous avons une dette de reconnaissance envers les jurys.

Nous remercions aussi nos familles pour son aide, sa générosité et son soutien moral qui ont été pour nous une source de courage et de confiance.

Enfin, nous remercions tous nos enseignants du début à la fin de mes études.

Dédicaces

A mon cher père : Slimane

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

A mon chère mère : Rahifa

Affable, honorable, aimable :

Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

A mes chères sœurs :

N.houda (Rawan, Iyad, loay) et Afaf

A mes frères :

Yasser, Khaled et Layth

A ma chère amie et ma partenaire dans ce travail :

Harrath Djahida

A mes chères amies

-tous les membres de ma famille, petits et grands veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection.

A toute personne qui m'aime et me respecte.

Bouchra. G

Dédicaces

Nous prions dieu de la garder à jamais dans nos mémoires

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents :

Mon père qui ma guider et orienter vers le bon chemin de la réussite

Tu es mon coure et mon étoile c'est toi qui m'a toujours accompagné au coure

De la vie, tu as su partager ta joie et les chagrins et les sourires.

Mon merveilleuse mère, irremplaçable qui ma offert tout le courage et la volonté

D'étudier avec amour afin de devenir bénéfique

Je t'aime maman tu mon soleil

Que dieu leur procure bonne santé et longue vie

A mes frères :

Abdelmalek, Abderrazak, Yazid, Halim, Meriem, Lemya

A mes très chère amies (e)s

A tous qui me sont chère

Merci pour tout !...

Djahida.H

Résumé :

Les ontologies sont des outils très puissants pour décrire sémantiquement de vastes domaines afin d'en faciliter le traitement automatique, Son champ d'application s'élargit considérablement et il fait désormais partie des objets de recherche courants, notamment dans le secteur de la modélisation des systèmes d'information où les recherches utilisant les ontologies sont de plus en plus nombreuses. Une ontologie est un système formel dont l'objectif est de représenter les connaissances d'un domaine spécifique au moyen d'éléments de base, les concepts, définis et organisés les uns par rapport aux autres.

L'objectif de ce mémoire consiste à la construction d'une ontologie du domaine diabète, Notre processus de construction s'appuie sur la "Methontology" [Gomez-Pérez et al., 2004] qui permet de construire une ontologie à partir des termes et des relations du domaine, Ce processus est composé de cinq phases : spécification des besoins, conceptualisation, formalisation, opérationnalisation et évaluation, qui a abouti à une ontologie de diabète opérationnelle cohérente et consistante, crée avec Protégé et interrogée à l'aide du langage SPARQL.

Mots-clés : Ontologie, ontologie de diabète, connaissances, concept, relation, Methontology, protégé, SPARQL

Abstract:

Ontologies are very powerful tools for semantically describing large domains in order to facilitate their automatic processing. Its field of application expands considerably and it is now part of the current research topics, particularly in the field of information systems where research using ontologies is becoming more numerous. An ontology is a formal system whose objective is to represent the knowledge of a specific field by means of basic elements, concepts, defined and organized in relation to each other.

The purpose of this thesis is to build an ontology in the field of diabetes, Our construction process is based on the "Methontology" [Gomez-Pérez et al., 2004] which allows to build an ontology from the terms and relations of the domain; This process is

composed of five phases: specification of needs, conceptualization, formalization, operationalization and evaluation, which resulted in a coherent and consistent operational diabetes ontology, created with Protégé and interrogated using the SPARQL language.

Keywords: ontology, diabetes ontology, knowledge, concept, relationship, Methontology, protected, SPARQL

الملخص :

الانطولوجيا هي أدوات قوية للغاية لوصف المجالات الكبيرة بشكل دلالة من أجل تسهيل المعالجة التلقائية لها ، ويتوسع مجال تطبيقها إلى حد كبير وهو الآن جزء من الموضوعات البحثية الحالية ، لا سيما في مجال نظم المعلومات حيث البحوث باستخدام الانطولوجيا أصبحت أكثر عددا. علم الوجود هو نظام رسمي هدفه تمثيل المعرفة في مجال معين عن طريق العناصر والمفاهيم الأساسية والمحددة والمنظمة فيما يتعلق ببعضها البعض.

الغرض من هذه الأطروحة هو بناء الانطولوجيا في مجال مرض السكري ، تعتمد عملية البناء الخاصة بنا على "علم الميثولوجيا"

وتتألف هذه العملية من خمس مراحل: تحديد الاحتياجات ، وضع المفاهيم والإضفاء الطابع الرسمي والتشغيل والتقييم ، وإنشاؤها باستخدام Protégé والتي أسفرت عن انطولوجيا متناسقة ومفهومة لمرض السكري ، تم أيضا استخدام SPARQL.

الكلمات المفتاحية: الانطولوجيا ، انطولوجيا السكري ، المعرفة ، المفهوم ، العلاقة ، ميثولوجيا ، Protégé ، SPARQL

Table des matières :

I-Introduction général	1
Chapitre 1 : les ontologies	3
1-Introduction	4
2-Notion d'Ontologie	4
2-1-Origine de l'ontologie	4
2-2-Définitions	5
3-Pourquoi développer une ontologie ?	6
4-Les composants d'une ontologie	6
4.1 –Les Concepts	7
4.2-Les relations entre les concepts	8
4.3- Les instances	8
4.4-Fonctions	9
4.5- Les axiomes	9
5-Le cycle de vie des ontologies	9
6-Typologie de l'ontologie	11
6.1-Typologie selon l'objet de conceptualisation	11
6.1.1-Ontologies de représentation de connaissances	12
6.1.2-Ontologies générale ou commune ou générique	12
6.1.3-Ontologies de niveau supérieur ou de haut niveau	12
6.1.4- Ontologies du domaine (Domain Ontologies)	12
6.1.5- Ontologies de tâches (Task Ontologies)	13
6.1.6- Ontologies d'application (Application Ontologies)	13
6.2. Typologie selon le niveau de formalisation utilisé	13
6.3. Typologie selon le niveau de détail	14
6.3.1- Granularité fin	14
6.3.2- Granularité large	14

6.4-Le niveau de complétude	14
6.4.1-Niveau Sémantique	14
6.4.2-Niveau Référentiel	14
6.4.3-Niveau Opérationnel	15
7. Les méthodes d'ingénierie ontologique	15
7.1. La méthode de Bachimont	15
7.1.1-Normalisation sémantique	15
7.1.2-Formalisation des connaissances	15
7.1.3-Opérationnalisation des connaissances	15
7.2. La méthode METHONTOLOGY	16
7.2.1-Le processus de développement d'ontologie de METHONTOLOGY.....	16
7.3-L'approche TOVE	17
8-Usage des ontologies	18
9-Avantages d'une ontologie	19
10-Conclusion	19
Chapitre2 : Les langages et les outils d'ontologie	20
1-Introduction	21
2-Langages pour exploiter des ontologies	21
2.1-XML	22
2.2-RDF	22
2.3-RDFS	23
2.4-OIL	23
2.5- DAML et DAML+OIL	24
2.6- OWL	24
2.6.1-Présentation du langage d'ontologie OWL	24

2.6.1.1-Types du langage OWL	25
2.7-La logique de description	26
2.7.1-La syntaxe d'AL	26
2.7.2-La T-Box et la A-Box	29
3-Éditeurs d'ontologies	31
3.1- PROTÉGÉ	31
3.2- OILEd	32
3.3- ONTOEDIT	34
3.4 WebODE	35
4-Quelques ontologies médicales	36
4.1-MENELAS	36
4.2-FMA	37
4.3-UMLS	37
4.4-OntoPneumo	37
5-Conclusion.....	38
Chpitre3 : Conception de l'ontologie	39
1-Introduction	40
2-Introduction vers le domaine du diabète	40
2-1-Définition de diabète	40
2-2-Les types de diabète	41
2-2-1 : Type 1	41
2-2-2 : Type 2	41
2-2-3 Diabète gestationnel	41

2-3-Risque de complication	41
2-4-Les symptômes du diabète	42
2-5-Les traitements du diabète	42
2-6-Les facteurs contribuant	43
2-7-Les maladies résultantes	43
3- Pourquoi la méthode Methontology	48
4- Définir les classes et la hiérarchie de classes de notre l'ontologie	48
4-1- Définir les classes d'ontologie de la maladie de diabète	49
4-2-Définir les propriétés des concepts	50
4-3-Data propriété	52
5-Conclusion	53
Chapitre 4 :L'implémentation	54
1-Introduction	55
2-1' éditeur Protégé 4.2	55
3-Les étapes de la présentation de l'application	55
3.1 Création de l'ontologie de domaine	55
3.2 Hiérarchie de la classe symptôme	56
3.3 Exemple des propriétés des concepts	57
4-Les requêtes SPRQL	58
5-Conclusion	63
II-Conclusion général	64
III-Bibliographies	65

Liste des figures :

Figure 1.1 : Arbre de Prophyre	5
Figure 1.2: Le triangle sémantique	7
Figure 1.3: exemple d'un concept	8
Figure 1.4 : Exemple de la relation de subsumption	8
Figure 1.5 : Le cycle de vie d'une ontologie	10
Figure 1.6 : Construction d'une ontologie opérationnelle	10
Figure 1.7 : Les typologies d'ontologies	11
Figure 1.8 : Typologie selon l'objet de conceptualisation.....	12
Figure 1.9 : Processus de la méthode Bachimont	16
Figure 1.10 : Processus de développement d'ontologie de METHONTOLOGY	17
Figure2.1 : Ontology markup languages	22
Figure2.2 : Hiérarchie de langage OWL.....	26
Figure 2.3 : Ensemble de constructeurs enrichissant <i>AL</i> avec leur syntaxe et leur sémantique.	29
Figure2.4 : Extrait de l'ontologie de la pneumologie vue avec le plugin OWLViz de PROTÉGÉ centré sur le concept Procedure Technique.....	32
Figure2.5: Extrait de l'ontologie biomédicale issue du tutoriel d'A. Rector et al.vue avec OILED centré sur le concept Macro Organism.....	33
Figure 2.6 : ONTOEDIT fait le lien entre la hiérarchie de concepts et les «questions de compétences».....	35
Figure 2.7 : Représentation graphique d'une ontologie vue avec OntoDesigner, l'éditeur d'ontologie de WebODE.....	36
Figure3.1 : Les symptômes du diabète.....	42
Figure3.2 : Description de la méthode de développement d'ontologie.....	44
Figure3.3 : Tache de conceptualisation d'ontologies.....	46
Figure3.4 : Les concepts et les relations entre eux.....	49
Figure3.5 : Classes et propriétés d'objet.....	51
Figure 4.1 : Les classes d'ontologie de diabète en protégé.....	56
Figure 4.2 : Hiérarchie de la classe symptôme.....	56
Figure 4.3 : Exemple de sous-classe.....	57
Figure 4.4 : les propriétés des concepts dans protégé.....	57
Figure 4.5 : Exemple des propriétés des concepts sur protégé.....	58
Figure 4.6 : Data propriété.....	58

Figure 4.7: Explication du travail dans SPRQL.....	59
Figure 4.8: Exemple de requête SPRQL.....	60
Figure 4.9 : Exemple1 de requête SELECT.....	61
Figure 4. 10 : exemple2 de la requête SELECT.....	62
Figure 4.11: exemple requête DESCRIBE.....	63

Liste des tableaux :

Tableau 1.1: Définition des éléments d'un concept.....	7
Tableau 1.2 : Typologie selon le niveau de formalisation.....	14
Tableau 2.1 : Syntaxe de la logique <i>AL</i>	27
Tableau 2.2 : Sémantique de la logique <i>AL</i>	28
Tableau 2.3 : Base de connaissances composée d'une T-box et d'une A-box.....	30
Tableau3.1 : Risque de complication.....	42
Tableau3.2 : Classes d'ontologie de la maladie de diabète.....	50
Tableau3.3 : Propriétés des objets dans l'ontologie des maladies du diabète.....	52
Tableau3.4 : Data propriété.....	52
Tableau 4.1 : les espaces de nommage.....	59

Liste des acronymes:

AIFB : Institut de l'université de Karlsruhe.

AL: Attributive language.

COODE: Collaborative Open Ontology Development Environment project

CORE: Galen Coding Reference.

DAML: DARPA Agent Markup Language.

DAML+OIL: Darapa Agent Markup Language OIL.

DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency.

FaCT: Fast Classification of Terminologies.

FMA: Foundational Model of Anatomy

HTML : HyperText Markup Language.

IA : Intelligence Artificielle.

IC : Ingénierie de Connaissances.

LD : Logique de Description.

ODE : Engineering du département d'IA

OIL: Ontology Interchange Language.

OilEd: Oil Editor.

Onto-Edit: l'éditeur d'ontologie.

OKBC: Open Knowledge Base Connectivity.

OWL: Web Ontology language.

OWL DL: Web Ontology language description logic.

RACER: Renamed A Box and Concept Expression Reasoner

RDF: Resource Description Format.

RDF(S): Resource Description Framework Schema.

RI: Recherche d'informations.

SGML: Standard Generalized Markup Language.

SHOE: Simple HTML Ontology Extension.

SPARQL: Simple Protocol and RDF Query Language.

TAL : Traitement Automatique de la Langue.

TOVE: Toronto Virtual Enterprise.

UML: Unified Modeling Language.

UMLS: Unified Medical Language System.

URL: Uniform Resource Locator.

URI: Uniform Resource Identifier.

W3C: World Wide Web Construction.

XML : eXtensible Markup Language.

XOL : Ontology Exchange Language.

$\neg A$: La négation de A.

$C \cap D$: La conjonction de C et D.

U : L'union.

\exists : Le quantificateur existentiel.

\forall : Le quantificateur universel.

$\iota \Delta$: est le domaine d'interprétation. C'est un ensemble non vide d'individus.

$NR+$: Ensemble de rôles transitifs.

I-Introduction générale :

Durant cette dernière décennie, Nous avons remarqué qu'une attention croissante a été concentrée sur l'ingénierie ontologique où l'ontologie est l'objet fondamental sur lequel il faut se penser.

Les ontologies sont largement utilisées et ont prouvé leurs utilités dans de nombreux domaines tels que : l'ingénierie de connaissances, l'intelligence artificielle, l'intégration des sources de données, la recherche d'information, la commerce électronique et sont au cœur du Web Sémantique. Cette utilité est motivée par le fait que les ontologies sont un moyen efficace pour la gestion et le partage des connaissances d'un domaine particulier entre personnes et systèmes.

Comme dans la plupart des domaines de recherche, le domaine médical est un domaine très complexe, caractérisé par un vocabulaire extrêmement riche, en termes de quantité d'informations médicales importantes véhiculées entre les différents professionnels de santé, et difficile à manipuler. De ce fait, la communauté médicale a visé très lentement la nécessité de modéliser leurs connaissances et de les rendre explicites pour des besoins de partage et réutilisation. Par conséquent, plusieurs Ressources Terminologiques et Ontologiques ont été proposées. Chacune répond à des besoins précis et divers et modélise une partie du domaine. On cite entre autres : UMLS [Bodenreider & Burgun, 2005], GALEN [Rector, et al., 1995], FMA [Rosse & Mejino, 2003], OntoPneumo [Baneyx, 2007],...Etc.

La problématique abordée dans cette thèse est celle de la construction d'une ontologie du diabète, qui est une maladie chronique qui survient lorsque le pancréas ne produit pas assez d'insuline ou lorsque l'organisme n'est pas capable d'utiliser efficacement l'insuline qu'il produit. Cela se traduit par un taux de sucre dans le sang (glycémie) élevé : on parle d'hyperglycémie, selon l'OMS¹ (Organisation Mondiale de la Santé), en 2014, 8,5% de la population adulte (18 ans et plus) était diabétique. En 2012, le diabète a été la cause directe de 1,5 million de décès et l'hyperglycémie a causé 2,2 millions de décès supplémentaires.

L'OMS prévoit qu'en 2030, le diabète soit la septième cause de décès dans le monde.

1 : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/fr/>

En Algérie², Le diabète vient en deuxième position au classement des maladies chroniques, derrière l'hypertension, selon la 3e étude nationale des indications multiples. Le nombre de personnes atteintes de diabète est en progression, passant de 0,3% chez les sujets âgés de moins de 35 ans à 4,1% chez les 35-59 ans et 12,5% chez les plus de 60 ans, selon cette étude menée par le ministère de la Santé, de la Population et de la Réforme hospitalière, en collaboration avec l'Office national des statistiques et des représentations des Nations unies à Alger, pour cela notre travail consiste à décrire le processus utilisé pour construire notre ontologie. Ce processus est composé de cinq phases : spécification des besoins, conceptualisation, formalisation, opérationnalisation et évaluation. En effet, ces différentes phases sont inspirées à partir de la méthode «METHONTOLOGY», dans le cadre du développement d'une ontologie à partir de zéro.

Notre projet de fin d'étude est élaboré en 4 chapitres :

Chapitre 1 : Le premier chapitre est consacré à introduire le concept des ontologies, leurs définitions, etc...

Chapitre 2 : Dans ce chapitre nous présentons quelques méthodes de construction existantes d'ontologies et les langages de spécification d'ontologies et les outils utilisés pour cet objectif.

Chapitre 3 : Le troisième chapitre comporte la partie conception de l'ontologie.

Chapitre 4 : Le quatrième chapitre est une implémentation de l'ontologie, ainsi que l'interrogation de cette dernière on utilisant le langage SPARQL.

2 :<http://www.liberte-algerie.com/dossier/le-diabete-deuxieme-maladie-chronique-en-algerie-103044>

Chapitre 1:

Les Ontologies

1- Introduction :

En ingénierie des connaissances, les données peuvent être représentées suivant une approche informelle en utilisant le langage naturel (des textes décrivant le vocabulaire d'un domaine par exemple), ou encore par des modèles formels comme les ontologies. Ce chapitre présente la notion d'ontologie en générale.

Alors, dans ce chapitre qu'est généralement sur les ontologies, nous parlons sur l'origine des ontologies, ensuite, nous relèverons les différentes définitions qui ont été attribuées à la notion d'ontologie. Puis, nous répondrons à la question : 'pourquoi développer une ontologie ?'.

Nous présenterons aussi les différentes composantes d'ontologie en général, le cycle de vie. Ensuite nous déterminerons les principaux typologies et méthodes d'ingénierie ontologique. Finalement, nous présenterons quelques avantages des ontologies et on va voir leurs usages, et on termine avec une conclusion.

2- Notion d'Ontologie :

2-1-Origine de l'ontologie :

Historiquement, le terme «Ontologie» a tout d'abord été défini en Philosophie comme une branche de la Métaphysique qui s'intéresse à l'existence, à l'être en tant qu'être et aux catégories fondamentales de l'existant, c'est-à-dire l'étude des propriétés générales de ce qui existe. Plus tard, le concept d'ontologie est apparu en pleine lumière dans le domaine de l'intelligence artificielle, afin de résoudre les problèmes de modélisation des connaissances et plus précisément, en ingénierie des connaissances.

La notion d'ontologie a été abordée pour la première fois par *John McCarthy* dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA). Il affirmait déjà en 1980 que les concepteurs des systèmes intelligents fondés sur la logique devraient d'abord énumérer tout ce qui existe.

Les catégories d'Aristote peuvent être considérées comme la première tentative de construire une ontologie de ce qui existe. Aristote a identifié et nommé dix catégories qui servent à classer n'importe quel objet ou être vivant. Ces catégories peuvent nous sembler curieuses aujourd'hui, mais à l'époque ce travail était original et avec le recul on peut le juger remarquable. Elles étaient établies sous forme de liste plate, mais cinq siècles plus tard, Porphyre, les a organisées en une structure d'arbre et a fourni les principes de base pour différencier les nœuds pères des nœuds fils, ainsi que les nœuds du même niveau (les nœuds frères) (voir **Figure 1.1**). Ces principes consistent à identifier des ensembles de caractéristiques qui distinguent deux nœuds proches. Ces principes sont connus sous le nom de principes différentiels et sont la base de

plusieurs approches contemporaines de construction d'ontologie [Roche, 2003], [Troncy & Isaac, 2002], [Bachimont, 2000].

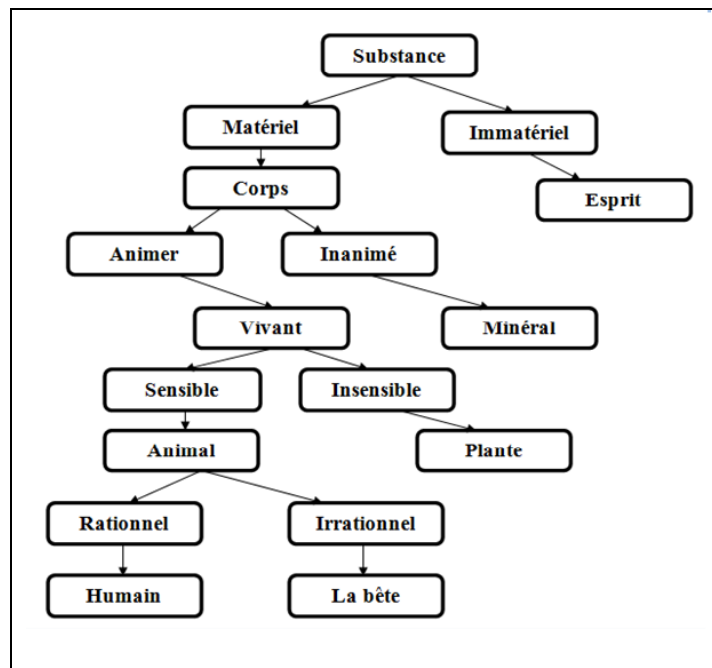


Figure 1.1 : Arbre de Prophyre.

2-2-Définitions :

Dans le cadre de l'intelligence artificielle, *Necheset* ses collègues furent les premiers à proposer une définition à savoir : «une ontologie définit les termes et les relations de base du vocabulaire d'un domaine ainsi que les règles qui indiquent comment combiner les termes et les relations de façon à pouvoir étendre le vocabulaire».

- En 1993, *Gruber* [Gruber, 1993] propose la définition suivante : «spécification explicite d'une conceptualisation» qui est jusqu'à présent la définition la plus citée dans la littérature en intelligence artificielle.
- Cette définition a été modifiée légèrement par *Borst* [Borst, 1997] comme «spécification formelle d'une conceptualisation partagée».
- Ces deux définitions sont regroupées dans celle de *Studer* [Studer, 1998] comme : «spécification formelle et explicite d'une conceptualisation partagée».
- ❖ Formelle : l'ontologie doit être lisible par une machine, ce qui exclut le langage naturel.
- ❖ Explicite : la définition explicite des concepts utilisés et des contraintes de leur utilisation.
- ❖ Conceptualisation : le modèle abstrait d'un phénomène du monde réel par identification des concepts clefs de ce phénomène.
- ❖ Partagée : l'ontologie n'est pas la propriété d'un individu, mais elle représente un consensus accepté par une communauté d'utilisateurs.

- Pour *Guarino et Giaretta* [*Guarino &Giaretta, 1995*] : «Une ontologie est une spécification rendant partiellement compte d'une conceptualisation».
- *Swartout* et ses collègues [*Swartout et al., 1997*] la définissent comme suit : « une ontologie est un ensemble de termes structurés de façon hiérarchique, conçue afin de décrire un domaine et qui peut servir de charpente à une base de connaissances».
- La même notion est également développée par *Gomez* [*Gomez-Perez, 1999*] comme: « une ontologie fournit les moyens de décrire de façon explicite la conceptualisation des connaissances représentées dans une base de connaissances. »

-Pour conclure, nous pouvons donc affirmer que les définitions du terme ontologie abondent dans la littérature scientifique. Les définitions, dans leur diversité, offrent des points de vue à la fois différents et complémentaires sur un même concept.

3- Pourquoi développer une ontologie ?

Ces dernières années le développement des ontologies - spécifications formelles explicites de termes d'un domaine et de relations entre elles a quitté les laboratoires d'Intelligence Artificielle pour gagner les postes informatiques des experts de domaines.

Les ontologies sont devenues très courantes dans le World-Wide Web. Plusieurs disciplines développent actuellement des ontologies normalisées utilisables par les experts de domaines pour partager et commenter l'information dans leurs domaines.

Une ontologie définit un vocabulaire commun pour les chercheurs qui ont besoin de partager l'information dans un domaine. Elle inclue des définitions lisibles en machine des concepts de base de ce domaine et de leurs relations.

Donc une ontologie est développée Pour les raisons suivantes :

- ✓ Partager la compréhension commune de la structure de l'information entre les personnes ou les fabricants de logiciels.
- ✓ Permettre la réutilisation du savoir sur un domaine
- ✓ Expliciter ce qui est considéré comme implicite sur un domaine
- ✓ Distinguer le savoir sur un domaine du savoir opérationnel
- ✓ Analyser le savoir sur un domaine

4- Les composants d'une ontologie :

Une ontologie est une spécification explicite d'une conceptualisation. Le terme «conceptualisation » fait référence à un système de concepts. L'expression « spécification

explicite» signifie que la conceptualisation est représentée dans un langage (langue naturelle ou langage formel).

Le terme «ontologie» est un emprunt à la philosophie. Il désigne (Petit ROBERT, 1979) : la partie de la métaphysique qui s'applique à l'être en tant qu'être, indépendamment de ses déterminations (voir la **Figure 1.2**).

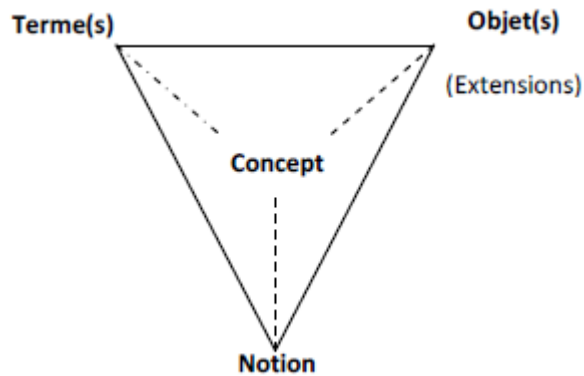


Figure 1.2: Le triangle sémantique. [Ogden et Richards, 1923]

4.1 -Concept : Un concept est une entité structurée. Il peut se définir comme une entité composée de trois éléments distincts:

- Le(s) terme(s) exprimant le concept en langue.
- La signification du concept, appelée également « notion » ou « intension » du concept.
- Le(s) objet(s) dénotés par le concept, appelé(s) également « réalisation » ou « extension » du concept.

- la définition de ces composants est expliquée dans le tableau 1.1 :

L'élément d'un concept	Définition
Terme	exprimer le concept en langue naturelle. Il peut admettre des synonymes.
Intention	contient la sémantique du concept, exprimé en termes de propriétés et attributs, et de contraintes.
Extension	regroupe les objets manipulés à travers le concept. ➡ peut représenter un objet, une idée.

Tableau 1.1: Définition des éléments d'un concept.

Exemple :

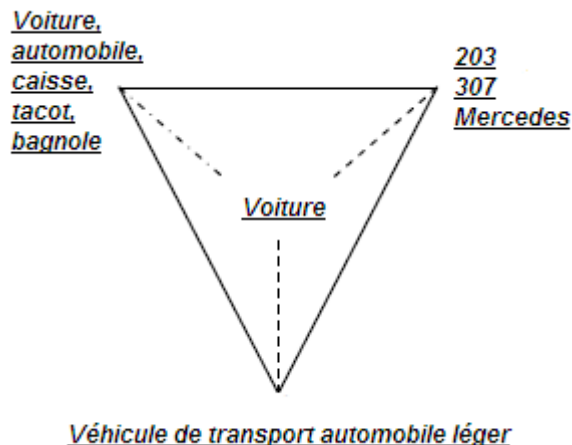


Figure 1.3: exemple d'un concept.

4.2- Les relations entre les concepts :

Il existe plusieurs types de relations entre les concepts :

- **Généralisation Spécialisation :**

Le concept CONCEPT1 généralise (ou subsume du terme subsumption voir l'exemple dans la figure 1.4) le concept CONCEPT2 (respectivement le concept CONCEPT2 spécialise le concept CONCEPT1) si et seulement si l'extension du concept CONCEPT2 est incluse dans l'extension du concept CONCEPT1.

Les liens de subsumption constituent le principal mode de structuration d'une ontologie.

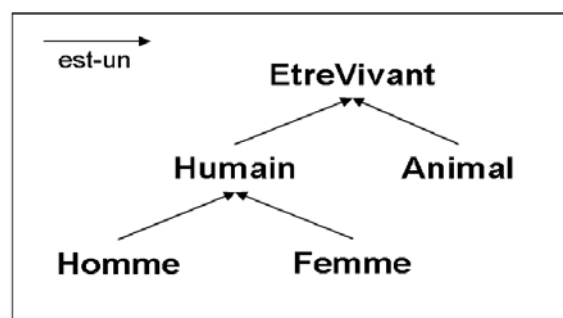


Figure 1.4 : Exemple de la relation de subsumption.

- **Autres types de relations :**

Deux termes sont dits synonymes s'ils ont même sens.

Deux termes sont homographes (homonymes) s'ils s'écrivent de la même façon mais ont des sens différents, c'est-à-dire qu'ils expriment des notions différentes.

4.3- Les instances: ou individus, constituent la définition extensionnelle de l'ontologie (pour représenter les éléments spécifiques).

4.4-Fonctions : Les fonctions sont des cas particuliers de relations dans lesquelles un élément de la relation est défini à partir des autres éléments.

Exemple :

Prix d'une voiture d'occasion



Fonction (le modèle de la voiture, la date de fabrication et le nombre de kilomètres)

4.5- Les axiomes : Une ontologie est en outre composée d'axiomes qui forment des contraintes sémantiques pour le raisonnement et donnent un acompte d'une conceptualisation. Ils prennent la forme d'une théorie logique. Les axiomes formels sont utilisés pour vérifier la consistance de l'ontologie.

5- Le cycle de vie des ontologies :

Le cycle de vie des ontologies est inspiré du génie logiciel, Il comprend une étape initiale d'évaluation des besoins, une étape de construction, une étape de diffusion, et une étape d'utilisation. Après chaque utilisation significative, l'ontologie et les besoins sont réévalués et l'ontologie peut être étendue et, si nécessaire, en partie reconstruite.

La phase de construction peut être décomposée en 3 étapes : conceptualisation, ontologisation, et opérationnalisation (voir **figure 1.5**).

L'étape d'ontologisation peut être complétée d'une étape d'intégration au cours de laquelle une ou plusieurs ontologies vont être importées dans l'ontologie à construire :

- **La conceptualisation :** identification des connaissances contenues dans un corpus représentatif du domaine .ce travail doit être mène par un expert du domaine, assisté par un ingénieur de la connaissance.
- **L'ontologisation :** formalisation, autant que possible, du modèle conceptuel obtenu à l'étape précédente .ce travail doit être mène par l'ingénieur de la connaissance assisté de l'expert du domaine.
- **L'opérationnalisation :** transcription de l'ontologie dans un langage formel et opérationnel de représentation de connaissances. Ce travail doit être mène par l'ingénieur de la connaissance.

Il est à noter que ce processus n'est pas linéaire et que de nombreux allers-retours sont nécessaires pour bâtir une ontologie opérationnelle adaptée aux besoins. Ce modèle de construction d'ontologie est ascendant, c'est -à-dire que l'on part des connaissances à

représenter, pour obtenir à une représentation formelle .Une construction descendante est possible, qui consiste à choisir un modèle opérationnel de représentation, en fonction de l'objectif d'utilisation de l'ontologie, puis à instancier ce modèle avec les connaissances du domaine.

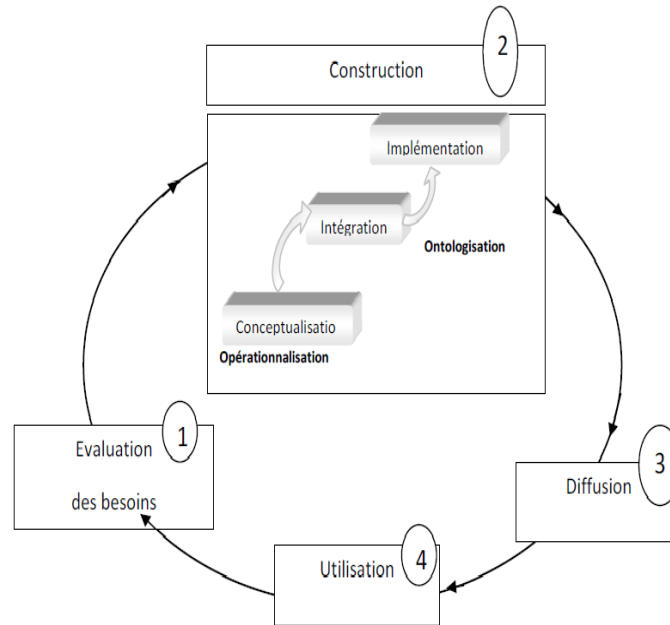


Figure 1.5 : Le cycle de vie d'une ontologie. [Furst, 2002]

La construction d'une ontologie passe donc par plusieurs étapes, la figure 1.6 suivante schématise ces étapes. [Furst, 2002].

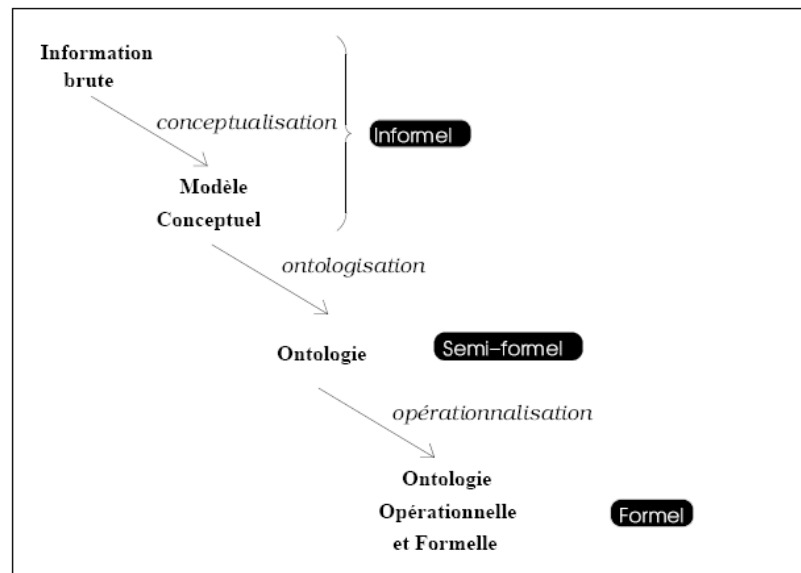


Figure 1.6 : Construction d'une ontologie opérationnelle. [Furst, 2002]

6- typologie de l'ontologie :

Les ontologies peuvent être classifiées selon plusieurs dimensions :

- 6.1. Objet de conceptualisation.
- 6.2. Niveau de formalisme de représentation.
- 6.3. Niveau de détail.
- 6.4. Niveau de complétude.

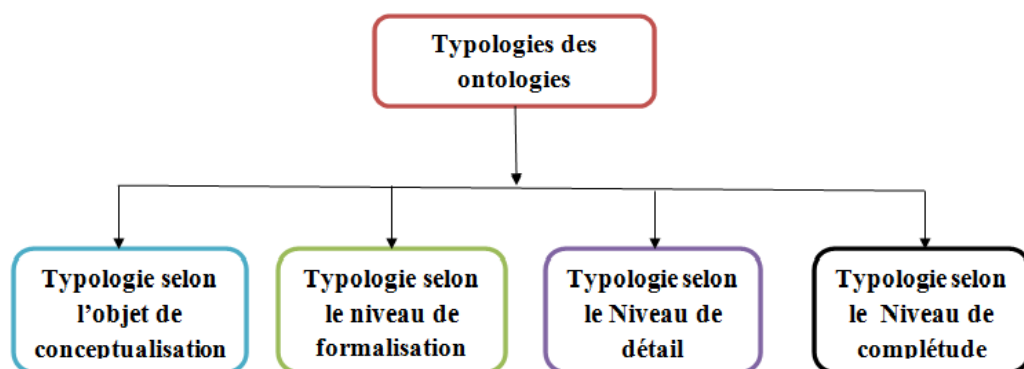


Figure 1.7 : Les typologies d'ontologies.

6.1- Typologie selon l'objet de conceptualisation :

Gomez et ses collègues [Gómez-Pérez et al., 2004] proposent une classification selon le sujet de conceptualisation des ontologies. Cette classification est une extension des travaux de Mizoguchi [Mizoguchi, et al., 1995], ceux de Van Heijst [Van Heijst et al., 1997], et ceux Guarino [Guarino, 1998] :

- ontologies de représentation de connaissances ;
- ontologies générique / générale / commune ;
- ontologies de haut niveau / de niveau supérieur ;
- ontologies du domaine ;
- ontologies de tâche ;
- ontologies d'application.

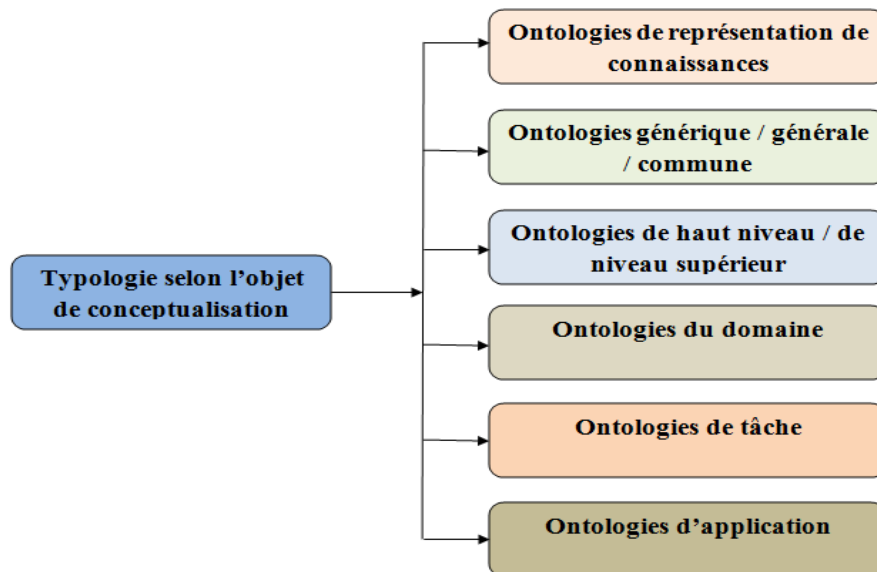


Figure 1.8 : Typologie selon l'objet de conceptualisation.

6.1.1-Ontologies de représentation de connaissances :

- Elles regroupent les primitives utilisées pour formaliser les connaissances sous un paradigme de représentation de connaissances.
- L'exemple le plus expressif est l'ontologie de frame (Frame Ontologie) [Gruber, 1993] qui intègre les primitives de représentation des langages à base de frames: classes, instances, facettes, propriétés/slots, relations, etc.

6.1.2-Ontologies générale ou commune ou générique:

- Les connaissances modélisées dans ce type d'ontologie doivent être générales pour être réutilisées dans différents domaines.
- Elle Comprend le vocabulaire relatif au temps, espace, unités, etc.

6.1.3- Ontologies de niveau supérieur ou de haut niveau :

- Ce type d'ontologies modélise des concepts de haut niveau auxquels ces derniers doivent être reliés au sommet des ontologies de plus bas niveaux. Cependant, il existe plusieurs ontologies de haut niveau qui se différencient par le critère utilisé pour classifier les concepts généraux de la taxonomie.

6.1.4- Ontologies du domaine (Domain Ontologies) :

- Elles sont réutilisables au sein d'un domaine donné, mais pas d'un domaine à un autre. Les connaissances représentées dans ce type d'ontologies sont spécifiques à un domaine particulier.
- Elle fournit un vocabulaire d'un domaine spécifique au travers de concepts et de relations qui modélisent les principales activités, les théories du domaine en question.

- Les concepts et les relations des ontologies de domaine sont souvent des spécialisations de concepts et des relations définis dans des ontologies de haut niveau.

6.1.5- Ontologies de tâches (Task Ontologies) :

- ce type d'ontologie est utilisé pour décrire un vocabulaire relatif à une tâche ou une activité générique (faire un diagnostic, planifier une activité . . .) en spécialisant certains termes des ontologies de haut niveau.
- Ces ontologies fournissent un ensemble de termes au moyen desquels on peut décrire, au niveau générique, comment résoudre un type de problème.

6.1.6- Ontologies d'application (Application Ontologies):

- Ce sont les ontologies les plus spécifiques. Contrairement à l'ontologie de domaine, l'ontologie d'une application donnée ne peut pas être réutilisée pour d'autres applications.
- Elle contient les connaissances requises pour une application particulière. Ce type d'ontologie décrit des concepts qui dépendent à la fois d'un domaine particulier et d'une tâche particulière.
- Par conséquent, elle spécialise souvent des ontologies de domaine et des ontologies de tâches pour une application donnée.

6.2- Typologie selon le niveau de formalisation utilisé :

Les ontologies peuvent être distinguées en fonction du degré de formalisme utilisé pour les exprimer. Uschold et Grüninger [Uschold & Grüninger, 1996] proposent une classification contenant les quatre catégories : Hautement informelles ; Semi-informelles ; Semi-formelles et rigoureusement formelles.

Le **Tableau 1.2** présente la définition de chaque catégorie comme suivant :

Catégorie	Définition
Hautement informelle	elle est exprimée en langue naturelle (sémantique ouverte).
Semi-informelle	elle est exprimée dans une forme restreinte et structurée de langage naturel.
Semi-formelle	elle est exprimée dans un langage artificiel défini formellement
Rigoureusement formelle	l'ontologie est exprimée dans un langage contenant une sémantique formelle, des théorèmes, et des preuves pour vérifier les propriétés telles que la validité et la complétude.

Tableau 1.2 : Typologie selon le niveau de formalisation.

- Il est évident qu'il est difficile de faire la différence, pour une ontologie considérée, entre ces quatre différentes classifications et de choisir celle qui correspond.

6.3- Typologie selon le niveau de détail :

On peut distinguer les ontologies selon le niveau de détail utilisé lors de la conceptualisation de l'ontologie en fonction de l'objectif opérationnel envisagé pour l'ontologie, deux catégories peuvent être identifiées : granularité fine et granularité large [Psyché, et al., 2003]:

6.3.1- Granularité fine : elle correspond à une ontologie très détaillée, possédant ainsi un vocabulaire plus riche capable d'assurer une description détaillée des concepts pertinents d'un domaine ou d'une tâche;

6.3.2- Granularité large : elle correspond à un vocabulaire moins détaillé. Les ontologies génériques possèdent une granularité large, compte-tenu du fait que les notions sur lesquelles elles portent peuvent être raffinées par des notions plus spécifiques [Fürst,2002].

6.4-Le niveau de complétude :

6.4.1-Niveau Sémantique : doivent respecter les quatre principes différentiels :

- Communauté avec l'ancêtre ;
- Différence, spécification, par rapport l'ancêtre ;
- Communauté avec les concepts frères, situés au même niveau ;
- Différence par rapport aux concepts frères.

6.4.2-Niveau Référentiel : Les concepts référentiels ou formels, se caractérisent par un terme/libellé dont la sémantique est définie par une extension d'objets. L'engagement

ontologique spécifie les objets du domaine qui peuvent être associés au concept, conformément à sa signification formelle.

6.4.3-Niveau Opérationnel : Les concepts du niveau opérationnel sont caractérisés par les opérations qu'il est possible de leur appliquer pour générer des inférences ou engagement computationnel. Deux concepts opérationnels sont identiques s'ils possèdent le même potentiel d'inférence.

7- Les méthodes d'ingénierie ontologique :

Il existe une multitude de méthodes d'ingénierie ontologique mais l'absence de directives structurées et communes ralentisse le développement d'ontologie à l'intérieur et entre les équipes, l'extension de n'importe quelle ontologie, la possibilité de réutilisation de l'ontologie. On entend par méthodologie, les procédures de travail, les étapes, qui décrivent le pourquoi et le comment de la conceptualisation puis de l'artefact construit. Dans la suite nous allons présenter que deux méthodes de l'état d'ontologies :

7.1. La méthode de Bachimont :

Cette méthode propose de contraindre l'utilisateur à un engagement sémantique en introduisant une normalisation sémantique des termes manipulés dans l'ontologie. La méthode de normalisation suit trois étapes :

7.1.1-Normalisation sémantique : l'utilisateur doit choisir les termes du domaine et les normaliser en explicitant leurs propriétés et en exprimant les identités et les différences dans leur voisinage proche. La place d'une notion dans l'ontologie doit être justifiée par rapport à la communauté et la différence avec le père et la fratrie.

7.1.2-Formalisation des connaissances : Cette étape consiste à désambiguïser les notions de l'ontologie référentielle obtenue par l'étape précédente et choisir leurs sens pour un domaine spécifique. Cela peut nécessiter la création de nouveaux concepts, l'ajout de propriétés et d'axiomes.

7.1.3-Opérationnalisation des connaissances : Le système utilise un langage opérationnel de représentation de connaissances qui possède les caractéristiques nécessaires pour répondre aux besoins exprimés lors de la spécification du système.

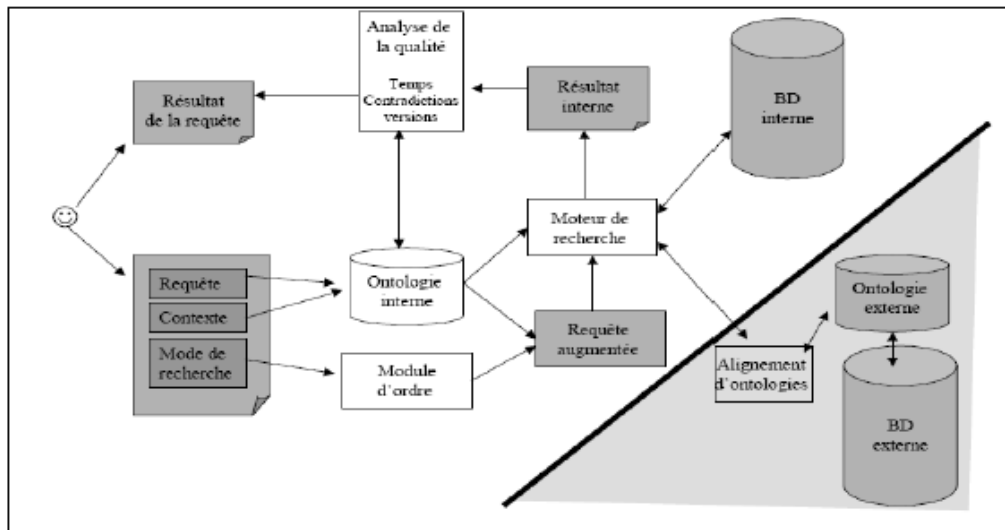


Figure 1.9: Processus de la méthode Bachimont. [Bachimont, 2000]

7.2. La méthode METHONTOLOGY :

C'est une méthodologie mise au point par l'équipe du laboratoire de l'intelligence artificielle de l'Université polytechnique de Madrid. Cette méthode inclut :

- L'identification du processus de développement de l'ontologie.
- Le cycle de vie basé sur l'évolution de prototypes.
- Les techniques de gestion de projet (planification, assurance qualité), de développement (spécification, conceptualisation, formalisation, implémentation, maintenance) et des activités de support (intégration, évaluation, documentation).

7.2.1-Le processus de développement d'ontologie de METHONTOLOGY:

Composé des étapes suivantes (voir la **Figure 1.10**) :

- **Spécification**: déterminer l'utilisation future de l'ontologie;
- **Conceptualisation** : obtenir un modèle du domaine au niveau des connaissances;
- **Formalisation** : transformation du modèle conceptuel en modèle formel;
- **Intégration** : réutilisation d'autres ontologies;
- **Implémentation** : construction d'un modèle opératoire utilisable par un ordinateur;
- **Maintenance** : mise à jour de l'ontologie en cas de besoin.

Méthontologie permet de caractériser les ontologies au niveau des connaissances et insiste sur la nécessité de travailler à partir de représentations intermédiaires des connaissances lors de la phase de conceptualisation.

Premièrement, il faut créer un glossaire de termes divisé en concepts et verbes. Les concepts sont regroupés en arbres de classification de concepts et les verbes permettent de créer des diagrammes de relations binaires.

De ces deux structures, un dictionnaire des concepts est créé pour regroupe toutes les informations concernant ces derniers (nom et synonymes, instances, attributs de la classe et de ses instances, relations rattachées au concept).

D'autres structures sont aussi créée, à savoir : table des relations binaires, table des attributs d'instances, table des attributs de classes, table des axiomes logiques, table des constantes, table des formules (pour calculer des valeurs d'attributs), arbres de classification des attributs et table des instances.

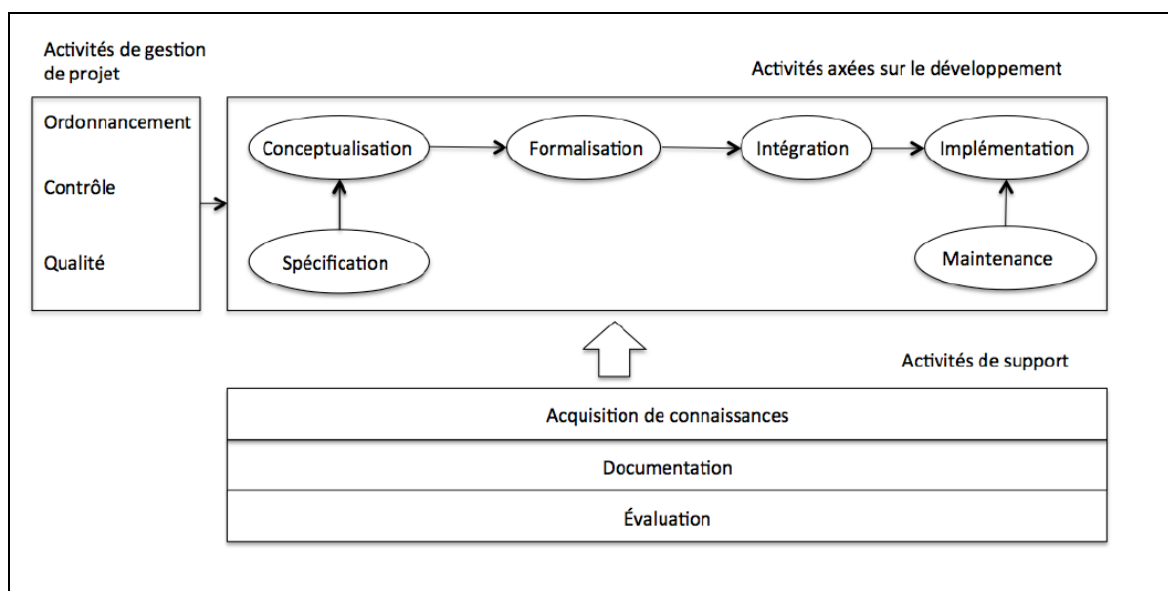


Figure 1.10 : Processus de développement d'ontologie de METHONTOLOGY.

[Corcho et al., 2003]

7.3-L'approche TOVE :

TOVE (Toronto Virtual Enterprise) développé par l'université de Toronto, Cette méthode tente de construire un modèle logique de connaissance où les ontologies sont construites en respectant les étapes suivantes :

- ❖ Identification de scénarii (problèmes) dépendants d'une application ;
- ❖ Formulation de questions informelles (basées sur les scénarii) auxquelles l'ontologie doit permettre de répondre ;
- ❖ Spécification d'une terminologie à partir des termes apparaissant dans les questions.

- ❖ Spécification formelle des axiomes et des définitions pour les termes de la terminologie.
- ❖ Evaluation de la complétude de l'ontologie.

8-Usages des ontologies :

Les ontologies, au début, ont connu une large utilisation dans le domaine de l'intelligence artificielle. Aujourd'hui les ontologies sont largement utilisées pour différents buts (traitement de langage naturel, gestion de la connaissance, e-commerce, recherche d'information, le Web sémantique, etc.) dans différentes communautés (c'est-à-dire, ingénierie de connaissance, bases de données et génie logiciel).

Notons que la communauté de bases de données aussi bien que la communauté de conception orientée objet construisent également des modèles de domaine en utilisant les concepts, les relations, les propriétés, etc., mais la plupart du temps les deux communautés imposent des contraintes moins sémantiques que celles imposées dans les ontologies lourdes.

Dans le commerce électronique, les ontologies sont habituellement utilisées pour représenter les produits et les services qui sont offerts dans les systèmes du e-commerce et qui sont donnés aux utilisateurs dans les catalogues pour consultation.

La vision du Web sémantique est d'ajouter la sémantique compréhensible par la machine (méta- information) au World Wide Web en utilisant une ontologie pour définir et organiser cet espace de méta-information.

Le Web sémantique vise à réaliser l'intégration de toutes les sources d'informations sur le Web, permettant la réutilisation des données à travers les applications et rendant la recherche intelligente sur Internet possible.

Aussi dans le domaine médical les objectifs visés par l'intégration des ontologies et le web sémantique et de faciliter la recherche et le partage des informations médical.

Ainsi les ontologies jouent un grand rôle dans le développement des systèmes d'aide de diagnostic et de prise des décisions.

Comme synthèse, nous pouvons dire que les ontologies possèdent un grand nombre d'applications et d'usages tels que :

- Les systèmes de Recherche d'informations (RI).
- Les inférences, pour découvrir les incohérences sur les connaissances ou les données.
- Les systèmes à base de connaissances dédiés à la résolution de problèmes.
- L'aide au diagnostic : des maladies, des problèmes techniques etc.
- L'interopérabilité des systèmes d'information.
- La coopération des logiciels.

- Les systèmes de traitement automatique du langage naturel.

9-Avantages d'une ontologie :

Les ontologies présentent pas mal d'avantage que nous citons dans les points ci-dessous:

- La compréhension commune de la structure de l'information entre les personnes ou les fabricants de logiciels.
- Assurer l'interopérabilité entre systèmes.
- Permettre l'échange de connaissances entre Systèmes.
- Permettre la réutilisation du savoir sur un domaine : créer et conserver des bases de connaissances réutilisables.
- Expliciter ce qui est considéré comme implicite sur un domaine.
- Distinguer le savoir sur un domaine du savoir opérationnel et Analyser le savoir sur un domaine.

10-Conclusion :

Dans ce premier chapitre, nous avons essayé d'éclaircir la notion d'ontologie. Pour cela nous sommes partis des origines philosophiques du terme, ensuite définir son sens en ingénierie des connaissances et en informatique en général. Ensuite, nous avons vu l'objectif d'une ontologie, ses composants, Puis, nous avons parlé sur le cycle de vie des ontologies.

Nous avons aussi parlé sur la typologie de l'ontologie en général.

L'ontologie à plusieurs méthodes d'ingénierie, nous avons touché certains d'eux (Bachimot, Methontology et l'approche TOVE). Ensuite, nous avons parlé sur l'utilisation des ontologies.

Enfin, .on a vu quelques avantages d'une ontologie.

Le chapitre suivant sera consacré aux langages et outils utilisée pour construire une ontologie.

Chapitre 2:

Les langages et les outils d'ingénierie ontologique

1- Introduction :

Plusieurs langages de représentation et de manipulation d'ontologies ont été développés, Nous faisons une rapide revue de ceux qui nous paraissent très représentatifs parmi les standards et recommandations du World Wide Web Consortium (W3C).

Il existe plusieurs et différents éditeurs aidant pour la construction d'une ontologie, nous essayons des mentions dans ce chapitre, Alors, nous commençons d'abord par donner quelques définitions quelques langages de représentation et de l'exploitation des ontologies, Puis, de présenter les éditeurs les plus connu dans le monde des ontologies, ensuite, nous donnons quelques exemples sur les ontologies médicales, Enfin, nous terminons par une conclusion.

2- Langages pour exploiter des ontologies :

Une des principales décisions à prendre dans le procédé de développement d'ontologies consiste à choisir le langage (ou l'ensemble de langages) dans lequel l'ontologie sera exprimée et utilisée. L'ingénieur des connaissances a des exigences concernant ces langages :

- la lisibilité : le langage doit être compréhensible pour un utilisateur humain et doit donc avoir une certaine continuité avec le langage naturel ;
- la portabilité : le langage choisi doit être le plus standard possible afin de pouvoir être réutilisé dans d'autres systèmes ;
- la possibilité de faire des inférences : le langage doit permettre le traitement informatique des données en vue de calculer les déductions logiques possibles.

Par ailleurs, dans le cadre de ses travaux sur le Web sémantique, le W3C a mis en place en 2002 un groupe de travail dédié au développement de langages standards pour modéliser des ontologies utilisables et échangeables sur le Web (voir la **Figure 2.1**).

S'inspirant de langages précédents comme DAML+OIL et des fondements théoriques des logiques de description, ce groupe a publié en 2004 une recommandation définissant le langage OWL (Web Ontology Language), fondé sur le standard RDF et en spécifiant une syntaxe XML. Plus expressif que son prédécesseur RDFS, OWL a rapidement pris une place prépondérante dans le paysage des ontologies et est désormais, de facto, le standard le plus utilisé.

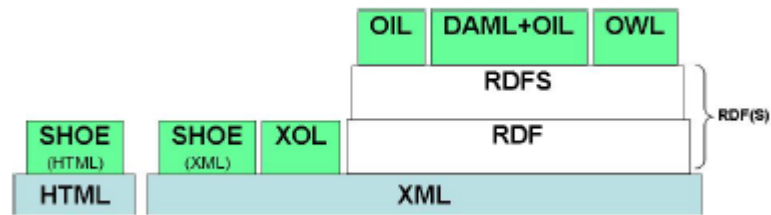


Figure2.1 : Ontology markup languages. [Gómez-Pérez, 2004].

2.1- XML¹ :

XML (eXtensible Markup Language) :

Est un langage de description et d'échange de documents structurés, issu de SGML et défini par le consortium Web.

- XML permet de décrire la structure arborescente de documents à l'aide d'un système de balises permettant de marquer les éléments qui composent la structure et les relations entre ces éléments.
- XML offre la possibilité de créer ses propres balises.
- XML ne pose aucune contrainte sémantique sur la description des informations, il ne constitue donc pas un langage de modélisation d'ontologie à lui seul. En réalité les balises XML décrivent le contenu plutôt que la présentation.
- Ainsi, XML permet de séparer le contenu de la présentation, ce qui permet par exemple d'afficher un même document sur des applications ou des périphériques différents sans pour autant nécessiter de créer autant de versions du document que l'on nécessite de représentations.

2.2-RDF² :

Développé et recommandé par le W3C

- permet de décrire les ressources du web sémantique qui sont l'élément de base de RDF.
- Chaque ressource est pourvue d'un identifiant URI (Uniform Resource Identifier).
- Tout document RDF est composé d'un ensemble de triplets (sujet, prédicat, objet) ou encore (ressource, propriété, valeur). Un ensemble de tels triplets est appelé un graphe RDF. Ceci peut être illustré par un diagramme composé de nœuds et d'arcs orientés, dans lequel chaque triplet est représenté par un lien nœud-arc-nœud (d'où le terme de "graphe").

1 : <http://www.w3.org/XML/>

2 : <http://www.w3.org/RDF/>

A ce modèle est associée une syntaxe écrite en XML et basée sur les triplets :

- **Ressource (Sujet)** : une entité d'informations pouvant être référencée par un identificateur. Cet identificateur doit être une URI.
- **Propriété (prédicat)** : l'attribut ou la relation utilisée (e) pour décrire une ressource.
- **Valeur (objet)** : la valeur d'une propriété associée à une ressource spécifique.

2.3-RDFS³ :

Afin de renforcer ce langage, RDF Schéma a été construit par W3C comme extension de RDF comportant des primitives basées sur des frames.

- RDF Schéma permet notamment de déclarer les propriétés des ressources ainsi que le type des ressources.
- La combinaison de RDF et RDF Schéma est connue sous le nom RDF(S).
- Bien que relativement limités dans la mesure où ils ne sont pas très expressifs, les langages RDF(S) peuvent cependant spécifier des concepts, des taxonomies et des relations binaires.

2.4-OIL⁴ (Ontology Interchange Language) :

Développé dans le cadre du projet OntoKnowledge, permet l'interopérabilité sémantique entre les ressources Web. Sa syntaxe et sa sémantique sont basées sur des propositions existantes (OKBC, XOL et RDF(S)), fournissant des primitives de modélisation comme celles utilisées dans des approches basées sur les frames et l'ingénierie ontologique (les concepts, les taxonomies de concepts, les relations, . . .), des sémantiques formelles et des procédures de raisonnement inspirées des approches des LD. OIL possèdent les couches suivantes : le noyau OIL (Coré OIL) qui regroupe les primitives OIL qui possèdent une correspondance directe avec les primitives de RDF(S) ; OIL standard (standard OIL) est le modèle complet de OIL qui utilise un nombre plus grand de primitives que celles définies dans RDF(S) ; les instances OIL (OIL instance) ajoutent au modèle précédent des instances de concepts et de rôles ; et OIL "lourd" (heavy OIL) est la couche qui contient les extensions futures de OIL.

³: <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>

⁴: <http://www.ontoknowledge.org/oil/>

⁵: <http://www.w3.org/TR/daml+oil-reference>

2.5- DAML et DAML+OIL⁵ :

DAML (DARPA Agent Markup Language) : est un langage permettant la représentation d'ontologies. Il a été développé par la DARPA aux États-Unis dans le but de développer des langages et des outils permettant de rendre les contenus de documents accessibles et exploitables par des machines. DAML est une combinaison de XML et de RDF permettant de spécifier des objets mais également les relations entre ces objets. La dernière version de DAML se combine avec OIL (DAML+OIL). Ce nouveau langage supporte désormais les types de données primitifs (tels qu'on les trouve dans la norme XML Schéma) et la définition d'un certain nombre d'axiomes comme l'équivalence de classes ou de propriétés.

2.6- OWL⁶ :

L'origine du langage OWL est Le World Wide Web Consortium (W3C) qui a mis sur pieds, en Novembre 2001, le groupe de travail « WebOnt », chargé d'étudier la création d'un langage standard de manipulation d'ontologies web. Le premier Working Draft «OWL Web Ontology Language 1.0 Abstract Syntax » paraît en Juillet 2002 et, au final, OWL devient une Recommandation du W3C le 10 Février 2004 ;

Le Language OWL est destiné à être utilisé quand l'information contenue dans les documents doit être traitée par des applications, par opposition aux situations où le contenu doit seulement être présenté. OWL peut être employé pour représenter explicitement la signification des termes dans les vocabulaires et les relations entre ces termes.

Cette représentation des termes et de leurs corrélations s'appelle une ontologie. OWL offre plus de facilités pour exprimer la signification et la sémantique que XML, RDF et RDF-S. OWL va ainsi au-delà de ces langages dans sa capacité de représenter le contenu compréhensible par une machine sur le Web.

OWL est une révision du langage d'ontologie du Web DAML+OIL intégrant les leçons apprises de la conception et de l'application de DAML+OIL.

L'objet de cette partie est de présenter les fonctionnalités offertes par OWL.

2.6.1-Présentation du langage d'ontologie OWL :

Le langage d'ontologie Web OWL est conçu pour décrire et représenter un domaine de connaissance spécifique, en définissant des classes de ressources ou objets et leurs relations; ainsi que de définir des individus et affirmer des propriétés les concernant et de raisonner sur ces classes et individus dans la mesure où le permet la sémantique formelle du langage OWL.

⁶: <http://www.w3.org/OWL/>

OWL est un standard basé sur la logique de descriptions, il est construit sur RDF et RDFS et utilise la syntaxe RDF/XML.

Le langage OWL permet d'étendre les technologies de base (XML, RDF, RDFS) pour apporter:

- Plus d'interopérabilité (équivalences) ;
- Plus de raisonnements (logique de description) ;
- Plus d'évolution (intégration d'ontologies).

Les ontologies OWL se présentent, généralement, sous forme de fichiers texte et de documents OWL.

2.6.1.1-Types du langage OWL :

Le langage OWL offre trois sous langages d'expression conçus pour des communautés de développeurs et d'utilisateurs spécifiques.

- Le langage OWL *Lite* concerne les utilisateurs ayant principalement besoin d'une hiérarchie de classifications et de mécanismes de contraintes simples. Par exemple, quoiqu'OWL Lite gère des contraintes de cardinalité, il ne permet que des valeurs de cardinalité de 0 ou 1.
- Le langage OWL *DL* concerne les utilisateurs souhaitant une expressivité maximum sans sacrifier la complétude de calcul (inférences) et la décidabilité des systèmes de raisonnement. Le langage OWL DL comprend toutes les structures de langage d'OWL avec des restrictions comme la séparation des types (une classe ne peut pas être en même temps un individu ou une propriété, une propriété doit être un individu ou une classe).

•Le langage OWL Full concerne les utilisateurs souhaitant une expressivité maximum et la liberté syntaxique de RDF sans garantir le calcul (raisonnement). Par exemple, dans OWL Full, on peut simultanément traiter une classe comme une collection d'individus et comme un individu à part entière. Une autre différence significative par rapport à OWL DL réside dans la possibilité de marquer un objet owl: DatatypeProperty comme étant un objet owl: inverseFunctionalProperty.

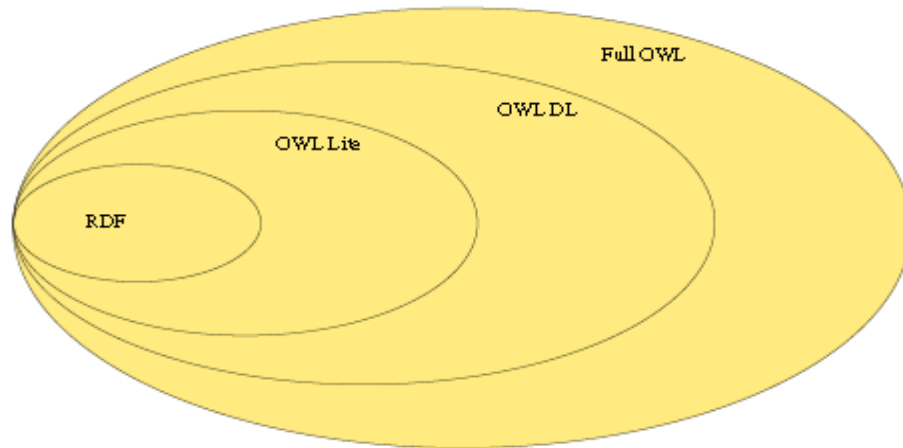


Figure2.2 : Hiérarchie de langage OWL.

2-7- La logique de description :

Les logiques de descriptions LDs (Description Logic DL en anglais), appelées parfois logiques terminologiques, sont des langages formels conçus pour décrire et raisonner sur les connaissances d'un domaine. Elles ont été introduites par Brachman en 1979, par la suite elles ont connues de nombreux développements. Elles sont issues de la logique des prédicats, des frames et des réseaux sémantiques (des correspondances existent entre ces logiques et ces formalismes).

Ils existent de nombreuses logiques de descriptions qui se distinguent par la richesse des constructeurs qu'elles proposent à la représentation des connaissances souhaitées. La logique nommée *AL* (Attributive Language) qui a été introduite par Schmib et Smolka en 1991 [Schmidt-Schauß&Smolka, 1991] est l'une parmi elles. Cette logique est minimale, dans le sens où elle est la moins expressive (c.-à-d. propose le moins de constructeurs). Nous décrivons par la suite la syntaxe et la sémantique de la logique *AL*.

2-7-1- La syntaxe d'*AL* :

La grammaire d'*AL* est donnée par (Tableau 2.1):

$C, D \rightarrow A$ (concept atomique)
T (Le concept universel)
\perp (Le concept le plus spécifique)
$\neg A$ (la négation atomique)
$C \cap D$ (l'intersection)
$\exists R. T$ (Restriction existentielle limitée)
$\forall R.C$ (restriction universelle complète)

Tableau 2.1 : Syntaxe de la logique AL.

Où : A est concept atomique, C, D sont des concepts composés et R est un rôle atomique (AL ne permet pas la spécification de rôles à l'aide de constructeurs : rôles composés).

-Le constructeur $\neg A$: est utilisé pour évoquer la négation qui ne peut être appliquée qu'à un concept atomique, c'est-à-dire les individus pour une interprétation qui n'appartiennent pas au concept atomique A .

-Le constructeur $C \cap D$: permet de faire la conjonction de deux concepts composés, ce qui représente l'ensemble des individus appartenant à la fois au concept C et au concept D pour une interprétation.

-Le quantificateur existentiel $\exists R$: désigne l'ensemble des individus, membres du domaine du rôle R pour une interprétation donnée.

-Le quantificateur universel $\forall R.C$: désigne l'ensemble des individus du domaine du rôle R qui sont en relation, par le biais de R , qu'avec les individus du concept C , pour une interprétation donnée.

Les concepts et les rôles (c'est-à-dire des relations entre concepts) atomiques constituent les entités élémentaires d'une T-box (voir le **Tableau 2.3**). Ces derniers peuvent être combinés au moyen de constructeurs pour former des concepts et des rôles composés. Par exemple, le concept composé **Male** \cap **Femelle** est le résultat de l'utilisation du constructeur \cap sur les concepts atomiques Male et Femelle. L'interprétation du concept ainsi composé est « l'ensemble des individus qui appartiennent à la fois au concept Male et au concept Femelle ».

La sémantique d'une LD est donnée au moyen d'une interprétation I qui est un couple (Δ, ι) où :

Δ : est le domaine d'interprétation. C'est un ensemble non vide d'individus.

ι : est la fonction d'interprétation qui fait correspondre à un concept atomique A un ensemble ιA tel que $\iota A \subseteq \iota \Delta$ et à chaque rôle atomique R une relation binaire $\iota R \subseteq \iota \Delta \times \iota \Delta$.

La sémantique de AL défini plus haut est donnée par la table suivante (**Tableau 2.2**):

$T = \iota \Delta$ $\iota \perp = \Phi$ $(\neg A) \iota = \iota \Delta \setminus \iota A$ $\iota(C \cap D) = \iota C \cap \iota D$ $\iota(\forall R.C) = \{a \in \iota \Delta \mid \forall b, \text{ if } (a,b) \in \iota R \text{ then } b \in \iota C\}$ $\iota(\exists R.T) = \{a \in \iota \Delta \mid \exists b. (a,b) \in \iota R\}$
--

Tableau2.2 : Sémantique de la logique AL.

La logique de description AL peut être enrichie par les constructeurs suivants:

- ◆ O : qui permet la description de concepts par l'énumération d'individus nommés ;
- ◆ U : désigne l'union de concepts ;
- ◆ E : la quantification existentielle complète ;
- ◆ C : la négation complète ;
- ◆ I : les rôles inverses ;
- ◆ H : l'inclusion entre rôles ;
- ◆ Les constructeurs F , Q et N sont trois variantes de la contrainte de cardinalité sur le rôle.

La Figure 2.3 donne une vue d'ensemble de constructeurs enrichissant AL avec leur syntaxe et leur sémantique.

$[O]$	$\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$	$\{a_1^I, a_2^I, \dots, a_n^I\}$
$[U]$	$C \sqcup D$	$C^I \cup D^I$
$[E]$	$\exists R.C$	$\{a \in \Delta^I \mid \exists b.(a, b) \in R^I \wedge b \in C^I\}$
$[C]$	$\neg C$	$\Delta^I \setminus C^I$
$[I]$	R_1^{-1}	$\{(y, x) \mid (x, y) \in R_1^I\}$
$[H]$	$R_1 \sqsubseteq R_2$	$R_1^I \subseteq R_2^I$
$[F]$	$= 1R$	$\{x \in \Delta^I \mid \{y \in \Delta^I \mid (x, y) \in R^I\} = 1\}$
	$\geq 2R$	$\{x \in \Delta^I \mid \{y \in \Delta^I \mid (x, y) \in R^I\} \geq 2\}$
$[N]$	$\geq nR$	$\{a, b \in \Delta^I \mid (a, b) \in R^I \geq n\}$
	$\leq nR$	$\{a, b \in \Delta^I \mid (a, b) \in R^I \leq n\}$
	$= nR$	$\{a, b \in \Delta^I \mid (a, b) \in R^I = n\}$
$[Q]$	$\geq nR.C$	$\{a, b \in \Delta^I \mid (a, b) \in R^I \wedge b \in C^I \geq n\}$
	$\leq nR.C$	$\{a, b \in \Delta^I \mid (a, b) \in R^I \wedge b \in C^I \leq n\}$
	$= nR.C$	$\{a, b \in \Delta^I \mid (a, b) \in R^I \wedge b \in C^I = n\}$

Figure 2.3 : Ensemble de constructeurs enrichissant AL avec leur syntaxe et leur sémantique.

La **Figure 2.3** représente un exemple de constructeurs de rôles et concepts pour étendre AL [Fournier-Viger, 2005]. La première colonne contient la lettre qui désigne le constructeur, la deuxième sa syntaxe d'utilisation et la dernière sa sémantique.

Il est important de noter qu'il existe une autre façon d'étendre une LD. La spécification d'un ensemble de rôles transitifs $NR+$, constitue une extension par ajout de contraintes sur l'interprétation des rôles (désignée par la lettre $R+$), qui permet l'expression de rôles transitifs. Une dernière extension, symbolisée par la lettre (D), ajoute le support des types primitifs.

La nomenclature des LD dicte que pour chaque constructeur ajouté, il faut agglutiner la lettre correspondante au nom de la logique originale [Fournier-Viger, 2005].

2-7-2-La T-Box et la A-Box

La modélisation des connaissances d'un domaine à l'aide des LDs comporte deux niveaux, la **T-box** et la **A-box** [Baader et al, 2003]:

➤ Le niveau terminologique **T-box** : décrit les connaissances générales d'un domaine et contient les déclarations des primitives conceptuelles organisées en concepts et relations.

Ces déclarations décrivent les propriétés des concepts et des relations et constituent donc une définition intentionnelle des connaissances ;

➤ Le niveau assertionnel **A-box** : décrit les connaissances factuelles d'un domaine et représente une configuration précise. Il contient les déclarations d'individus, instances des concepts qui ont été définis dans la **T-box**. Plusieurs A-box peuvent être associées à une même

T-box ; chacune représente une configuration constituée d'individus, et utilise les concepts et rôles de la **T-box** pour l'exprimer.

Un exemple d'une base de connaissances est fourni au **Tableau 2.3**. Le côté gauche présente un exemple de **T-box** dans laquelle les noms commençant par une lettre majuscule, comme Humain,

Animal, Femelle ou Male, désignent des concepts et ceux commençant par une minuscule, comme relationParentEnfant, désignent des rôles.

<i>TBox</i>	<i>ABox</i>
$Femelle \subseteq T \cap \neg M\grave{a}le$	$Humain(Anne)$
$M\grave{a}le \subseteq T \cap \neg Femelle$	$Femelle(Anne)$
$Animal \equiv M\grave{a}le \cup Femelle$	$Femme(Sophie)$
$Humain \subseteq Animal$	$Humain(Robert)$
$Femme \equiv Humain \cap Femelle$	$\neg Femelle(Robert)$
$Homme \equiv Humain \cap \neg Femelle$	$Homme(David)$
$M\grave{e}re \equiv Femme \cap \exists relationParentEnfant$	$relationParentEnfant(Sophie, Anne)$
$P\grave{e}re \equiv Homme \cap \exists relationParentEnfant$	$relationParentEnfant(Robert, David)$
$M\grave{e}reSansFille \equiv M\grave{e}re \cap$	
$\forall relationParentEnfant. \neg Femme$	
$RelationParentEnfant \subseteq T_R$	

Tableau 2.3 : Base de connaissances composée d'une T-box et d'une A-box. [Fournier-Viger, 2005].

Résumé :

On conclure avec les quelques points suivantes:

- **XML** fournit une manière de représenter des documents structurés, mais il n'impose aucune contrainte sémantique sur les documents produits ;
- **XML Schéma** permet de contraindre la structure des documents XML;
- **RDF** est un modèle de données simple, fondé sur des ressources et des relations entre ces ressources, équipé d'une sémantique et qui peut se représenter en XML;
- **RDF Schéma** permet de définir le vocabulaire pour décrire des classes et des propriétés, hiérarchisées en taxinomies ;

- **OWL** fournit d'avantage de primitives de modélisation pour décrire des ontologies plus riches sur le web.

3-Éditeurs d'ontologies :

Il existe un certain nombre d'outils permettant de construire des ontologies. Nous allons en premier présenter des outils d'ingénierie ontologique qui permettent à l'utilisateur de créer la ressource « à la volée », de manière indépendante des langages de représentation, et de prendre en charge la phase d'opérationnalisation de l'ontologie en l'exportant dans des langages informatisés standards. Nous présentons ensuite des outils et plateformes qui mettent l'accent sur l'importance du texte comme source privilégiée des connaissances du domaine à modéliser en vue de construire l'ontologie.

3.1- PROTÉGÉ :

PROTÉGÉ a été développé par le **Stanford Medical Informatics** de l'université de médecine de **Stanford** depuis **1995**. Il est construit autour d'un modèle de connaissances inspiré par le paradigme des frames : classes, slots (attributs) et facets (contraintes sur les attributs) sont les primitives de modélisation proposées. Ce modèle autorise une liberté de conception importante, puisque le contenu des formulaires de spécification des classes peut être modifié suivant les besoins, via un système de méta-classes, qui constituent des sortes de « patrons » pour les classes du modèle du domaine. Il est adapté à la construction d'ontologies depuis la version PROTÉGÉ 2000. L'interface très complète ainsi que l'architecture logicielle bien pensée permettant l'insertion de pluggins, notamment des pluggins pour gérer les représentations sous forme graphique, par exemple OWLViz (voir **Figure 2.4**), ont grandement contribué au succès de PROTÉGÉ. En quelques années, cet éditeur s'est imposé comme la référence, avec une communauté d'utilisateurs extrêmement importante et active. Ses nombreuses extensions lui permettent en particulier de gérer des langages standards comme RDF et surtout OWL (Knublauch et al, 2004), de créer des axiomes formels de manière intuitive, d'accéder aux ontologies par des interfaces graphiques évoluées, de comparer et fusionner des ontologies avec la suite PROMPT. [Noy&Musen, 2003]

Il est également possible de faire fonctionner des raisonneurs, comme RACER (Renamed ABox and Concept Expression Reasoner) pour le langage OWL par exemple, pour vérifier la cohérence et la consistance de la structure ontologique.

La prédominance de PROTÉGÉ ne pourra qu'être renforcée par le lancement de l'initiative COODE (Collaborative Open Ontology Development Environment project) en septembre 2003, qui a pour objectif la création d'outils d'assistance à la création d'ontologies OWL riches et cohérentes, et qui se concentrent sur cet éditeur.

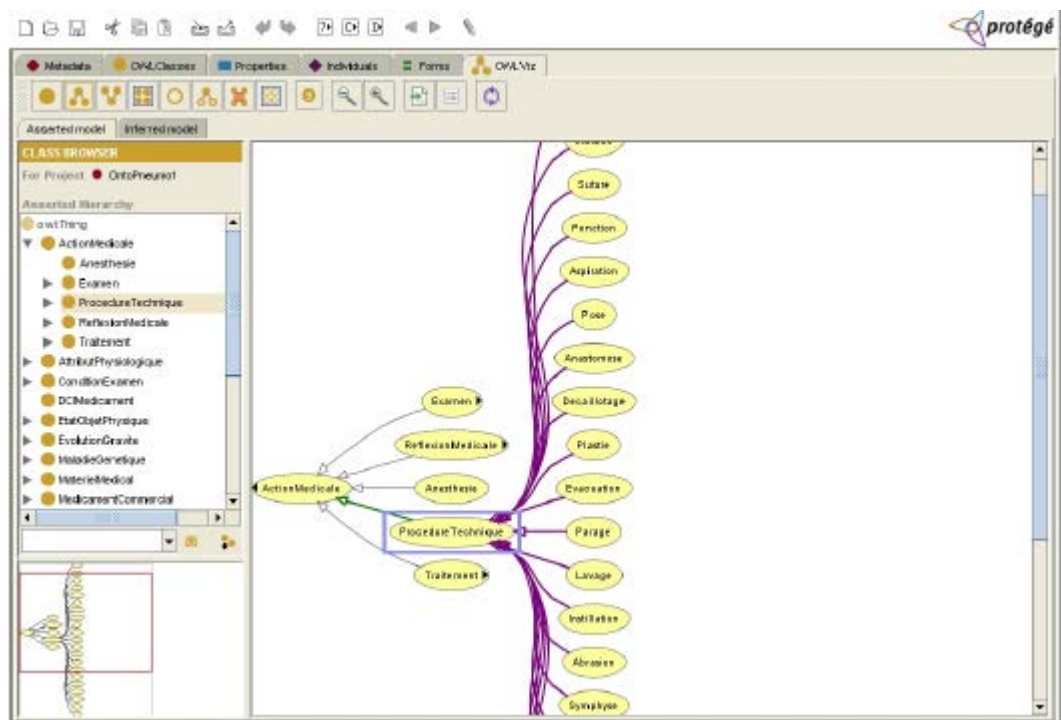


Figure 2.4 : Extrait d'une ontologie vue avec le plugin OWLViz de PROTÉGÉ centré sur le concept Procedure_Technique.

3.2- OILED :

L'éditeur OILED a été développé par l'université de Manchester pour éditer des ontologies dans les langages de représentation OIL, puis DAML+OIL, les précurseurs d'OWL (Bechhofer et al, 2001). Il est donc explicitement orienté vers la représentation en logique de description expressive et, à ce titre, fournit tous les éléments d'interface permettant de spécifier des hiérarchies de concepts et de rôles, ainsi que la construction des expressions complexes définissant ces entités.

À l'origine, il n'a pas d'autre ambition que d'illustrer les vertus du langage pour lequel il a été créé. Les versions disponibles d'OILED ne constituent pas un environnement complet pour le développement d'ontologies d'envergure. En effet, cet outil n'implémente pas la migration et l'intégration d'ontologies, ne gère pas les différentes versions et autres activités impliquées dans

la construction d'ontologies. Néanmoins, la simplicité, la robustesse de cet outil et la présence d'un raisonneur de logique de description FaCT , capable de tester la satisfiabilité des ontologies construites ou d'expliquer de nouvelles relations de subsumption entre concepts complexes, en font un outil de référence relativement populaire avec plus de 2 000 téléchargements. Comme le soulignent les concepteurs, il s'agit plutôt d'un « bloc-notes » offrant assez de fonctionnalités pour permettre à des utilisateurs de construire des ontologies et de démontrer comment il est possible d'employer le raisonneur de FaCT pour examiner les ontologies et en assurer l'uniformité.

[A. Rector et al.]Met à disposition des utilisateurs intéressés un tutoriel pour la création d'ontologies biomédicales avec OILED. La **Figure 2.5** illustre la hiérarchie des concepts obtenue à la fin de ce tutoriel.

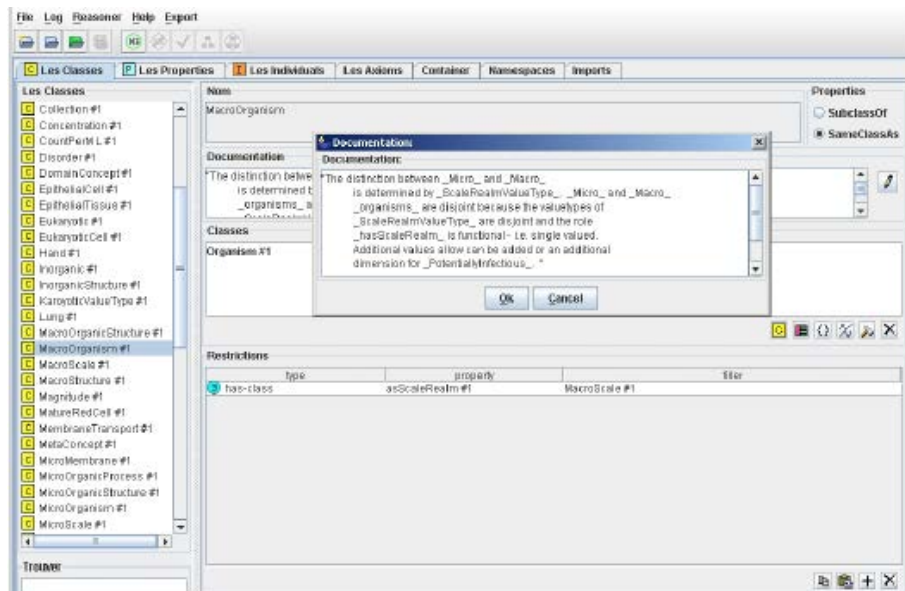


Figure2.5: Extrait de l'ontologie biomédicale issue du tutoriel. [Rector et al.,] vue avec OILED centré sur le concept Macro Organism.

- OILED permet d'exporter les ontologies construites dans des langages standards tels que DAML+OIL, RDFS ou OWL.

3.3- ONTOEDIT :

ONTOEDIT est un outil mis au point par l'institut AIFB de l'université de Karlsruhe et qui est maintenant commercialisé par la société OntopriseGmbH. Il s'inspire de l'approche par frames mais gère de nombreux formats libres de la communauté Web sémantique (FLogic, DAML+OIL, RDFS) et a le mérite de s'appuyer sur une réflexion méthodologique significative, celle d'On-To- Knowledge [Sure et al, 2002]. Il s'est en effet le premier intéressé à la modélisation « intuitive » des axiomes, indépendamment d'un formalisme ou d'un autre, pour faciliter la traduction d'un langage de représentation à un autre. Cet outil met à disposition de l'utilisateur plusieurs vues graphiques correspondant aux différentes phases de conception de l'ontologie. Il permet d'éditer une hiérarchie de concepts ou de classes. Ces concepts peuvent être abstraits ou concrets, ce qui indique s'il est permis d'instancier le concept en question.

S'efforçant de mettre en œuvre les propositions du Projet On-To-Knowledge, il propose également une gestion originale des « questions de compétences ». Il s'agit des questions auxquelles les connaissances ontologiques doivent apporter une réponse. Un petit outil compare au niveau lexical les termes extraits des différentes questions pour en déduire automatiquement d'éventuelles subsumptions (voir la **Figure 2.6**). Comme le fait remarquer R. Troncy (2002), ce procédé semble très peu fiable car il repose sur l'identification du nom du concept dans ses spécialisations.

De plus, ONTOEDIT gère la synonymie en admettant plusieurs noms pour un même concept. Visiblement aucune distinction n'est faite entre le terme désignant le concept et ceux désignant les connaissances qu'il recouvre. ONTOEDIT est un des seuls éditeurs que nous connaissons, avec DOE, à s'attaquer au problème de la synonymie. La solution proposée par DOE nous semble plus intéressante. ONTOEDIT permet d'exporter les ontologies construites dans différents langages : RDF(S), OXML, DAML+OIL et FLogic.

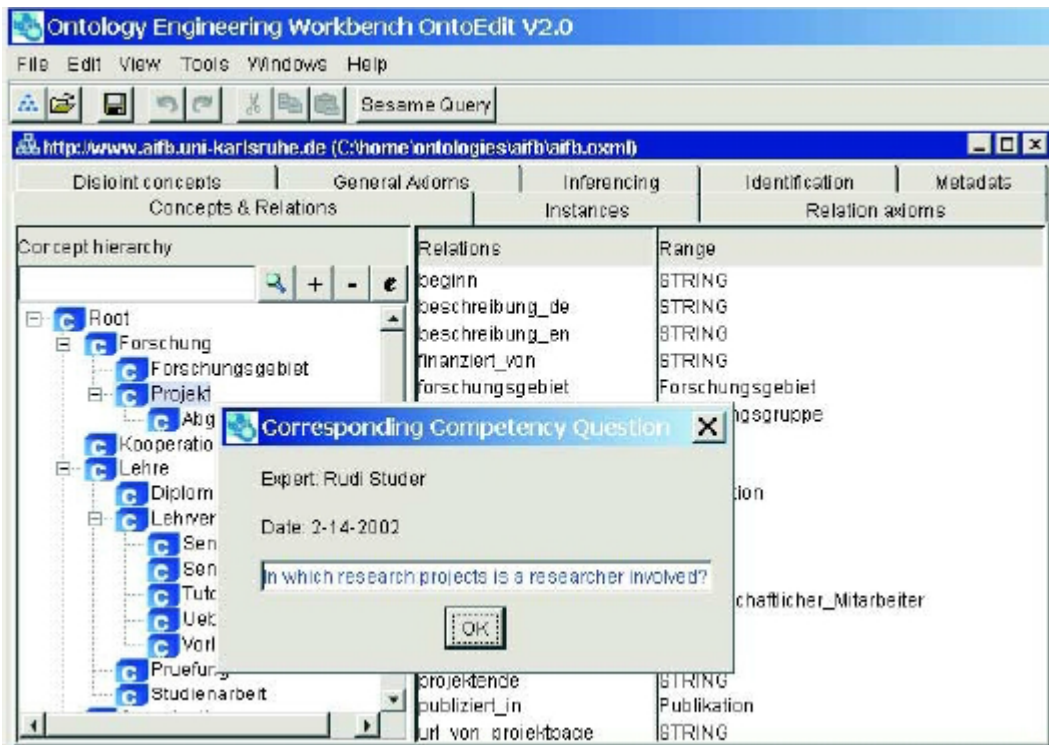


Figure 2.6 : ONTOEDIT fait le lien entre la hiérarchie de concepts et les «questions de compétences».

3.4 WebODE :

WebODE : est une plateforme en ligne développée par le groupe Ontological Engineering du département d'Intelligence artificielle de la faculté d'Informatique de l'université polytechnique de Madrid [Corcho et al, 2002]. Elle se place au niveau méthodologique dans la lignée d'ODE, un éditeur qui assurait le support de METHONTOLOGY, la méthodologie proposée par ce laboratoire. L'ambition nouvelle de WebODE par rapport à ODE est de considérer que les ontologies doivent être construites et mises à disposition via le web pour faciliter le développement d'application du Web sémantique. WebODE est composée de plusieurs modules : un éditeur d'ontologie (voir **figure 2.7**) qui intègre la plupart des services nécessaires à la construction d'ontologies (édition, navigation, comparaison, fusion, raisonnement . . .), un système de gestion des connaissances à base ontologique, un générateur automatique de portail du Web sémantique, un outil pour annoter les ressources du web et un éditeur de services pour le Web sémantique. La plateforme WebODE met l'accent sur la possibilité d'un travail collaboratif et sur la possibilité, comme dans PROTÉGÉ, d'étendre la plateforme à l'aide de modules complémentaires, comme un moteur d'inférences ou bien l'outil ODEClean, intégration dans WebODE de la méthode mise au point par C. Welty et N. Guarino. WebODE, similaire en cela aux autres éditeurs, accepte l'export et l'import d'ontologies en RDFS, DAML+OIL et OWL.

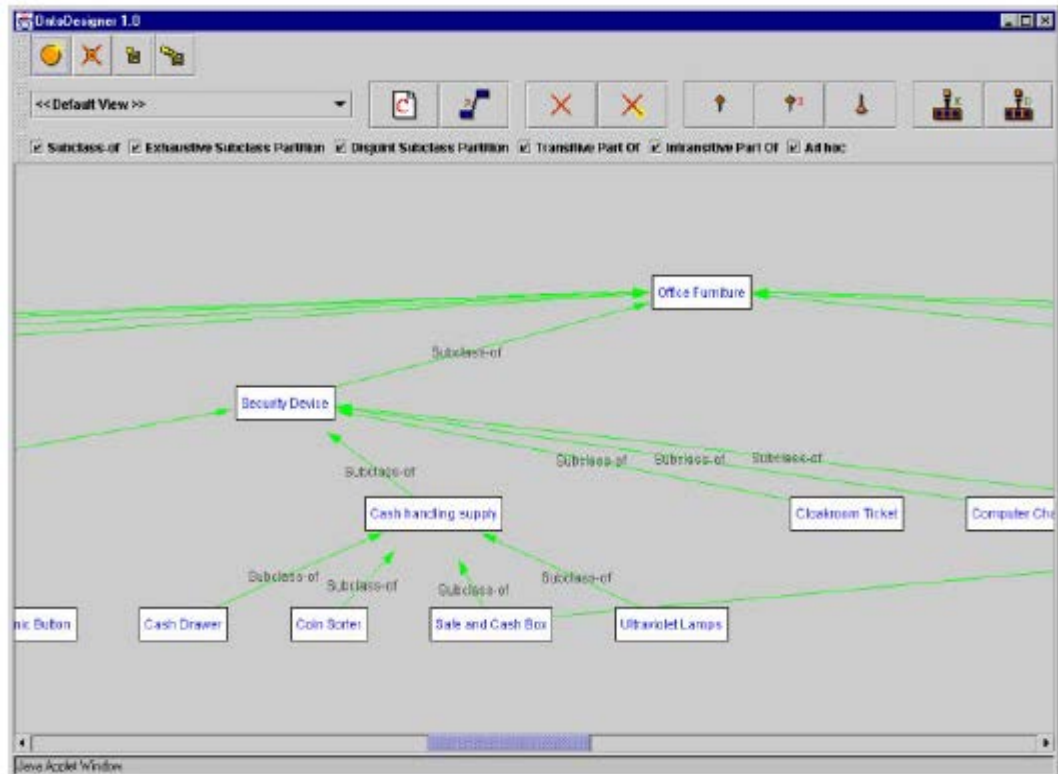


Figure 2.7: Représentation graphique d'une ontologie vue avec OntoDesigner, l'éditeur d'ontologie de WebODE.

4- Quelques ontologies médicales :

Comme dans la plupart des domaines de recherche. Les chercheurs dans le domaine médical visent à représenter, partager et réutiliser leurs connaissances. Par conséquent plusieurs terminologies et ontologies ont été proposées et construites à des besoins précis et divers.

Voici quelques exemples :

4-1-MENELAS [Zweigenbaum, 1994, Bodenreider&Burgun, 2005] :

MENELAS est un projet européen, avait pour but de proposer une approche d'accès aux dossiers médicaux rédigés en différents langues naturels. Une ontologie couvrant le domaine des maladies coronariennes a été développée dans le cadre d'une application pilote. Cette ontologie a été construite à partir de plusieurs sources incluant l'analyse des corpus, les interviews avec les spécialistes et la réutilisation des ressources terminologiques existantes. Elle comporte plus de 1800 concepts et 300 relations.

4-2-FMA [Rosse & Mejino, 2003] :

Le Foundational Model of Anatomy FMA est une ontologie de référence pour le domaine de l'anatomie. C'est une représentation de toutes les entités anatomiques et les relations nécessaires pour la modélisation symbolique de la structure phénotypique du corps humain dans une forme qui soit compréhensible par l'homme et qui soit également traitable par une machine. Le FMA est mis à la disposition d'utilisateurs qui peuvent récupérer des parties de la modélisation pour les intégrer dans leur propre ontologie.

4-3-UMLS [Bodenreider & Burgun, 2005]:

UMLS (Unified Medical Language System) est un vaste projet élaboré par le NLM (National Library of Medicine) aux Etats-Unis. Il est proposé depuis 1986 de mettre au point un langage médical unifié pour aider les professionnels de santé et les chercheurs d'accéder aux informations biomédicales collectées à partir d'une variété de sources (plus de 100 sources dans la version

2004) tel que les vocabulaires, les classifications et les terminologies (MESH, SNOMED,...etc.).

Ce langage repose sur :

- Un méta-thésaurus : si un terme apparue dans plusieurs ressources terminologiques qui l'inclut, un concept est créé dans l'UMLS avec un nom du terme préféré associé.
- Un réseau sémantique développé indépendamment de ressources terminologiques intégrées dans le méta-thésaurus. Il sert de base comme un top level ontology pour le domaine biomédical.

4-4-OntoPneumo [Baneyx, 2007]:

Est une ontologie médicale qui a été développée dans le domaine de la pneumologie pour faciliter, d'une part, l'aide au codage médicoéconomique des pathologies et, d'autre part, la représentation des connaissances relatives au patient, dans ce domaine de spécialité. Elle sert de pivot dans un outil de codage médical et médico-économique.

Bien que, les ressources présentées au dessus ne sont pas tous considérées comme étant des ontologies, ce n'est pas un problème parce que chacune d'elles est construite pour répondre à des objectifs bien précis au départ.

5- Conclusion :

Dans ce deuxième chapitre, nous avons essayé de toucher les langages utilisés pour l'exploitation d'une ontologie (XML, Rdf et Rdfs, OWL...). Ainsi, nous avons représenté quelques éditeurs d'ontologie (PROTEGE, OIEd, ONTOEDIT...), et enfin, nous avons essayé de mentionner quelques ontologies médicales connues.

Chapitre 3:

Conception de l'ontologie

1- Introduction :

Le présent chapitre présente notre contribution à la problématique posée dans ce mémoire, à savoir la construction d'une ontologie pour le diabète. En premier lieu, nous décrirons le processus que nous avons suivi pour la construction de l'ontologie. Ce processus est composé de cinq- phases : spécification des besoins, conceptualisation, formalisation, opérationnalisation et évaluation. En effet, ces différentes phases sont inspirées à partir de la méthode « METHONTOLOGY », dans le cadre du développement d'une ontologie à partir de zéro.

Les besoins majeurs attendus en médecine de l'ontologie sont de pouvoir trouver facilement les informations médicales, partager ces informations grâce au web et ainsi pouvoir les exploiter pour l'aide à la décision. Le travail réalisé dans le cadre de notre projet vise à concevoir une ontologie de domaine (le diabète), et de l'exploiter pour récupérer des connaissances du domaine, et qui peuvent exister dans une ou plusieurs machines.

2- Introduction vers le domaine du diabète :

Les maladies chroniques sont des maladies incurables qui nécessitent une surveillance à long terme et des traitements par des professionnels de la santé. Les maladies chroniques les plus courantes sont les maladies cardiovasculaires, l'obésité, les maladies respiratoires liées au diabète et le cancer.

Le diabète regroupe un ensemble de maladies métaboliques caractérisées par une hyperglycémie chronique qui résulte d'un défaut de la sécrétion ou de l'action de l'insuline ou bien de ces deux anomalies associées.

Dans ce chapitre, nous allons présenter la notion liées a diabète. Ainsi, nous commençons d'abord par donner une définition sur le diabète puis de présenter son typologie avec la comparaison entre les deux types (1 et 2), les risques de complication de cette maladie, puis présenter les symptômes de diabète avec les traitements.

2-1-Définition de diabète :

Le diabète est une maladie chronique qui survient lorsque le pancréas ne produit pas suffisamment d'insuline ou lorsque le corps ne peut pas utiliser efficacement l'insuline qu'il produit, ce qui entraîne des troubles hétérogènes du métabolisme du glucose, caractérisés par le fait que le glucose sanguin est élevé. Les personnes atteintes de diabète se caractérisent par les symptômes tels que; mictions fréquentes, faim accrue, perte de poids, fatigue, peau assombrie. Selon l'Organisation mondiale de la santé, le diabète est l'une des maladies chroniques les plus

connues ayant causé de nombreux décès dans le monde. 2% des décès sont dus au diabète. [Nugent, 2018].

2-2-Les types de diabète :

Il existe trois types de diabète, à savoir le type 1 qui est insulino-dépendant et affecte les personnes de faible âge, le type 2 qui résiste à l'insuline affecte généralement le diabète de l'adulte et le diabète gestationnel affectant les femmes enceintes.[Nugent, 2018]

2-2-1 Type 1:

Est une maladie chronique et auto-immune (c'est-à-dire que le corps détecte ses propres cellules comme étrangères et les détruit) qui se caractérise par l'arrêt de la production d'insuline¹.

2-2-2 Type 2:

Est une maladie caractérisée par une **hyperglycémie** chronique, c'est-à-dire par un taux trop élevé de glucose (**sucré**) dans le sang. Cette maladie survient généralement chez les adultes avançant en âge, et touche davantage les personnes obèses ou ayant un surplus de poids².

2-2-3 Diabète gestationnel :

Est un type de diabète développé pour la femme enceinte en raison de la sécrétion d'hormone résistante à l'insuline causée par le facteur principal, notamment les changements hormonaux et les exigences métaboliques de la grossesse, ainsi que de facteurs génétiques et environnementaux. [Nugent, 2018]

2-3-Risque de complication:

Un diabète non contrôlé peut avoir des effets néfastes sur toutes les parties du corps s'il n'est pas soigné correctement au bon moment. Même si on ne peut pas, dans le sens réel, subir les conséquences de la maladie aujourd'hui, celle-ci doit être traitée de manière adéquate.

Un diabète mal contrôlé peut être un facteur aggravant majeur pour les complications ultérieures du diabète.

Il existe deux types de complication du diabète :

❖ **Aigu :**

Réaction allergique, infection bactérienne, maladies des yeux, hyperglycémie, trouble hypoglycémique, maladie métabolique, obésité.

❖ **Chronique :**

✓ Non-vasculaire : maladie dentaire, maladie rénale, maladie de peau, maladie sexuelle, gastroentérite.

✓ Vasculaire : macro vasculaire, micro vasculaire.

¹ : <https://www.diabetes-children.ca/fr/diabete-de-type-1/quest-ce-que-le-diabete-de-type-1/>

² : https://www.passeportsante.net/fr/Maux/Problemes/Fiche.aspx?doc=diabete_type2_pm

Le tableau 3.1 suivant montre certains de ces risques de complication. Il faut savoir combien il est important de contrôler le diabète et de ne pas en effrayer un au sujet de cette maladie.

Complication	Fréquence comparée aux non diabétique
Rétinopathie conduisant à la cécité	25 plus fois
Problème de pied	20-30 fois plus élevé
Paralysie	2 fois plus haut
Maladie de cardiaque	2 à 4 fois plus élevé
Maladie rénale	15-20 fois plus élevé

Tableau3.1 : Risque de complication.

2-4-Les symptômes du diabète :

Nous avons inclus certains symptômes du diabète:

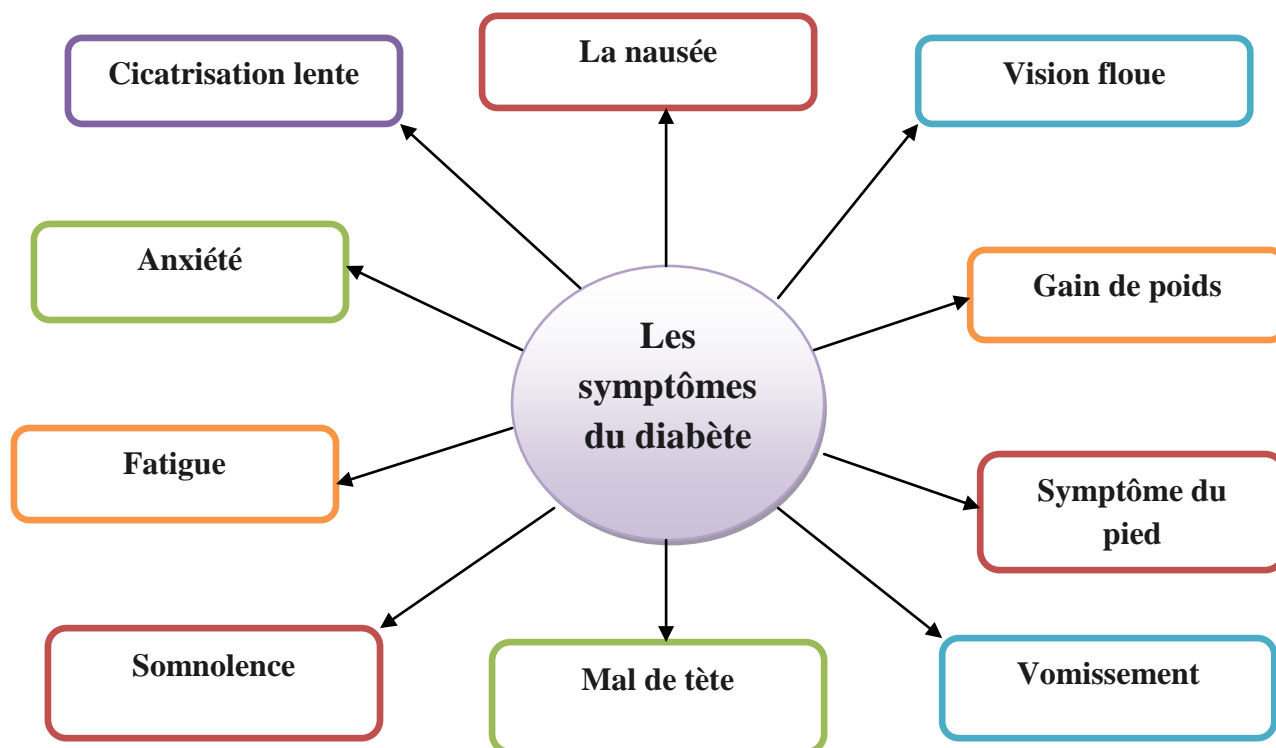


Figure3.1 : Les symptômes du diabète.

2-5-Les traitements du diabète :

Le traitement du diabète repose sur :

✓ **Conseils médicaux.**

✓ **L'exercice physique :** L'exercice physique s'entend de tout mouvement corporel produit par les muscles qui requiert une dépense d'énergie. La sédentarité, ou l'absence d'exercice physique, est un facteur de risque pour les maladies chroniques.

Une activité physique régulière comme la marche, le vélo ou la danse, est bénéfique pour la santé. Elle réduit le risque de maladies cardiovasculaires, de diabète, d'ostéoporose.

Elle aide aussi à maintenir son poids et favorise l'équilibre psychologique. Il est recommandé d'avoir au moins 30 minutes d'exercice par jour³.

✓ **Des traitements médicaux :** médicaments par voie orale ou injectable (insuline).

✓ **régime alimentaire :** L'alimentation pour le malade diabétique permet de combler les besoins nutritionnels, de contrôler la glycémie, d'atteindre un poids santé et de prévenir le risque de maladies associées.

Un traitement qui s'adapte en permanence au profil du patient et à l'évolution de la maladie. Il n'y a donc pas de traitement "unique" contre le diabète mais un ensemble de mesures qui composent le traitement antidiabétique⁴.

2-6-Les facteurs contribuant:

Certains facteurs peuvent favoriser le développement de maladie de diabète comme :

- manque d'activité.
- stress psychologique.
- Obésité.
- Fumer.
- Les Femmes enceintes.

2-7-Les maladies résultantes :

Avec le temps, le diabète peut endommager le cœur, les vaisseaux sanguins, les yeux, les reins et les nerfs.

- Maladie rénale.
- Maladie cardiaque.
- Paralysie.

³ : https://www.who.int/topics/physical_activity/fr/

⁴ : https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/Dietes/Fiche.aspx?doc=diabete_diete

➤ La conception de notre ontologie :

Pour construire l'ontologie du domaine « diabète », nous allons suivre la méthode « METHONTOLOGY » développée par Corcho [Corcho et al., 2003], La figure 4.1 représente un processus de développement qui s'appuie sur la construction d'un modèle conceptuel, et sur la détermination claire et consistante des exigences de l'ontologie à construire par :

- La détermination des besoins d'ontologie (portée de l'ontologie, et ensemble des questions de compétence).
- Réutiliser des ontologies et des méta-données.
- Développement du modèle conceptuel.
- Mise en œuvre du modèle conceptuel.
- L'évaluation de l'ontologie.

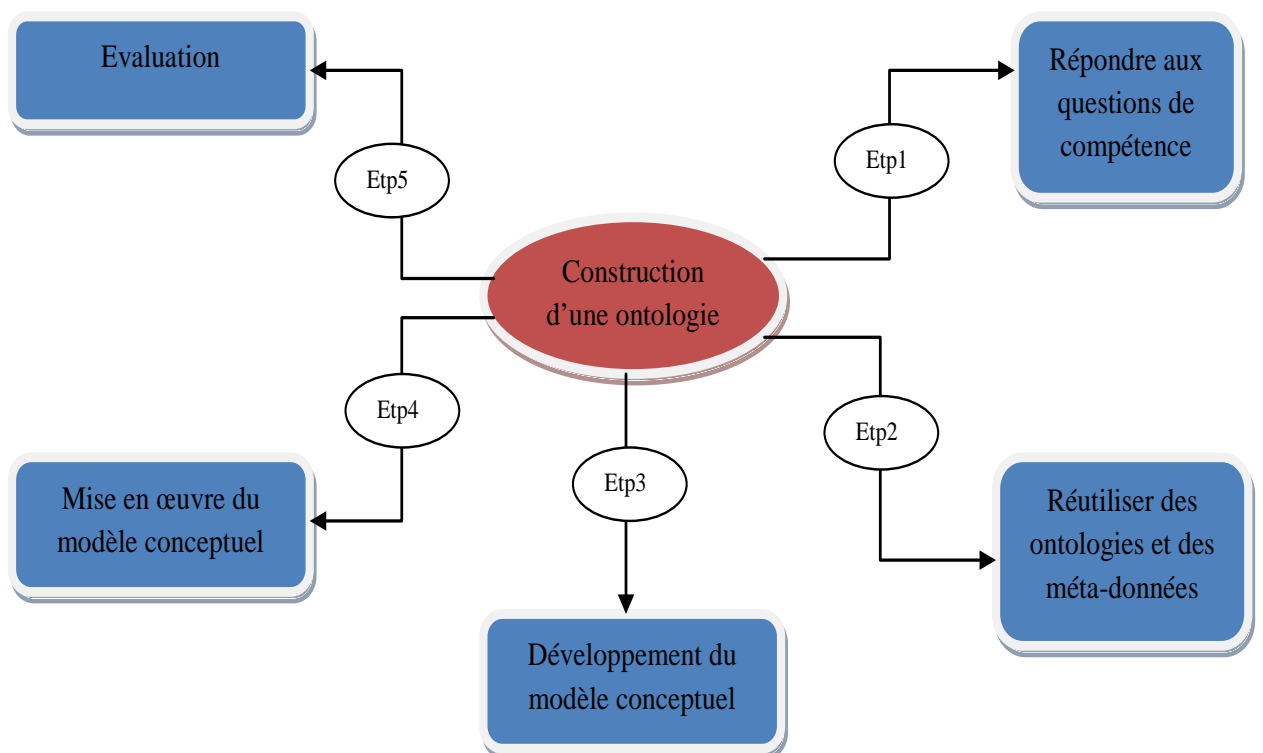


Figure3.2 : Description de la méthode de développement d'ontologie.

Etape1 :

- Quel est le domaine que va couvrir les ontologies ?

- Dans quel but utiliserons-nous l'ontologie ?
- A quels types de questions l'ontologie doit-elle fournir des réponses ?
- Qui va utiliser l'ontologie ?

Etape2 :

- Réutilisation des ontologies.
- Réutilisation des termes sur les ontologies existantes.

Etape3 :

- Définir les termes importants pour l'ontologie (glossaire de termes).
- Définir les classes et leur hiérarchie (liste des classes).
- Définir les propriétés des classes (liste des attributs des classes, dictionnaire des classes).
- Définir les restrictions sur les propriétés (domaine, range, type de donnée).

Etape4 :

- Ontologie en SPRQL.
- Ontologie en OWL.
- Outil : Protégé.

Etape5 :

- Vérification de l'ontologie.
- Validation de l'ontologie.

La Figure3.3 suivante montre les composants de l'ontologie (les concepts, les attributs, les relations constantes, les axiomes formels, les règles et les instances) construits durant chaque tâche.

Les tâches de conceptualisation de l'ontologie sont décrites ci-dessous :

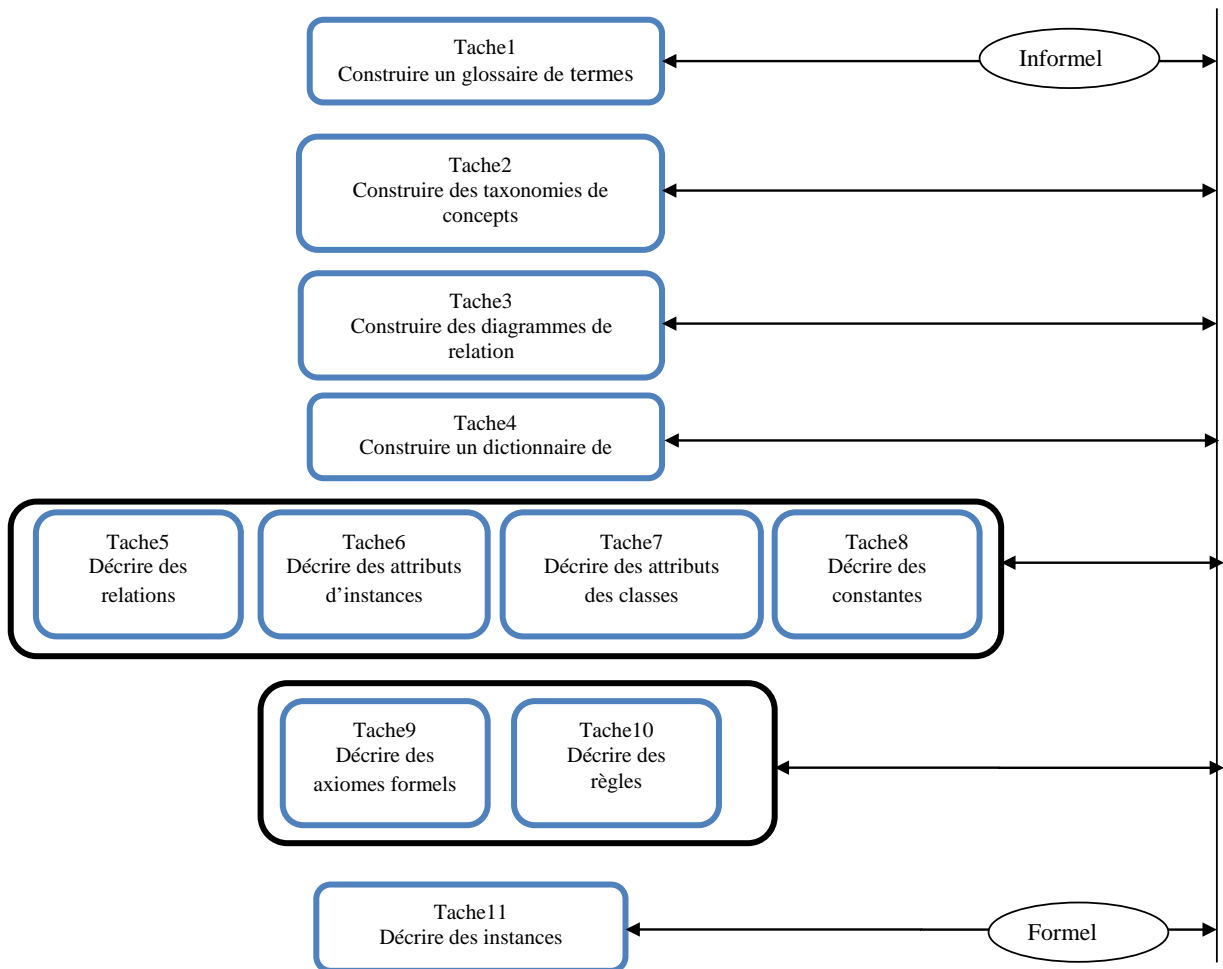


Figure3.3 : Tache de conceptualisation d'ontologies.[Aydeé et Santana, 2014]

Tache 1 : Construire le glossaire de termes :

Cette tâche consiste à rassembler un maximum de termes du domaine dans un glossaire, en utilisant les sources d'information déjà citées dans la phase de spécification. Le glossaire inclut les éléments suivants : une description des concepts, leurs synonymes, leurs acronymes (abréviation) et leurs types (concept (classes), instance...).

Tache 2 : Construction d'une taxonomie de concepts :

Il s'agit de déterminer les sous classes d'une classe.

Tache 3 : Construction d'un diagramme de relations :

Il s'agit de déterminer toutes les relations binaires et vérifier ces relations entre les classes.

Tache 4 : Construction d'un dictionnaire de concepts :

Le dictionnaire de concepts dérive du glossaire de termes. Il est constitué des éléments suivants :

- Les concepts du domaine et leurs instances.
- Les relations.
- Les attributs des classes et des instances.

Tache 5 : Décrire les relations :

La description des relations définies dans le dictionnaire des concepts en précisant un ensemble d'élément à savoir : le nom, des relations, leurs concepts source, leur concept cible, leurs cardinalités, leurs relations inverses si elles existent.

Tache 6 : Décrire les attributs d'instance :

Il s'agit de construire un tableau qui va contenir le nom de l'attribut, le nom de concept père, son type et sa valeur, la plage de ses valeurs, les formules ou les règles qui peuvent inférer les valeurs de cet attribut.

Tache 7 : Décrire les attributs de classe :

Faire de la même manière que la description des attributs d'instances.

Tache 8 : Décrire les constantes :

La description d'une constante revient à lui donner sa valeur. [Albane, 2015]

Tache 9 : Décrire les axiomes formels :

Il faut identifier les axiomes formels nécessaires à l'ontologie et les décrire avec précision dans une table. Pour chaque définition d'axiome formel, il faut spécifier le nom, la description ; l'expression logique qui le décrit formellement (de préférence en utilisant la logique du premier ordre), les concepts, les attributs et les relations auxquelles l'axiome fait référence ainsi que les variables utilisées.

Tache10 : Description des règles et des axiomes formelles :

Il faut identifier quelles règles sont nécessaires dans l'ontologie et les décrire dans une table de règles. Pour chaque règle, il faut spécifier : le nom ; la description ; l'expression qui la décrit formellement, les concepts, les attributs, les relations auxquelles elles font référence et les variables utilisées dans l'expression. Pour la spécification des règles, il est suggéré d'utiliser la syntaxe suivante :

Si<condition>alors<conséquences et actions>, [Aydeé et Santana, 2014]

Tache 11 : Décrire les instances :

C'est une tache facultative qui sert à donner plus de précision sur les instances. Elle consiste à associer à chaque instance le nom de son super classe et attribue des noms et des valeurs de ses attributs. [Albane, 2015]

❖ Formalisation :

Cette phase consiste à formaliser l'ontologie conceptuelle obtenue dans la phase précédente afin de faciliter sa représentation ultérieure dans un langage complètement formel et opérationnel.

L'ontologie résultat de cette phase est appelée une ontologie formelle. [Boughrara, 2017]

❖ **Implémentation :**

Le but de cette étape sera donc de coder l'ontologie formelle dans un langage d'implémentation :(RDFS/RDF, OWL DL.....), il existe quelques outils pour faciliter l'implémentation ex : Protégé. Et à la fin de cette phase, nous obtenons une ontologie opérationnelle.

❖ **Maintenance :**

Cela peut s'agir d'une maintenance corrective ou évolutive de l'ontologie (nouveaux besoins de l'utilisateur), ce qui permet la validation et l'évolution de celle-ci. Cette activité est généralement faite par le constructeur et des experts du domaine. La validation se base sur l'exploitation des services d'inférences associés aux LDs, et qui sont offerts par des raisonneurs.[Lekhchine, 2009]

3- Pourquoi la méthode Methontology :

La méthode Methontology préconise d'associer diverses techniques d'acquisition de connaissances pour construire une ontologie.

Ces techniques sont par exemple les entretiens ouverts, permettant d'obtenir des classifications, des propriétés et des formules, les entretiens structurés, permettant de vérifier des classifications, les analyses de texte formelles permettant d'obtenir des définitions, des synonymes et des règles, les analyses de texte informelles permet d'obtenir des tables, des dessins, des définitions, des relations et des faits, les analyses de tables, figures permettant d'obtenir des valeurs d'attributs, des cardinalités et des faits, etc.

4- Définir les classes et la hiérarchie de classes de notre ontologie :

Il existe de nombreuses approches pour développer une hiérarchie de classes, nous en nommons trois.

La première est l'approche descendante, qui commence par la définition des plus concepts généraux puis leurs spécialisations (création de sous-classes); le processus est récursif pour chaque classe jusqu'à atteindre les définitions les plus spécifiques. La seconde est l'approche ascendante, qui va dans le sens inverse, nous définissons le plus spécifique concept, puis regrouper les en concepts plus généraux en créant des super-classes pour eux. Combinaison des deux lorsque nous commençons avec peu de concepts généraux (ou de «niveau supérieur») et peu de concepts spécifiques (ou «de bas niveau») et remplissons les niveaux intermédiaires en conséquence cette étape commence par définir les classes sélectionnées aux étapes précédentes, comme indiqué dans la procédure ci-dessus. Nous avons utilisé une approche ascendante pour

développer la hiérarchie des classes dans l'ontologie, en représentant les concepts de base (classes principales) et les sous-classes en tant que classes dans l'ontologie.

Nous définissons six classes principales: classe de maladie, types, classe de symptôme, classe de traitement, classe de Maladies résultantes et classe de Facteurs contribuant au diabète. La figure suivante représente la relation entre eux.[Nugent, 2018]

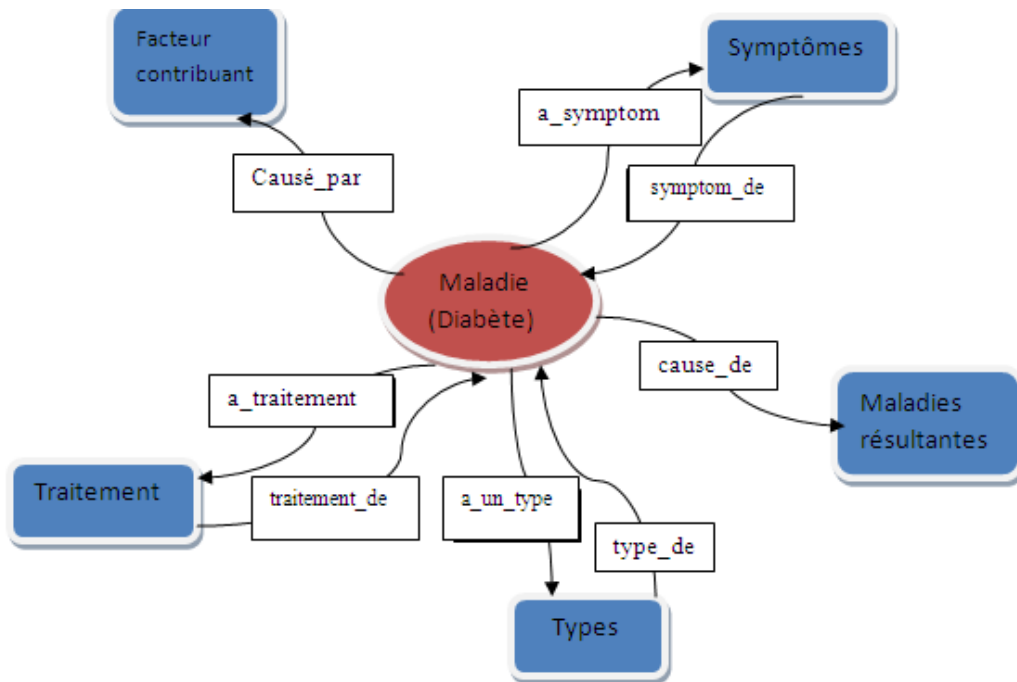


Figure3.4 : Les concepts et les relations entre eux.

4-1- Définir les classes d'ontologie de la maladie de diabète :

Ce tableau montrées les descriptions de ces classes comme suivants :

Type de connaissance	Définition	Exemple
Maladie	Maladies souvent associées au diabète (complications du diabète)	-Aigus: cardiomyopathie, infection bactérienne, acidocétose, obésité, maladie de l'ovaire, maladie néoplasique, etc. -Chronique: non vasculaire, telle que maladie dentaire, maladie rénale, maladie de la peau, maladie sexuelle et gastroraphie, vasculaire tel que macro vasculaire et micro vasculaire
Symptôme	L'ensemble des symptômes de diabète communs	Perte de poids, polyurie (augmentation du nombre de mictions), polydipsie (augmentation de la soif) et

		polyphagie (augmentation de la faim), prise de poids, vision floue, etc.
Traitement	Plan d'action pour résoudre le problème médical	Des mesures globales pour traiter le diabète sont Conseils médicaux, régime alimentaire, exercice et médicaments.
Maladies résultantes	Un taux de sucre élevé dans le sang entraîne toujours de nombreuses complications dans la plupart des organes du corps.	Rétinopathie conduisant à la cécité, Problème de pied, Paralysie, Maladie de cardiaque, Maladie rénale
Facteurs contribuant au diabète	Ces facteurs ne causent pas directement le diabète, mais en augmentent le risque	Prédisposition génétique à la maladie, L'obésité, Vie inerte et manque d'activité physique, le vieillissement, stress psychologique et pression nerveuse, Fumer, les femmes enceintes atteintes de gestationnel, âge (40 ans et plus).

Tableau3.2 : Classes d'ontologie de la maladie de diabète.

4-2-Définir les propriétés des concepts :

Définir les propriétés des objets (relations) entre les classes est une nécessité pour arriver à l'ontologie. Les classes seules ne fourniront pas assez d'informations. La création de propriétés d'objet joue un rôle important dans la connexion des classes (concepts) de l'ontologie. Il existe une relation étroite entre les propriétés des classes et les relations entre les classes. Par exemple, la propriété de la classe maladie est has_Symptoms. C'est également une relation entre la classe de maladie et la classe de symptômes, comme la montre la figure. [Alagha,2017]

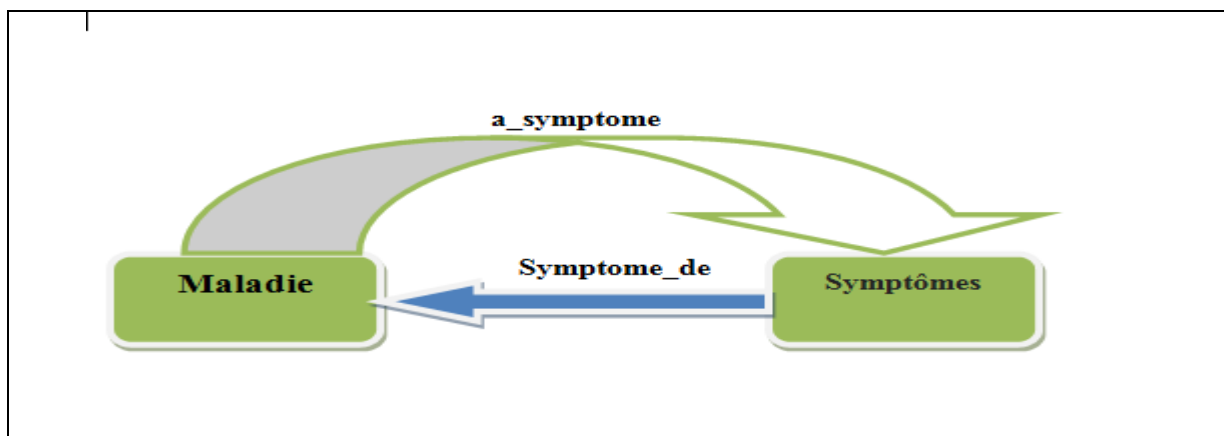


Figure3.5 : Classes et propriétés d'objet.

Il existe deux types de propriétés: les propriétés d'objet et les propriétés de type de données. Les propriétés d'objet pointent vers une classe de l'ontologie. Les propriétés de type de données ne pointent vers aucune classe, mais ils ont une valeur spécifique (une chaîne, un entier, un booléen, etc.).

L'objet des propriétés que nous avons définies sont illustrées dans ce tableau.

Propriété	Définition	Domain	Range
a_symptome	Est la relation entre une maladie et ses symptômes	Maladie_diabète	Symptôme
a_traitement	Est la relation entre une maladie et traitement	Maladie_diabète	Traitement
Symptome_de	Est la relation entre une maladie et ses symptômes	Symptôme	Maladie_diabète
Traitement_pour	Est la relation entre une maladie et traitement	Traitement	Maladie_diabète
Cause_de	Est la relation entre une maladie (diabète) et les maladies résultantes	Maladie_diabète	Maladies résultantes
Causé_par	Est la relation entre	Maladie_diabète	Facteurs contribuant

	une maladie et les Facteurs contribuant à son émergence		au diabète
a_un_type	Est la relation entre une maladie et leur type	Maladie_diabète	Type
type_de	Est la relation entre un type et une maladie	Type	Maladie_diabète

Tableau3.3 : Propriétés des objets dans l'ontologie des maladies du diabète.

4-3-Data propriété :

Data-propriété décrire la relation entre instance (individu) et les valeurs, par exemple Has analyse, Has description, Has Name.....ils sont ajouté dans l'ontologie pour liés les instances et les classes et donné des valeurs à les instances dans les classes.

Tableau suivant illustre data propriété d'ontologie du diabète.

Exemple :

Maladie_diabèteHas_description

- ❖ Domaine : Maladie_diabète
- ❖ Range : String.

Data propriété	Domain	Range
Has_analyse	Symptome	String
Has_description	Maladie_diabete Traitement	String
Has_name	Maladie_diabete	String
Has_planing	Régime_alimentaire	DateTime
Has_programme	Exercice_sportif	DateTime
Has_symptome_value	Symptôme	String
Has_time	Médicaments	DateTime

Tableau3.4 : Data propriété.

5-Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les étapes de conceptualisation du processus de construction de l'ontologie du diabète, en définissant tous les concepts utilisés dans l'ontologie, suivant quelques étapes en se basant sur la méthode « METHONTOLOGY » développée par [Corcho et al, 2003].

Les résultats de l'étape conceptualisation faite dans ce chapitre vont servir pour construire notre ontologie.

Chapitre 4:

L'implémentation

1-Introduction :

Après avoir établi une étude complète sur les ontologies et une présentation conceptuelle du domaine visé, ce chapitre est consacré à l'implémentation d'une application pour une ontologie du diabète.

Dans ce chapitre nous commençons par expliquer l'environnement de développement ainsi que l'outil permet l'implémentation de notre travail : l'éditeur protégé.

2- L'éditeur Protégé 4.2 :

- Protégé est un système auteur pour la création d'ontologies. Il a été créé à l'université Stanford et est très populaire dans le domaine du Web sémantique et au niveau de la recherche en informatique.

- Protégé est développé en Java. Il est gratuit et son code source est publié sous une licence libre.

- Protégé peut lire et sauvegarder des ontologies dans la plupart des formats d'ontologies : RDF, RDFS, OWL, etc.

L'ontologie peut être éditée avec l'éditeur d'ontologie Protégé. Pour le langage de spécification, nous avons choisi est le langage OWL/XML.

3-Les étapes de la présentation de l'application :

Comme tout système de recherche d'information, notre système passe par les étapes suivantes :

3.1 Création de l'ontologie de domaine :

➤ Après avoir choisi le domaine de notre ontologie « diabète ». La formalisation de l'ontologie se fait à travers l'éditeur d'ontologie **Protège 4.2**, Le procédé que nous avons choisi pour définir la hiérarchie des classes est le procédé de haut en bas, c'est-à-dire que l'on a commencé par définir les concepts les plus généraux, nous les avons par la suite spécialisés.

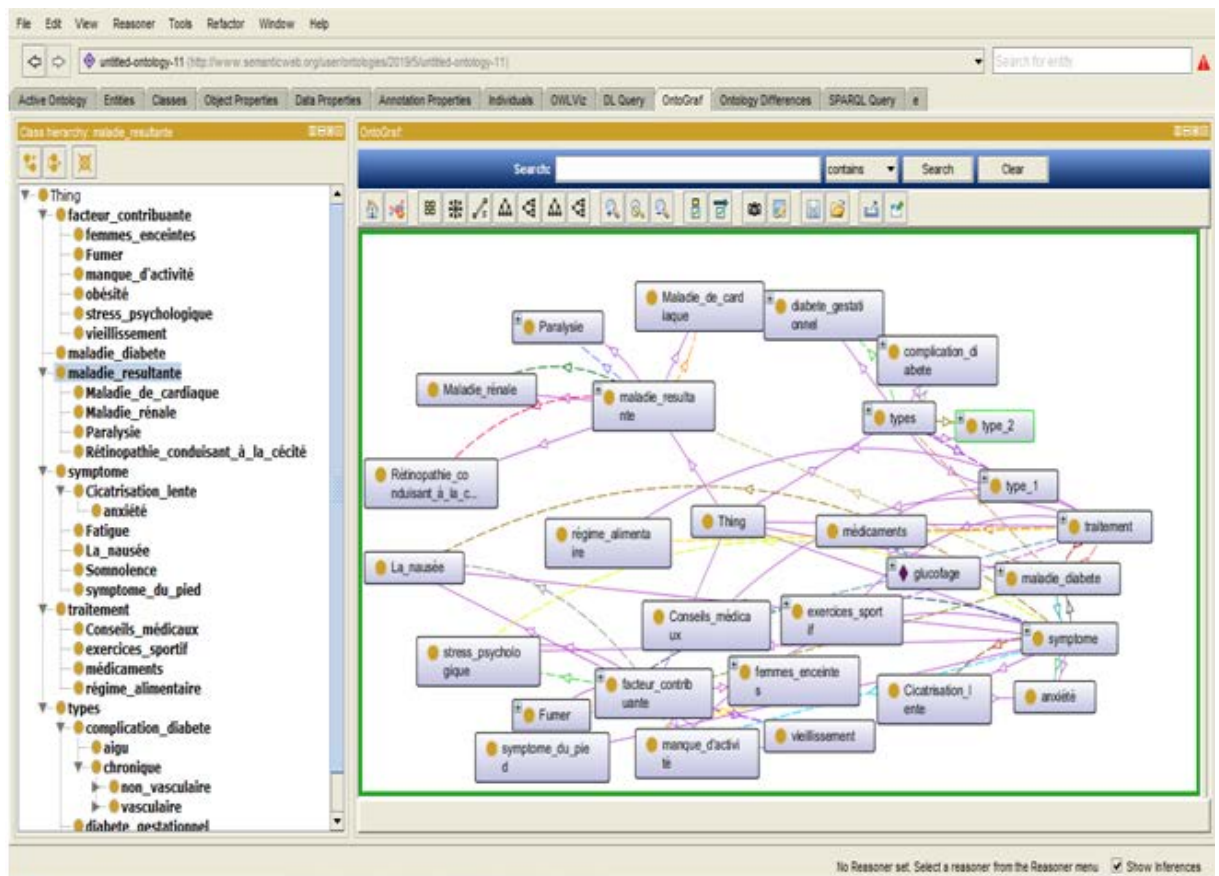


Figure 4.1 : Les classes d'ontologie de diabète en protégé.

3.2 Hiérarchie de la classe symptôme :

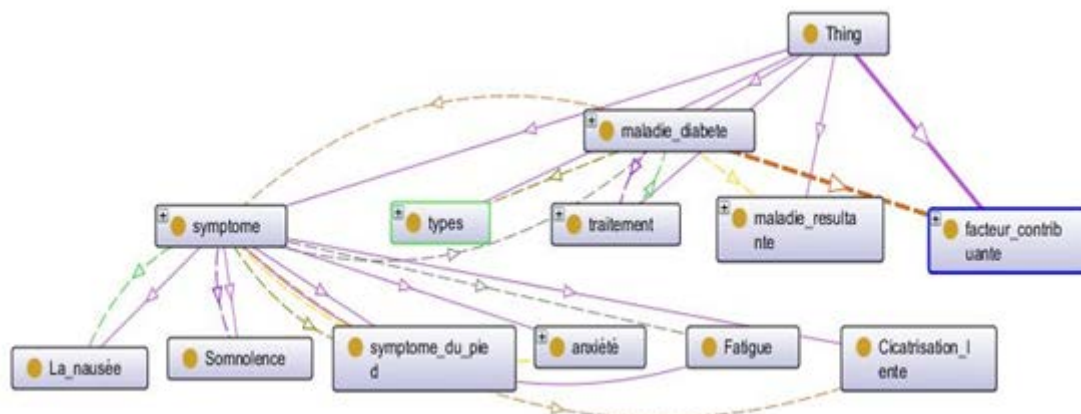


Figure 4.2 : Hiérarchie de la classe symptôme.

Exemple de SubClass :

Dans cet exemple la classe maladie résultante Subclasse de la classe Thing :

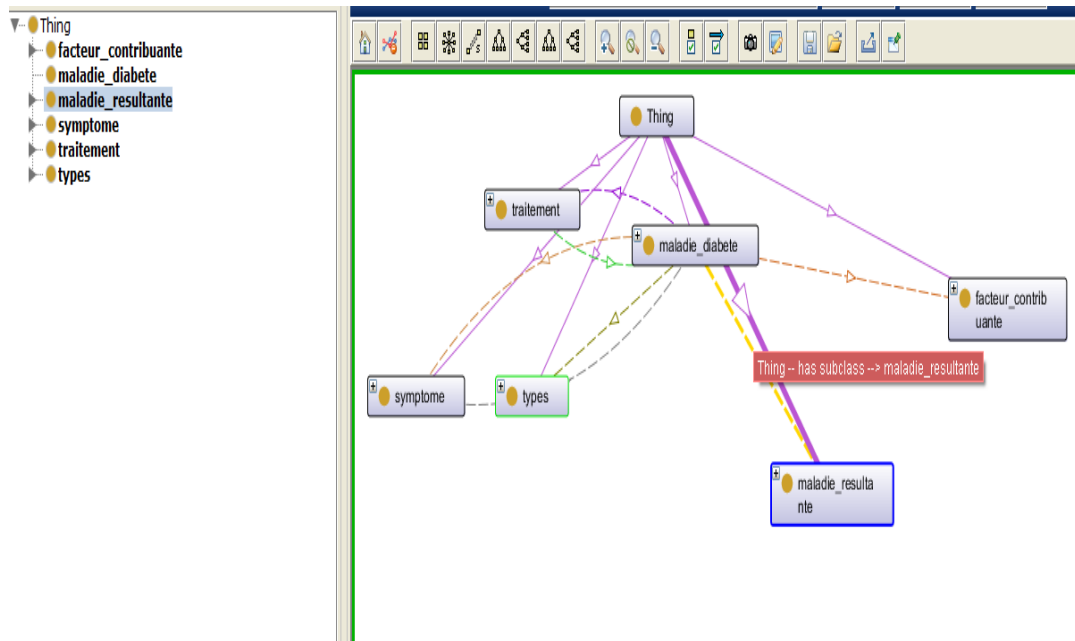


Figure 4.3 : Exemple de SubClass.

➤ Nous avons introduit les attributs (propriétés) pour chaque classe de l'ontologie :

Figure 4.4 : les propriétés des concepts dans protégé.

3.3 Exemple des propriétés des concepts :

Dans l'exemple qui présenté dans la Figure :

- la maladie diabète cause de maladie résultante.
 - ❖ Domain : Maladie diabète.

❖ Range : Maladie résultante.

❖ Propriété : cause de.

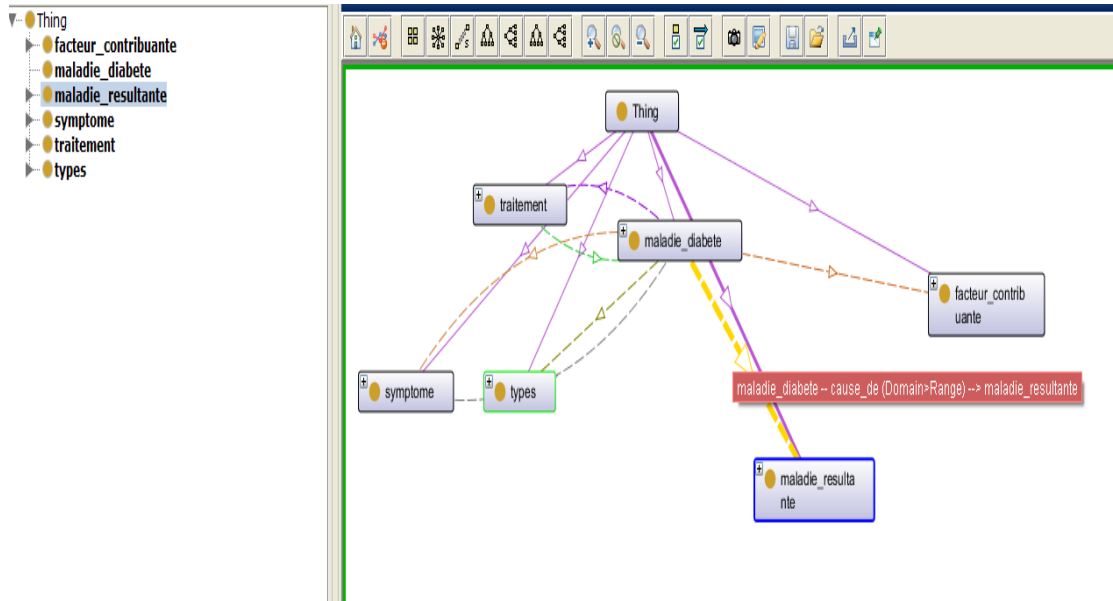


Figure 4.5 : Exemple des propriétés des concepts sur protégé.

➤ ainsi que Nous avons introduit les data propriétés :

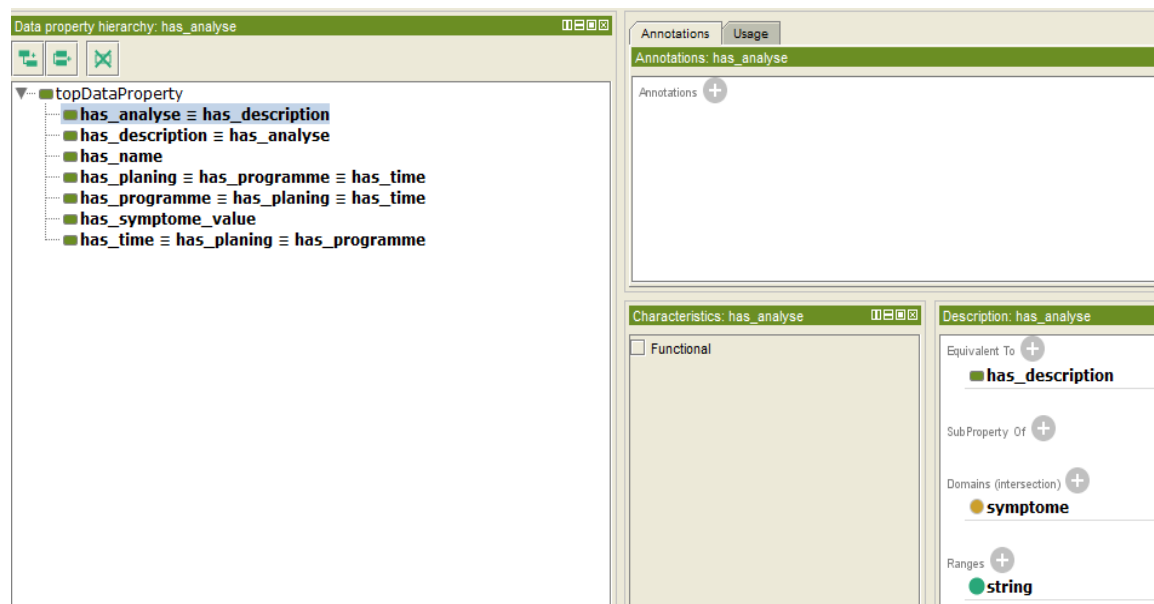


Figure 4.6 : Data propriété.

4-Les requêtes SPARQL :

✓ Le langage SPARQL (Simple Protocol) et RDF QueryLanguage (Langage de requête RDF) est un langage de type SQL permettant d'interroger des données RDF.

✓ La première ligne définit le préfixe d'espace de nom (namespace) :

Préfixe	URI
Rdf :	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#
Rdfs :	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#
Xsd :	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#
Fn :	http://www.w3.org/2005/xpath-functions#

Tableau 4.1 : les espaces de nommage.

✓ les deux dernières lignes utilisent le préfixe pour exprimer un graphe RDF à faire correspondre. Identifiants commençant par un point d'interrogation? identifier les variables.

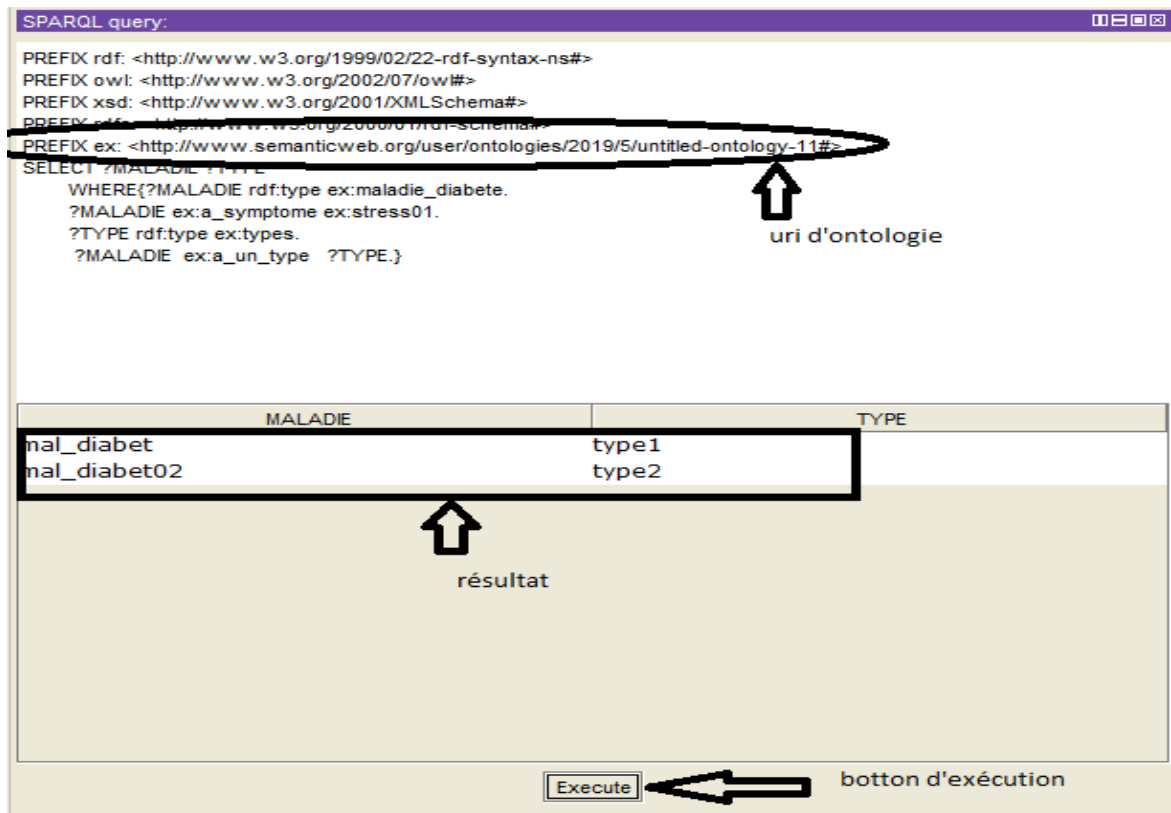


Figure 4.7: Explication du travail dans SPRQL.

✓ Dans cette requête, nous recherchons :Tous les traitements du diabète.

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX ex: <http://www.semanticweb.org/user/ontologies/2019/5/untitled-ontology-11#>
SELECT ?TRAITEMENT ?MALADIE
WHERE { ?MALADIE rdf:type ex:maladie_diabete.
?MALADIE ex:a_traitement ?TRAITEMENT.
?TRAITEMENT rdf:type ex:traitement. }

```

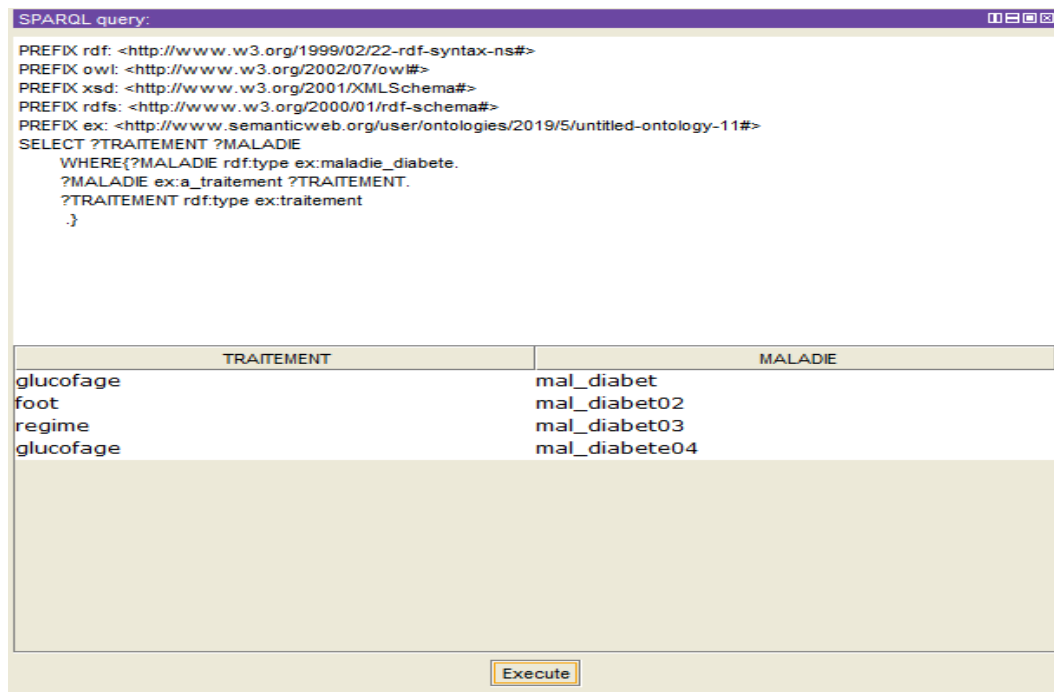


Figure 4.8: Exemple de requête SPARQL.

Exemple1 : de requête SELECT :

Dans cet exemple nous sélectionnons la maladie diabète qui à symptôme fatigue :

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX ex: <http://www.semanticweb.org/user/ontologies/2019/5/untitled-ontology-11#>

SELECT ?MALADIE

WHERE{?MALADIE rdf:type ex:maladie_diabete.

?MALADIE ex:a_symptome ex:fatigue.}

```

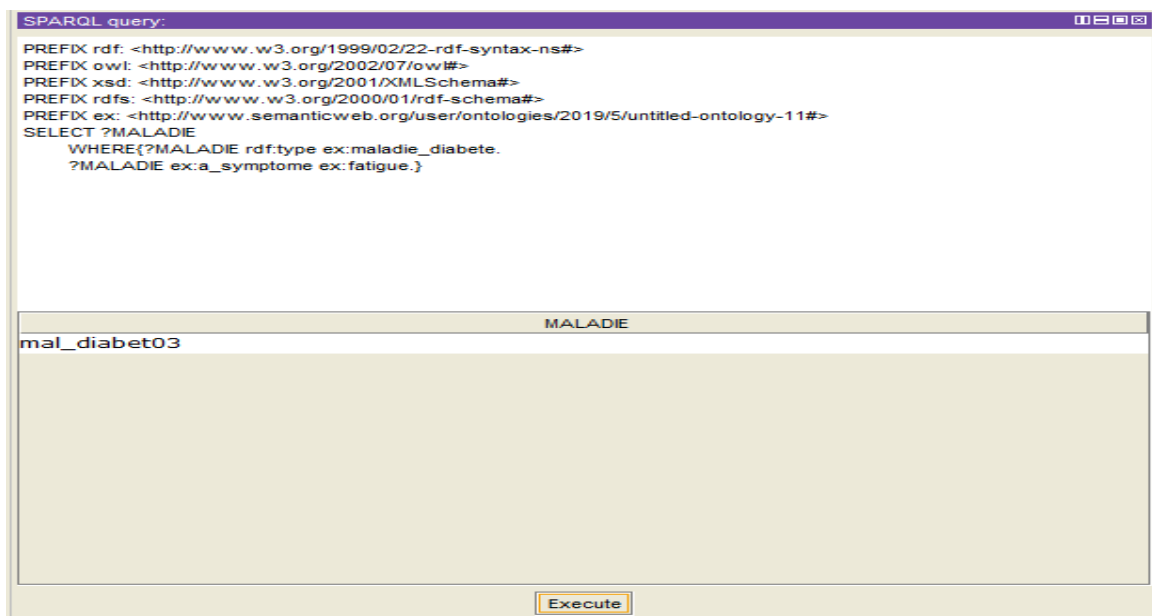


Figure 4.9 : Exemple1 de requête SELECT.

Sélectionné la maladie diabète et le type qui à symptôme stress01 :

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX ex: <http://www.semanticweb.org/user/ontologies/2019/5/untitled-ontology-11#>

SELECT ?MALADIE ?TYPE

WHERE{?MALADIE rdf:type ex:maladie_diabete.

```

SPARQL query:

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX ex: <http://www.semanticweb.org/user/ontologies/2019/5/untitled-ontology-11#>
SELECT ?MALADIE ?TYPE
  WHERE{?MALADIE rdf:type ex:maladie_diabete.
?MALADIE ex:a_symptome ex:stress01.
?TYPE rdf:type ex:types.
?MALADIE ex:a_un_type ?TYPE.}

```

MALADIE	TYPE
mal_diabet	type1
mal_diabet02	type2

Execute

Figure 4. 10 : exemple2 de la requête SELECT.

Requête DESCRIBE :

Retourne un graphe RDF décrivant les ressources trouvées.

L'exemple suivant recherche sur la relation entre l'individu mal_diabet et tous les concepts :

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX ex:<http://www.semanticweb.org/user/ontologies/2019/5/untitled-ontology-11#>
DESCRIBE ex:maladie_diabete

```

SPARQL query:

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX ex: <http://www.semanticweb.org/user/ontologies/2019/5/untitled-ontology-11#>
DESCRIBE ex:maladie_diabete

```

Subject	Predicate	Object
maladie_diabete	type	Class
maladie_diabete	subClassOf	Thing
maladie_diabete	type	Class
a_symptome	domain	maladie_diabete
causé_par	domain	maladie_diabete
a_un_type	domain	maladie_diabete
traitement_pour	range	maladie_diabete
symptome_de	range	maladie_diabete
cause_de	domain	maladie_diabete
mal_diabet	type	maladie_diabete
has_description	domain	maladie_diabete
has_name	domain	maladie_diabete
a_traitement	domain	maladie_diabete

Figure 4.11: exemple requête DESCRIBE.

5- Conclusion :

À travers tous ce que nous avons réalisés dans ce chapitre, nous pouvons dire que le processus suivi pour la construction de l'ontologie du diabète nous a permis de réussir finalement à construire une ontologie de domaine,

Ce processus de construction s'appuie sur la méthode "Methontology" [Gomez-Pérez et al., 2004] qui permet de construire une ontologie à partir des termes et des relations du domaine, Ce processus est composé de plusieurs phases, qui a abouti à une ontologie de diabète opérationnelle cohérente et consistante, crée avec Protégé et interrogée à l'aide du langage SPARQL.

II-Conclusion générale :

Les ontologies médicales ont la spécificité d'être nombreuses, d'abord parce qu'il existe de nombreux thésaurus, ensuite parce que les réflexions et les développements sur les ontologies sont très avancés dans le milieu médical. Et selon (Charlet et al., 2006) Les ontologies médicales sont des systèmes terminologiques riches et formalisés, développés pour le partage et l'exploitation du contenu sémantique des dossiers médicaux. Dans la mesure où chaque ontologie possède une couverture, une granularité et une structure qui lui est propre, elle ne peut habituellement pas être réutilisée pour une autre tâche que celle prévue initialement (Coiera, 1995).

Notre contribution consista à construire une ontologie du diabète, Pour ce faire, nous avons eu recours à un processus basé sur certains travaux intéressants, trouvés dans la littérature, notamment la méthodologie METHONTOLOGY, qui est une méthodologie de conception des ontologies très complète et recommandée, Bien évidemment, nous étions guidés dans notre travail par plusieurs principes largement acceptés par la communauté des ontologistes. Une fois l'ontologie conceptuelle mise au propre, nous avons passé à opérationnalisation avec l'outil PROTÉGÉ qui nous a permis de générer automatiquement le code OWL de notre ontologie, et qui est un éditeur très utilisé dans le domaine de la construction des ontologies, Puis interroger l'ontologie avec des requêtes SPARQL (Protocol and RDF Query Language), qui est un langage de requête et un protocole qui permet de rechercher, d'ajouter, de modifier ou de supprimer des données RDF.

Bibliographies:

[**Arpírez, 2003**] Arpírez, J. C., Corcho, O., Fernández-López, M., & Gómez-Pérez, A., *WebODE in a nutshell*. AI Magazine. To be published in 2003.

[**Alagha, 2017**] Hosam Mohammed Alagha, *Diagnosing Heart Diseases Using Ontology and SWRL Rules*, A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Information Technology, March 2017.

[**Albane, 2015**] Albane Med ELAMIN, *Développement d'une ontologie médicale : Dans le cadre d'aide au diagnostic des accidents vasculaires cérébraux*, mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master, Université de M'sila, 2014 / 2015.

[**Aydeé et Santana, 2014**] Maria Aydeé Sanchez Santana, *Ontologie pour la traçabilité des manipulations d'images médicales*, Université de Franche-Comté, 23 Octobre 2014.

[**BAADER et al., 2003**] BAADER, F., MCGUINNESS, D., NARDI, D., & PATEL-SCHNE, P., *The Description Logic Handbook : Theory, Implementation and Applications*. Cambridge University Press. 2003

[**Bachimont, 2000**] Bruno Bachimont. *Engagement Sémantique et Engagement Ontologique : Conception et Réalisation D'ontologies En Ingénierie Des Connaissances*, chapter 19, pages 305–324. Eyrolles, 2000.

[**Baneyx, 2007**] Baneyx, A., *Construire Une Ontologie De La Pneumologie : Aspects Théoriques, Modèles Et Expérimentations*. Thèse de doctorat, UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE. 2007

[**Bodenreider & Burgun, 2005**] Bodenreider, O., & Burgun, A., BIOMEDICAL ONTOLOGIES. Dans H. Chen, S. Fuller, W. R. Hersh, & C. Friedman (Éd.), *Medical informatics: Advances in knowledge management and data mining in biomedicine*. Springer-Verlag.

[**Boughrara, 2017**] S. Boughrara, *Web Sémantique Master 1 TIC*, Chapitre V: ingénierie Ontologique.

[**CHARLET, 2005**] CHARLET J. L'ingénierie des connaissances, une science de gestion et Recherches, chapitre 11. La découverte.

[**Corcho et al., 2003**] Corcho, Ó., Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A. et López- Cima, A. (2003). *Building legal ontologies with methontology and webode*. Pages 142_157.

[**Fournier-Viger, 2005**] Fournier-Viger P., *Un modèle de représentation des connaissances à trois niveaux de sémantique pour les systèmes tutoriels intelligents*. Master's thesis, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada. 2005

[**Furst, 2002**] Fürst F. (2002). *L'ingénierie Ontologique (02-07)*. Nantes: Institut de Recherche en Informatique de Nantes.

[Giunchiglia et Yatskevich, 2004] Giunchiglia F. et Yatskevich M. *Element Level Semantic Matching. dans Meaning Coordination and Negotiation workshop at ISWC'04. Hiroshima, Japan, 2004.*

[Gomez Perez et Benjamins, 1999] Gomez Perez A., Benjamins V.R. *Overview of knowledge sharing and components: Ontologies and problem Solving Methods. Workshop on Ontologies and problem-Solving Methods » 1999. Stockholm (Suède)*

[Gómez-Pérez et al., 2004] Gómez-Pérez, A., Fernandez-Lopez, M., Corcho, O.: *Ontological Engineering with Examples from the Areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web*. First Edition Series: Advanced Information and Knowledge Processing 1st ed. 2004. 2nd printing, 2004, XII, 403 p. 159 illus., Hardcover (2004). ISBN: 978-1-85233-551-9

[Gomez-Perez, 1999] Gomez-Pérez A. (1999). *Tutorial on Ontological Engineering*. IJCAI.

[Gruber, 1993] Thomas Gruber. *A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge Acquisition*, vol. 5, n° 2, p. 199-220, 1993.

[Guarino et Giaretta, 1995] Nicola Guarino et Pierdaniele Giaretta. *Ontologies and knowledge bases: Towards a terminological clarification*. In N MARS, éd., Towards Very Press, 1995. Large Knowledge Bases: Knowledge Building and Knowledge Sharing, pages 25–32. IOS

[Guarino, 1997] Guarino N. (1997). *Some organizing principles for a unified top-level ontology. AAAI Spring Symposium on Ontological Engineering*, 57-63.

[Lekhchine, 2009] Riad Lekhchine, *Construction d'une ontologie pour le domaine de la sécurité: Application aux agents mobiles*, mémoire pour l'obtention du diplôme de Magister en informatique, Université Mentouri – Constantine, 2008-2009.

[Mizoguchi, 1998] Mizoguchi R. *A Step towards Ontological Engineering*. Juin, 1998. Paper presented at the 12th National Conference on AI of JSAI.

[Neches et al., 1991] Robert Neches, Richard Fikes, Tim Finin, Thomas Gruber, Ramesh Patil, Ted Senator, and William R. Swartout. *Enabling Technology For Knowledge Sharing. AI Magazine, Volume 12, No. A13, Pages 37-56. Fall 1991.*

[Noy et al., 2000] Noy, N. F., Ferguson, R. W., & Musen, M. A. *The knowledge model of Protege- 2000: Combining interoperability and flexibility*. In R. Dieng, & O. Corby (Ed.), *12th International Conference in Knowledge Engineering and Knowledge Management (EKAW'00)* (pp. 17–32). (Lecture Notes in Artificial Intelligence LNAI 1937) Springer- Verlag. 2000.

[Nugent, 2018] R. Nugent, *Chronic diseases in developing countries: health and economic burdens*, Ann. N. Y. Acad. Sci., vol. 1136, no. 2008, pp. 70–79, Jan. 2008.

[Ogden et Richards, 1923] OGDEN, C. K. et I. A. RICHARDS (1923), *The Meaning of Meaning*, Londres, Routledge et Kegan Paul.

[Psyché et al., 2003] Valéry Psyché, Olavo Mendes et Jacqueline Bourdeau. *Apport de l'ingénierie ontologique aux environnements de formation à distance*. Revue STICEF, 10, 2003

[Rector, 1999] A. Rector, *OilEd Normalised Ontology Tutorial - Biomedical Version*, 1999

- [ROSSE & MEJINO, 2003]** ROSSE, C., & MEJINO, J. A reference ontology for bioinformatics : The foundational model of anatomy. *Journal of Biomedical Informatics* .
- [Schmidt-Schauß&Smolka, 1991]** Schmidt-Schauß, M., &Smolka, G., Attributive concept descriptions with complements. *Artificial Intelligence* , 48 (1), 1–26. 1991
- [Studer, 1998]** Studer R., Benjamins R., (1998). *Knowledge Engineering: Principles and Methods*. Data Knowledge Engineering.
- [Sure, 2002]** Sure, Y., Erdmann, M., Angele, J., Staab, S., &Studer, R, *OntoEdit: Collaborative Ontology Engineering for the Semantic Web*. Dans I. Horrocks, & J. A. Hendler (Éd.), *First International Semantic Web Conference (ISWC'02)* (pp. 221–235). (Lecture Notes in Computer Science LNCS 2342) Springer-Verlag.
- [Swartout et al., 1995]** Swartout R. P. B., Knight K., Russ T. "Toward Distributed Use of Large-Scale Ontologies". *Ontological Engineering*, 1997, pp. 138-148.
- [Troncy et Issac ,2002]** Troncy, R., Iss+Ac, A. (2002). *DOE: Une mise en oeuvre d'une méthode de structuration différentielle pour les ontologies*, in Actes des journées francophones d'Ingénierie des Connaissances (IC'2002), pages 63-74.
- [Uschold et Grüninger, 1996]** Mike Uschold et Michael Grüninger. *Ontologies: principales, methods, and applications*. Knowledge Engineering Review, 11(2):93–155, 1996.
- [Van Heijst et al., 1997]** Van Heijst (G.), Schreiber (A. Th.), Wielinga(B. J.), 1997: *Using explicit ontologies in KBS development*, International Journal of Human-Computer Studies, 45, p. 183-292.
- [Zweigenbaum, 1994]** Zweigenbaum, P. ,Menelas - an Access System for Medical Records Using Natural language. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* , 45 (1-2), 117-120.