

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

Faculté De Mathématiques Et
D'informatique

Département D'informatique

N°:.....



DOMAINE : Mathématiques Et
Informatique

FILIERE : Informatique

OPTION: Intelligence Artificielle

Mémoire présenté pour l'obtention

Du diplôme de Master Académique

Par : Abdou Djaouhar

Intitulé

Implémentation D'une Ontologie Pour Les Produits Pharmaceutiques

Soutenu devant le jury composé de :

Dr. Bentercia rahima

UMB de M'sila

Président

Dr. Allaoua Hemmak

UMB de M'sila

Rapporteur

Dr. Bougherara Seddik

UMB de M'sila

Examineur

Année universitaire : 2022 / 2023



Dedication

À qui je préfère cela plutôt que moi-même, et pourquoi pas; elle s'est sacrifiée pour moi et n'a ménagé aucun effort pour me rendre heureux tout le temps (ma mère bien-aimée).

Nous marchons sur les chemins de la vie, et celui qui contrôle notre esprit dans chaque chemin que nous prenons reste celui avec un bon visage et de bonnes actions. Il n'a pas lésiné sur moi toute sa vie (cher père).

À mes amis, et à tous ceux qui se tenaient à côté de moi et m'ont aidé avec tout ce qu'ils ont, et à plusieurs niveaux, je vous présente cette recherche, et j'espère qu'elle recevra votre satisfaction.



Remerciements

**Louange à Allah, Seigneur du monde, qui m'a accordé
l'accomplissement de ce travail. Paix et bénédiction sur notre
Prophète Mohammed.**

**La source d'inspiration et de conseils la plus importante au cours de
mes recherches a été mon superviseur à l'UNIVERSITE MOHAMED
BOUDIAF - M'SILA, M. Allaoua Hammak, auquel je ne pense pas
assez souvent pour son aide précieuse, ses encouragements et ses
conseils. J'ai beaucoup de chance de me retrouver sous sa supervision.**

Chars spéciaux à tous mes professeurs



Résumé

L'implémentation d'une ontologie pour les produits pharmaceutiques consiste à créer une structure de données sémantique pour représenter les informations spécifiques à ce domaine. Cette ontologie peut inclure des détails tels que les propriétés des médicaments, les interactions médicamenteuses, les composants chimiques, les dosages, les indications thérapeutiques, les contre-indications, et les classes thérapeutiques. L'objectif est d'établir une base de connaissances normalisée, facilitant ainsi la gestion, la recherche et l'analyse des informations sur les produits pharmaceutiques. L'ontologie offre une meilleure intégration des données, favorise l'interopérabilité entre les systèmes d'information et améliore la qualité des données dans le domaine pharmaceutique. Elle joue également un rôle crucial dans l'aide à la prise de décision clinique en fournissant des informations structurées et fiables sur les produits pharmaceutiques. Cette approche contribue à une recherche d'information plus efficace et à une utilisation optimale des données, bénéficiant ainsi aux professionnels de la santé et aux chercheurs. L'ontologie pour les produits pharmaceutiques offre un cadre conceptuel robuste qui facilite la compréhension et la représentation des relations complexes entre les entités du domaine. Elle peut être mise en œuvre à l'aide de langages spécifiques, comme OWL (Web Ontology Language), pour garantir la précision et la standardisation. En résumé, l'implémentation d'une ontologie pour les produits pharmaceutiques vise à structurer les connaissances, améliorer la gestion des données et faciliter l'accès à des informations cruciales dans le domaine de la pharmacologie.

المخلص

يتمثل تنفيذ أنطولوجيا المنتجات الصيدلانية في إنشاء بنية بيانات دلالية لتمثيل المعلومات الخاصة بهذا المجال. قد يتضمن هذا الأنطولوجيا تفاصيل مثل خصائص الأدوية والتفاعلات الدوائية والمكونات الكيميائية والجرعات والمؤشرات العلاجية وموانع الاستعمال والفئات العلاجية. والهدف

من ذلك هو إنشاء قاعدة معارف موحدة، مما ييسر إدارة المعلومات المتعلقة بالمنتجات الصيدلانية وبحوثها وتحليلها. يوفر علم الأنطولوجيا تكامل بيانات أفضل، ويعزز قابلية التشغيل البيئي بين أنظمة المعلومات ويحسن جودة البيانات في مجال الأدوية. كما أنه يلعب دورًا حاسمًا في دعم صنع القرار السريري من خلال توفير معلومات منظمة وموثوقة عن المنتجات الصيدلانية. ويسهم هذا النهج في زيادة كفاءة استرجاع المعلومات والاستخدام الأمثل للبيانات، مما يعود بالفائدة على المهنيين والباحثين الصحيين. يوفر علم الأنطولوجيا للمستحضرات الصيدلانية إطارًا مفاهيميًا قويًا يسهل فهم وتمثيل العلاقات المعقدة بين الكيانات في هذا المجال. يمكن تنفيذه باستخدام لغات محددة، مثل OWL (لغة أنطولوجيا الويب)، لضمان الدقة والتوحيد. باختصار، يهدف تنفيذ أنطولوجيا المستحضرات الصيدلانية إلى هيكلة المعرفة وتحسين إدارة البيانات وتيسير الوصول إلى المعلومات الهامة في مجال علم الصيدلة.

Summary

The implementation of an ontology for pharmaceutical products consists in creating a semantic data structure to represent information specific to this domain. This ontology may include details such as drug properties, drug interactions, chemical components, dosages, therapeutic indications, contraindications, and therapeutic classes. The objective is to establish a standardized knowledge base, thus facilitating the management, research and analysis of pharmaceutical product information. Ontology offers better data integration, promotes interoperability between information systems and improves data quality in the pharmaceutical field. It also plays a crucial role in supporting clinical decision-making by providing structured and reliable information on pharmaceutical products. This approach contributes to more efficient information retrieval and optimal use of data, thus benefiting health professionals and researchers. The ontology for pharmaceuticals provides a robust conceptual framework that facilitates the understanding and representation of complex relationships between entities in the field. It can be implemented using specific languages, such as OWL (Web Ontology Language), to ensure accuracy and standardization. In summary, the implementation of an ontology for pharmaceuticals aims to structure knowledge, improve data management and facilitate access to crucial information in the field of pharmacology.

Table Des Matières :

Résumé	3
Introduction Générale.....	1
Chapitre I.....	4
Les Ontologies.....	4
Introduction	4
Les Ontologies.....	4
1. Historique :	4
2. Définition :	5
3. Composants de l'ontologie :	7
4. Les Types D'ontologies :	9
5. Les étapes de construction d'ontologies :	11
6. Avantages d'une ontologie :	12
7. Outils de manipulation des ontologies :	12
Web sémantique	14
1. Introduction :	14
2. Définition du Web sémantique :	14
3. Architecture du Web sémantique :	15
4. Niveau nommage et adressage :	17
5. Logique pour le Web sémantique :	20
6. Langages du Web sémantique :	21
Conclusion.....	30
Chapitre II	32
L'ontologie Pharmaceutique	32
Histoire du domaine pharmaceutique.....	32
Comprendre le domaine pharmaceutique : Un guide approfondi	34
Principaux laboratoires pharmaceutiques.....	36
Dernières tendances de l'industrie pharmaceutique	36
La médecine personnalisée :	37
La santé numérique	37
Produits biologiques.....	37
Thérapie génique.....	37

Intelligence artificielle et ontologie pharmaceutique	38
Les défis de l'industrie pharmaceutique	38
LES DÉFIS POUR L'INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE	39
1. Le défi de l'innovation	40
2. Le défi du prix : prix de l'innovation et prix du médicament	40
3. Le défi des marchés émergents	41
Opportunités dans le domaine pharmaceutique	41
Ressource terminologique et ontologique en médecine	45
1. CIM	45
2. UMLS [15]	46
3. GALEN [15].....	46
4. MENELAS [16]	46
5. FMA [17].....	47
6. NAUTILUS [18]	47
7. OntoPneumo [19]	47
Conclusion.....	48
Chapitre III	50
Conception De L'ontologie	50
Introduction	50
Conception des ontologies	50
Déterminer la liste des relations binaires	52
1. Construction de la table d'attributs :	52
2. Construction de la table des axiomes :	52
3. Construction de la table des instances :	53
Construction d'un dictionnaire de concepts	53
Processus de construction d'une ontologie de domaine	53
1. Evaluation des besoins :	53
2. Conceptualisation :	54
3. Formalisation :	54
4. Composition et mise en œuvre :	55
5. Vérification et Evaluation :	55
Construction d'une ontologie de domaine	55
1. Evaluation des besoins	55
2. Conceptualisation	56

3. Formalisation.....	57
4. Composition et mise en œuvre	59
Conclusion.....	61
Chapitre IV	63
Implémentation.....	63
Introduction	63
Environnement de développement	63
Protégé.....	64
1. Protégé-frame :	65
2. Protégé -Owl :	65
Les moteurs d'inférence	67
1. Racer :	68
2. Pellet :	68
Ontologie d'application.....	69
1. Outils d'implémentation.....	69
Etapas de construction de l'ontologie	71
1. Création d'un nouveau projet.....	71
2. Création des classes.....	72
3. Création objet propreté.....	72
4. Création des Individus.....	73
5. Création data propriété	73
6. Iterface graphique :.....	74
Conclusion.....	74
Conclusion Générale	76
Bibliography & Webographie	78

Liste des Figures

Figure I-1: Les Principales Des Médicament d'ontologie	6
Figure I-2 Architecture du Web sémantique	16
Figure I-3 modele de triplet en RDF	24
Figure III-1 : Diagramme des relations binaires	57
Figure III-2: Axiomes terminologiques (TBox)	58
Figure III-3: Assertions sur les individus (ABox)	58
Figure III-4: Diagramme de classe	59
Figure III-5: Diagramme séquence Ajouter Ontologie	60
Figure III-6: Diagramme séquence Recherche Ontologie	60
Figure IV-1 Création d'un nouveau projet	71
Figure IV-2 Création d'une classe	72
Figure IV-3 Création objet propreté	72
Figure IV-4 Création des individus	73
Figure IV-5 Création data propriété	73
Figure IV-6 Création ontologie graphique	74

Liste des Tableaux

Table IV-0-1 Avantages et inconvénients du moteur d'inférence Racer	68
Table IV-2 Avantages et inconvénients du moteur d'inférence Pellet	69

Introduction Générale

L'ontologie est une branche de la philosophie qui s'intéresse à la nature de l'être et de l'existence. Dans le domaine de l'informatique, une ontologie est une représentation formelle et explicite de la connaissance, souvent utilisée pour décrire un domaine spécifique

L'implémentation d'une ontologie pour les produits pharmaceutiques comprend plusieurs étapes principales :

Collecte de données : Le processus commence par la collecte d'un ensemble de données volumineuses liées à l'industrie pharmaceutique. Ces données peuvent inclure des informations sur différents médicaments, leurs composants chimiques, les essais cliniques, les références scientifiques, et des données réglementaires, entre autres.

Développement de la structure de l'ontologie : Après avoir collecté les données, il est nécessaire de développer la structure de l'ontologie. Cela implique de définir les concepts différents dans le domaine de l'industrie pharmaceutique et de les organiser de manière logique dans une hiérarchie. Par exemple, une classification hiérarchique pourrait inclure des concepts tels que "Médicaments", "Composants Chimiques", "Essais Cliniques", etc.

Création des relations entre les concepts : Une fois que la structure de l'ontologie est définie, il est essentiel de créer des relations entre les concepts différents. Ces relations reflètent l'interconnexion et l'interaction entre les concepts. Elles peuvent être de différents types, y compris des relations hiérarchiques (telles que la sous-catégorisation et la dépendance) et des relations fonctionnelles (telles que la corrélation et l'impact).

En ce qui concerne l'importance de l'ontologie des produits pharmaceutiques dans l'industrie pharmaceutique, voici quelques points clés :

Organisation des données : L'ontologie aide à organiser de manière hiérarchique et logique les vastes quantités de données relatives aux médicaments et à leurs composants, facilitant ainsi l'accès et la compréhension de ces données.

Amélioration de la recherche et du développement : L'ontologie améliore les processus de recherche et de développement des médicaments en fournissant une base logique pour les chercheurs et les développeurs afin de comprendre les relations entre les concepts.

Accélération de la découverte de nouveaux médicaments : En comprenant mieux les relations entre les composants et les concepts dans l'industrie pharmaceutique, l'ontologie peut accélérer le processus de découverte et de développement de nouveaux médicaments.

Amélioration de la communication et de la collaboration : L'ontologie facilite la communication et la collaboration entre les divers acteurs de l'industrie pharmaceutique, ce qui contribue à améliorer les processus et l'efficacité globale.

En résumé, l'ontologie joue un rôle crucial dans l'amélioration de la compréhension et de la gestion des connaissances dans l'industrie pharmaceutique, contribuant ainsi à fournir des produits de meilleure qualité et plus efficaces.

Dans mémoire, Comment est mise en œuvre une ontologie pour les produits pharmaceutiques et quelle est son importance dans l'industrie pharmaceutique ?

Dans ce cadre, **l'objectif** de ce projet est de concevoir et l'implantation d'une ontologie des produits pharmaceutiques, l'application proposée sera simple d'utilisation, efficace, ergonomique.

Afin de présenter nos travaux, cette newsletter est organisée comme suit :

- Le premier chapitre : Ce chapitre présente une vue générale sur les ontologies ainsi web sémantique.
- Le deuxième chapitre : Ce chapitre présente l'ontologies aux domaines pharmaceutiques.
- Le troisième chapitre : Dans ce chapitre nous présentons La conception d'ontologies.
- Le quatrième et dernier chapitre : Dans ce chapitre nous décrivons une implémentation des ontologies.

Nous terminons ce mémoire en revenant, avec un peu de recul, sur les résultats obtenus par rapport aux objectifs esquissés en présentant des idées, que nous trouvons intéressantes pour développer notre travail dans le futur.

Chapitre I

Les Ontologies

Chapitre I

Les Ontologies

Introduction

Le concept d'ontologie existe depuis très longtemps, notamment en philosophie. En informatique ce concept est associé à la définition d'un vocabulaire compréhensible par des machines. Une ontologie définit les termes utilisés pour décrire et représenter un champ d'expertise. Les ontologies sont utilisées par les personnes, les bases de données, et les applications qui ont besoin de partager des informations relatives à un domaine bien spécifique, comme la médecine, la fabrication d'outils, l'immobilier, la réparation d'automobiles, la gestion de finances, etc. Les ontologies associent les concepts de base d'un domaine précis et les relations entre ces concepts, tout cela d'une manière compréhensible par les machines. Elles encodent la connaissance d'un domaine particulier ainsi que les connaissances qui recouvrent d'autres domaines, ce qui permet de rendre les connaissances réutilisables. Dans ce travail nous avons réalisé une application qui gère une ontologie pharmaceutique en créant des classes et sous classe avec des relations.

Les Ontologies

1. Historique :

La branche de l'intelligence artificielle est qualifiée de symbolique parce qu'elle repose sur des représentations formelles des connaissances, sous la forme de symboles que le système peut stocker et manipuler (par exemple, langages et opération logiques, structures et opérations de graphes). Contrairement à d'autres approches, ces représentations sont à la fois compréhensibles par les humains et manipulables par les systèmes, en appliquant des règles de manipulation définies sur les symboles de ces représentations et dont l'interprétation simule, par exemple, un raisonnement.

Ainsi, dès les années 1970, la notion d'ontologie existait, sans être nommée et de façon transversale, dans les différents systèmes de représentation de connaissances : c'est la TBox des logiques de description, où l'on décrit les types de termes qui existent dans la représentation et leurs caractéristiques ; c'est le support des graphes conceptuels, où l'on décrit des hiérarchies de multi-héritage entre des types de concepts ou des types de relations ; ce sont enfin les schémas des « Frames » et les classes des langages de représentation par objets.

Il aura pourtant fallu attendre les années 1990 pour que le mot « ontologie » soit adopté par toute la communauté, et sa définition fait encore couler de l'encre (électronique). [1]

2. Définition :

Le mot ontologie vient du mot "onto", dérivé du mot grec pour le participe présent. Etant dans le logos le sens des mots. Les premiers stades de la philosophie définissent l'étude de l'être comme étant, c'est-à-dire l'étude des propriétés générales de tout est Ce mot est présenté en informatique par des chercheurs dans le domaine du renseignement et utilisé pour construire des systèmes basés sur la connaissance . Une ontologie est définie comme suit : « une ontologie est une spécification explicite d'une conceptualisation ». [2] Plus concrètement, il est commun de considérer une ontologie comme la définition formelle des concepts relatifs à un domaine et des relations entre ces concepts. Elle doit de plus être conçue comme un modèle réutilisable et partagé des connaissances afin de constituer une base commune à l'ensemble du domaine pour l'échange et l'interprétation d'informations. La forme la plus courante selon laquelle les ontologies sont présentées consiste en une hiérarchie de concepts, organisés des plus généraux aux plus spécifiques. L'expression de ces définitions, c'est-à-dire la syntaxe utilisée et la sémantique associée, dépend du langage de représentations dans lequel l'ontologie est formalisée. [2]

Dans l'ordinateur, divers détails ont été proposés.

Proposé la première définition [3] : « Une ontologie définit les termes et les relations de base de vocabulaire d'un domaine, ainsi que les règles qui indiquent comment combiner les termes et les relations de façon à pouvoir étendre le vocabulaire ". Cette définition donne une première

compréhension de la façon de construire une ontologie, qui identification des systèmes et des relations des départements et des lois potentielles s'impliquer avec eux.

Deux ans plus tard, la définition donnée : "L'ontologie est une description claire du concept de pensée." Cette définition est devenue la plus utilisée dans la littérature. L'analyse conceptuelle fait ici référence à la construction d'un modèle d'un domaine du monde réel en identifiant les cadres conceptuels pertinents qui définissent le domaine. Organiser, c'est rendre cette idée mécanique.

Guarino et Giaretti en 1997 ont proposé leur définition [4]: « L'ontologie est un concept logique qui donne une vision claire et partielle des concepts ».

Aussenac et Gilles en 2000 ont proposé cette définition : « Les ontologies organisent et les concepts de réseaux représentent des domaines. Son contenu et sa qualité de conception sont choisis en fonction de l'application. Cette définition montre qu'il existe une dépendance entre la structure de l'ontologie et l'application dans laquelle elle sera utilisée .

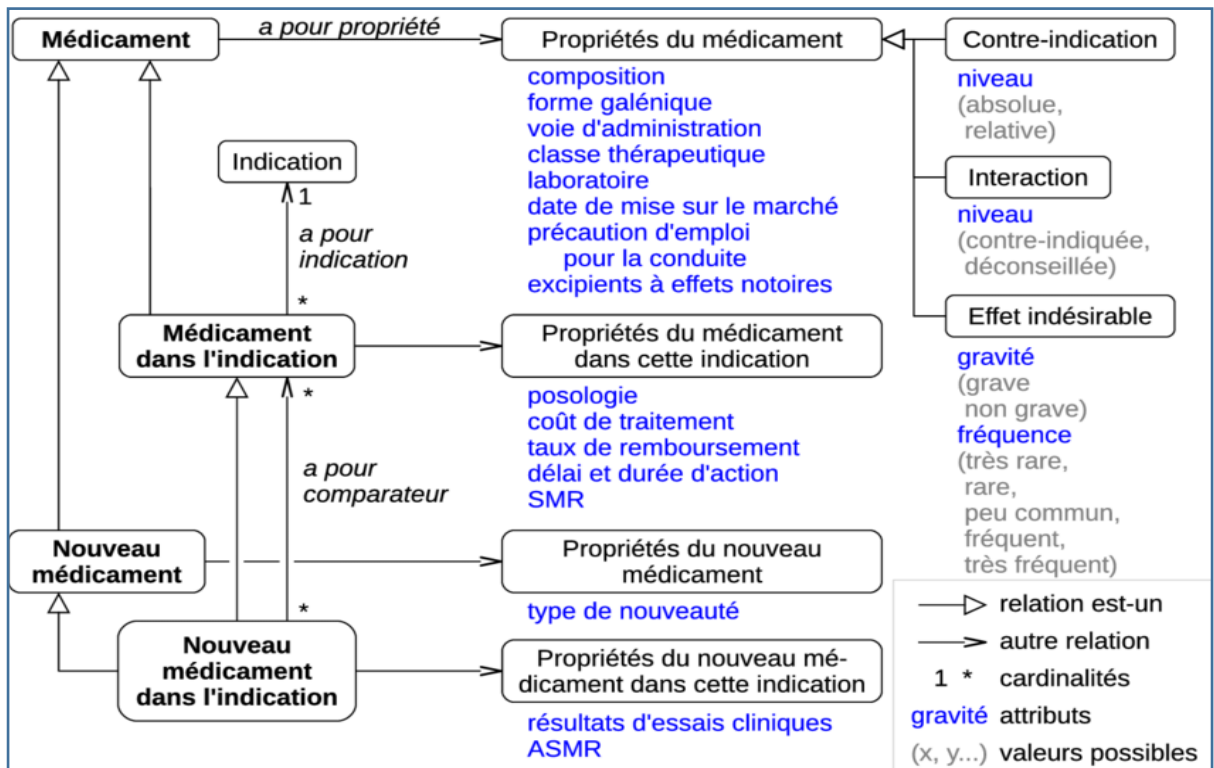


Figure I-1: Les Médicaments d'ontologie

3. Composants de l'ontologie :

Les principaux éléments de l'ontologie sont :

3.1. Concept :

Les objets sont catégorisés sous la forme de concepts. Le concept est une unité structurée de pensée par laquelle nous appréhendons le monde.

NB : Concept, unité de pensée, forme parallélisme avec percept, unité de perception. Le concept se compose de caractères, unités élémentaires de pensée.

NB : Le terme de notion est souvent employé comme synonyme de concept, particulièrement dans l'ancienne normalisation internationale en matière de procédures de travail en terminologie. En raison de la tradition logique et philosophique en la matière, il est cependant préférable de parler en français de *concept* plutôt que de *notion*, terme moins opératoire qui tend à désigner, dans l'acception courante, une idée relativement vague et générale.

3.2. Terme (Label) :

Le terme est un signe linguistique spécialisé (technique ou scientifique). Il est constitué d'une désignation renvoyant à un concept. La désignation est de l'ordre de la langue. Le concept est de l'ordre de la pensée.

Par exemple : Le terme *atome* est un signe linguistique constitué d'un signifiant exprimé par les lettres et les sons correspondant à : a-, t-, o-, m-, (e) ; son signifié exprime d'une part un élément du monde physique extrêmement petit : en cela il correspond au concept d'atome entendu comme concept scientifique ; d'autre part un sens dérivé et figuré, dans des expressions comme « ne pas avoir un atome de bon sens ».

En pratique : La distinction entre désignation et concept présente notamment l'avantage de faire la part des questions relevant de la langue et celles qui relèvent de la pensée. Ce qui est utile en terminologie pour situer le sens de chaque terme en priorité par rapport au concept, et non par rapport à la langue.

3.3. Notion :

La notion désigne ce qui est appelé, au sens de la représentation des connaissances, l'intention du concept. Elle contient sa sémantique qui est définie à l'aide de propriétés (relations et attributs), de règles et de contraintes. L'ensemble d'objets : définis par le concept forme ce qui est appelé l'extension du concept. Il s'agit des objets auxquels le concept fait référence, autrement dit, de ses instances.

3.4. Relation :

Relation Elle exprime les associations entre les différents concepts. Les ontologies contiennent des relations binaires. Le premier argument d'une relation binaire est dit « domaine » et le deuxième argument est dit « Co-domaine ». Cela permet de désigner la façon dont la relation doit être lue. Ces relations sont caractérisées par un terme une signature qui précise le nombre d'instances de concepts que la relation lie et leurs types. Les différents types de relations qui peuvent exister sont : sous-classes de « Spécialisation/Généralisation », partie de « Agrégation ou Composition », « associé à », est un « composé de » ...

3.5. Axiomes :

Faites une déclaration qui est toujours considérée comme vraie. Leur apport et ontologie pour le but : engagement avec l'interprétation du sens Ressources de l'ontologie, contraintes et normes d'identité, arguments d'interaction et dans l'intégration de nouvelles informations, D'après [5] Les axiomes sont utilisés pour vérifier la cohérence d'une ontologie.

Exemples (individus) : Ce sont des exemples d'idées. Ontologie et tout le temps est la connaissance de base des systèmes informatiques

4. Les Types D'ontologies :

On distingue six types d'ontologie [6]:

4.1. Les ontologies de représentation :

Ce type d'ontologies regroupe les concepts utilisés pour formaliser les connaissances. Parmi les ontologies de représentation, on trouve des ontologies qui vont décrire les notions utilisées dans toutes les ontologies pour spécifier les connaissances, telles que les substances, les concepts, les relations etc. Par exemple, la « Frame-Ontologie » [7] est une ontologie de représentation. Elle définit de manière formelle les concepts utilisés principalement dans les langages à base de frames : classes, sous-classes, attributs, valeurs, relations et axiomes. Les ontologies de représentation sont indépendantes des différents domaines de connaissances, puisqu'elles décrivent des primitives cognitives communes aux différents domaines. Par exemple, une ontologie sur le formalisme des Topic Maps comportera les concepts : Topic, Type de Topic, Association, Occurrence, Type Occurrence ...

4.2. Les ontologies génériques ou ontologies de haut niveau (super ontologies) :

Elle exprime des conceptualisations valables dans différents domaines. Elle décrit des concepts très généraux comme l'espace, le temps, la matière, les objets, les événements, les actions, etc. ces concepts ne dépendent pas d'un problème ou d'un domaine particulier, et doivent être, du moins en théorie, consensuels à de grandes communautés d'utilisateurs. Ce type d'ontologies est fondé sur la théorie de la dépendance. Son sujet est l'étude des catégories des choses qui existent dans le monde. Comme les concepts de haute abstraction tels que les entités, les événements, les états, les processus, les actions, le temps, l'espace, les relations, les propriétés, d'espace d'événements, elles sont prévues pour être utilisées dans des situations diverses, et pour servir une large communauté d'utilisateurs.

4.3. Ontologie du domaine (Domaine ontologie) :

Elles sont appelées de la sorte parce qu'elles expriment des conceptualisations spécifiques à un domaine. Elles rendent compte du vocabulaire d'un domaine spécifique au travers de concepts et de relations qui modélisent les principales activités, les théories et les principes de base du domaine en question. La plupart des ontologies existantes sont des ontologies du domaine, elles sont réutilisables pour plusieurs applications concernant le domaine pour lequel elles ont été créées car elles ont été conçues de façon aussi indépendante que possible du type de manipulations qui vont être opérées sur ces connaissances.

4.4. Ontologie d'application :

Sont les ontologies les plus spécifiques, elles contiennent les connaissances requises pour une application particulière et ne sont pas réutilisables. Elles peuvent en outre inclure une ontologie de domaine. Ces concepts correspondent souvent aux rôles joués par les entités du domaine lors de l'exécution d'une certaine activité. Il s'agit donc ici de mettre en relation les concepts liés à une tâche particulière de manière à en décrire l'exécution.

4.5. Ontologie Générique :

Elle est appelée également noyau ontologique, modélise des connaissances moins abstraites que celles véhiculées par l'ontologie de haut niveau mais assez générales néanmoins pour être réutilisées à travers différents domaines. Cette ontologie inclut un vocabulaire relatif aux choses, évènements, temps, espace, causalité, comportement, fonction, etc.

4.6. Ontologie de Taches :

L'ontologie de tâches fournit un vocabulaire systématisé des termes employés pour résoudre des problèmes liés aux tâches qui peuvent être ou non du même domaine. Elle

fournit un ensemble de termes au moyen desquelles nous pouvons décrire généralement comment résoudre un type de problèmes. Elle inclut des noms, des verbes et des adjectifs génériques dans les descriptions de tâches.

5. Les étapes de construction d'ontologies :

5.1. Objectif et critères d'évaluation d'une ontologie :

L'objectif premier d'une ontologie est de modéliser un ensemble de connaissances dans un domaine donné, qui peut être réel ou imaginaire.

Les ontologies sont employées dans l'intelligence artificielle, le Web sémantique, le génie logiciel, l'informatique biomédicale ou encore l'architecture de l'information comme une forme de représentation de la connaissance au sujet d'un monde ou d'une certaine partie de ce monde.

Selon Gruber, [7] cinq critères permettent de montrer cet aspect important Ontologie :

5.1.1. La clarté :

La définition d'une idée fera ressortir le sens voulu du mot, de cette façon objective que possible (quelle que soit la situation). La description doit être complète (ex. définis par des conditions nécessaires et suffisantes) et consignés dans la langue nature.

5.1.2. La cohérence :

Rien de ce qui ne peut être déduit de l'ontologie ne la contredirait description des concepts (y compris ceux exprimés en langage naturel).

5.1.3. L'extensibilité :

Il faut s'attendre à des extensions pouvant être ajoutées à l'ontologie. Ce doit être de nouveaux concepts peuvent être ajoutés sans toucher au fondement de l'ontologie.

5.1.4. Une déformation d'encodage minimale :

La distorsion de convergence se produit lorsque la description affecte le concept (un concept donné peut être facilement expliqué d'une certaine manière pour un langage d'ontologie fourni, bien que cette explication ne corresponde pas exactement au sens original). Ces déformations doivent être évitées autant que possible

5.1.5. Un engagement ontologique minimal :

Le but d'une ontologie est de définir des termes pour définir des domaines, si possible façon parfaite ; Ni plus ni moins. Contrairement à la base de connaissances, par exemple, nous ne nous attendons pas à ce que l'ontologie puisse apporter une réponse à ces questions et sections arbitraires. Selon Gruber, la contribution ontologique peut être réduite en définissant l'hypothèse la plus faible (qui permet le plus d'espèces) pour couvrir un département ; il ne définit que les termes nécessaires pour partager des connaissances cohérentes dans ce sens.

6. Avantages d'une ontologie :

L'un des avantages du système d'ontologie est la compréhension commune de systèmes d'information entre personnes ou développeurs de logiciels, voir l'interopérabilité entre les systèmes, permettre l'échange de connaissances entre les systèmes, permettre à ceux qui utilisent des connaissances sur le terrain: créer et maintenir une base de connaissances réutilisable, Expliquez ce qui est considéré comme évident dans la section Découvrir des informations sur un champ de la connaissance travaille et évalue le champ de la connaissance.

7. Outils de manipulation des ontologies :

Il existe plusieurs outils de manipulation des ontologies :

- Protégé est le plus connu et le plus utilisé des éditeurs d'ontologie. Open-source, développé par l'université Stanford, il a évolué depuis ses premières versions (Protégé-2000) pour intégrer

à partir de 2003 les standards du Web sémantique et notamment OWL. Il offre de nombreux composants optionnels: raisonneurs, interfaces graphiques.

- **SWOOP** est un éditeur d'ontologie développé par l'Université du Maryland dans le cadre du projet MINDSWAP. Contrairement à Protégé, il a été développé de façon native sur les standards RDF et OWL, qu'il prend en charge dans leurs différentes syntaxes (pas seulement **XML**). C'est application plus légère que Protégé, moins évoluée en termes d'interface, mais qui intègre aussi des outils de raisonnement.

- **KMgen** est un éditeur d'ontologie pour le langage KM (KM : **The Knowledge Machine**).

- Avec l'émergence du marché des technologies du Web sémantique, on peut noter l'apparition depuis 2005 d'outils logiciels proposés par des éditeurs commerciaux. On peut citer :

- **Sémantique Works** qui fait partie de la suite d'outils XML développée par **Altona**, supportant le langage OWL à travers sa syntaxe XML,

- TopBraid Composer développé par TopQuadrant, son interface et ses fonctionnalités ressemblant beaucoup à celles de Protégé (le développeur principal de **TopBraid** étant l'ancien développeur des extensions OWL de Protégé),

- **Ontology Craft Work bench** développé par l'équipe Condillac "Ingénierie des Connaissances" de l'Université de Savoie, les ontologies étant disponibles aux formats **XML** et **OWL**. **OCW** et utilisées par la société **Ontologie** - KAD-Office développé par **Iknova** Consulting et spécialisé sur la représentation graphique des connaissances industrielles d'ingénierie à l'aide de système d'exploitation.

Il existe d'autre part des outils informatiques permettant de construire une ontologie à partir d'un corpus de textes. Ces outils parcourent le texte à la recherche de termes récurrents ou définis par l'utilisateur, puis analysent la manière dont ces termes sont mis en relation dans le texte (par la grammaire, et par les concepts qu'ils recouvrent et dont une définition peut être trouvée dans un lexique fourni par l'utilisateur). Le résultat est une ontologie qui représente la connaissance globale que contient le corpus de texte sur domaine d'application qu'il couvre.

Web sémantique

1. Introduction :

Parmi les problèmes majeurs qui influencent négativement sur l'utilisation du Web, est l'aspect statique, actuellement le Web utilisé est purement statique (environ 3 milliards de documents statiques, consultés par près de 300 millions d'utilisateurs à travers le monde), cela signifie que l'aspect dynamique est presque nul dans ce contexte grâce à l'aspect statique dominant qui repose sur la définition complète de la structure des documents, ou ressources au sens large. D'une façon ou autre, le contenu sémantique des données reste quasi inaccessible aux traitements machines.

Le besoin d'un Web plus puissant, plus efficace, et plus léger fait sans doute la naissance du Web sémantique, donc le futur du Web sera le Web sémantique comme Tim Berners-Lee a mentionné. L'objectif du Web sémantique est de donner une relation forte entre les données qui représente leur sémantique, et de lever les difficultés rencontrées sur le Web d'aujourd'hui (recherche d'information, services...), en rendant la grande masse d'information disponible, accessible et interprétable par les machines, en plus de l'automatisation de certaines fonctionnalités grâce à la représentation sémantique du contenu des documents, des services, des ressources sur le Web au sens large.

Une représentation explicite de la sémantique des données, programmes, pages html, services Web et autres ressources du Web, permettra d'avoir un Web basé "connaissances", qui fournira à son tour un niveau de service qualitativement meilleur. Pour réaliser cette représentation, les ontologies ont été introduites. Les ontologies représentent le point d'amorçage et la technologie clé pour la réalisation du Web sémantique.

2. Définition du Web sémantique :

Comme son nom l'indique, l'expression Web sémantique se compose de deux (2) principaux mots: Web et sémantique. Le Web est aujourd'hui l'élément de base (l'environnement par défaut) de l'apprentissage en ligne. C'est aussi une source phénoménale d'information

constituée de ressources multimédias (pages de textes enrichies de sons, graphiques, images fixes et animées, vidéos, etc.) qui sont reliés entre eux par des liens hypertextes. Le mot « sémantique » réfère à la sémantique associée à ces ressources. Cette sémantique se décline généralement par une meilleure structuration des ressources du web pour permettre à la machine de les traiter plus efficacement afin de répondre à des requêtes souvent complexes des humains. Cette dimension sémantique oblige à recourir à des langages de structurations de données comme RDF par exemple. En bref, le Web sémantique désigne un ensemble de technologies visant à rendre le contenu des ressources du Web accessible et utilisable par les programmes/agents logiciels et les humains, grâce à un système de métadonnées formelles, utilisant notamment la famille de langages développés par le W3C (Wikipédia, 2013b). Il est important d'attirer l'attention sur Tim Berners-Lee qui fut le premier à introduire la notion de métadonnées utilisables par les machines dès 1994 (Berners-Lee, Hendler et Lassila, 2001). Ainsi, nous comprenons que Le Web sémantique n'est pas un concurrent du Web, mais plutôt un complément de ce dernier. Il s'appuie donc sur la fonction primaire du Web « classique » : un moyen de publier et consulter des documents. Par contre les documents traités par le Web sémantique contiennent non pas des textes en langage naturel, mais des informations structurées et formalisées pour être traitées automatiquement. Ces documents sont générés, traités, échangés par des logiciels. L'idée générale du Web sémantique (Wikipédia, 2013b) est de permettre aux logiciels de :

- Générer des données sémantiques à partir de la saisie d'information par les utilisateurs ;
- Agréger des données sémantiques afin d'être publiées ou traitées ;
- Publier des données sémantiques avec une mise en forme personnalisée ou spécialisée ;
- Échanger automatiquement des données en fonction de leurs relations sémantiques ;
- Générer des données sémantiques automatiquement, sans saisie humaine, à partir de règles d'inférences.

3. Architecture du Web sémantique :

La vision courante du Web sémantique proposée par [8] peut être représentée dans une architecture en plusieurs couches différentes (cf. Figure 2).

Les couches les plus bases assurent l'interopérabilité syntaxique : la notion d'URI⁵ fournit un adressage standard universel permettant d'identifier les ressources tandis que Unicode est un encodage textuel universel pour échanger des symboles. Rappelons que l'URL⁶, comme l'URI, est une chaîne courte de caractères qui est aussi utilisée pour identifier des ressources (physiques) par leur localisation.

XML⁷ fournit une syntaxe pour décrire la structure du document, créer et manipuler des instances des documents. Il utilise l'espace de nommage (namespace) afin d'identifier les noms des balises (tags) utilisées dans les documents XML. Le schéma XML permet de définir les vocabulaires pour des documents XML valides. Cependant, XML n'impose aucune contrainte sémantique à la signification de ces documents, l'interopérabilité syntaxique n'est pas suffisante pour qu'un logiciel puisse "comprendre" le contenu des données et les manipuler d'une manière significative.

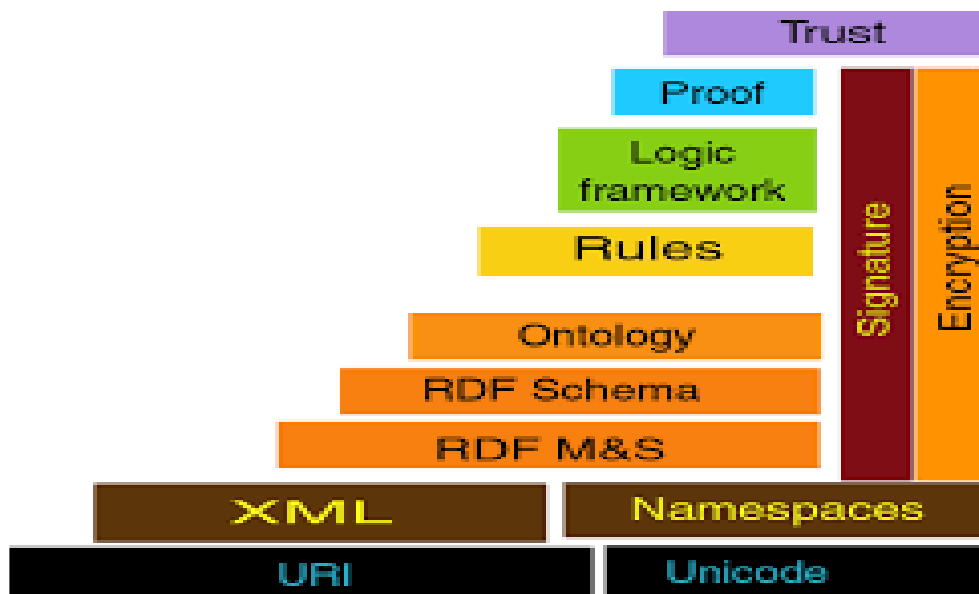


Figure I-2 Architecture du Web sémantique

Les couches RDF M&S (RDF Model and Syntax) et RDF Schéma sont considérées comme les premières fondations de l'interopérabilité sémantique. Elles permettent de décrire les

taxonomies des concepts et des propriétés (avec leurs signatures). RDF8 fournit un moyen d'insérer de la sémantique dans un document, l'information est conservée principalement sous forme de déclarations RDF. Le schéma RDFS décrit les hiérarchies des concepts et des relations entre les concepts, les propriétés et les restrictions domaine/co-domaine pour les propriétés. Les trois langages XML, RDF et RDFS seront présentés plus en détail dans la partie suivante.

La couche suivante Ontologie décrit des sources d'information hétérogènes, distribuées et semi-structurées en définissant le consensus du domaine commun et partagé par plusieurs personnes et communautés. Les ontologies aident la machine et l'humain à communiquer avec concision en utilisant l'échange de sémantique plutôt que de syntaxe seulement.

Les règles sont aussi un élément clé de la vision du Web sémantique, la couche Règles offre la possibilité et les moyens de l'intégration, de la dérivation, et de la transformation de données provenant de sources multiples, etc.

La couche Logique se trouve au-dessus de la couche Ontologie. Certains considèrent ces deux couches comme étant au même niveau, comme des ontologies basées sur la logique et permettant des axiomes logiques. En appliquant la déduction logique, on peut inférer de nouvelles connaissances à partir d'une information explicitement représentée.

Les couches Preuve (Proof) et Confiance (Trust) sont les couches restantes qui fournissent la capacité de vérification des déclarations effectuées dans le Web Sémantique. On s'oriente vers un environnement du Web sémantique fiable et sécurisé dans lequel nous pouvons effectuer des tâches complexes en sûreté. D'autre part, la provenance des connaissances, des données, des ontologies ou des déductions est authentifiée et assurée par des signatures numériques, dans le cas où la sécurité est importante ou le secret nécessaire, le chiffrement est utilisé.

4. Niveau nommage et adressage :

Contient la couche URI et Unicode :

La norme Unicode

Il est destiné à encoder du texte dans tous les textes et tous les objets les symboles sont importants pour tous les types d'écriture. C'est une réponse unique à un problème pour de nombreux codes.

URI (Uniform Resource Identifier)

L'URI est utilisé pour représenter un nom ou une adresse ou deux ressources sur le Web sémantique Tout est dans L'Internet doit être identifié par URI. Un URI est identifié de manière unique et sans ambiguïté Toute ressource Web, telle qu'une page, une adresse e-mail ou une image.

Niveau syntaxique

Le niveau syntaxique est le niveau de structure du document. Description d'un format logique basé sur XML. Ce niveau se compose d'une couche XML et espace de noms.

Espace de noms

Est un conteneur simple qui contient des noms, des mots et des expressions représenter des choses et des idées dans le monde réel. Le nom spécifié dans l'espace de nom correspond à une et une seule chose, deux choses ou idées différentes sont faire référence à deux noms différents dans le même espace de noms. Ils sont identifiés par un URI.

XML

XML1 (Extensible Markup Language) fournit une syntaxe pour les documents structurés, mais n'impose aucune contrainte sémantique à la signification de ces documents.

XML-S

Un XML-S2 (Schéma XML) est une description du type d'un document XML qui contient un ensemble de règles et contraintes sur la structure et le contenu du document aux quelles un document XML doit se conformer afin d'être considéré valide selon ce schéma. XML Schéma sont spécifiquement développés pour exprimer des schémas de XML.

Niveau sémantique

Contient les couches restantes, RDF, RDF Schéma ontologie, règles, cadre logique preuve, confiance, signature et chiffrement.

Couche RDF et RDF-Schéma : (référéncé souvent par RDF(s)) Elle fournit un moyen pour décrire les types des ressources et leurs caractéristiques.

RDF : (Resource Description Framework) est un modèle de métadonnées pour référencer des objets (ressources) et comment se sont reliés l'un à l'autre. Dans ce modèle, les ressources sont identifiées par les URI et nous pouvons faire des déclarations à propos de ces ressources en employant des expressions sous forme « sujet – prédicat – objet », appelées des triplets.

RDF-S : RDF Schéma est une extension sémantique de RDF. Il fournit des mécanismes pour décrire des groupes de ressources similaires et des relations entre ces ressources.

Couche ontologie

Est une simulation du monde réel des concepts et des relations entre ces concepts. Le

Ainsi, les principales choses qui peuvent être distinguées sont les suivantes :

Concept : c'est une représentation d'un objet (méthode ou classe) du domaine. Relations : elles montrent les liens entre différentes idées. Fonctions : ce sont des relations particulières où l'élément est défini par n-1 autres Quelque chose.

Axiomes : Constituent des assertions considérées toujours comme vraies.

Instances : Ce sont des exemples particuliers de concepts.

Couche règle

Elle repose sur les langages ontologiques dans l'architecture recommandée par le w3c. En général, nous utilisons la couche logique pour exprimer les règles d'inférences.

Couche preuve

Elle est pour but de prouver la pertinence de l'information retournée par les couches de plus bas niveau et des déductions obtenues à partir des inférences. Une des façons de le faire est de garder trace des sources d'information et des raisonnements effectués.

Couche chiffrement et signature

La communication est à travers des canaux cryptés et servant des signatures numériques qui permet d'authentifier de manière non ambiguë les ressources (vérifier l'auteur d'un document de manière sûr). Elle est reposée sur les notions de clé publique et privée utilisées dans la cryptographie. Donc la confiance régnera et réalise le sens de la couche confiance.

Couche confiance

Dans l'architecture proposée par **TIM BERNES-LEE**, a pour objectif d'évaluer la fiabilité de l'information et des raisonnements. Cette couche repose sur les signatures numériques, le cryptage des données et sur la fiabilité des sources d'information.

5. Logique pour le Web sémantique :

5.1. Logique du premier ordre :

La logique du premier ordre, est une formalisation du langage des mathématiques proposées par à la fin du XIXe siècle et du début du XXe siècle. Elle est caractérisée par l'introduction d'un ensemble de symboles (variables, relation et prédicats), ainsi que des connecteurs logiques (\neg , \cap , \cup , \rightarrow , \leftrightarrow) et deux quantificateurs « Quel que soit » et « il existe » .

5.2. Logique de description (LD) :

Les logiques de description ou logiques descriptives sont une famille de langages de représentation des connaissances qui peuvent être utilisés pour représenter la connaissance terminologique d'un domaine d'application d'une manière formelle et structurée. Le nom de logique de description se rapporte à la description de concepts utilisée pour décrire un domaine et à la sémantique basée sur la logique qui peut être donnée par une transcription en logique des prédicats du premier ordre.

Les deux niveaux de description

Nous intéressons à la modélisation des connaissances d'un domaine avec les LD. Elle se réalise en deux niveaux, le niveau terminologique (TBox) et le niveau factuel (ABox). Le TBox décrit les connaissances générales d'un domaine, comprend la définition des concepts et des rôles. Alors qu'ABox représente une configuration précise, décrit les individus en les nommant et en spécifiant en termes de concepts et de rôles, des assertions qui portent sur ces individus nommés. Plusieurs ABox peuvent être associés à une même TBox, chacune représente une configuration constituée d'individus, et utilise les concepts et rôles de la TBox pour l'exprimer .

Le niveau terminologique (TBox)

Les entités élémentaires d'une TBox sont les concepts atomiques et les rôles atomiques. Les noms débutants par une lettre majuscule désignent les concepts, alors que

ceux débutant par une lettre minuscule dénomment les rôles (par exemple : les concepts Femelle, Mâle, Homme et Femme, et le rôle : relation Parent Enfant).

Les LD prédéfinissent minimalement quatre concepts atomiques, deux concepts et deux rôles: le concept et le rôle, les plus généraux de leur catégorie respective, et le concept ainsi que le rôle les plus spécifiques (c'est-à-dire l'ensemble vide). Les concepts et rôles atomiques peuvent être combinés au moyen de constructeurs pour former respectivement des concepts et des rôles composés. Par exemple, le concept composé Mâle Femelle résulte de l'application du constructeur aux concepts atomiques Mâle et Femelle. Le concept Mâle Femelle s'interprète comme l'ensemble des individus qui appartiennent aux concepts Mâle ou Femelle. Les différentes LD se distinguent par les constructeurs qu'elles proposent. Plus les LD sont expressives, plus les chances sont grandes que les problèmes d'inférence soient non décidables ou de complexité très élevée. Par contre,

Les LD trop peu expressives démontrent une inaptitude à représenter des domaines complexes.

Le niveau factuel (ABox)

ABox contient un ensemble d'assertions sur les individus : des assertions d'appartenance et des assertions de rôle. Chaque ABox doit être associé à une TBox, car les assertions s'expriment en termes de concepts et des rôles de la TBox.

6. Langages du Web sémantique :

Dans le contexte du Web Sémantique, plusieurs langages ont été développés. La plupart de ces langages reposent sur XML ou utilisent XML comme syntaxe. Nous allons présenter brièvement certains langages principaux XML, XML Schéma, RDF(S), OWL, SPARQL, RDFa et RIF.

6.1.XML (eXtensible Markup Language)

XML9 est un langage de balisage extensible et est considéré comme une spécification pour les documents "lisibles par les machines". Il est naturellement utilisé pour encoder les langages du Web sémantique. Le balisage signifie que certaines suites des caractères du document peuvent contenir de l'information indiquant le rôle du contenu du document. XML se sert de

balises (tags, par exemple où) pour décrire un classement des données du document et sa structure logique. Cependant, le caractère extensible indique la différence importante avec d'autres langages précédents qui est aussi la caractéristique essentielle du XML. XML est un métalangage (une description de type de document, DTD, permet de décrire la grammaire des documents admissibles) : en effet XML fournit une structure pour représenter d'autres langages d'une manière normalisée.

Un document XML a toujours un élément racine. Des éléments XML peuvent contenir d'autres éléments qui sont représentés par les balises d'ouverture et de clôture. Examinons un exemple d'un morceau du document XML :

```
1 <?xml version="1.0"?>
2 <etudiant>
3   <nom>Luong Phuc Hiep</nom>
4   <phone>5096</phone>
5   <bureau>
6     <numero>BS04</numero>
7     <batiment>Borel</batiment>
8   </bureau>
9 </etudiant>
```

6.2.DTD (Document Type Définition) et Schéma XML

Une DTD permet de définir formellement l'ensemble des éléments, des attributs et des entités qui sont utilisés dans le document XML. La DTD spécifie l'imbrication des éléments, les attributs possibles des documents et les types des attributs. En définissant les types de DTD, on peut aussi vérifier si un document est valide ou pas grâce aux types définis dans la DTD. La partie suivante est un exemple d'une DTD correspondant au morceau de document XML précédent :

```

1 <!DOCTYPE etudiant [
2   <!ELEMENT etudiant (nom, phone,bureau)>
3   <!ELEMENT nom (#PCDATA)>
4   <!ELEMENT phone (#PCDATA)>
5   <!ELEMENT bureau(numero, batiment)>
6   <!ELEMENT numero (#PCDATA)>
7   <!ELEMENT batiment (#PCDATA)>]
8 >

```

```

1 <xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
2 <xs:element name="etudiant">
3   <xs:complexType>
4     <xs:sequence>
5       <xs:element name="nom" type="xs:string"/>
6       <xs:element name="phone" type="xs:string"/>
7       <xs:element name="bureau" type="xs:string"/>
8       <xs:complexType>
9         <xs:sequence>
10          <xs:element name="numero" type="xs:string"/>
11          <xs:element name="batiment" type="xs:string"/>
12        </xs:sequence>
13      </xs:complexType>
14    </xs:sequence>
15  </xs:complexType>
16 </xs:element>
17 </xs:schema>

```

XML Schéma10, une nouvelle recommandation du W3C, est un langage XML qui peut remplacer la DTD. XML schéma présente des types de données XML. Il est possible de définir des types de données complexes en utilisant des éléments imbriqués. XML schéma a plusieurs avantages par rapport à la DTD : il offre tout d'abord une grammaire plus riche pour décrire la structure des éléments. Ensuite, il fournit un mécanisme d'inclusion et de dérivation qui permet de réutiliser les définitions des éléments communs ou bien d'adapter une définition existante à une nouvelle. Enfin, XML schéma utilise l'espace de nommage (namespace) XML qui permet d'identifier une définition du document spécifique avec un nom unique et de préfixer toutes les balises avec ce nom unique. L'exemple du schéma XML suivant est équivalent à la DTD au-dessus :

6.3. RDF (Resource Description Framework) - Modèle de données RDF

RDF est un formalisme pour la description des métadonnées ; il fournit l'interopérabilité entre les applications qui échangent des informations sur le Web qui peuvent être compréhensibles par les machines [9]. RDF augmente la facilité de traitement automatique des ressources Web. Il peut être utilisé pour annoter des documents écrits dans des langages non structurés, ou comme une interface pour des documents écrits dans des langages ayant une sémantique équivalente. La syntaxe de RDF repose sur le langage de balisage extensible XML. XML fournit une syntaxe pour encoder des données tandis que RDF fournit un mécanisme décrivant le sens des données. Un des buts de RDF est de rendre possible la spécification de la sémantique des données basées sur XML d'une manière standardisée et interopérable.

Un document RDF est un ensemble de triplets de la forme. Une ressource est une entité accessible via un URI [1] sur l'Internet (par exemple un document HTML ou XML, une image, une page Web ou même une partie de la page Web). Une propriété définit une relation binaire entre une ressource et une valeur (associer de l'information à une ressource). Une valeur est une ressource ou une valeur littérale (chaîne de caractères). Un énoncé (ou une déclaration) RDF spécifie la valeur d'une propriété d'une ressource. On peut le décrire comme propriété (ressource, valeur). Les éléments de ces triplets peuvent être des URIs, des littéraux ou des variables. Cet ensemble de triplets peut être représenté de façon naturelle par un graphe (plus précisément un multi-graphe orienté étiqueté), où les éléments apparaissant comme ressource ou valeur sont les sommets, et chaque triplet est représenté par un arc dont l'origine est sa ressource et la destination sa valeur comme la montre la figure suivante (cf. Figure 3).

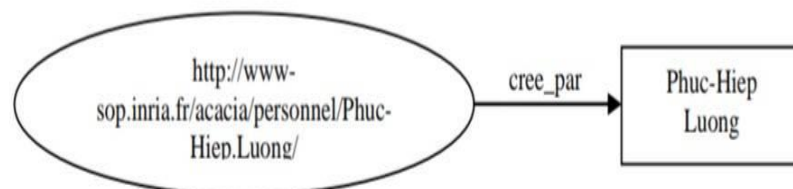


Figure 0-3 Modèle de triplet en RDF

En utilisant ce modèle de triplet, le fait “La page Web à l’adresse <http://www-sop.inria.fr/acacia/personnel/Phuc-Hiep.Luong/> est créée par PhucHiep Luong” est présenté en RDF comme suit :

```
1 <?xml version="1.0"?>
2 <rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
3   xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/">
4   <rdf:Description rdf:about="http://www-sop.inria.fr/acacia/personnel/Phuc-Hiep.Luong/">
5     <creer_par>
6       <rdf:Description>
7         <dc:nom>Luong Phuc Hiep</dc:nom>
8       </rdf:Description>
9     </creer_par>
10  </rdf:Description>
11 </rdf:RDF>
```

6.4.RDFS (Resource Description Framework Schéma) – méta-modèle

Le langage RDFS a été développé en se basant sur RDF [10]. Le modèle des données RDF ne précise que le mode de description des données mais ne fournit pas la déclaration des propriétés spécifiques au domaine ni la manière de définir ces propriétés avec d’autres ressources. RDFS a pour but d’étendre RDF en décrivant plus précisément les ressources utilisées pour étiqueter les graphes. Pour cela, il fournit un mécanisme permettant de spécifier les classes dont les instances seront des ressources, comme les propriétés.

RDFS s’écrit toujours à l’aide de triplets RDF en utilisant deux propriétés fondamentales `subClassOf` et `type` pour représenter respectivement les relations de subsomption entre classes et les relations d’instanciation entre instances et classes. Les classes spécifiques au domaine sont déclarées comme des instances de la ressource `Class` et les propriétés spécifiques au domaine comme des instances de la ressource `Property`. Les propriétés `subClassOf` et `subPropertyOf` permettent de définir des hiérarchies de classes et de propriétés. D’autre part, RDFS ajoute à RDF la possibilité de définir les contraintes de domaine et co-domaine de valeurs avec l’aide des attributs `rdfs : domain` et `rdfs : range`. Les ressources instances sont décrites en utilisant le vocabulaire donné par les classes définies dans ce schéma. Pour résumer, XML peut être vu comme la couche de transport syntaxique, RDF comme un

langage relationnel de base. RDFS offre des primitives de représentation de structures ou primitives ontologiques.

```
1 <rdf:RDF>
2 ...
3 <rdfs:Class rdf:ID="Personne">
4     <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Entité"/>
5 </rdfs:Class>
6 <rdfs:Class rdf:ID="Etudiant">
7     <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Personne"/>
8 </rdfs:Class>
9 ...
10 <rdf:Property rdf:ID="travailler_dans">
11     <rdfs:domain rdf:resource="#Personne"/>
12     <rdfs:range rdf:resource="#Institut"/>
13 </rdf:Property>
14 ...
15 </rdf:RDF>
```

6.5.OWL (Web Ontology Language)

OWL 12 est un langage pour représenter des ontologies dans le Web sémantique. C'est une extension du vocabulaire de RDF(S). Le langage OWL offre aux machines de plus grandes capacités d'interprétation du contenu Web que celles permises par XML, RDF et RDF schéma (RDFS), grâce à un vocabulaire supplémentaire et une sémantique formelle. Inspiré des logiques de descriptions (et successeur de DAML+OIL), OWL fournit un grand nombre de constructeurs permettant d'exprimer de façon très fine les classes de manière plus complexe correspondant aux connecteurs de la logique de description équivalente (intersection, union, restrictions diverses, etc.), les propriétés des classes définies (telles que la disjonction), la cardinalité (par exemple "exactement un"), plus des types des propriétés (propriétés d'objet ou d'annotation...), des caractéristiques des propriétés (par exemple la symétrie, la transitivité), et des classes énumérées.

Le langage OWL se compose de trois sous-langages offrant une expressivité croissante [11] : OWL-Lite, OWL-DL et OWL-Full.

- OWL-Lite : ce sous-langage ne contient qu'un sous-ensemble réduit des constructeurs disponibles. Il a la complexité formelle la plus basse et l'expressivité minimale dans la famille OWL. Il est suffisant pour représenter des thésaurus et d'autres taxonomies ou des hiérarchies de classification avec des contraintes simples.
- OWL-DL contient l'ensemble des constructeurs, mais avec des contraintes particulières sur leur utilisation qui assurent la décidabilité de la comparaison de types. Par contre, la grande complexité de ce langage semble rendre nécessaire une approche heuristique.
- OWL-Full : Ce sous-langage est conçu pour ceux qui ont besoin de l'expressivité maximale, de la liberté syntaxique de RDF mais sans garantie de calculabilité

Voici un exemple d'une ontologie en OWL :

```
1. <rdf:RDF
2.   xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
3.   xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
4.   xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
5.   xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
6.   xmlns="http://www.inria.fr/acacia/exemple/animals.owl#"
7.   xml:base="http://www.inria.fr/acacia/exemple/animals.owl#" >
8.   <owl:Class rdf:ID="Animal">
9.     <rdfs:label>Animal</rdfs:label>
10.  </owl:Class>
11.  <owl:Class rdf:ID="Person">
12.    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Animal"/>
13.    <rdfs:subClassOf>
14.      <owl:Restriction>
15.        <owl:onProperty rdf:resource="#hasParent"/>
16.        <owl:allValuesFrom rdf:resource="#Person"/>
17.      </owl:Restriction>
18.    </rdfs:subClassOf>
19.  </owl:Class>
20.  <owl:ObjectProperty rdf:ID="hasAncestor">
21.    <rdf:type rdf:resource="&owl;TransitiveProperty"/>
22.    <rdfs:domain rdf:resource="#Animal"/>
23.    <rdfs:range rdf:resource="#Animal"/>
24.  </owl:ObjectProperty>
25.  <owl:ObjectProperty rdf:ID="hasParent">
26.    <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#hasAncestor"/>
27.  </owl:ObjectProperty>
28. </rdf:RDF>
```

6.6. SPARQL (Query Language for RDF)

La représentation de connaissances dans la nouvelle génération du Web sémantique est importante mais la capacité de faire des requêtes de ces connaissances joue aussi un rôle crucial dans les applications ou les bases de connaissances. Parmi certains langages de requêtes connus tels que RQL, TRIPLE, SQL, XPATH... SPARQL, un langage de requête proposé par W3C et dédié à RDF, est largement utilisé dans le domaine de recherche et d'extraction d'informations. Le langage SPARQL est basé sur la correspondance des patrons de graphe (matching graph patterns). Le patron de graphe le plus simple est le patron de triplets (comme un triplé en RDF) mais il possède la capacité d'exprimer des variables de requête dans les positions du sujet, de la propriété ou de l'objet d'un triplet. D'autre part, SPARQL intègre également des balises (tags) spécifiques telles que le patron de graphe optionnel, l'union et l'intersection des patrons, le filtrage, les opérateurs de comparaison des valeurs... permettant d'effectuer des requêtes plus efficaces et flexibles. Nous présentons par la suite un exemple de requête en SPARQL qui demande le titre (i.e. ? titre) et le prix (i.e. ? Price) des ressources dont le prix est inférieur à 30. [12]

```
1.    PREFIX dc: <http://purl.org/dc/elements/1.1/>
2.    PREFIX ns: <http://example.org/ns#>
3.    SELECT ?title ?price
4.    WHERE { ?x ns:price ?price .
5.           ?x dc:title ?title .
6.           FILTER (?price < 30) .
       }
```

Dans notre travail de thèse, nous utilisons le moteur de recherche sémantique Corse dont le langage de requête est aussi basé sur le langage SPARQL . La syntaxe et la sémantique du langage de requête de Corse respectent les protocoles de SPARQL.

6.7. RDFa

RDFa [13] est un langage candidat à une recommandation du W3C. Son objectif principal est de rajouter les informations en RDF dans les documents HTML ou XHTML (i.e. (X)HTML). Le langage RDFa fournit une syntaxe et un ensemble de balises (tags) pour décrire les données structurées en (X)HTML. Avec les informations supplémentaires insérées

dans les balises, les données structurées en (X)HTML sont rajoutées les “sémantiques” qui permettront l’échange d’informations par les applications automatiques ou par les agents informatiques. L’exemple ci-dessous représente les informations ajoutées par RDFa (i.e. le namespace `xmlns : contact`, les propriétés `contact : Fn`, `contact : titre`, etc.) dans un document XHTML décrivant les informations d’une coordonnée (i.e. le nom, le titre et l’adresse email du contact).

```
1. <html xmlns:contact="http://www.w3.org/2001/vcard-rdf/3.0#">
2. ...
3. <p class="contactinfo" about="http://example.org/staff/Hiep">
4. Je m'appelle
5. <span property="contact:fn">
6. Luong Phuc Hiep
7. </span>
8. I'm a
9. <span property="contact:title">
10. Doctorant
11. </span>
12. Adresse email
13. <a rel="contact:email" href="mailto:phluong@sophia.inria.fr">
14. via email
15. </a>.
16. </p>
17. ...
```

6.8. RIF (Rule Interchange Format)

RIF [14] est un formalisme proposé par le W3C permettant de fournir l’interopérabilité entre les langages de règles en général et ceux utilisés en particulier pour le Web. Le noyau de ce langage, RIF Coré, correspond à la logique de Horn. Il offre certaines extensions inspirées des langages à objets et de frames, ainsi que les URIs, les types de données de XML Schéma... La partie principale de RIF Coré est le langage de condition (Condition Language). Ce langage définit la syntaxe et la sémantique des règles de RIF ainsi que la syntaxe pour des requêtes. D’autre part, la spécification de RIF repose sur certains types de règles : les règles

de production, la programmation logique, les règles basées sur la logique du premier ordre, les règles réactives ou les règles normatives... Nous montrons ci-dessous une condition représentée en RIF et la correspondance en règle RIF Horn.

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. RIF condition:
Exists ?Y (condition(?X ?Y))2. RIF Horn rule:
Forall ?X (then(?X) :- Exists ?Y (condition(?X ?Y))) |
|---|

Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons abordé d'ontologie de l'ingénierie et la représentation du Web sémantique.

En début, nous avons commencé par notion d'ontologie, en montrant (quelques l'historique, définitions, composants de l'ontologie, les étapes de construction, avantage d'une ontologie et outils de manipulation).

Ensuite, nous avons éclairci la notion du Web sémantique, en commençant par le définir, présenter Architecture du Web sémantique, donner les logiques utilisées dans le Web sémantique et ensuite les différents langages de Web Sémantique (XML, RDF(S), RDFS, DAML+OIL, OWL)

Chapitre II

L'ontologie pharmaceutique

Chapitre II

L'ontologie Pharmaceutique

Histoire du domaine pharmaceutique

La pharmacie la plus ancienne recensée dans l'histoire date de 754. Ouverte à Bagdad par des pharmaciens arabes, elle a rapidement été rejointe par d'autres, initialement dans le monde médiéval islamique et, par la suite, en Europe. Au XIXe siècle, nombre de pharmacies européennes et nord-américaines sont devenues des compagnies pharmaceutiques à part entière, et, de fait, la plupart des compagnies pharmaceutiques actuelles ont été fondées à cette époque.

Au XXe siècle, les découvertes centrales des années 1920 et des années 1930 dans le domaine de la médecine, telles que la pénicilline et l'insuline, commencent alors à être produites en quantité industrielle et distribuées au détail. La Suisse, l'Allemagne et l'Italie ont des industries particulièrement puissantes, suivies de près par le Royaume-Uni, les États-Unis, la Belgique et les Pays-Bas.

Une législation est adoptée pour encadrer les expérimentations et approuver les médicaments qui reçoivent un label adéquat. La distinction est faite entre les médicaments nécessitant une ordonnance et les médicaments en vente libre au fur et à mesure que l'industrie pharmaceutique grossit et mûrit.

L'industrie pharmaceutique se développe sérieusement à partir des années 1950 à la suite du développement d'une approche systématique et scientifique, d'une meilleure compréhension du corps humain (en particulier avec l'ADN) ainsi que l'apparition de procédés manufacturiers plus sophistiqués.

Durant les années 1950, plusieurs nouveaux médicaments sont développés et sont ensuite, dans les années 1960, distribués en grande quantité. Parmi ceux-là, on compte la première forme de contraception orale, « la Pilule », la Cortisone ainsi que des médicaments pour le contrôle de la pression artérielle et pour d'autres maladies cardiaques. Le domaine des

médicaments pour les maladies psychiatriques et dépressives se développe aussi. Le Valium (diazépam) est découvert en 1960 et commence à être prescrit dès 1963, devenant alors le médicament le plus prescrit de l'histoire de la pharmacie.

Pour encadrer le développement des compagnies pharmaceutiques, les gouvernements prennent de nombreuses mesures législatives. Aux États-Unis, la Food and Drug Administration (FDA), créée en 1906, est l'une des premières institutions étatiques à assurer le contrôle légal d'un marché jusqu'alors très libre. Elle est ensuite placée sous l'autorité du Ministère de la Santé de l'Éducation et du Bien-être à partir de 1953. En France, il faudra attendre 1993 et la création de « l'Agence du médicament » (aujourd'hui ANSM) pour voir apparaître un organe semblable. En 1964, l'Association médicale mondiale publie la Déclaration d'Helsinki qui précise certaines règles de la recherche clinique et demande qu'un sujet donne son autorisation explicite avant de pouvoir être utilisé dans des tests cliniques pour des nouveaux médicaments. On demande alors aux compagnies pharmaceutiques de prouver l'efficacité des tests médicaux avant d'autoriser la mise en vente d'un nouveau médicament. Jusqu'aux années 1970, cette industrie reste relativement circonscrite malgré un fort potentiel de croissance. Dans le cadre de la mondialisation et de la concurrence qu'elle a exacerbé, une course aux dépôts de brevets (qui permettent de protéger à la fois des produits et des techniques de production) a encouragé vers le milieu des années 1980 et dans les pays concernés, la création de partenariats commerciaux et de rachats entre de grandes firmes et les petits laboratoires de recherche ou start-ups qui peinent à survivre, entraînant un phénomène de concentration de la production et de la recherche pharmaceutiques, rapidement dominées par les plus grandes compagnies internationales qui maîtrisent les fonds et les structures. Ce phénomène de concentration s'est par exemple traduit en France en 30 ans (1970-2009) par une chute du nombre d'entreprises pharmaceutiques alors que leur taille augmentait et leur chiffre d'affaires était presque décuplé (multiplié par 7 en valeur à prix relatifs). La mondialisation disperse aussi la production. Les années 1980 sont une période charnière où l'industrie du génie génétique obtient la possibilité de breveter le vivant (OGM), et où la réglementation s'internationalise et devient plus stricte pour ce qui concerne la maîtrise du risque sanitaire et environnemental. La génomique progresse rapidement, aidée par les progrès de la bio-informatique qui changent radicalement la manière de penser le médicament. C'est alors qu'apparaissent les premiers traitements pour lutter contre le SIDA.

Au début du XXIème siècle, de nouvelles formes de recherche et de travail (par exemple basés sur un développement plus collaboratif de l'Open data en médecine) sur les médicaments laissent entrevoir de nouvelles perspectives pour le milieu pharmaceutique, dont pour les pays pauvres. Si jusqu'à présent la plupart de la recherche et du développement se basait sur la chimie et la biochimie, l'alliance de la bio-informatique, des biotechnologies et les nanotechnologies pourraient ouvrir de nouvelles frontières. La création des grandes entreprises internationales a toujours commencé par une innovation.

Comprendre le domaine pharmaceutique : Un guide approfondi

Le secteur pharmaceutique, qui connaît l'une des croissances les plus rapides au monde, joue un rôle crucial dans les soins de santé. De la recherche et du développement de nouveaux médicaments à leur fabrication et à leur distribution, l'industrie a parcouru un long chemin pour répondre aux besoins de santé des populations du monde entier.

La première drogue synthétique, l'aspirine, est apparue en 1897. Depuis, il y a eu des développements spectaculaires dans le domaine des médicaments pour traiter un large éventail de problèmes de santé, y compris les maladies, la santé mentale et d'autres situations. Aujourd'hui, il existe sur le marché des milliers de médicaments capables de prévenir, de traiter et d'atténuer l'impact de maladies qui, il y a à peine quelques générations, étaient destinées à la mort. Dans le même temps, la résistance aux antimicrobiens est un problème pour l'efficacité de nombreux médicaments couramment utilisés dans l'une des menaces les plus préoccupantes d'aujourd'hui pour la santé mondiale.

L'accès à des médicaments appropriés s'est avéré avoir des implications importantes pour la santé de la société et les indicateurs économiques connexes. Des médicaments, des vaccins et des dispositifs médicaux de qualité, sûrs et efficaces sont essentiels à un système de santé efficace. Cependant, la mondialisation du commerce pourrait saper la réglementation, et dans des environnements de ressources précisément limitées, la présence de médicaments de mauvaise qualité, contrefaits, frauduleux, frauduleux ou contrefaits augmente. Travailler à accroître l'accès aux médicaments essentiels tout en réduisant la

propagation de produits frauduleux est au cœur de la Stratégie mondiale antidrogue de l'Organisation mondiale de la Santé.

Dans cet article, nous allons explorer le domaine pharmaceutique en détail, y compris son histoire, sa situation actuelle, ses défis et ses opportunités :

L'état actuel du domaine pharmaceutique :

Aujourd'hui, le domaine pharmaceutique est une industrie mondiale qui pèse des milliers de milliards de dollars. L'industrie est divisée en plusieurs segments, dont la recherche et le développement, la fabrication, le marketing et la distribution. Le secteur est très réglementé, avec des lois et des directives strictes régissant le développement, la sécurité et l'efficacité des médicaments. Le secteur est également très compétitif, les entreprises investissant des milliards de dollars dans la recherche et le développement pour rester à la pointe du progrès. Ces dernières années, le secteur a été confronté à plusieurs défis, notamment l'augmentation du prix des médicaments, l'expiration des brevets et l'intensification des pressions réglementaires.

L'industrie pharmaceutique joue un rôle essentiel dans le secteur des soins de santé, en développant et en fabriquant des médicaments et des thérapies qui améliorent et sauvent d'innombrables vies chaque jour. Ce secteur est en constante évolution, les nouvelles technologies, les avancées scientifiques et les changements réglementaires façonnant le paysage. Dans cet article, nous allons explorer l'état actuel du domaine pharmaceutique, y compris les dernières tendances, les défis et les opportunités.

Vue d'ensemble de l'industrie pharmaceutique

L'industrie pharmaceutique est un secteur complexe et hautement réglementé qui englobe le développement, la fabrication et la distribution de médicaments. L'objectif principal de l'industrie est de développer des médicaments sûrs et efficaces qui peuvent prévenir, diagnostiquer, traiter ou guérir des maladies. L'industrie comprend à la fois de grandes multinationales et de petites entreprises de biotechnologie, et elle emploie des scientifiques, des chercheurs, des cliniciens, des régulateurs et d'autres professionnels.

Principaux laboratoires pharmaceutiques

Les quatorze premiers laboratoires pharmaceutiques mondiaux sont, par ordre de taille en US dollar, le 12 mars 2009 (classés par CA du groupe, cités par "Les Echos") :

- Pfizer-Wyeth (États-Unis) : 75 milliards de dollars
- Merck & Co.- Schering-Plough (États-Unis) : 47 milliards,
- Hoffmann-La Roche-Genentech (Suisse) : 43,10 milliards,
- Novartis (Suisse) : 41,50 milliards,
- Sanofi-Aventis (France) : 34,90 milliards,
- GlaxoSmithKline (Royaume-Uni) : 33,60 milliards,
- AstraZeneca (Royaume-Uni) : 31,60 milliards,
- Abbott (États-Unis) : 29,50 milliards,
- Johnson & Johnson : 24,60 milliards (pharma uniquement) (États-Unis)
- Bristol-Myers-Squibb (États-Unis) : 20,60 milliards,
- Eli Lilly (États-Unis) : 18,63 milliards,
- Amgen (États-Unis) : 14,77 milliards,
- Bayer (Allemagne) : 14,10 milliards,
- Boehringer-Ingelheim Pharmaceuticals (Allemagne) : 10,95 milliards (2007).

Dernières tendances de l'industrie pharmaceutique

Aujourd'hui plus que jamais, les entreprises n'ont plus le luxe de pouvoir se consacrer au début de chaque année à l'analyse des nouvelles tendances qui influencent et métamorphosent les industries. En 2020, l'industrie pharmaceutique ne déroge pas à la règle.

Nous venons à peine d'entamer cette nouvelle année que déjà, de nombreuses initiatives basées sur l'intelligence artificielle (IA) et l'apprentissage automatique sont appliquées à

l'élaboration de nouveaux médicaments ; c'est en tout cas ce que révélait en décembre 2019 un rapport rédigé par le U.S. Government Accountability Office (GAO, organisme d'audit, d'évaluation et d'investigation du Congrès des États-Unis chargé du contrôle des comptes publics du budget américain).¹ En annonçant il y a quelque temps la mise en place d'un Drug Risk Management Board (DRMB, conseil sur la gestion des risques liés aux médicaments), la Food and Drug Administration (FDA) américaine se veut, elle aussi, actrice de cette vague de changement. Janet Woodcock, directrice du DRMB, explique que le conseil sera entre autres chargé de faciliter la modernisation du Center for Drug Evaluation and Research (CDER, centre de recherche et d'évaluation des médicaments), et plus particulièrement de son cadre de surveillance de la sécurité des produits commercialisés.

Ces différentes tendances que l'on voit émerger en 2020 se placent avant tout sous le signe de la modernisation ; un élan observable par la multiplication des initiatives menées par les instances dirigeantes de l'industrie pharmaceutique, empreintes d'un désir de réaliser des progrès à la fois marquants et disruptifs dans le secteur des soins de santé. Voici quelques-unes des dernières tendances de l'industrie :

La médecine personnalisée : L'essor de la médecine de précision a conduit au développement de thérapies qui ciblent des populations de patients spécifiques sur la base de données génétiques et autres.

La santé numérique : L'utilisation des technologies numériques, telles que la télémédecine, les appareils portables et les applications de santé, transforme la prestation des soins de santé et l'engagement des patients.

Produits biologiques : les médicaments biologiques, qui sont dérivés d'organismes vivants, jouent un rôle de plus en plus important dans le traitement de maladies telles que le cancer et les troubles auto-immuns.

Thérapie génique : Le développement des thérapies géniques, qui visent à guérir ou à traiter les troubles génétiques en remplaçant ou en réparant les gènes défectueux, est un domaine de recherche prometteur.

Intelligence artificielle et ontologie pharmaceutique : L'utilisation de l'intelligence artificielle dans la découverte et le développement de médicaments accélère le rythme de l'innovation et améliore l'efficacité des essais cliniques.

Les défis de l'industrie pharmaceutique

L'industrie pharmaceutique est confrontée à de nombreux défis, allant des obstacles réglementaires aux incertitudes scientifiques en passant par les pressions économiques. Voici quelques-uns des principaux défis à relever :

La conformité réglementaire : Les entreprises pharmaceutiques doivent se conformer à des réglementations strictes régissant le développement, les essais et l'approbation des médicaments, ce qui peut s'avérer long et coûteux.

Protection de la propriété intellectuelle : La protection des droits de propriété intellectuelle est cruciale pour les entreprises pharmaceutiques, mais il peut être difficile de naviguer dans le paysage complexe des brevets et de repousser les contestations juridiques.

Pressions sur les prix : La fixation des prix des produits pharmaceutiques est une question brûlante, de nombreuses parties prenantes réclamant une plus grande transparence et une meilleure accessibilité financière.

Efficacité des essais cliniques : Les essais cliniques sont coûteux et chronophages, et nombre d'entre eux ne produisent pas de résultats significatifs.

La résistance aux médicaments : L'augmentation des infections et des maladies résistantes aux médicaments est une préoccupation croissante, et les entreprises pharmaceutiques doivent trouver de nouveaux moyens de lutter contre ces menaces.

Opportunités pour l'industrie pharmaceutique

Malgré les défis, l'industrie pharmaceutique offre de nombreuses possibilités d'innovation et de croissance. Voici quelques-unes des principales opportunités :

Les marchés émergents : L'augmentation des consommateurs de la classe moyenne dans les marchés émergents représente une énorme opportunité pour les entreprises pharmaceutiques d'étendre leur portée et de puiser dans de nouvelles sources de revenus.

La santé numérique : Les technologies de santé numérique offrent de nouvelles façons d'impliquer les patients, de collecter des données et d'améliorer les résultats.

Médecine de précision : L'évolution vers une médecine personnalisée ouvre de nouvelles voies pour le développement de médicaments et les soins aux patients.

Thérapie génique : La thérapie génique a le potentiel de guérir ou de traiter des maladies jusqu'alors incurables, ce qui donne de l'espoir aux patients et ouvre de nouvelles perspectives aux développeurs de médicaments.

Collaboration : La collaboration entre les entreprises pharmaceutiques, les institutions universitaires et les autres parties prenantes peut conduire à un développement plus efficace des médicaments, à une plus grande innovation et à de meilleurs résultats pour les patients.

En conclusion, l'industrie pharmaceutique est un secteur dynamique et complexe qui joue un rôle essentiel dans l'amélioration de la santé publique. Bien que l'industrie soit confrontée à de nombreux défis, notamment la conformité réglementaire, la protection de la propriété intellectuelle et les pressions sur les prix, elle présente également de nombreuses opportunités d'innovation et de croissance, en particulier dans les marchés émergents, la santé numérique, la médecine de précision, la thérapie génique et la collaboration. Alors que le secteur continue d'évoluer, il sera intéressant de voir comment ces tendances et ces défis façonneront l'avenir des soins de santé.

LES DÉFIS POUR L'INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE

L'industrie pharmaceutique a un poids économique important en France, aussi bien pour l'emploi que pour la balance économique. Néanmoins elle doit faire face à de nombreux défis

qui mettent en jeu la pérennité d'un certain nombre de laboratoires. Nous allons simplement lister les principaux.

1. Le défi de l'innovation

Le développement des génériques fait que les laboratoires pharmaceutiques ne peuvent plus compter sur des rentes de situations. Une fois commercialisé, le médicament n'est souvent plus couvert très longtemps par son brevet, le compte à rebours commençant avant la mise sur le marché. Quand le brevet d'un médicament tombe, son prix baisse en général de 30 à 50% en France et parfois beaucoup plus à l'étranger, de 50 à 70% aux Etats Unis ou en Allemagne par exemple. Les laboratoires doivent donc trouver de nouveaux médicaments, ce qui n'est pas toujours facile.

L'innovation représente moins de 10% du marché annuel (en termes de vente) mais 90% de sa croissance, c'est-à-dire que c'est l'innovation qui permet la croissance du marché du médicament.

L'innovation est en crise du fait de l'épuisement des produits vedettes traditionnels (appelés blockbusters), du rendement de plus en plus faible de la recherche qui explique qu'il y ait moins de progrès radicaux et enfin d'une évaluation du rapport bénéfice/risque des médicaments par les autorités de régulation plus rigoureuse et exigeante.

2. Le défi du prix : prix de l'innovation et prix du médicament

Le cout de développement du médicament augmente et les industriels aimeraient bien pouvoir reporter ce coût sur le prix du médicament. Mais les systèmes de couverture sociale ne peuvent pas absorber à l'infini une augmentation des dépenses de santé en général et des médicaments en particulier.

La plupart des pays industrialisés sont confrontés à une équation insoluble qui est que:

- a. La population âgée, la plus à risque de pathologies chroniques, augmente,

- b. La prévalence de certaines maladies (comme le cancer) augmente indépendamment du vieillissement de la population,
- c. iii) le prix des médicaments augmente.

Ces trois points expliquent une augmentation mathématique des dépenses de médicaments. La réponse des systèmes d'assurance maladie est donc, soit d'encadrer le prix des médicaments et de ne valoriser que la vraie innovation, comme c'est le cas en France, soit d'autoriser le médicament sans le prendre en charge au titre de la solidarité nationale, comme c'est le cas pour certains anticancéreux au Royaume Uni. N'ont alors accès au traitement que ceux ayant une assurance complémentaire qui accepte la prise en charge ou qui peuvent se permettre de payer le traitement.

3. Le défi des marchés émergents

Des pays comme le Brésil, la Chine ou l'Inde sont en pleine modernisation et ont donc des populations qui demandent à avoir accès à une offre de soins actuelle. Mais, si cette émergence ouvre la voie à un marché potentiel très important pour l'industrie pharmaceutique, les populations concernées ont encore un pouvoir d'achat très loin de celui des pays les plus anciennement industrialisés et ne peuvent acquérir les médicaments au tarif occidental. Ces pays ont donc laissé faire ou même favorisé une stratégie de production locale, parfois outrepassant la protection du brevet.

Opportunités dans le domaine pharmaceutique

Accélération du numérique, biotechnologies, risques sanitaires, développement de pathologies liées au vieillissement, élargissement de portefeuilles de médicaments afin d'adresser plusieurs segments thérapeutiques (synergies avec la santé animale), marchés émergents... sont autant de défis à relever pour les acteurs de la santé, qui nécessitent des talents aux compétences adaptées.

Dans le même temps, cette industrie pharmaceutique en pleine transformation, reconnue comme stratégique dans le pays, peine à recruter !

La méconnaissance des opportunités de carrières et une image à travailler, afin de notamment démontrer aux candidats l'utilité des métiers pour la santé de tous, n'expliquent pas tout... surtout avec des salaires moyens supérieurs de 31% à la moyenne de l'industrie, toujours selon le dernier rapport du LEEM.

La typologie des recrutements dans le secteur, en marketing et management, longtemps cantonnés aux étudiants en pharmacie et au top 5 des écoles de commerce, évolue très vite. L'industrie pharmaceutique a misé sur l'alternance depuis quelques années, en passant de 1 500 contrats en 2003 à 9 000 en 2021 et dans le même temps... 95% des contrats d'alternance signés dans l'industrie pharmaceutique se transforment en CDI (LEEM)

« Les étudiants experts, acculturés au digital, sensibles aux domaines du Marketing et du Management et souhaitant ouvrir leurs horizons au secteur de la santé, ayant une appétence pour le secteur voire une première expérience, voient les portes s'ouvrir en grand. Outre les effets de l'alternance, le secteur doit également recruter 10 000 nouveaux salariés d'ici 2030, notamment pour faire face au développement des biotechnologies » *explique Edouard BOURBON, directeur des programmes Marketing, Communication et Digital & Data à Paris*.

« Les étudiants experts, acculturés au digital, sensibles aux domaines du Marketing et du Management et souhaitant ouvrir leurs horizons au secteur de la santé, ayant une appétence pour le secteur voire une première expérience, voient les portes s'ouvrir en grand. Outre les effets de l'alternance, le secteur doit également recruter 10 000 nouveaux salariés d'ici 2030, notamment pour faire face au développement des biotechnologies. »

Le rajeunissement des effectifs salariés de l'industrie en France est aussi un enjeu majeur : la part des moins de 26 ans reste faible à 3%, quand 20% des salariés ont plus de 55 ans. En tant qu'acteur de l'enseignement supérieur, l'INSEEC souhaite profiter de l'impact de cette pyramide des âges qui nous alerte et offre une raison supplémentaire pour se spécialiser dans le secteur. Notre mission est aussi de faire découvrir à nos apprenants des domaines auxquels ils n'auraient pas pensé, surtout ceux pourvoyeurs d'emplois.

L'ontologie pharmaceutique :

L'ontologie pharmaceutique fait référence au développement et à l'utilisation de systèmes formels qui représentent les connaissances sur les médicaments, leurs propriétés et leurs relations. Les ontologies sont essentiellement des vocabulaires structurés qui définissent les concepts, les classes et les relations dans un domaine spécifique. Dans le contexte de l'industrie pharmaceutique, les ontologies peuvent être utilisées pour soutenir la découverte et le développement de médicaments, ainsi que d'autres tâches connexes.

L'utilisation d'ontologies pharmaceutiques présente plusieurs avantages majeurs. L'un des principaux avantages est qu'elles permettent un partage et une intégration des données plus efficaces et plus précis. Comme les ontologies fournissent un moyen normalisé de décrire les concepts et les relations, elles peuvent faciliter l'échange d'informations entre différents systèmes et organisations. Cela peut contribuer à rationaliser les processus de découverte et de développement de médicaments, à améliorer la prise de décision et à réduire les erreurs et les redondances.

Les ontologies pharmaceutiques peuvent également contribuer à améliorer la qualité et la cohérence des données. En fournissant un vocabulaire normalisé, les ontologies peuvent contribuer à garantir que les données sont enregistrées et interprétées de manière cohérente à travers différentes sources et applications. Cela permet de réduire les erreurs et les incohérences et d'améliorer la qualité globale des données utilisées pour le développement de médicaments et d'autres tâches connexes.

Un autre avantage des ontologies pharmaceutiques est qu'elles peuvent contribuer à améliorer la sécurité et l'efficacité des médicaments. En fournissant une représentation complète et normalisée des propriétés des médicaments et de leurs relations, les ontologies peuvent aider à identifier les problèmes de sécurité et les interactions médicamenteuses potentielles. Cela peut contribuer à améliorer la sécurité et l'efficacité des médicaments et, en fin de compte, profiter aux patients.

Le développement et l'utilisation d'ontologies pharmaceutiques posent plusieurs problèmes. L'un des principaux est la complexité du domaine. L'industrie pharmaceutique est un secteur extrêmement complexe et en constante évolution, avec de nouveaux médicaments et de nouvelles thérapies développés en permanence. La création d'une ontologie complète

capable de capturer toutes les informations et relations pertinentes peut s'avérer une tâche ardue.

Le besoin de collaboration et de normalisation constitue un autre défi. L'élaboration d'une ontologie pharmaceutique nécessite la contribution de nombreuses parties prenantes, notamment des scientifiques, des autorités de réglementation et d'autres professionnels. Pour que l'ontologie soit largement acceptée et utilisée, il faut une collaboration et une coordination entre les différentes organisations et juridictions.

Malgré ces difficultés, le développement et l'utilisation d'ontologies pharmaceutiques sont très prometteurs pour l'amélioration de la découverte et du développement de médicaments et d'autres tâches connexes. À mesure que l'industrie pharmaceutique continue d'évoluer, les ontologies joueront probablement un rôle de plus en plus important en facilitant le partage efficace et effectif des données, la prise de décision et, en fin de compte, de meilleurs résultats pour la santé des patients.

Ces dernières années, le développement d'ontologies pharmaceutiques a progressé de manière significative. Plusieurs exemples notables d'ontologies pharmaceutiques ont été développés et sont actuellement utilisés dans l'industrie. Il s'agit notamment de l'ontologie Chemical Entities of Biological Interest (ChEBI), qui fournit une représentation complète des entités chimiques pertinentes pour la recherche biologique, de l'ontologie des médicaments (DrON), qui fournit une représentation normalisée des médicaments et de leurs relations, et de l'ontologie des événements indésirables (OAE), qui fournit une représentation normalisée des événements indésirables associés aux médicaments.

Les ontologies pharmaceutiques sont également utilisées dans d'autres domaines de l'industrie des soins de santé, tels que les dossiers médicaux électroniques (EHR) et les systèmes d'aide à la décision clinique (CDSS). En intégrant les ontologies pharmaceutiques dans ces systèmes, les professionnels de la santé peuvent accéder à des informations plus précises et plus complètes sur les médicaments, leurs propriétés et leurs interactions. Cela peut contribuer à améliorer la sécurité des patients et les résultats, ainsi qu'à réduire les coûts et à améliorer l'efficacité.

En fin, l'utilisation d'ontologies pharmaceutiques est très prometteuse pour améliorer la découverte et le développement de médicaments, ainsi que d'autres tâches connexes. En fournissant une représentation normalisée et complète des propriétés des médicaments et de leurs relations, les ontologies peuvent faciliter un partage et une intégration des données plus efficaces et plus précis, améliorer la qualité et la cohérence des données et, en fin de compte, améliorer la sécurité et l'efficacité des médicaments. Bien que le développement et l'utilisation d'ontologies pharmaceutiques posent des problèmes, la recherche et la collaboration en cours dans ce domaine sont susceptibles d'apporter des avantages significatifs à l'industrie pharmaceutique et aux patients.

Ressource terminologique et ontologique en médecine

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. On va faire un panorama de certaines d'elles.

1. CIM

L'appellation complète de la Classification internationale des maladies est « Classification statistique Internationale des Maladies et des problèmes de santé connexes » (en anglais : International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems). La désignation usuelle abrégée de « Classification Internationale des Maladies » est à l'origine du sigle couramment utilisé pour la désigner : « la CIM » (en anglais : ICD). La CIM permet le codage des maladies, des traumatismes et de l'ensemble des motifs de recours aux services de santé. Elle est publiée par l'Organisation Mondiale de la Santé. Elle bénéficie d'une remise à niveau régulière, la version la plus récente étant la 10ème révision CIM-10. Il s'agit d'une classification monoaxiale avec 21 chapitres principaux dont 17 concernent des maladies et 4 concernent les signes et résultats anormaux, les causes de traumatismes, d'empoisonnement ou de morbidité, l'état de santé et les facteurs de recours aux soins.

2. UMLS [15]

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.

3. GALEN [15]

GALEN (General Architecture for Language, Encyclopedia and Nomenclature) est un projet européen, développé par l'organisation Open Galen depuis 1992-1999. Il vise à mettre en place un serveur de terminologie médicale partageable et réutilisable. Il est centré sur une ontologie, Common Reference Model : CRM, représentée dans un langage de représentation propre à GALEN appelé GRAIL (Galen Representation And Integration Language). Cette ontologie représente des concepts médicaux des domaines dans lesquels le projet s'est développé, indépendamment de toute application. La version de GALEN top-level ontology (Décembre 2002) comprend environ 25,000 concepts.

4. MENELAS [16]

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.

5. FMA [17]

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.

6. NAUTILUS [18]

Est une ontologie médicale construite, au sein du projet 'ligne de vie', à partir d'une base de données à travers un algorithme de translation proposé par les membres du projet. Son but est d'annoter les documents afin d'améliorer la recherche des documents partageables est accessibles par les membres du réseau de soins. Elle est représentée dans un langage de représentation de connaissance standard : RDF(S)

7. OntoPneumo [19]

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.

Conclusion

Le domaine pharmaceutique est une industrie complexe et dynamique qui joue un rôle essentiel dans les soins de santé. Depuis ses racines anciennes dans la médecine traditionnelle jusqu'aux thérapies de pointe d'aujourd'hui, l'industrie a parcouru un long chemin. Bien qu'il soit confronté à plusieurs défis, notamment l'augmentation du prix des médicaments et l'expiration des brevets, il présente également plusieurs opportunités de croissance et d'innovation. À mesure que le secteur continue d'évoluer, il sera fascinant de voir ce que l'avenir nous réserve.

Dans ce chapitre, nous avons essayé de présenter de nombreuses ressources terminologiques utilisées dans le domaine médical, citant comme exemples DOLCE, GALEN, FMA qui sont des ontologies, et SNOMED, MENELAS, MeSH, CIM. Nous avons attribué à chacune de ces ressources une définition bien précise et énuméré leurs propriétés.

Au cours du chapitre suivant, nous nous intéressons aux étapes de construction de notre ontologie de domaine médical.

Chapitre III
Conception De
L'ontologie

Chapitre III

Conception De L'ontologie

Introduction

La conception d'ontologies est une tâche difficile nécessitant la mise en place de procédés élaborés afin d'extraire la connaissance d'un domaine, manipulable par les systèmes informatiques et interprétable par les êtres humains. Deux types de conception existent : la conception entièrement manuelle et la conception reposant sur des apprentissages. Plusieurs principes et méthodologies ont été définis pour faciliter la construction manuelle. Ils mènent à la conception d'ontologies dites légères et d'ontologies dites lourdes

Ce chapitre présente notre contribution à la problématique posée dans ce mémoire, A savoir la construction d'une ontologie de domaine médicale. Cette ontologie est appelée une ontologie de domaine, d'abord en suivant un processus de construction d'une ontologie de domaine partant de connaissances brutes et arrivant à une ontologie opérationnelle. Par la suite, nous d'écrirons comment nous avons utilisé l'outil PROT'EG'E pour éditer notre ontologie en langage OWL. Enfin, nous illustrerons la phase de vérification par le biais du système d'inférence et quelques requetés avec SPARQL.

Conception des ontologies

L'utilisation d'ontologies en informatique vise à intégrer une couche de connaissances aux systèmes afin de permettre des traitements élaborés de l'information qu'ils manipulent.

La conception d'ontologies est une tâche difficile qui nécessite la mise en place de procédés élaborés afin d'extraire la connaissance d'un domaine, manipulable par les systèmes informatiques et interprétable par les êtres humains.

La conception d'ontologies est un processus par lequel les gens créent une représentation structurée d'un domaine de connaissances. Une ontologie est un modèle conceptuel qui décrit les concepts, les relations et les ressources dans un domaine donné, ainsi que les contraintes et les règles qui les régissent. Voici les étapes générales impliquées dans la conception d'ontologies :

- Définir le domaine et l'objectif de l'ontologie :
 - Domaine de l'ontologie/bibliothéconomie et information - processus techniques
 - **L'objectif et les avantages de l'anthropologie** : le but de cette évolution est de connaître son rôle dans l'amélioration de l'efficacité des systèmes de recherche d'informations et de créer de nouveaux systèmes de recherche dans l'environnement Internet. L'un des objectifs de ce développement est d'aider à l'organisation, la recherche et la récupération de l'information disponible dans l'environnement Internet. (Synonymes) Cette anthologie est facile à utiliser et flexible afin qu'un bénéficiaire ordinaire non spécialisé puisse l'utiliser, et de nouveaux concepts et relations peuvent y être ajoutés à la fois à partir de la même spécialité ou de la terminologie d'autres disciplines communes.
- **Collecter des connaissances** : Rassemblez des informations et des connaissances pertinentes sur le domaine. Consultez des experts en la matière, des livres, des bases de données ou d'autres sources pour obtenir des données fiables.
- **Identifiez les idées** : identifiez les idées principales de la section et identifiez les relations entre elles. Un concept est une chose simple ou concrète qui représente un objet, une idée ou une chose dans ce domaine.
- **Expliquez les relations** : identifiez les relations entre les idées et expliquez comment elles s'influencent mutuellement. Une relation peut être une relation hiérarchique (par exemple, une relation "est-un"), une relation (par exemple, une relation "partielle"), une relation de dépendance, etc.
- **Identifier les propriétés** : identifier les propriétés ou les caractéristiques qui définissent les caractéristiques d'une idée. Par exemple, pour le concept ``voiture'', ces éléments pourraient inclure ``couleur'', ``marque'', ``modèle'', etc.
- **Déterminer les contraintes** : spécifiez les restrictions ou les règles qui s'appliquent aux idées, aux relations ou aux ressources. Par exemple, une restriction peut être que la propriété "date

de fabrication" du véhicule doit être antérieure à la "date de vente". **Organiser** : organiser les idées, les relations, les ressources et les contraintes dans un ordre logique. Vous pouvez utiliser des langages courants comme RDF (Resource Description Framework) ou OWL (Web Ontology Language) pour représenter votre ontologie.

- **Valider et évaluer** : Validez votre ontologie en la confrontant à des exemples concrets du domaine et vérifiez si elle capture bien les connaissances et les relations du domaine. Apportez des modifications et des corrections au besoin.
- **Documentation et maintenance** : Documentez votre ontologie pour en faciliter la compréhension et la gestion. Assurez-vous de mettre à jour et de maintenir votre ontologie à mesure que de nouvelles connaissances ou de nouvelles exigences émergent dans le domaine. La création d'ontologies est un processus déclaratif qui implique souvent une collaboration avec des experts du domaine. Il existe également des outils et des méthodes spécifiques pour soutenir la conception et le développement d'ontologies, comme Protégé, qui est un environnement de développement d'ontologies largement utilisé.

Déterminer la liste des relations binaires

Le but de ce projet est de créer une table de relations binaires expliqué en détail. Pour chaque relation utilisée dans le diagramme de relations numéro deux, nous décrivons le nom du lien, le nom de l'idée principale et cible, le nom de la relation inverse avec les cardinalités source et cible.

1. Construction de la table d'attributs :

La table des attributs contient une description détaillée des attributs inclus dans un dictionnaire

Conceptuel, et la classification des contraintes et des contraintes et ces principes.

2. Construction de la table des axiomes :

Dans ce processus, nous définissons ces idées en termes logiques possible. Pour chaque axiome, il faut préciser le sens de l'axiome dans la langue expression naturelle et logique qui

décrit clairement le premier axiome et les logiques méthodes, concepts, relations et variables utilisées.

3. Construction de la table des instances :

Un exemple de tableau décrit les articles les plus populaires ; qui a déjà été découvert dans le dictionnaire des idées. Pour chaque exemple, vous devez spécifier le nom du par exemple, le nom de l'idée où elle se trouve, ses caractéristiques et ses valeurs y est associé.

Construction d'un dictionnaire de concepts

Une fois la taxonomie des concepts et des graphes de relations binaires établie fait, il est donc important de spécifier les propriétés qui définissent chaque concept rang dans le dictionnaire de la pensée. Les dictionnaires conceptuels ont toutes les idées du département, leurs mots, leurs sigles, leurs caractéristiques et leurs relations. Les relations propres à chaque concept sont celles de leur lieu Un domaine est un concept soi.

Processus de construction d'une ontologie de domaine

Nous avons suivi les règles de l'ontologie de domaine à partir de de bonnes connaissances et arriver à un domaine d'ontologie fonctionnelle Il est représenté par le langage OWL. Cette méthode est dérivée de la méthode METHONDOLOGIE que nous avons expliqué dans le premier chapitre, et cela a été fait étape cinq :

1. Evaluation des besoins :

La construction d'une ontologie commence par la définition d'un domaine et de sa portée. Pour cela :

- Nous avons choisi le domaine de la nature comme domaine pour notre ontologie.

- Les buts de l'utilisation de l'ontologie sont :
 - Faire l'annotation sémantique d'une base d'image sur ce domaine
 - Enrichir le résultat de l'annotation par d'autres concepts de niveaux D'abstraction plus élevé par l'exploitation des relations sémantiques dans l'ontologie.
- Servir d'autres travaux tels que la recherche d'images.
- L'ontologie sert principalement à fournir des concepts avec lesquels on va faire l'annotation. De plus, ses relations vont servir pour avoir plusieurs niveaux d'abstraction dans les annotations des images.
- Les utilisateurs potentiels de l'ontologie sont : les personnes chargées de processus d'annotation. Ainsi que ceux responsables de développer un mécanisme pour la recherche sémantique des images

2. Conceptualisation :

À partir des données de l'expérience vécue personnellement ou collectivement Élaborer un concept ou un ensemble de concepts communicables. Conceptualiser une expérience, une intuition en (une) théorie (cf. abstraire, formaliser, généraliser, systématiser). Pour que nous puissions conceptualiser avec rigueur et de façon opératoire le produit et le coût d'un ensemble, disons d'une nation. L'exposé des notions de statut et de rôle fait immédiatement apparaître combien elles sont importantes pour conceptualiser les relations interpersonnelles

Aucune théorie n'a jusqu'à ce jour tenté de conceptualiser l'ensemble des intentions ou des connaissances relatives à l'éducation des adultes, pour élaborer un système de propositions et d'hypothèses cohérent

3. Formalisation :

Une fois le modèle conceptuel structuré, il faut le traduire dans un formalisme formel. Grâce à la formalisation, les définitions des concepts sont plus explicites et précises. L'objectif est de faciliter l'interprétation de l'ontologie.

Parmi les nombreux langages de formalisation des ontologies, il y a trois grandes familles: les langages à base de frames, les modèles des graphes contextuels et les logiques de description.

4. Composition et mise en œuvre :

La phase de formation est la formulation d'un modèle de connaissance formel qui est indépendant de tout langage de programmation, et par la suite la représentation de ce modèle par l'un des langages de représentation astrologique tels que le langage web "OWL".

C'est la phase dite de mise en œuvre. Grâce à l'utilisation de programmes de rédaction formels, la phase de configuration devient une phase implicite intégrée à la phase de mise en œuvre. Il peut être utilisé dans l'un des programmes de rédaction officiels, tels que Protégé (Protégé) pour la création d'anthologie.

5. Vérification et Evaluation :

Le gouvernement du Canada a fait une priorité de la responsabilité, de la transparence et de la supervision des opérations du gouvernement. Chaque année, Relations Couronne-Autochtones et Affaires du Nord Canada (RCAANC) effectue des évaluations ainsi que des vérifications internes, des vérifications des bénéficiaires, des vérifications judiciaires et des examens financiers. Ces contrôles permettent à RCAANC de s'assurer que les ressources humaines et financières sont utilisées de façon appropriée et que les programmes et les services offerts par sont pertinents, efficaces et efficaces.

Construction d'une ontologie de domaine

Pour réaliser cette ontologie de domaine nous suivons le processus décrit précédemment :

1. Evaluation des besoins

- **Le domaine de connaissance :** Le domaine médical.

- **L'objectif** : Partager de façon collaborative les connaissances médicales et faciliter la recherche et l'intégration d'informations provenant des multiples sources d'information médicales.
- **Les utilisateurs** : Les utilisateurs de cette ontologie sont : les médecins
- **Les sources d'informations** : L'encyclopédie médicale, interviews avec les médecins, sites web médicaux (dolcissimo, Eureka sente, experts du domaine...) Voir annexe.
- **La portée de l'ontologie** : Médecin, Médicament, maladie, diagnostique ...

2. Conceptualisation

L'objectif est d'organiser et de structurer la connaissance acquise durant l'étape de spécification en utilisant des représentations externes qui sont indépendantes des paradigmes de représentation de connaissances et des langages d'implémentation dans lesquels l'ontologie va être formalisée et implémentée. L'idée est de combler graduellement le canal entre les moyens d'expressions des intéressés et les langages d'implantation des ontologies.

Les représentations intermédiaires utilisées sont : les taxonomies de concepts, les diagrammes des relations binaires, le glossaire des termes, le dictionnaire des concepts, le tableau des relations binaires, spécifier des contraintes sur les attributs dans une table d'attributs, spécifier des axiomes sur les concepts dans une table d'axiomes logiques, décrire les instances des concepts dans une table d'instances.

Construction de diagramme des relations binaires et des attributs

Les relations binaires permettent de relier deux idées entre elles (l'idée principale et pensée objective). Si R est la relation entre deux concepts $C1$ et $C2$ alors pour tout couple de concepts $C1$ et $C2$, il existe une corrélation de ce type R qui relie les deux exemples de $C1$ et $C2$. Ce travail permet de représenter différents schémas de relations entre différents concepts hiérarchies identiques ou différentes.

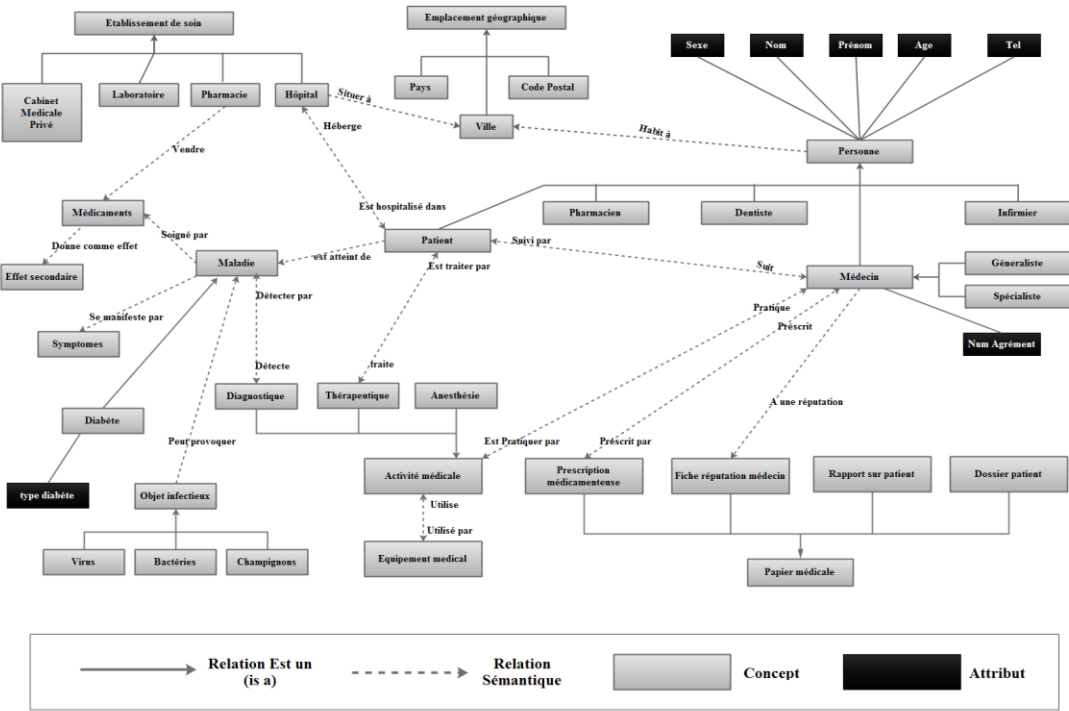


Figure III-1 : Diagramme des relations binaires

3. Formalisation

Comme cite auparavant, dans cette étape, nous utilisons le formalisme de la logique de description pour formaliser le modelé conceptuel que nous avons obtenu dans l'étape de conceptualisation. Le résultat est une base de connaissances en logique de description composé de deux parties T-BOX et A-BOX.

3.1.Le niveau terminologique ou TBox

Axiome terminologique
Medecin Spécialiste \subseteq Thing
Effet Secondaire \subseteq Thing
Pneumologue \subseteq Medecin Specialiste
Traitement \subseteq Thing
Medicament \subseteq Traitement
Antibiotique \subseteq Medicament \subseteq Traitement
Diagnostique \subseteq Thing \wedge (\existsdéetecte. Maladie)
Endocrinologue \subseteq Medecin Specialiste \wedge (\exists NumAgrément.String) \wedge (\existsnom.String) \wedge (\existsprenom.String) \wedge (\exists Telephone.String) \wedge (\existstraite. Maladies Endocriniennes)
Maladies œil \subseteq maladie \wedge (\existsdiagnostiquer par .Ophtalmologue)
(Pneumologue \wedge Cardiologue \wedge Viscéralgie \wedge pédiatre) \subseteq Medecin Specialiste

Figure III-2: Axiomes terminologiques (TBox)

Voici quelques définitions et axiomes terminologiques représentées dans le tableau suivant :

3.2.Construction d’ABox

Voici quelques assertions sur les individus représentées dans le tableau suivant :

Assertion sur les individus
<ul style="list-style-type: none"> • Pneumologue (Dr_ Hameg) • Diagnostiquer par (Maladies de l'œil, Ophtalmologue) • soigné par (Insuline) • Viséraliste (Dr_Hamrioui) • Cardiologue (Dr_Hemdani) • Médicament (Antalgique (panadole)) • Médicament (Antidiabétiques (Oraux(Amarel))) • Thérapeutique (chimiothérapie) • Diagnostique (Biopsie) • Traitement (Chirurgie) • Douleur (Arthralgie) • Maladies (Maladies Dermatologique (Acné)) • Symptôme (fatigue)

Figure III-3: Assertions sur les individus (ABox)

4. Composition et mise en œuvre

4.1. Dans le diagramme de cas d'utilisation :

L'acteur principal est représenté par « Utilisateur » (étiqueté « U »).

Les principales fonctionnalités de l'application Ontology Viewer sont représentées sous forme de cas d'utilisation :

« **Ouvrir une ontologie** » : permet à l'utilisateur d'ouvrir un fichier d'ontologie.

« **Rechercher** » : permet à l'utilisateur de rechercher des entités spécifiques dans l'ontologie.

« **Exporter en XML** » : Fournit la fonctionnalité pour exporter l'ontologie en tant que fichier XML.

« **Imprimer** » : permet à l'utilisateur d'imprimer l'ontologie ou les informations sélectionnées.

Le diagramme illustre les interactions entre l'utilisateur et les cas d'utilisation au sein de l'application Ontology Viewer.

4.2. Dans le diagramme de classes :

La figure suivante montre le diagramme des classes de cette application.

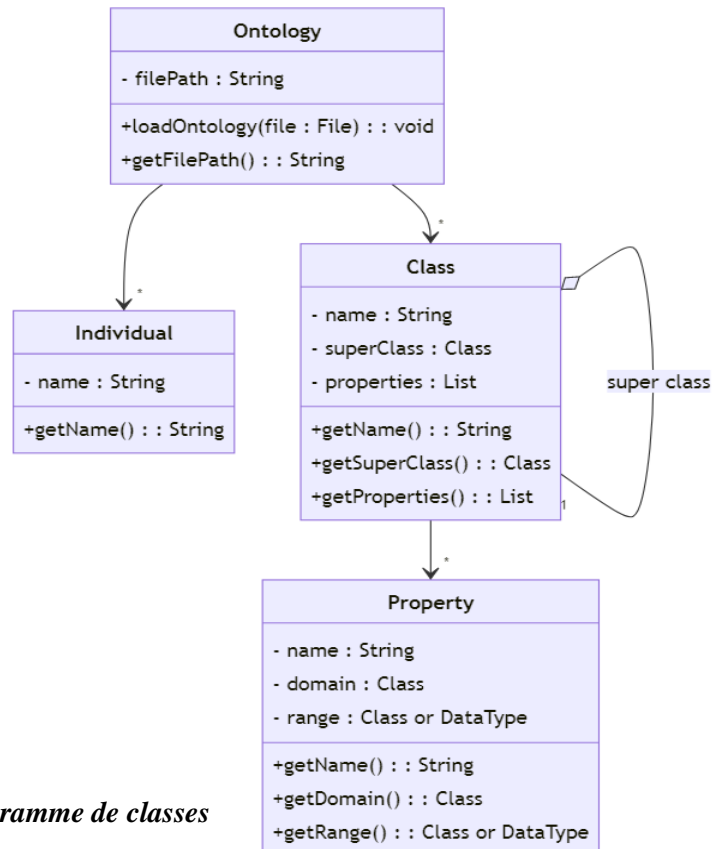


Figure III-4: Diagramme de classes

4.3. Diagramme séquence Ajouter Ontologie :

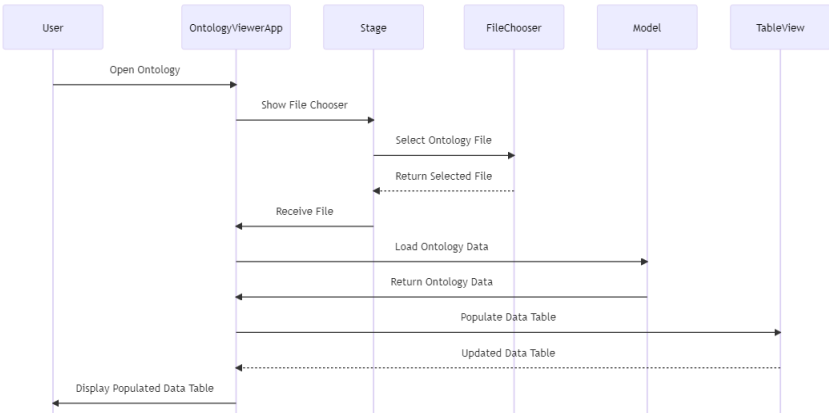


Figure 0-5: Diagramme séquence Ajouter Ontologie

4.4. Diagramme séquence Recherche Ontologie :

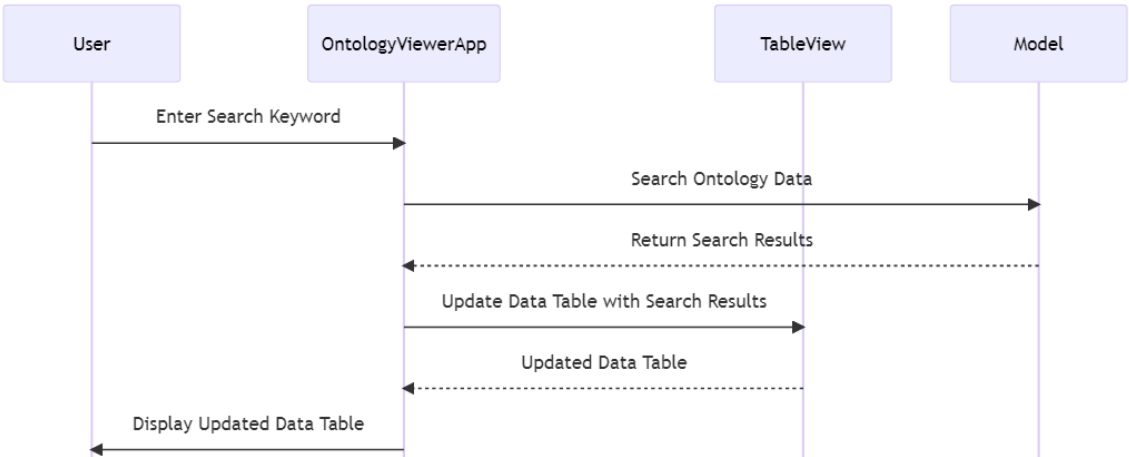


Figure 0-6: Diagramme séquence Recherche Ontologie

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté différentes méthodes pour cette conception L'ontologie suit un processus bien défini. Cela a permis d'avoir une liste d'idées, Une liste de relations et une autre liste d'attributs en plus d'une représentation hiérarchique de connaissance du domaine. La prochaine étape est de créer cette ontologie travailler et exploiter depuis l'ordinateur.

Chapitre IV

Implementation

Chapitre IV

Implémentation

Introduction

L'implémentation d'une ontologie est le processus de création d'une représentation formelle d'un domaine de connaissance spécifique, en utilisant des concepts, des relations et des règles sémantiques. Les ontologies jouent un rôle crucial dans la modélisation des connaissances, la représentation des données et la logique de raisonnement.

Dans ce chapitre nous décrivons une implémentation de l'ontologie présentée dans le chapitre précédent. Les outils utilisés sont Protégé2000 et les extensions Pellet et UMLBackend et OWLGrtd.

Environnement de développement

En programmation informatique, un environnement de développement est un ensemble d'outils qui permet d'augmenter la productivité des programmeurs qui développent des logiciels. Il comporte un éditeur de texte destiné à la programmation, des fonctions qui permettent, par pression sur un bouton, de démarrer le compilateur ou l'éditeur de liens ainsi qu'un débogueur en ligne, qui permet d'exécuter ligne par ligne le programme en cours de construction. Certains environnements sont dédiés à un langage de programmation en particulier.

Dans un environnement de développement « intégré » (abrégé EDI en français ou IDE en anglais, pour integrated développement environnement), les outils sont prévus pour être utilisés ensemble (le produit d'un outil peut servir de matière première pour un autre outil). Les outils peuvent être intégrés dès le départ, c'est-à-dire qu'ils sont construits dans le but

d'être utilisés ensemble. Il peut aussi s'agir d'un ensemble d'outils développés sans lien entre eux et intégrés a posteriori.

L'objectif d'un environnement de développement est d'augmenter la productivité des programmeurs en automatisant une partie des activités et en simplifiant les opérations. Les environnements de développement visent également à améliorer la qualité de la documentation en rapport avec le logiciel en constructio⁵. Certains environnements de développement offrent également la possibilité de créer des prototypes, de planifier les travaux et de gérer des projets.

Les ontologies peuvent être modifiées à l'aide de l'éditeur d'ontologie sécurisé et appliquées et la méthode OWL DL. Avant d'éditer l'ontologie avec Protégé, on choisit la quel langage descriptif. Celui que nous avons choisi est le langage OWL DL, car et, de même, OWL DL permet d'afficher plusieurs cardinalités et vice versa d'autres langues ne sont pas parfaites ou plus complexes.

RDFS semble insuffisant pour coder l'ontologie dérivée, cependant Puis qu'il ne permet pas d'exprimer des restrictions de cardinalité. De même, OWL Lite ne permet d'afficher uniquement des contraintes simples de cardinalité 0 ou 1. Au lieu de cela, OWL détaillé fournit le haut niveau d'expression nécessaire pour une ontologie fournie, tandis qu'OWL DL fournit un statut de divulgation complet.

De plus, le codage d'ontologie dans les Framework OWL à l'avantage de transformer cette ontologie, en utilisant l'équivalence, compatibilité entre les idées et les relations. Cette ontologie est supportée, enfin, à l'aide d'un penseur Pellet.

Protégé

Ce logiciel a été conçu pour le Département d'informatique Médicale de l'Université de Sanford, notamment pour construire des ontologies. Dans le modèle des connaissances de PROTEGE, les ontologies consistent en une hiérarchie de classes qui ont des attributs (slots), qui peuvent eux-mêmes avoir certaines propriétés (facets).

L'édition des listes de ces trois types d'objets se fait par l'intermédiaire de l'interface graphique, sans avoir besoin d'exprimer ce que l'on a à spécifier dans un langage formel : il suffit juste de remplir les différents formulaires correspondant à ce que l'on veut spécifier. L'interface très bien conçue, et l'architecture logicielle permettant l'insertion de plugins pouvant apporter de nouvelles fonctionnalités ont participé au succès de PROTÉGÉ-2000. Aujourd'hui, il regroupe une large communauté d'utilisateurs et bénéficie des toutes dernières avancées en matière de recherche ontologique : compatibilité OWL de référence, services inférentiels, gestion de bases de connaissances, visualisation d'ontologies, alignement et fusion

Protégé est un éditeur d'ontologie hautement modifiable et reproductible spectre, et c'est une bibliothèque JAVA qui peut être étendue pour utiliser développer des applications basées sur l'utilisation de moteurs d'inférence pour réfléchir et faire émerger de nouvelles vérités. Inclut des plugins pour les langues RDF, DAML+ Oïl et OWL pour modéliser des ontologies dans différents formats, il aide ou permet de construire des ontologies pour le web sémantique.

Protégé permet de créer et d'éditer des ontologies grâce à ces deux outils différents :

1. Protégé-frame :

Permet de créer facilement une interface graphique pour mieux gérer l'ontologie, ce modèle est généré directement sur la base de l'ontologie proposée créée. Il permet le Configurer l'interface en fonction des besoins de l'utilisateur.

2. Protégé -Owl :

Il a été déployé avec succès au cours des deux dernières années. Il est implémenté en Java, et il fonctionne sur un large éventail de plates-formes matérielles. Protégé OWL est implémenté en Java et fonctionne sur un large éventail de plates-formes matérielles. A une communauté extrêmement active de centaines d'utilisateurs, et il devient le éditeur OWL standard par défaut.

Protégé OWL fournit une variété de fonctionnalités qui le rend très utile pour construire des ontologies dans OWL et des applications intelligentes qui utilisent ces ontologies.

- **Interface utilisateur graphique (GUI) et API.** Protégé OWL est construit sur le modèle de connaissances basé sur la trame Protégé et utilise l'interface graphique Protégé pour éditer les classes, les emplacements (propriétés) et les instances (individus). Il fournit une API permettant aux développeurs d'intégrer Protégé OWL dans leurs applications.
- **Éditeur graphique pour Logical OWL Expressions.** Protégé OWL fournit un éditeur d'expression confortable qui permet aux utilisateurs d'assembler rapidement des expressions avec la souris ou le clavier. Il utilise également un affichage graphique orienté objet des classes primitives et définies. L'éditeur prend en charge le glisser-déposer et le copier-coller.
- **Des assistants pour rationaliser les tâches complexes.** Il existe des assistants pour prendre en charge les modèles communs d'ontologie-ingénierie, tels que la création de groupes de classes, la séparation d'un ensemble de classes, la création d'une matrice de propriétés afin de définir de nombreuses valeurs de propriété et la création de partitions de valeur.
- **Accès direct aux raisonneurs** Protégé OWL offre un accès direct à des classificateurs performants comme Racer. L'interface utilisateur prend en charge trois types de raisonnement : (1) le contrôle de cohérence, (2) la classification (sous-Sumption) et (3) la classification des instances).

Parce que Protégé OWL s'appuie sur le système Protégé, les fonctionnalités utiles suivantes sont également disponibles :

- **Génération de formes.** Protégé OWL peut générer automatiquement une interface utilisateur pour acquérir des données d'instance à partir de définitions de classes, une fonctionnalité utile pour l'acquisition de connaissances.
- **Soutien multi-utilisateurs.** Protégé OWL fournit un soutien multi-utilisateurs pour la saisie synchrone des connaissances.

- **Prise en charge de plusieurs formats de stockage.** Protégé OWL peut être étendu avec des back-ends pour les formats de fichiers alternatifs. Les formats actuels incluent Clips, XML, RDF et OWL.

Nous avons utilisé Protégé OWL pour développer des applications de raisonnement dans deux domaines biomédicaux différents : l'inférence des lésions pénétrantes et la classification des tumeurs TNM. Il peut être également utile dans la création d'autres applications intelligentes en biomédecine.

Les moteurs d'inférence

Les développeurs d'applications intelligentes en biomédecine doivent relever des défis pour représenter, gérer, partager et réutiliser les connaissances requises par leurs systèmes. De nombreux systèmes de raisonnement utilisent des approches de résolution de problèmes qui sont inefficaces en raison de méthodes de raisonnement complexes. Ces systèmes sont difficiles à construire et à maintenir parce que les connaissances sont contenues dans les ontologies de domaine ainsi que dans le code d'application. Il faut des méthodologies complètes qui intègrent les connaissances du domaine et du raisonnement.

OWL est devenu un langage standard pour représenter les connaissances dans le Web sémantique. OWL est également basé sur la logique de description, et il prend en charge le raisonnement automatisé. Si une application intelligente peut être présentée comme une tâche de classification, alors OWL offre l'avantage d'un langage de représentation de connaissances standard qui peut coder à la fois la connaissance du domaine et la connaissance du raisonnement sous la forme d'axiomes et de définitions de classe.

La sémantique formelle du langage OWL permet l'application de méthodes de raisonnement pour effectuer des dérivations logiques. Ces dérivations sont effectuées par des moteurs d'inférence ou des raisonneurs sémantiques, qui sont des programmes qui lisent des ontologies à partir de fichiers OWL ou de serveurs distants. En d'autres termes, ce sont des systèmes capables de gérer et d'utiliser la sémantique du langage ontologique.

1. Racer :

Racer [20] est l'un des moteurs les plus connus et le plus utilisé grâce à ces performances et sa stabilité. Racer travaille sur les ontologies décrites par son langage mais celles aussi décrites par RDF ou OWL. Ce raisonneur possède également un langage de requête nRQL (new Racepro query language) pour interroger les ontologies sur la ABOX et la TBOX. Racer se présente sous la forme d'un serveur qui peut être accédé par le protocole TCP ou http. Voici un tableau résumant les avantages et inconvénients du moteur d'inférence Racer :

Avantages	Inconvénients
-Documentation disponible provenant des utilisateurs et concepteurs.	-Il ne permet pas l'utilisation de type de données utilisateur, car il possède ces propres types de données et il effectue une conversion avec les types de base.
-Racer permet l'ajout d'assertions et d'individus dans la ABOX après le chargement de l'ontologie.	-Pas de valeurs multiples pour un datatype property, car il suppose que toutes les propriétés sur les datatypes sont fonctionnelles.
-Racer permet l'utilisation des règles SWRL.	-Il n'existe pas de version libre d'utilisation, produit commercial.

Table IV-0-1 Avantages et inconvénients du moteur d'inférence Racer.

2. Pellet :

Le moteur Pellet [21] est l'un des projets d'un groupe de recherche sur le web sémantique de l'université du Maryland, disponible en Open-Source et offre des évolutions fréquentes. Pellet travaille sur des ontologies d'écrites en RDF ou OWL et permet les requêtes avec RDQL et SPARQL sur la ABOX et la TBOX. Voici un tableau résumant les avantages et inconvénients du moteur d'inférence Pellet : Le moteur d'inférence Pellet utilise deux langages :

Avantages	Inconvénients
-Pellet permet l'utilisation des types donnés utilisateur.	-Il possède une documentation pauvre en comparaison de celle de Racer.
-Pellet est Open-Source et développé en Java.	-Il ne permet pas l'utilisation de règles SWRL.
-Pellet est un raisonneur OWL DL complet.	-Il n'offre pas de système de souscription à un concept.

Table 0-6 Avantages et inconvénients du moteur d'inférence Pellet

D'interrogation de requêtes qui sont RDQL et SPARQL, quant à Rac utilise son propre langage de requêtes qui est nRQL. Dans ce qui suit nous allons aborder ces trois langages d'interrogation d'ontologies.

Ontologie d'application

1. Outils d'implémentation

Avant de commencer l'implémentation, nous allons tout d'abord spécifier les outils utilisés dans notre implémentation.

1.1. Le langage JAVA :

Java est un langage de programmation créé par James Gosling et Patrick Naughton le 23 mai 1995. Appartenant à l'origine à Sun Microsystems, le langage est aujourd'hui la propriété d'Oracle.

Java est l'un des deux langages de programmation les plus employés aujourd'hui, notamment pour des programmes de gestion des entreprises ou de création de jeux vidéo.

Du fait du développement de l'informatique, ce langage est de plus en plus utilisé par les entreprises, entraînant une augmentation d'emplois et de métiers dans ce domaine et un intérêt de plus en plus grand pour ce langage. Le Java peut être appris aujourd'hui dans de nombreuses écoles, ou encore sur Internet à l'aide de plusieurs plateformes comme YouTube ou OpenClassrooms.

Il ressemble au C++, mais leurs différences font qu'ils ne sont généralement pas utilisés pour les mêmes choses :

- Java s'exécute dans une machine virtuelle : il est donc plus lent que le C++, mais il simplifie la gestion de la mémoire.
- Java est plus simple que le C++ (moins de symboles, moins de notions, pas de pointeurs, etc.) mais le C++ permet des constructions plus puissantes et personnalisées.
- Grâce à sa machine virtuelle JVM, Java est un environnement multi-plateforme.

1.2.NetBeans :

NetBeans est un environnement de développement intégré (IDE) pour Java, placé en open source par Sun en juin 2000 sous licence CDDL (Common Development and Distribution License). En plus de Java, NetBeans permet également de supporter différents autres langages, comme Python, C, C++, XML et HTML. Il comprend toutes les caractéristiques d'un IDE moderne (éditeur en couleur, projets multi-langage, re factoring, éditeur graphique d'interfaces et de pages web). :

NetBeans est disponible sous Windows, Linux, Solaris (sur x86 et SPARC), Mac OS X et Open VMS.

NetBeans est lui-même développé en Java, ce qui peut le rendre assez lent et gourmand en ressources mémoires.

1.3.Jena :

JENA est un outil open source développé par une équipe de la firme HP (Hewlett Packard) dans le cadre du Projet HP « Labs Semantic Web Programme » qui a pour but de réaliser un outil d'exploitation des fichiers OWL. Jena est une API java, comprend des raisonneurs intégrés mais permet également d'utiliser des raisonneurs externes.

Jena comporte les outils suivants :

- Une API pour le langage RDF
- Un module de lecture/ écriture sur les serveurs RDF : RDF/XML, N3et NTRIPLE
- Une API pour le langage OWL
- RDQL : un langage d'interrogation des ontologies Implémenter en RDF et OWL.

Dans notre cas on a utilisé Jena version 2.3 qui a été la version la plus compatible avec l'ensemble des logiciels utilisés pour la réalisation de notre projet.

Etapes de construction de l'ontologie

A partir de là nous présentons les étapes essentielles de la construction de notre ontologie sous Protège.

1. Création d'un nouveau projet

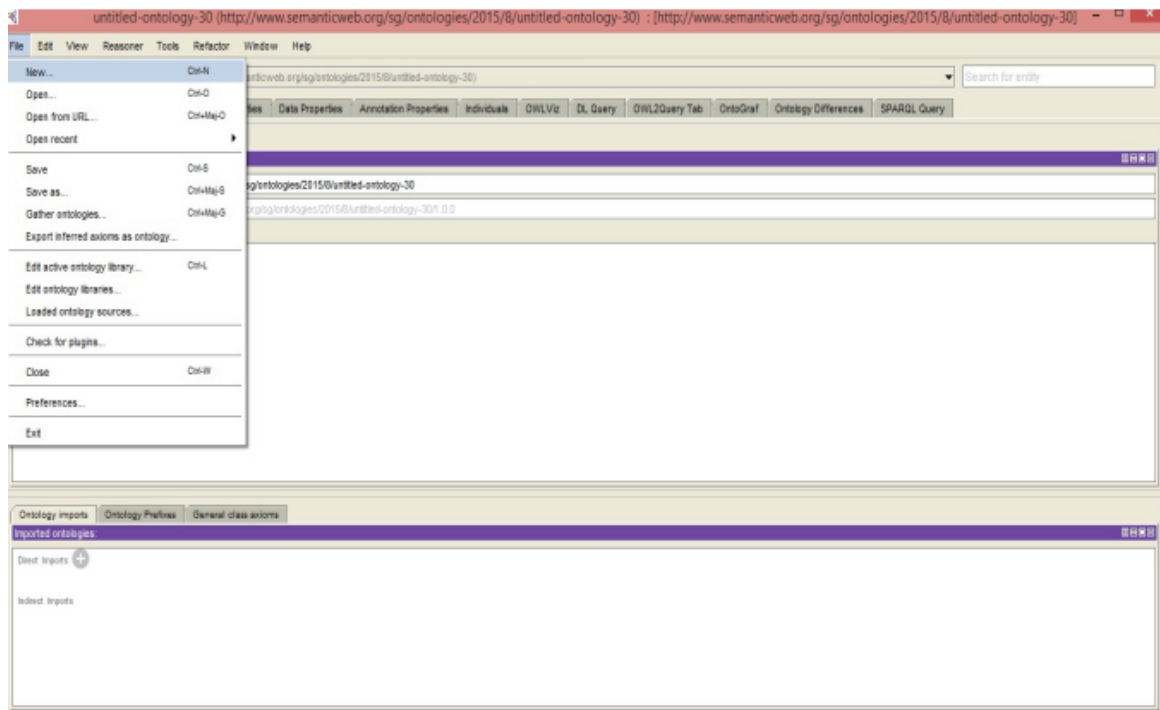


Figure 0-1 Création d'un nouveau projet

2. Création des classes

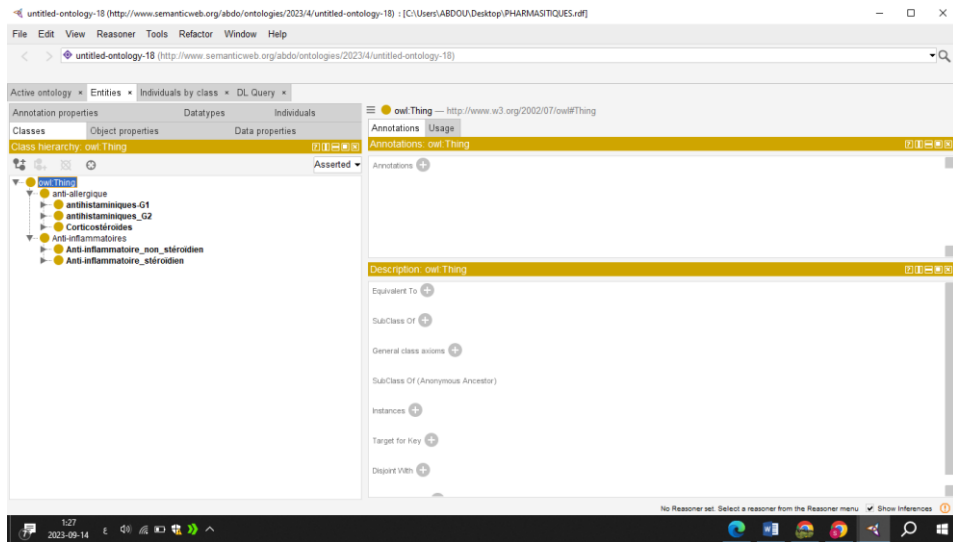


Figure IV-2 Création d'une classe

3. Création objet propriété

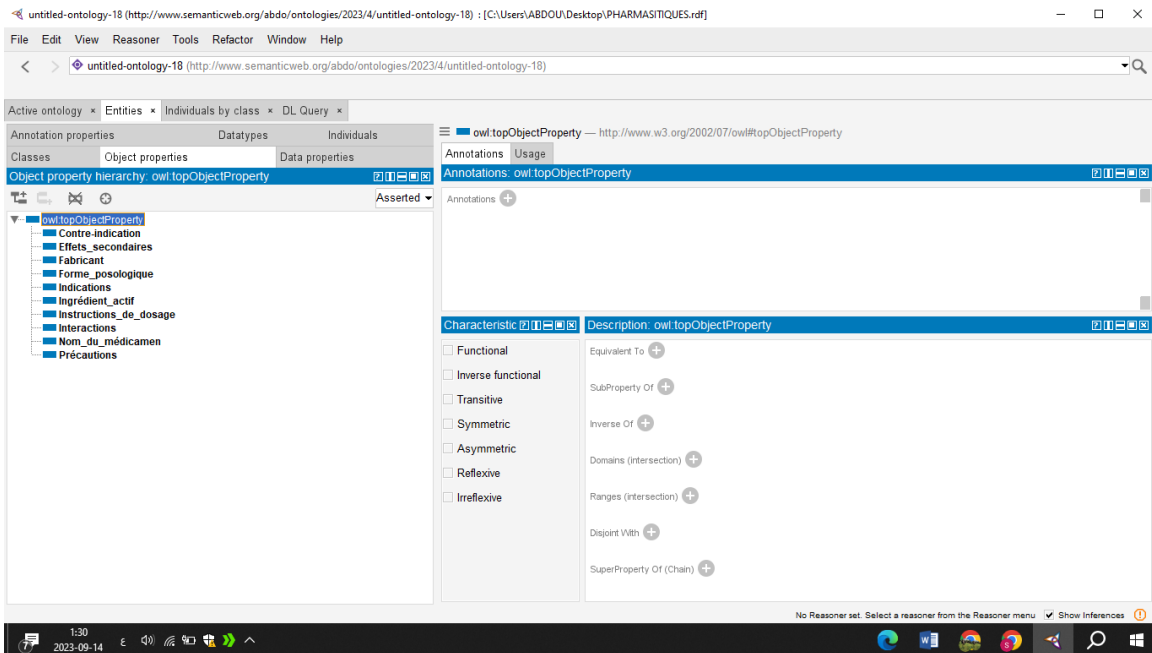


Figure 0-3 Création objet propriété

4. Création des Individus

Pour chaque classe on peut créer un ou plusieurs individus on prend par exemple la classe Corticostéroïdes ; on choisit Pneumologue on le renomme puis on remplit les champs (relations ou attributs) associer à ce Corticostéroïdes.

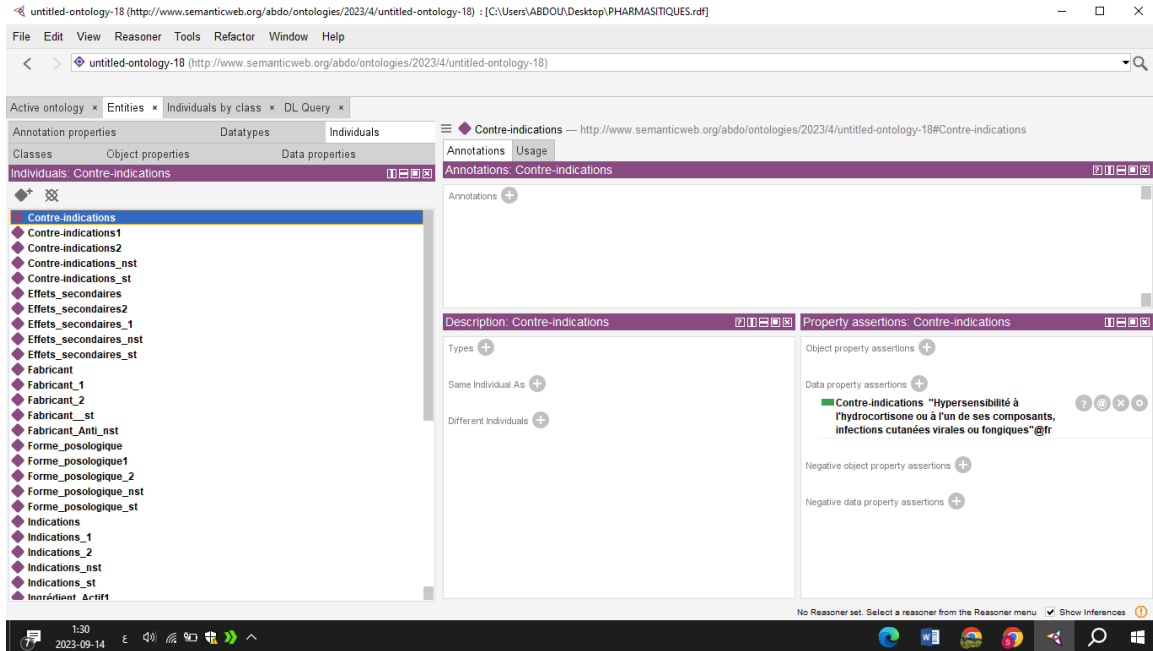


Figure 0-4 Création des individus

5. Création data propriété

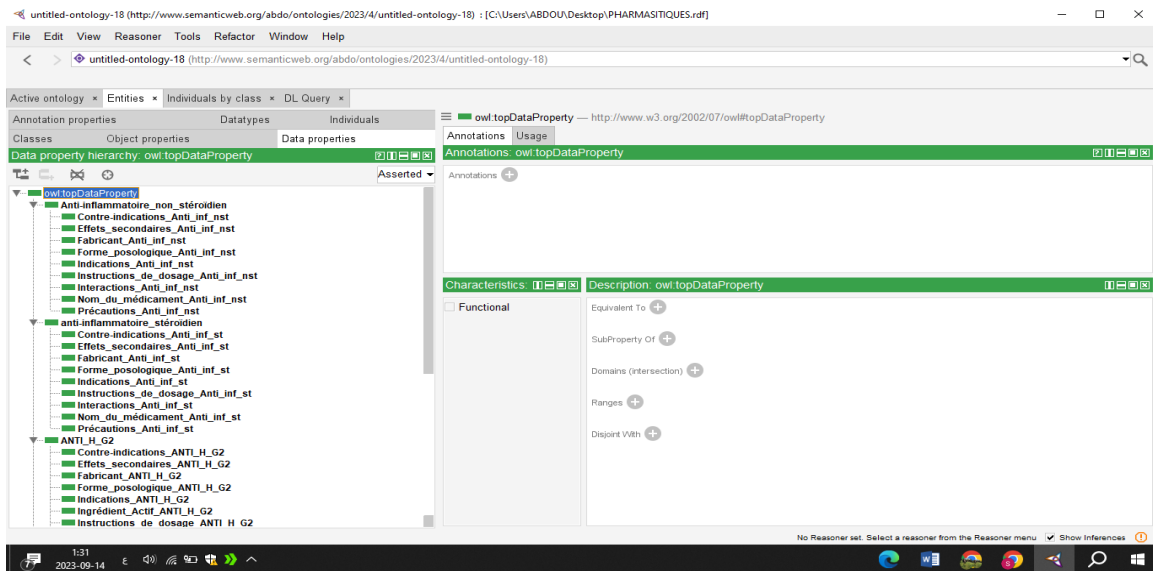


Figure IV-5 Création data propriété

6. Interface graphique :

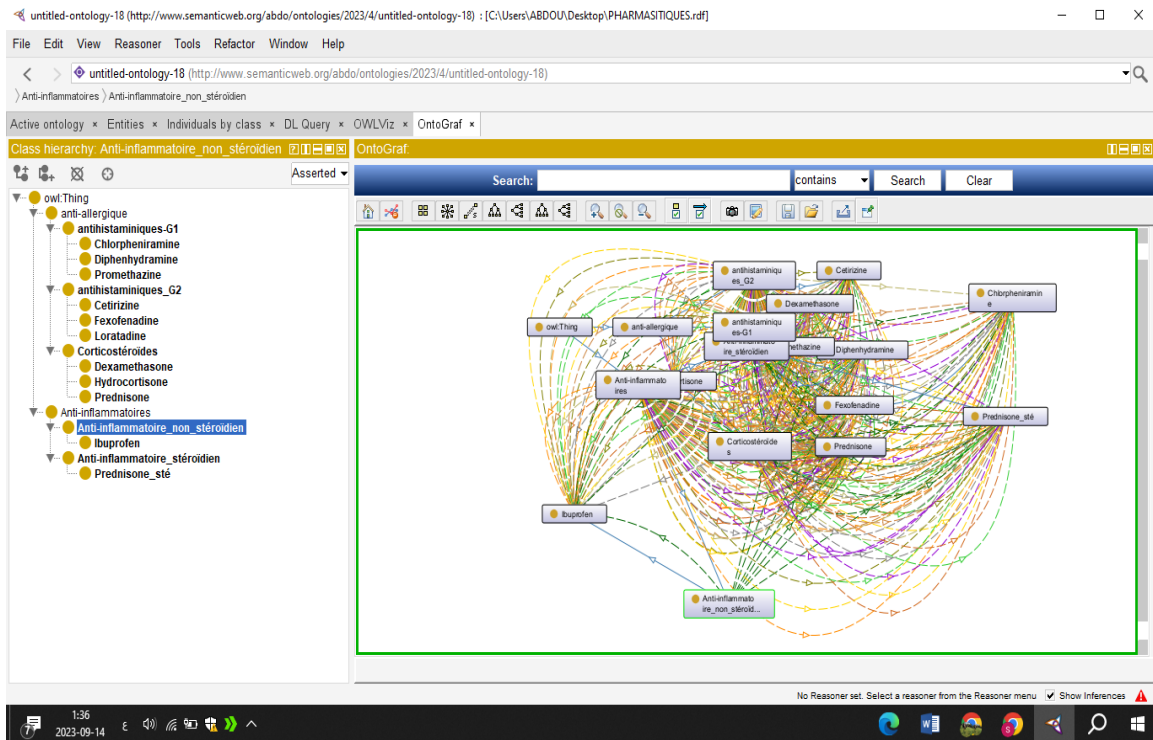


Figure 0-6 Interface graphique

Conclusion

Dans de nombreux domaines industriels, plusieurs projets de recherches ont abouti à la création d'ontologies hétérogènes, tant au niveau de leurs formats que des données représentées. Afin d'assurer la communication dans le cadre du travail coopératif, ces ontologies doivent être mises en relation afin de pouvoir être intégrées dans les mêmes systèmes. Différentes approches définies dans l'état de l'art ont été proposées pour ce but, et de nombreux problèmes d'hétérogénéité sont analysés.

Dans notre stage, nous avons défini un mécanisme de conversion des langages d'ontologies en OWL. Nous avons expliqué la réalisation de ce mécanisme au niveau des méta-modèles. L'homogénéisation des ontologies sources réalisée au niveau des formats des langages de représentation de la connaissance rend possible la définition des règles de correspondances entre les concepts de différentes sources et entre leurs relations. Ceci est

réalisé par la création d'une ontologie qu'on appelle « Ontologie de correspondances ». Cette ontologie s'occupe de la gestion des relations entre ces différentes sources.

Notre approche aide, au niveau générique, à se servir du langage OWL comme d'un langage pivot pour représenter différents types de ressources sémantiques, et explique la conversion de ressources décrites dans d'autres langages (RDFS et DAML+OIL) vers ce langage pivot. Cette unicité de langage est nécessaire pour faciliter la communication et l'interopérabilité des données dans un domaine.

La démarche suivie n'aboutit pas à résoudre complètement le problème de l'interopérabilité sémantique des données. Nous nous limitons dans notre travail à établir des relations entre des concepts, qui peuvent être valides dans certains contextes mais pas dans d'autres. Une prise en compte du contexte et une étude de la sémantique du contenu dans les relations entre concepts est réalisée

Conclusion Générale

Les travaux de recherche menés sur la description des services Web utilisent de plus en plus les ontologies pour fournir une représentation de l'information sémantique. Le développement des ontologies permet de faire un vocabulaire commun et prennent une grande valeur dans le développement des services web sémantiques.

Notre objectif est d'étudier une nouvelle technologie, les services web sémantiques et ses approches et ses langages de description sémantique et d'appliquer cette technologie

On considère que nous avons réussi à réaliser une bonne partie de ces objectifs :

- **Dans le premier chapitre « Les Ontologies »**, nous avons commencé par présenter les ontologies, commençant par donner ses définitions, ses composantes, ses classifications, ses méthodologies de conception et enfin ses outils de développement. Ensuite présenter le web sémantique, le définir, présenter son architecture et ses langages.
- **Dans le deuxième chapitre « L'ontologies Aux Domaine Pharmaceutiques »**, nous avons commencé par présenter l'architecture orientée services (SOA), puis présenter les services web, en donnant ses définitions, ses caractéristiques, ses avantages, et les principaux technologies et standards des services web (protocole SOAP, langages WSDL, et l'annuaire UDDI). Ensuite le passage aux services web sémantiques, nous avons présenté ses approches et ses langages de description sémantique, tels que l'annotation des standards existants par l'information sémantique (WSDL-S, SAWSDL et l'annotation du registre UDDI), et les langages de description sémantique des services Web (OWL-S et WSMO).
- **Dans le troisième chapitre « Conception De L'ontologie »**, nous avons présenté le processus de la méthodologie « METHONTOLOGIE », que nous avons le suivi dans la construction de notre ontologie de domaine. Ensuite présenter la construction de l'ontologie. Enfin donner un exemple de requête faite par SPARQL. Nous avons utilisé le langage « OWL » et l'éditeur graphique « PROTÉGÉ ». Cette ontologie est très utile pour ses utilisateurs, experts et le grand public afin de constituer, consulter et maintenir leurs connaissances sur ce domaine et d'avoir un langage commun et standardisé.

• **Dans le quatrième chapitre « Implementation Des Ontologies »**, commençant par présenter le processus de construction de l'ontologie de service web. Ensuite, en suivant ce processus, nous avons construit notre ontologie des services Web. Nous avons utilisé le langage « OWL-S », l'outil « OWL-S editor for protégé », et pour implémenter les services web nous avons utilisé l'environnement de développement intégré « NetBeans IDE ». L'ontologie de services Web utilise les concepts de l'ontologie de domaine pour décrire et définir les concepts spécifiques aux services Web tels que les inputs, les outputs, les Pré-conditions, les effets, les Clients, les Serveurs, le fournisseur de service, la catégorie de service...etc. Elle est très utile pour les agents logiciels afin de découvrir, appeler, composer, surveiller, et exécuter automatiquement des services We

Bibliography & Webographie

- [1] Thomas BROUSSARD, Romain LEMOUNEAU, Apache NetBeans Développer vos applications en Java, 2021.
- [2] T. Gruber, 2010. [En ligne]. Available: <http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html> .
- [3] F. T. R. G. T. S. T. e. S. W. Neeches, «Enabling technology for knowledge,» *AI Magazine*, vol. 12, 1993.
- [4] Guarino, Understanding, building and using ontologies, *International J. Human Computer Studies*, 1997.
- [5] Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M., & Corcho, O., *Ontological Engineering (with examples from the areas of knowledge management, e-Commerce and the semantic Web)*, Springer, 2004.
- [6] Baziz, «Application des Ontologies pour l'Expansion de Requêtes dans un Systeme de Recherche d'informations,» Université Paul Sabatier et Institut National Polytechnique de Toulouse, Toulouse, 2002.
- [7] Gruber, «Toward Principles for the design of Ontologies used for Knowledge Sharing, padova, Italy: Proc of International Workshop on Formal Ontology, 1993.
- [8] T. Berners-Lee, «The Semantic Web: A New Form of Web Content That is Meaningful to Computers Will Unleash a Revolution of New Possibilities,» *scientific american*, 2001.
- [9] Lassila, Ora and Ralph R. Swick, « Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification. World Wide Web Consortium,» 1999. [En ligne]. Available: <http://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax/>.
- [10] Brickley, D and R. V. Guha, «Resource Description Framework (RDF) Schema Specification,» 2000. [En ligne]. Available: <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>.
- [11] S. Bechhofer, *OWL Web Ontology Language Reference*, 2004.
- [12] Eric Prud'hommeaux, Andy Seaborne, «SPARQL Query Language for RDF,» 15 01 2008. [En ligne]. Available: <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>.

- [13] Ben Adida, Mark Birbeck, Shane McCarron, Steven Pemberton, «RDFa in XHTML: Syntax and Processing,» 18 10 2007. [En ligne]. Available: <https://www.w3.org/TR/2007/WD-rdfa-syntax-20071018/>.
- [14] Harold Boley, Michael Kifer, «RIF Basic Logic Dialect (Second Edition),» 05 02 2013. [En ligne]. Available: <https://www.w3.org/TR/rif-bld/>.
- [15] Bodenreider, O., & Burgun, A., «BIOMEDICAL ONTOLOGIES,» chez *Medical informatics: Advances in knowledge management and data mining in biomedicine*, Springer-Verlag (in press), 2005.
- [16] P. Zweigenbaum, «MENELAS: an access system for medical records using natural language,» *Computer methods and programs in biomedicine*, vol. 45, n° 11-2, pp. 117-120, 1994.
- [17] ROSSE, C., & MEJINO, J., «A reference ontology for bioinformatics : The foundational model of anatomy,» *Biomedical Informatics* ., 2003.
- [18] Dieng-Kuntz, R., Minier, D., Ružicka, M., Corby, F., Corby, O., & Ala, L., «Building and using a medical ontology for knowledge management and cooperative work in a health care network,» *Computers in Biology and Medicine*, vol. 36, pp. 871-892, 2006.
- [19] A. Baneyx, «Construire Une Ontologie De La Pneumologie : Aspects Théoriques, Modèles Et Expérimentations,» Thèse de doctorat, UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE , PARIS, 2007.
- [20] Volker Haarslev, Kay Hidde, Ralf Möller, Michael Wessel, «The RacerPro knowledge representation and reasoning system,» *Semantic Web Journal*, vol. 3, pp. 267-277, 2012.
- [21] E Sirin, B Parsia, BC Grau, A Kalyanpur, Y Katz, «Pellet: A practical owl-dl,» *Journal of Web Semantics*, vol. 5, n° 12, pp. 51-53, 2007.