

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES MATHEMATIQUES ET
D'INFORMATIQUE

DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE

N° :.....



DOMAINE : MATHEMATIQUE ET
INFORMATIQUE

FILIERE : INFORMATIQUE

OPTION : SYSTEMES
D'INFORMATIONS AVANCES

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par: GHERZOULI Imane

Intitulé

**Systeme d'aide au diagnostic médical à base
d'ontologie**

Soutenu devant le jury composé de :

Mme HELASSA Madiha	Université de M'sila	Président
Mr BOUGHERARA Seddik	Université de M'sila	Rapporteur
Mr LAKEHAL Meftah	Université de M'sila	Examineur

Année universitaire : 2016 /2017

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à

Mes très chers parents , en qui j'ai trouvé le soutien immense dans les études et la vie , espérant que ce travail soit pour eux le témoignage de ma profonde

affectation et non grand respect

A tous mes chers frères et chères sœurs

A mes enseignants

A tous mes amis

A ma promotion de master

Enfin, je ne saurais terminer ces dédicaces sans y associer toute personne qui de près ou de loin ma apporté son aide ou ses encouragements.

Imane.

Remerciements

Je voudrais avant tout remercier « Allah » qui m'a donné la volonté et la patience pour achever ce modeste travail, et je dis « Al hamdou lillah »

Je tiens à remercier sincèrement :

Mon encadreur Mr BOUGHARARA SEDDIK d'avoir accepté de me suivre.

Je remercie tous les membres de jury qui vont examiner notre projet

A tous les enseignants du département d'informatique.

Enfin tous ceux qui m'aidé de près ou de loin.

Merci.

TABLE DES MATIERS

Liste des figures.....	VII
Liste des tableaux.....	VIII
Liste des abréviations.....	IX
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE 1:LE DIAGNOSTIC MEDICAL	
Introduction.....	3
1. Définition.....	3
1.1. Le signe.....	3
1.1.1. Le signe positif.....	3
1.1.2. Le signe négatif.....	3
1.2. Le symptôme.....	3
1.3. La maladie.....	4
1.4. Le syndrome.....	4
1.5. Le diagnostic.....	4
1.5.1. Le raisonnement déductif.....	5
1.5.2. Le raisonnement inductif.....	6
1.5.3. Le raisonnement abductif.....	6
1.6. La sémiologie.....	7
2. Présentation générale de système d'aide à la décision médicale.....	7
3. Les systèmes experts pour l'aide à la décision médicale.....	8
3.1. Qu'est ce qu'un système expert?.....	8
3.2. Les composants de système expert.....	9
3.3. Domaine d'application.....	10
3.4. Les avantages de système expert.....	11
3.5. Quelques exemples de système expert dans le domaine médicale.....	11
3.6. Système d'aide à la décision à base d'ontologie.....	12
4. Conclusion.....	13
CHAPITRE 2: LE WEB SEMANTIQUE ET L'ONTOLOGIE	
Introduction.....	14
1. Web sémantique.....	14

2.	Les principales composantes du web sémantique.....	15
3.	La notion d'ontologie.....	15
3.1.	Apparition d'ontologie.....	16
3.2.	Définition.....	16
3.2.1.	Définition en philosophie.....	17
3.2.2.	Définition en informatique.....	18
3.3.	Rôle de l'ontologie.....	18
3.4.	Les composants d'ontologie.....	19
3.4.1.	Les concepts.....	19
3.4.2.	Les relations.....	20
3.4.3.	Les fonctions.....	21
3.4.4.	Les axiomes.....	21
3.4.5.	Les instances.....	22
3.5.	Classification d'ontologies.....	22
3.5.1.	Classification selon le niveau de granularité.....	22
3.5.2.	Classification selon l'objet conceptualisation.....	23
3.5.2.1.	Les ontologies génériques ou ontologies de haut niveau (top-ontologies).....	23
3.5.2.2.	Les ontologies du domaine.....	23
3.5.2.3.	Les ontologies de tâches.....	23
3.5.2.4.	Ontologie d'application.....	23
3.5.3.	Classification selon le formalisme utilisé.....	24
4.	But de l'ontologie.....	24
5.	Conclusion.....	25
CHAPITRE 3: INGENIERIE ONTOLOGIQUE		
	Introduction.....	26
1.	Construction des ontologies.....	26
1.1.	De bons principes méthodologiques.....	26
1.1.1.	La clarté et l'objectivité.....	26
1.1.2.	L'exhaustivité.....	26
1.1.3.	La cohérence.....	26
1.1.4.	L'extensibilité monotone maximale.....	26

1.1.5. Engagements ontologiques minimaux.....	26
1.2. Le processus de construction d'une ontologie.....	27
1.2.1. La conceptualisation.....	27
1.2.2. L'ontologisation.....	27
1.2.3. L'opérationnalisation.....	27
2. Le cycle de vie d'ontologie.....	27
2.1. Evaluation des besoins.....	28
2.2. Conception.....	29
2.2.1. Conceptualisation(normalisation).....	29
2.2.2. Ontologisation(formalisation).....	29
2.2.3. Opérationnalisation.....	29
2.3. Diffusion.....	30
2.4. Utilisation.....	30
2.5. L'évaluation et l'évolution.....	30
3. Quelques méthodologies de construction d'ontologie.....	30
3.1. La méthode ENTREPRISE(The enterprise ontology).....	30
3.2. La méthode Tove(Toronto Virtual Enterprise).....	31
3.3. La méthode METHONTOLOGY.....	31
4. Outils de développement d'ontologie.....	35
4.1. Langages de spécification d'ontologie.....	35
4.2. Les moteurs d'inférence.....	39
4.3. Langages d'interrogation d'ontologie.....	40
4.3.1. Utilisation du protocole de requête SPARQL.....	40
4.3.2. Le langage SWRL.....	41
4.4. Les éditeurs d'ontologie.....	41
4.4.1. OntoEdit.....	42
4.4.2. Ontolingua.....	42
4.4.3. ONTOSAURUS.....	42
4.4.4. PROTEGE.....	42
5. Conclusion.....	43
CHAPITRE 4: CONCEPTION ET REALISATION	
Introduction.....	44

1. Choix de la méthode de construction de notre ontologie.....	44
1.1. Spécification.....	44
1.1.1. Diagramme de cas d'utilisation.....	45
1.1.2. Les diagrammes de séquence.....	45
1.2. Conceptualisation.....	48
1.2.1. Construction du glossaire de termes.....	49
1.2.2. Détermination de la taxonomie de concepts.....	50
1.2.3. Construction d'un diagramme des relations binaires.....	50
1.2.4. Construction d'un dictionnaire des concepts.....	51
1.2.5. Construction du tableau des relations binaires.....	52
1.2.6. Construction du tableau des attributs d'instances.....	52
1.2.7. Construction du tableau des attributs de classe.....	52
1.3. La formalisation.....	52
1.4. Implémentation.....	54
1.4.1. Langages de programmation.....	54
1.4.1.1. Java.....	55
1.4.1.2. Jena.....	55
1.4.2. Outils de programmation.....	56
1.4.2.1. Protégé.....	56
1.4.2.2. NetBeans.....	59
1.4.3. Langages web sémantique.....	59
1.4.3.1. OWL.....	59
1.4.3.2. SPARQL.....	61
1.5. Maintenance.....	62
2. L'interface de l'application.....	62
3. Conclusion.....	64
CONCLUSION GENERALE.....	65
Bibliographies.....	66

LISTE DES FIGURES

1. Figure 1.1 Les 3 modules d'un système expert.....	9
2. Figure 1.2 Structure de base d'un système d'aide à la décision.....	12
3. Figure 2.1 Les couches du Web Sémantique.....	15
4. Figure 2.2 Hiérarchie de concepts d'une ontologie pour les recettes de cuisine.....	17
5. Figure 2.3 Typologies d'ontologies selon quatre dimensions de classification.....	23
6. Figure3.1 Processus de construction d'ontologie.....	27
7. Figure3.2 Cycle de vie d'une ontologie.....	28
8. Figure 3.3 Processus de développement d'ontologie de METHONTOLOG.....	31
9. Figure 3.4 Processus de développement d'une ontologie.....	33
10. Figure 3.5 La pyramide des langages du Web sémantique.....	36
11. Figure3.6 Les sous langages OWL.....	38
12. Figure3.7 Les principaux moteurs d'inférence.....	39
13. Figure4.1 Diagramme de cas d'utilisation.....	45
14. Figure 4.2 Ajouter un patient.....	45
15. Figure 4.3 Ajouter un maladie.....	46
16. Figure 4.4 Ajouter une signe.....	46
17. Figure 4.5 Modifier un patient.....	46
18. Figure 4.6 Modifier un maladie.....	47
19. Figure 4.7 Modifier une signe.....	47
20. Figure 4.8 Recherche un patient.....	47
21. Figure 4.9 Recherche un maladie.....	48
22. Figure 4.10 Recherche une signe.....	48
23. Figure 4.11 Diagramme de classe.....	50
24. Figure 4.12 Diagramme de relation binaire.....	51
25. Figure 4.13 Page d'accueil jena.....	56
26. Figure 4.14 Interface graphique de Protégé 3.5.....	57
27. Figure 4.15 Création des classes.....	57
28. Figure 4.16 Création d'une relation.....	58
29. Figure 4.17 Création des instances.....	59
30. Figure 4.18 Exemple OWL.....	61
31. Figure 4.19 Interface principale.....	62
32. Figure 4.20 Ajouter nouveau patient.....	63
33. Figure 4.21 Cognitif du patient.....	64

LISTE DES TABLEAUX

1. Table 4.1 Glossaire de termes.....	49
2. Table 4.2 Dictionnaire des concepts.....	51
3. Table 4.3 Les relations binaires.....	52
4. Table 4.4 Tableau des attributs d'instances.....	52
5. Table 4.5 Tableau des relations binaires.....	52

LISTE DES ABREVIATIONS

1. DAML : Darapa Agent Markup Language
2. DAML+OIL : Darapa Agent Markup Language OIL
3. DTD : Document Type Définition
4. GL : Génie Logiciel
5. HTML : Hyper Text Markup Language
6. IA : Intelligence Artificielle
7. IC : Ingénierie de Connaissances
8. IDE : Integrated Developement Environnement
9. JVM : Java Virtual Machine
10. LDs : Logique des Descriptions
11. nRQL : new Racer pro Query Language
12. OIL : Ontology Inference layer
13. OML : Ontology Markup Language
14. OWL : Ontology Web Language
15. OWL – DL : Ontology Web Language Description Logique
16. RDF : Resource Description Framework
17. RDF(S) : Resource Description Framework Schema
18. RDQL : RDF Data Query Language
19. SAD : Système d’Aide à la Décision
20. SADM : Système d’Aide à la Décision Médicale
21. SBC : Système à Bse de Connaissance
22. SE : Système Expert
23. SGML : Standart General Markup language
24. SHOE : Simple HTML Ontology Extensions
25. SPARQL : SPARQL Protocol And RDF Query Language
26. SWRL : Semantic Web Rule Language
27. TOVE : Toronto Virtual Enterprise
28. UML : Unified Modeling Language
29. URI : Uniform Resource Identifier
30. W3C : World Wide Web Construction
31. XML : eXtnsible Markup Language
32. XOL : XML – based Ontology exchange Language

33. 3D : three Dimensions

INTRODUCTION GENERALE

Un système d'aide à la décision (SAD) est un logiciel qui fournisse des informations qui permettent de prendre des décisions, le SAD est composé en générale d'une base de connaissances et d'un moteur d'inférence qui contient toutes les connaissances qui sont utiles pour la résolution des problèmes, le moteur d'inférence est un programme exploite les connaissances contenues dans la base de connaissance pour résoudre un problème particulier décrit par des faits.

Le diagnostic médical est la démarche par laquelle le médecin généraliste ou spécialiste va déterminer l'affectation dont souffre le patient, et qui va permettre de proposer un traitement.

Le diagnostic est le raisonnement menant à l'identification de la cause d'une défaillance, d'un problème ou d'une maladie, à partir des caractères ou symptômes relevés par des observations, des contrôles ou des tests et les analyses.

Ces dernières années avec l'avènement du web sémantique, l'utilisation des ontologies comme formalisme de représentation des connaissances a eu une progression significative dans de nombreux domaines, dont la médecine .En effet ,Les ontologies présentent de nombreux avantages, comme prendre en compte la sémantique du domaine étudié, faciliter la maintenance de la base de connaissances, faciliter la réutilisation des modèles existants. Elles permettent aussi d'assurer l'interopérabilité sémantique entre systèmes, d'organiser les entrepôts de données du domaine médical, de faciliter l'intégration des données entre systèmes, de faciliter l'aide a la décision et d'accéder aux informations pertinentes sur le Web.

Par ailleurs ,Il y a plusieurs travaux montrent que l'utilisation des ontologies pour les systèmes d'aide au diagnostic médical est une voie prometteuse .en effet, 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.

L'objectif de notre travail est de montrer l'utilité des avantages cités ci-dessus du web sémantiques notamment les ontologie pour les systèmes d'aide à la décision médicale à travers un système d'aide à la décision médicale (SADM) . Ce système va assister le médecin dans son raisonnement en vue d'identifier un diagnostic et de choisir la thérapeutique adéquate, en opérant un dialogue entre l'homme et la machine et permettra de présenter le

contenu des modèles ontologiques à un praticien afin de l'aider dans ces tâches. Ce système doit fournir une interface adaptative en fonction du contenu de l'ontologie.

Le développement de notre système requiert un langage de modélisation convenable qui permettra de représenter les différents aspects de développement et une méthodologie efficace pour modéliser l'ontologie de notre système. C'est le rôle du langage UML largement utilisé en ingénierie des systèmes et la méthodologie METHONTOLOGIE considérée comme une méthodologie efficace et complète en ingénierie ontologique.

Ce document est organisé comme suit :

- Le chapitre 1 : Ce chapitre consacré une présentation de la notion de système d'aide au diagnostic médicale et le système expert, ainsi quelques définition sur le signe et le symptôme le maladie et le syndrome , le diagnostic médicale et la sémiologie.
- Le chapitre 2 : Ce chapitre présente vue générale sur le web sémantique et les ontologies ainsi que quelques langages d'ontologies XML, RDF, RDFS,OWL,SWRL.
- Le chapitre 3 : Ce chapitre est destiné à l'ingénierie ontologique ou un autre terme le processus de construction d'ontologie, nous décrivons brièvement le cycle de vie d'une ontologie et les principales méthodes de construction d'ontologie, en détaillant les différentes étapes de chaque méthode puis les outils de développement d'ontologie: les langages de spécification d'ontologie, les moteurs d'inférence, les langages d'interrogation d'ontologie et en fin les différents éditeurs d'ontologies.
- Le chapitre 4 :Ce chapitre est consacré pour la conception et réalisation, nous présentons la partie de conception en utilise le langage UML, ensuite la partie d'implémentation de notre application, nous présenterons l'environnement de développement NetBeans avec le langage de programmation JAVA, le moteur d'inférence JENA, langage de requête SPARQL et enfin, nous présenterons captures d'écran des différentes étapes de déroulement de notre application.
- En fin une conclusion générale qui résume notre travail et présente quelques perspectives.

CHAPITRE 1
LE DIAGNOSTIC MEDICAL

Introduction :

Les ontologies dans le domaine médical fournissent aux médecins une plate-forme pour la prise de décision conforme dans leur diagnostic, en tenant compte des différents aspects liés aux patients, aux maladies, aux signes, aux analyses, etc....

En médecine Le diagnostic médical est la démarche par laquelle le médecin généraliste ou spécialiste va déterminer l'affectation dont souffre le patient, et qui va permettre de proposer un traitement. Le diagnostic est le raisonnement menant à l'identification de la cause d'une défaillance, d'un problème ou d'une maladie, à partir des caractères ou symptômes relevés par des observations, des contrôles ou des tests et les analyses.

Dans ce chapitre nous allons présenter d'abord une introduction sur le domaine de diagnostic médical par quelques définitions comme: des notions du signe et symptôme, des notions de maladie et de syndrome , du diagnostic médical et-de la sémiologie, après ces définitions on donne une présentation des systèmes d'aide à la décision médicale et le système expert.

1. Définition:

1.1. Le signe:

En médecine humaine, un « signe » ou un « ensemble de signes » peut être la manifestation objective d'une pathologie, relevée par le médecin. Un signe peut apparaître à des niveaux d'observation différents (par exemple clinique, para-clinique ou complémentaire), impliquant des techniques de recueil plus ou moins rapides et/ou coûteuses. [11]

Il y'a deux types de signe:

1.1.1. Le signe positif:

Un signe est dit positif si c'est sa présence qui a une signification [11] par exemple: si fièvre, maux de nez et toux alors il y'a un état grippal.

1.1.2. Le signe négatif:

« signes négatifs » ou « signes absents » comme étant tous les signes qui sont exprimés avec des négations. [11] par exemple « pas de vertiges, absence de fièvre etc.».

1.2. Le symptôme:

Un symptôme représente une des manifestations subjectives d'une maladie ou d'un processus pathologique, tel qu'exprimé par le patient .Les symptômes peuvent être multiples pour une pathologie donnée. [11]

Un symptôme se distingue d'un signe. Le symptôme est l'expression subjective des effets ressentis par le malade alors que les signes en sont l'expression objective déduite par le médecin, ou plus généralement de la personne réalisant un diagnostic.[30]

1.3. La maladie:

La maladie désigne un ensemble d'altérations qui engendrent un mauvais fonctionnement de l'organisme. Le malade est l'individu qui souffre d'une maladie, c'est-à-dire de symptômes évolutifs nécessitant un traitement thérapeutique. Il ne faut pas confondre la maladie avec le handicap, le syndrome ou encore la blessure. De nombreux facteurs peuvent engendrer des maladies chez l'homme. Ces causes peuvent être intrinsèquement ou extrinsèquement liées à l'organisme. L'étiologie est la science qui étudie les facteurs qui entraînent des maladies. [27]

1.4. Le syndrome:

Le syndrome est une collection de signes ou de symptômes survenant simultanément sans étiologie identifiée. [11]

1.5. Le diagnostic:

Le diagnostic est l'acte consistant à rechercher et à établir les maladies, ou les affections, dont est peut-être atteint un individu. Le diagnostic médical constitue donc l'examen destiné à déterminer l'état de santé d'une personne. Le médecin établit son diagnostic après examen du patient. [28]

Nous avons dit plus haut que le diagnostic médical est une démarche par laquelle le médecin va déterminer l'affection dont souffre le patient, à partir des symptômes et des signes que ce dernier présente. Cette démarche repose sur la recherche des causes (étiologie) et des effets (signes et symptômes) de l'affection. Randolph Miller définit le diagnostic médical comme : « l'acte d'associer le nom d'une ou plusieurs maladies ou syndromes à des manifestations observées (antécédents, symptômes, signes) sur un patient ». [11]

Le diagnostic médical est un processus qui résulte de la confrontation d'un problème réel à l'expérience acquise et un corpus de connaissances théoriques. Il se déroule en trois étapes : (a) l'enquête interrogative, (b) l'examen clinique proprement dit et (c) les examens complémentaires.

- ❖ Premièrement, le médecin prend connaissance des symptômes se manifestant chez un patient. A partir des symptômes, il formule des hypothèses diagnostiques initiales.
- ❖ Dans un deuxième temps, il procède à un examen initial du patient qui lui permet d'augmenter la part de confiance en certaines hypothèses, et de la diminuer pour d'autres.

❖ Le médecin obtient des signes supplémentaires via des examens biologiques ou d'imageries. En même temps, il pose au patient des questions dont les réponses peuvent être utiles conforter ou rejeter une hypothèse initialement formulée.

Le médecin « réalise » une mise en correspondance entre les informations obtenues au cours des trois étapes précédentes avec les connaissances qu'il possède de par sa formation et son expérience. Si au terme des étapes précédentes, le taux de confiance d'une certaine hypothèse s'accroît au point de dissiper le doute sur la maladie à laquelle est confronté le médecin, ce dernier peut alors formuler son diagnostic final et prescrire le traitement adéquat au patient. Si le cas reste ambigu après les trois étapes indiquées, le médecin cherche alors une autre source d'informations qui puisse apporter une quantité d'informations supplémentaires permettant d'éliminer l'ambiguïté. Souvent, il demande un examen complémentaire qui peut être sous forme d'analyses biologiques, d'imagerie médicale, etc. Il acquiert des informations supplémentaires qui viennent compléter la quantité d'informations dont il dispose déjà, et qui lui permet de confirmer ou d'infirmer la ou les hypothèses qu'il a déjà faites. Si le médecin n'arrive toujours pas à établir un diagnostic, une dernière étape consiste à ce qu'il ait recours à l'étude d'une base de cas similaires traités par le passé (son expérience) afin d'établir une correspondance avec le cas actuel auquel il est confronté en s'appuyant sur toutes les informations dont il dispose. Il utilise alors les cas les plus similaires (leurs solutions) afin d'en extraire des informations susceptibles de l'aider trouver une solution son cas.

Le processus du diagnostic médical peut relever d'un raisonnement déductif, inductif, abductif, etc. [11]

1.5.1. Le raisonnement déductif :

Le raisonnement déductif va du général au particulier ou du principe la conséquence et permet de déduire des conclusions valides à partir d'un ensemble de prémisses, c'est une approche descendante .Par exemple,

- ❖ Toutes les rhinopharyngites virales ont une évolution spontanément favorable (règle),
- ❖ Ce patient a une rhinopharyngite virale (cas).
- ❖ Ce patient aura une évolution spontanément favorable (résultat).

Ce mode de raisonnement peut être appliqué via un chainage avant, un chainage arrière ou un chainage mixte suivant les règles du « **modus ponens** » et du « **modus tollens** ».

Modus ponens

Si A est vrai

Et A implique C , alors C est vrai

ou

A

$A \rightarrow C$

C

Modus tollens

Si $\neg C$ est vrai

$\neg C$

Et A implique C , alors $\neg A$ est vrai ou

$A \rightarrow C$

$\neg A$

Le « chainage avant » est un mode de raisonnement qui part des faits et règles de la base de connaissances, et tentent de s’approcher des conclusions recherchées par le problème.

Le « chainage arrière » quant à lui part des hypothèses recherchées par le problème, et tente par l’intermédiaire des règles, de « remonter » des faits connus.

Le « chainage mixte » est une combinaison du chainage avant et du chainage arrière. [11]

1.5.2. Le raisonnement inductif :

Le raisonnement inductif montre une proposition générale partir d’observations particulières. Il est utilisé dans les processus d’apprentissage et est ascendant, c’est--dire qu’ partir d’exemples, on produit des règles qui décrivent ces exemples. Si ces règles sont bonnes, elles s’appliquent non seulement à ces exemples particuliers mais aussi d’une manière générale à d’autres cas. Par exemple,

- ❖ Un groupe de patients a une rhinopharyngite virale (cas),
- ❖ Tous les patients ont guéri spontanément (résultat),

Toutes les rhinopharyngites virales ont une évolution spontanément favorable (règle). [11]

1.5.3. Le raisonnement abductif :

Le raisonnement abductif est une forme d’inférence qui part des données (prémises) décrivant quelque chose vers les hypothèses (conclusion) permettant d’expliquer ces données. Par exemple, étant donné une proposition a , on essaie de savoir ce qui peut l’avoir induite. Pour cela, on regarde s’il y a une implication de la forme $b \rightarrow a$ et, si c’est le cas, on établit que b est la « cause » de a .

Dans le cadre de la médecine, le diagnostic médical est une forme de raisonnement abductif car il permet d’inférer les causes d’un phénomène, d’un dysfonctionnement, d’un signe, d’un symptôme etc. Il s’appuie sur le modèle suivant :

Soit D une collection de données (faits, observations, signes et symptômes), Soit H une hypothèse de D (si H est vrai, il explique D) et Aucune autre hypothèse ne peut mieux expliquer D que H Alors, l’hypothèse H est probablement vrai

Le raisonnement abductif génère des hypothèses permettant d’expliquer la présence des signes ou des symptômes et il donne la possibilité de générer des hypothèses même si on n’a pas observé tous (de manière simultanée) les signes ou symptômes caractérisant ces

hypothèses .Mais, il ne se limite pas seulement la génération d'hypothèse, il permet aussi d'évaluer ces hypothèses. C'est un raisonnement incrémental qui pour chaque signe ou symptôme observé peut confirmer ou infirmer une hypothèse précédemment générée . [11]

1.6. La sémiologie:

La sémiologie médicale est une branche de la médecine qui a pour but de recenser les signes ou les symptômes en vue de l'établissement d'un diagnostic. Les symptômes sont recueillis par un interrogatoire et l'examen clinique. L'imagerie médicale et la biologie donnent d'autres signes que le médecin ne peut voir lors de l'examen clinique. Toutes les informations que le médecin dispose sont regroupées sous forme d'un recueil de données et permettent de mettre un nom sur la maladie dont souffre le patient. [29]

La sémiologie médicale est la science qui s'intéresse à l'étude des signes recueillis chez les malades. Les signes regroupent les symptômes ressentis et exprimés par le malade et les signes physiques constatés par le médecin. Regroupés en des ensembles homogènes et stéréotypés ces éléments définissent des pathologies. De nos jours, la sémiologie médicale est certes constituée des signes cliniques mais aussi de l'ensemble des tests complémentaires (biologiques, morphologiques...) qui permettent de définir par leurs associations le diagnostic des états pathologiques. La sémiologie est une science vivante qui évolue avec son temps. [4]

En médecine, la décision est considérée comme étant le centre de l'acte médical. Le processus de la décision médicale consiste entre autres à poser un diagnostic, proposer un traitement, etc.

2. Présentation générale de système d'aide à la décision médicale :

Plusieurs définitions concernant les systèmes d'aide à la décision médicale ont été proposées:

Un système d'aide à la décision médicale est un ensemble organisé d'informations, conçu pour assister le praticien dans son raisonnement en vue d'identifier un diagnostic et de choisir la thérapeutique adéquate, en opérant un dialogue entre l'homme et la machine. [16]

Les systèmes d'aide à la décision médicale (SADM) sont définis de manière très générale comme des outils informatiques « dont le but est de fournir aux cliniciens en temps et lieux utiles les informations décrivant la situation clinique d'un patient ainsi que les connaissances appropriées à cette situation, correctement filtrées et présentées afin d'améliorer la qualité des soins et la santé des patients.» Il existe ainsi des SADM pour l'ensemble des activités médicales (prévention, dépistage, diagnostic, traitement) et la majorité des spécialités médicales (maladies chroniques ou affections aiguës). Ces systèmes proposent des services

pour les différentes catégories de médecins (généralistes, spécialistes, étudiants) et les différents modes d'exercice (cabinets médicaux, hôpitaux, services d'urgence ou de réanimation). Plus récemment, des SADM ont été développés à destination des patients afin qu'ils soient mieux informés sur leur maladie et les soins qui pourraient leur être proposés dans un objectif de décision partagée.

Parmi les différents types de SADM, on distingue classiquement les approches numériques de l'aide à la décision qui se fondent sur des données et les approches symboliques de l'aide à la décision qui utilisent des connaissances. Dans le premier cas, les SADM s'appuient sur des modélisations mathématiques permettant de produire des probabilités à partir d'un jeu de données (probabilité d'un diagnostic, de la survenue d'un événement grave, etc.). On considérera également le cas des SADM permettant le calcul de scores. Dans le second cas, les SADM mettent en œuvre un raisonnement logique pour résoudre le problème posé par un patient donné qu'il soit de nature diagnostique ou thérapeutique. [18]

3. Les systèmes experts pour l'aide à la décision médicale:

Nous ne pouvons aborder les systèmes d'aide à la décision médicale sans parler des systèmes experts. Réaliser des systèmes capables de faire ce que l'homme fait en raisonnant est une idée très ancienne bien que le terme Intelligence artificielle soit né seulement en 1956 avec les premiers systèmes informatisés. Cette discipline de l'informatique s'est véritablement développée avec l'apparition des systèmes experts dans les années 70. Le principe de cette approche est de demander à un ou plusieurs experts d'établir des règles qui décrivent leur façon de prendre leurs décisions.

Les systèmes experts tentent de simuler le savoir-faire, la façon de raisonner des experts dans un domaine donné bien délimité et précis et la mise des connaissances apprises par le processus à la disposition des utilisateurs ou experts du domaine. Ils doivent réaliser à la fois un traitement d'information et un raisonnement, ce qui signifie en termes médicaux, une stratégie de diagnostic et/ou thérapeutique. Donc le rôle d'un système expert médical est de fournir une aide médicale sous une forme appropriée à partir de symptômes préalablement établis. [31]

3.1. Qu'est ce qu'un système expert?

Un système expert est un logiciel qui reproduit le comportement d'un expert humain accomplissant une tâche intellectuelle dans un domaine précis.

Les SE sont généralement conçus pour résoudre des problèmes de classification ou de décision (diagnostic médical, régulation d'échanges boursiers,...).

les SE sont des outils de l' IA c' est-à-dire qu' on ne les utilise que lorsqu' aucune méthode algorithmique exacte n'est disponible ou praticable. un SE n'est concevable que pour les domaines dans lesquels il existe des experts humains. Un expert est quelqu'un qui connaît un domaine et qui est plus ou moins capable

de transmettre ce qu'il sait : ce n'est pas le cas d' un enfant par rapport à sa langue maternelle. [20]

3.2. Les composants de système expert:

Les systèmes experts sont des systèmes à base de connaissances qui visent à simuler le raisonnement des experts engagés dans une démarche décisionnelle. Les connaissances nécessaires à la résolution d'un problème sont ainsi dissociées du raisonnement à mettre en œuvre pour produire la solution. Classiquement un système expert est constitué de 3 modules principaux représentés dans la **Figure 1.1** :

- la base de connaissances qui contient les connaissances médicales théoriques et empiriques nécessaires à la démarche diagnostique ou thérapeutique, au sein d'un domaine d'expertise.
- la base de faits qui représente les caractéristiques du patient pour lequel on cherche à déterminer le diagnostic ou la prise en charge thérapeutique.
- le moteur d'inférences qui articule les connaissances de la base de connaissances pour raisonner sur la résolution du problème posé dans la base de faits.

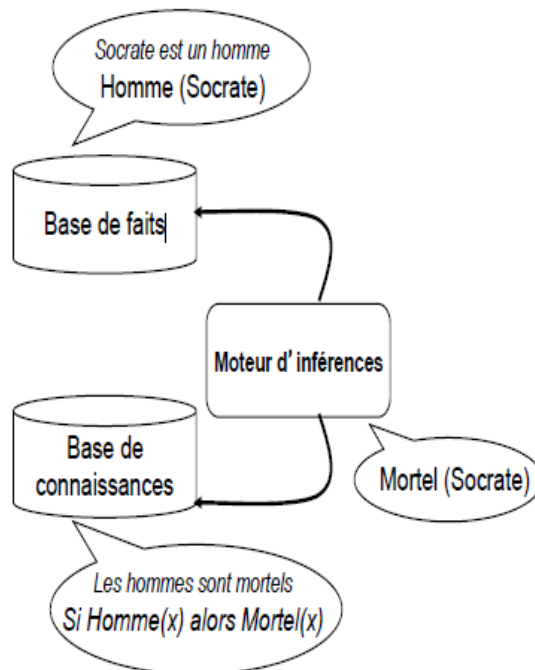


Figure 1.1 Les 3 modules d'un système expert[18]

La connaissance experte est décomposée en petites unités homogènes. Chacune d'elle représente alors un fragment élémentaire de l'expertise. Il existe de nombreux langages de représentation de ces connaissances, parmi lesquels les règles de production construites sur le modèle « Si condition Alors action » sont les plus utilisées, par exemple :

Si (Protéinurie > 3 g/l et Oedème et Albuminémie < 30 g/l) Alors syndrome néphrotique.

Le moteur d'inférences est un programme qui articule ces unités de connaissance pour résoudre le problème posé par un patient donné caractérisé dans la base de faits. Le moteur d'inférences est indépendant de la base de connaissances et de la base de fait. Il construit le raisonnement en chaînant les inférences, essentiellement déductives, ce qui permet de garantir que le résultat obtenu est valide. Pour une nouvelle application médicale du système expert, il suffit de développer une nouvelle base de connaissances, le moteur d'inférences est inchangé. [18]

3.3. Domaine d'application:

Les systèmes expert ont été conçue pour résoudre certain problème dans quelques domaine d'application comme en:

- Agriculture: diagnostic de maladies et conseil thérapeutique en pathologie végétale, aide au choix des semences.
- Banque, finance , assurance: gestion financière, aide au placement, évaluation des risques de prêts.
- Chimie: aide à la synthèse de nouvelles molécules organiques, élucidation de la structure moléculaire 3D.
- Informatique: aide à la programmation, configuration de système informatique, aide à l'exploitation et à la maintenance.
- Médecine: aide au diagnostic, aide à l'interprétation d'image, surveillance des malades en réanimation.
- Mathématique: calcul symbolique, aide à l'utilisation de bibliothèques de programmes.
- Aéronautique et espace: aide au pilotage, planification du trafic aérien, contrôle de satellites(correction d'attitude, contrôle des opérations de lancement.
- Droit, réglementation: étude de normes (sécurité, etc...), aide à l'utilisation de textes légaux.
- Militaire: identification et suivi de cibles, aide au pilotage d'engins (chars, hélicoptères, avions de chasse). [22]

3.4. Les avantages de système expert:

Les points forts d'un système expert sont:

- Meilleur rendement que les experts humains.
- Lisibilités des connaissances, aspect plus déclaratif que procédural.
- Préservation de l'expertise.
- Facilité de mise à jour
- Avantages des Systèmes d'Information en général.[22]

3.5. Quelques exemples de système expert dans le domaine médicale:

Les systèmes experts ont fait leur apparition dans certains domaines, particulièrement en médecine et ce dans plusieurs spécialités. Pourtant ces systèmes n'ont eu qu'un faible impact car ils étaient sous-utilisés par les praticiens qui leur reprochaient entre autres l'absence de méthodologie valide dans la constitution des bases de connaissances.

- MYCIN: maladies infectieuses identification des microorganismes responsables des infections, conseil sur le choix d'un antibiotique.
- INTERNIST-I: médecine interne diagnostic des problèmes complexes en médecine interne.
- PROTIS: Diabétologie aide les médecins généralistes dans le traitement du diabète.
- SAM: hypertensions artérielles diagnostic des hypertensions artérielles.
- SPHINX: Endocrinologie aide au traitement du diabète NID, aide au diagnostic des ictères, proposition d'un modèle de simulation d'une consultation médicale.
- SES: septicémies (infections généralisées) diagnostic et traitement des septicémies.
- MENINGE: étude des méningites en pédiatrie étiologie et diagnostic des méningites bactériennes et virales.
- MEDICOTOXCONSILIUM: toxicologie exogène diagnostic et traitement des intoxications exogènes.
- PATHFINDER: chirurgie des ganglions lymphatiques diagnostic des maladies des ganglions lymphatiques.
- MYOSIS: Physiologie diagnostic électromyographie.
- SETH: intoxications médicamenteuses diagnostic et traitement des intoxications médicamenteuses.
- AES: Bactériologie proposition d'un traitement antibiotique. [16]

3.6. Système d'aide à la décision à base d'ontologie:

Les ensembles de règles produits seront exploités via un système d'aide à la décision. Ce système permettra de présenter le contenu des modèles ontologiques à un praticien afin de l'aider dans ces tâches. Ce système doit fournir une interface adaptative en fonction du contenu de l'ontologie. La structure du contenu de l'interface est définie par certaines connaissances de contrôle. Ce système doit aussi fournir des explications sur son raisonnement guidées par les connaissances de contrôle.

Les Systèmes d'Aide à la Décision (SAD) (**Figure 1.2**) sont de manière générale des logiciels qui fournissent des informations qui permettent de prendre des décisions.

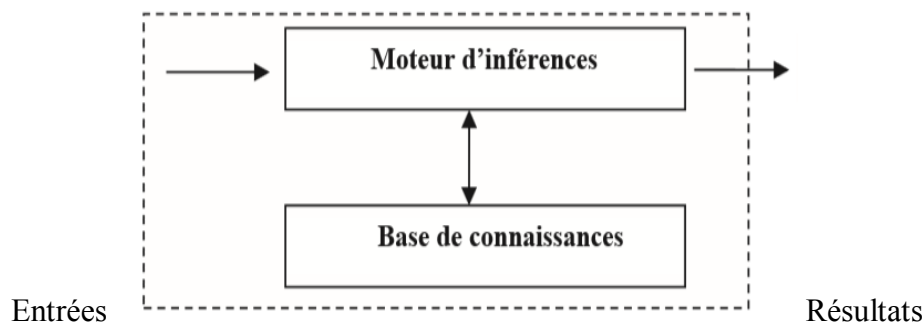


Figure 1.2 Structure de base d'un système d'aide à la décision. [11]

Ces dernières années avec l'avènement du web sémantique, l'utilisation des ontologies comme formalisme de représentation des connaissances a eu une progression significative dans de nombreux domaines, ontologie est une représentation des concepts et des liens entre les concepts d'un domaine. Un concept est une représentation générale et abstraite de la réalité d'un objet, d'une situation ou d'un phénomène. Les ontologies présentent de nombreux avantages, comme prendre en compte la sémantique du domaine étudié, faciliter la maintenance de la base de connaissances, faciliter la réutilisation des modèles existants. Elles permettent aussi d'assurer l'interopérabilité sémantique entre systèmes, d'organiser les entrepôts de données du domaine biomédical, de faciliter l'intégration des données entre systèmes, de faciliter l'aide à la décision et d'accéder aux informations pertinentes sur le Web.

Il y a plusieurs travaux concernant les ontologies ont été menés, tels que :

- ✓ la représentation des connaissances imprécises et vagues.
- ✓ la représentation des connaissances probabilistes.
- ✓ la représentation des pathologies multi-niveaux.
- ✓ la représentation des signes négatives.
- ✓ la prise en charge du raisonnement abductif.

Ces systèmes et ces travaux montrent que l'utilisation des ontologies pour les systèmes d'aide au diagnostic médical est une voie prometteuse. [11]

4. Conclusion :

Le diagnostic médical permet d'identifier la nature et la cause de la maladie d'un patient par l'observation des symptômes et les signes relève du raisonnement scientifique. Un système d'aide au diagnostic qui doit permettre d'avoir un affichage détaillé des informations nécessaires au processus de raisonnement. Aussi dans ce chapitre nous avons présenter le SE, quelques nombreux ont été conçue pour résoudre les problèmes dans quelques domaine d'application et nous avons vue quelques exemples de SE dans le domaine médical.

CHAPITRE 2

LE WEB SEMANTIQUE ET L'ONTOLOGIE

Introduction :

L'utilisation d'ontologies, c'est-à-dire de base de connaissances, est devenue une voie incontournable pour représenter les connaissances en y associant de la sémantique.

Les ontologies sont le plus utilisées dans plusieurs domaines et en particulier dans la représentation des connaissances et le Web sémantique. Une ontologie comme source de connaissances et des outils du web sémantique, l'utilisation des outils et techniques du web sémantique pour intégrer, modéliser et interroger des bases de données opérationnelles et d'en faciliter l'exploitation.

Le principal pilier du Web sémantique est l'utilisation des ontologies. Le Web sémantique permet l'uniformisation et la standardisation des objectifs. Il assure la normalisation de la description sémantique des informations à travers l'utilisation du formalisme XML (eXtensible Markup Language). Il organise les connaissances sous la forme d'ontologies permettant la description d'un domaine d'étude ainsi que ses aspects sémantiques.

Nous allons donc présenter dans ce chapitre, en premier lieu la notion du web sémantique et leur architecteur, ensuite la notion d'ontologie et ses composantes . Par la suite, nous présenterons ses différentes classifications ,Selon l'objet de la conceptualisation, le niveau de granularité et le degré de formalisation.

1. Web sémantique :

Le Web sémantique désigne un ensemble de technologies visant à rendre le contenu des ressources du World Wide Web (W3C) accessible et utilisable par les programmes et agents logiciels, grâce à un système de métadonnées formelles, utilisant notamment des langages, technologies, outils et standards développés par le W3C.[17]

Le Web Sémantique doit permettre de porter le Web actuel à son plein potentiel. Le Web actuel est principalement tourné vers les êtres humains. L'objectif du Web Sémantique est de rendre le contenu du Web compréhensible à des machines. Le procédé consiste à exploiter:

- Des ontologies, une ontologie est un vocabulaire constitué de concepts, de relations et des axiomes liés à un certain domaine. Gruber définit une ontologie comme étant « la spécification d'une conceptualisation ».
- Un langage commun pour exprimer les ontologies et décrire des annotations utilisant les termes de ces ontologies.
- Des moteurs de raisonnement permettant d'inférer sur les annotations d'après les axiomes déclarés dans les ontologies.[8]

2. Les principales composantes du web sémantique :

L'architecture du Web sémantique repose sur une hiérarchie des langages d'assertion et de description d'ontologies ainsi que sur un ensemble de services pour l'accès aux ressources au moyen de leurs références sémantiques, pour gérer l'évolution des ontologies, pour l'utilisation des moteurs d'inférences capables d'effectuer des raisonnements complexes ainsi que des services pour la vérification de la validité sémantique de ces raisonnements. [12]

La **Figure 2.1** représente les couches du web sémantique. et la liste suivante introduit la fonction principale de chaque couche dans l'architecture du web sémantique:

- XML est utilisé comme couche de base syntaxique du web sémantique. Le langage XML est actuellement considéré comme un standard pour le transport de données sur le web.
- La couche RDF représente les métadonnées pour les ressources web.
- La couche « ontologie », fondée sur une formalisation commune, spécifie la sémantique de métadonnées fournies dans le web sémantique.
- La couche « logique » s'appuie sur des règles d'inférence qui permettent le raisonnement intelligent exécuté par des agents logiciels. [6]

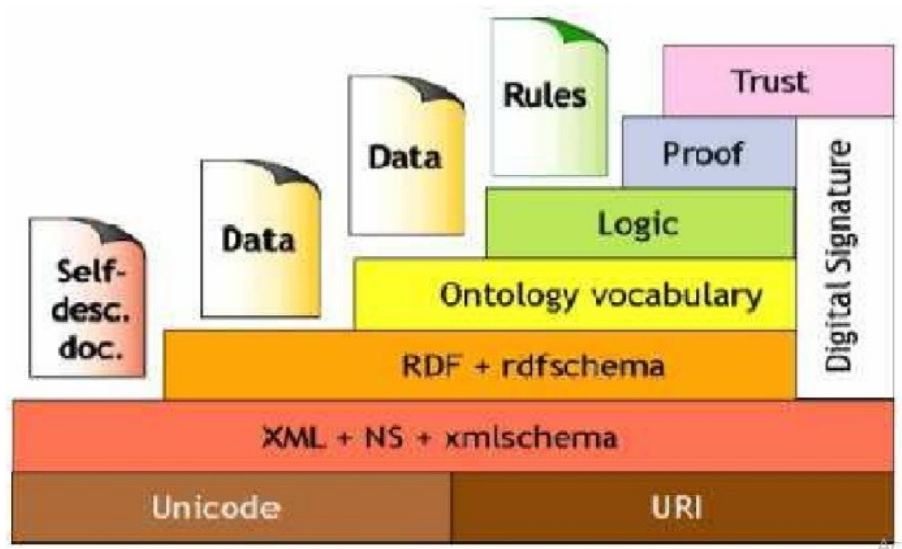


Figure 2.1 Les couches du Web Sémantique[6]

3. La notion d'ontologie :

Le mot «ontologie» vient du mots grec: ontos pour être et logos pour univers et est employé dans des contextes très différents (la philosophie, la linguistique ou l'intelligence artificielle). Cette notion est définie comme suit : «une ontologie est une spécification formelle, explicite d'une conceptualisation partagée». Cette définition est enrichie par l'explication suivante : "Une conceptualisation fait référence à un modèle abstrait de certains

phénomènes du monde, modèle qui identifie les concepts pertinents de ce phénomène. Explicite, signifie que le type des concepts utilisés et les contraintes sur leur utilisation sont explicitement définis. Formelle, se réfère au fait que l'ontologie doit être compréhensible par les machines. Partagée, reflète la notion de connaissance consensuelle décrite par l'ontologie, c'est-à-dire qu'elle n'est pas restreinte au point de vue de certains individus seulement, mais reflète un point de vue plus général, partagé et accepté par un groupe".

Ainsi une ontologie représente un modèle conceptuel sur lequel il est possible de développer des systèmes de connaissances qui soient partageable et réutilisables permettant ainsi, l'interopérabilité entre plusieurs sources d'information et de connaissances.[6]

3.1. Apparition d'ontologie :

Les ontologies sont apparues au début des années 90 dans la communauté Ingénierie des connaissances, dans le cadre des démarches d'acquisition des connaissances pour les systèmes à base de connaissances (SBC). Faisant suite aux systèmes experts qui séparaient une base de connaissances « déclarative » et un moteur d'inférence « procédural », les SBC proposaient alors de spécifier, d'un côté, des connaissances du domaine modélisé et, de l'autre, des connaissances de raisonnement décrivant les règles heuristiques d'utilisation de ces connaissances du domaine. L'idée de cette séparation modulaire était de construire mieux et plus rapidement des SBC en réutilisant le plus possible des composants génériques, que ce soit au niveau du raisonnement ou des connaissances du domaine. Ces dernières précisant tout ce qui a trait au domaine. Dans ce contexte, les chercheurs ont proposé de fonder ces connaissances sur la spécification d'une ontologie , ensemble structuré par différentes relations, principalement l'hyponymie des objets du domaine dont on note déjà que son élaboration relève de choix du modélisateur. [21]

3.2. Définition :

La définition d'ontologie la plus connue dans le domaine de l'intelligence Artificielle (IA), « une spécification formelle et explicite d'une conceptualisation partagée » :

Conceptualisation : modèle abstrait d'un phénomène du monde pour lequel on a identifié les principaux concepts.

Explicite : les définitions déclaratives de concepts utilisés et les contraintes quant à leurs usages sont explicitement définies.

Formelle : l'ontologie doit être traduite dans un langage compréhensible par la machine.

Partagée : l'ontologie doit être consensuelle et acceptée par un groupe. Plus formellement une ontologie O est un système de symboles consistant en :

- Un ensemble C , de concepts, et un ensemble R de relations binaires (D, B), entre domaines et co-domaines (qui sont deux sous-ensembles de C) ; N.B. : Un concept représente un ensemble (fini ou infini).
- Une hiérarchie H , où les concepts et relations sont hiérarchiquement reliés par la relation de subsomption, i.e. une relation d'ordre partiel noté \sqsubseteq , ou $C1 \sqsubseteq C2$ signifie que $C1$ est un sous-concept de $C2$, et $r1 \sqsubseteq r2$ signifie que $r1$ est une sous-relation de $r2$.
- Un ensemble d'axiomes A qui introduisent les concepts et les relations. [2]

La **Figure2.2** représente un exemple d'une ontologie relative aux recettes de cuisine contiendra par exemple les concepts d'aliments et de plats. La figure présente un extrait de la hiérarchie de concepts d'une telle ontologie. Chaque concept doit être associé à une définition formelle.

Ici, le concept de recette pourra être défini comme une façon permettant de réaliser un plat.

Un plat froid pourra quant à lui être défini comme un plat dont la recette a un temps de cuisson nul. 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. [6]

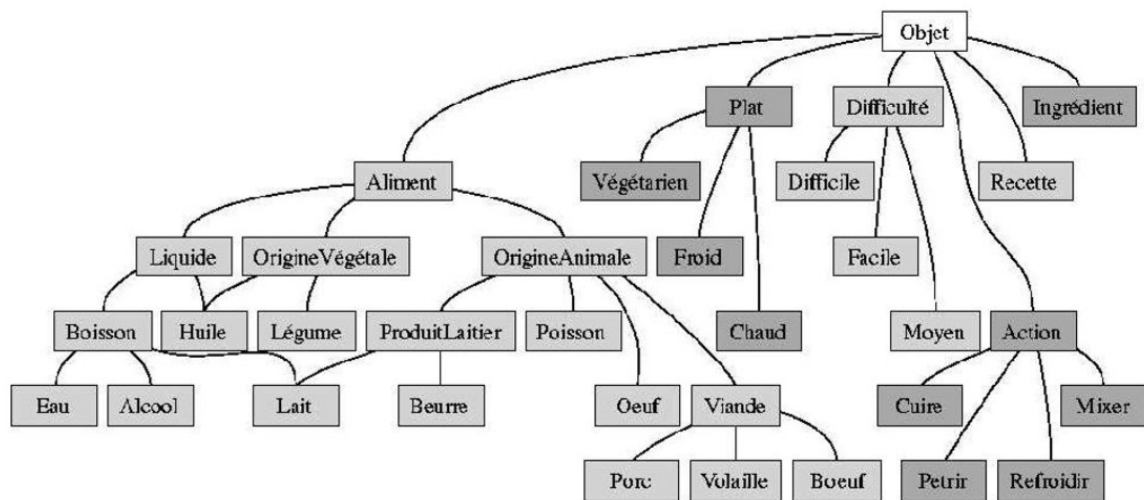


Figure2.2 Hiérarchie de concepts d'une ontologie pour les recettes de cuisine[6]

3.2.1. Définition en philosophie :

Historiquement, le terme Ontologie a été défini en philosophie comme une branche de la métaphysique qui s'applique à l'être en tant qu'être, indépendamment de ses déterminations particulières. En effet, ce terme grec est composé des mots « ontos » « l'être » et « logos » « sciences, étude » qui veulent dire respectivement l'essence de l'être. Au début des années 90, des chercheurs en intelligence artificielle se sont intéressés à cette notion pour la formalisation des connaissances. [13]

3.2.2. Définition en informatique :

En informatique dans le domaine de l'Intelligence Artificielle, et plus particulièrement en Ingénierie des connaissances, les ontologies traitent de la représentation des connaissances d'un domaine particulier à travers l'utilisation de concepts et de rôles. L'intérêt de l'utilisation d'ontologies par des programmes et/ou des agents logiciels est qu'elle permet de partager la compréhension d'un domaine afin de pouvoir obtenir une interprétation sans équivoque ou ambiguïté de la signification des ressources présent sur le web. Il ya un autre définition : « une ontologie comme une spécification explicite et formelle d'une conceptualisation partagée ». Dans une spécification formelle, l'ontologie est interprétable sans ambiguïté par une machine, L'ontologie doit donc être traduite dans un langage formel et opérationnel de représentation des connaissances, ce processus de traduction est appelé opérationnalisation. [10]

Par suite les ontologies informatiques sont des outils qui permettent précisément de représenter un corpus de connaissances sous une forme utilisable par une machine.

Une des définitions de l'ontologie qui fait autorité est celle de Gruber:

Une ontologie est la spécification d'une conceptualisation d'un domaine de connaissance.

Cette définition s'appuie sur deux dimensions :

- Une ontologie est la conceptualisation d'un domaine, c'est-à-dire un choix quant à la manière de décrire un domaine. C'est par ailleurs la spécification de cette conceptualisation, c'est-à-dire sa description formelle.
- C'est une base de formalisation des connaissances. Elle se situe à un certain niveau d'abstraction et dans un contexte particulier. C'est aussi une représentation d'une conceptualisation partagée et consensuelle, dans un domaine particulier et vers un objectif commun. Elle classe en catégories les relations entre les concepts. [5]

3.3. Rôle de l'ontologie :

- Les ontologies sont utilisées pour construire des bases de connaissances. Une base de connaissances peut être formée par une ontologie et un ensemble d'instances de ces classes.
- Les ontologies définissent des vocabulaires structurés, regroupant des concepts utiles d'un domaine et de leurs relations et qui servent à organiser et échanger des informations de façon non ambiguë.
- Les ontologies peuvent jouer le rôle d'entrepôt de données pour organiser l'information pour une communauté spécifique.

- Le partage et la réutilisation d'information ou les ressources d'information peuvent être transmises entre les humains et les agents logiciels.
- **Interopérabilité** : les relations sémantiques dans les ontologies sont lisibles par les machines de telle façon qu'elles augmentent l'interopérabilité entre les systèmes hétérogènes. [1]

3.4. Les composants d'ontologie :

Comme tout formalisme de représentation, les ontologies sont basées sur l'utilisation d'un certain nombre de composantes de base de l'ontologie les quelles :

Les concepts (ou classes), les relations (ou propriétés), les fonctions, les axiomes (ou règles) et les instances (ou individus).

3.4.1. Les concepts :

Un concept est un constituant de la pensée (un principe, une idée, une notion abstraite) sémantiquement évaluable et communicable.

Ces concepts selon Gomez peuvent être classifiés selon trois dimensions:

- Niveau d'abstraction (concrets ou abstraits).
- Atomicité (élémentaires ou composés).
- Niveau de réalité (réels ou fictifs).

Un concept est composé de trois parties :

- **Une notion** : elle correspond à la sémantique du concept, elle est définie à travers ses propriétés et ses attributs. Elle est appelée **intention** du concept.
- **Un ensemble d'objets** : il correspond aux objets définis par le concept, il est appelé extension du concept. Les objets sont les **instances** du concept.
- **Un (ou plusieurs) terme(s)** : les termes permettent de désigner le concept. Ces termes sont aussi appelés **labels** de concept.

Exemple : le **terme** « lapin » renvoie à la **notion** « animal » possédant de longues oreilles et une queue et à l'**ensemble des objets** ayant cette description.

a / Les propriétés portant sur un concept :

- **La généralité** : un concept est générique s'il n'admet pas d'extension. Exemple : **la vérité** est un concept générique.
- **L'identité** : un concept porte une propriété d'identité si cette propriété permet de conclure quant à l'identité de deux instances de ce concept. Cette propriété peut porter sur des attributs du concept ou sur d'autres concepts.

Exemple : le concept d'**étudiant** porte une propriété d'identité liée au **numéro de l'étudiant**, deux étudiants étant identiques s'ils ont le même numéro.

- **La rigidité** : un concept est dit rigide si toute instance de ce concept en reste instance dans tous les mondes possibles.

Exemple : **humain** est un concept rigide, **étudiant** est un concept non rigide.

- **L'anti-rigidité** : un concept est anti-rigide si toute instance de ce concept est essentiellement définie par son appartenance à l'extension d'un autre concept. Exemple : **étudiant** est un concept anti-rigide car l'étudiant est avant tout un humain.

- **L'unité** : un concept est un concept unité, si pour chacune de ses instances, les différentes parties de l'instance sont liées par une relation qui ne lie pas d'autres instances du concept. Exemple : les deux parties d'un couteau, manche et lame sont liées par une relation «**Emmanché**» qui ne lie que cette lame et ce manche.

b/ Les propriétés portant sur deux concepts

- **L'équivalence** : deux concepts sont équivalents s'ils ont la même extension. Exemple : étoile du matin et étoile du soir.

- **La disjonction** : (on parle aussi d'incompatibilité) deux concepts sont disjoints si leurs extensions sont disjointes.

Exemple : homme et femme.

- **La dépendance** : Un concept *C1* est dépendant d'un concept *C2* si pour toute instance de *C1* il existe une instance de *C2* qui ne soit ni partie ni constituant de l'instance de *C1*. Exemple : parent est un concept dépendant de enfant (et vice-versa). [8]

3.4.2. Les relations

Elles représentent des interactions entre des concepts du domaine. Elles établissent des liens sémantiques binaires, organisables hiérarchiquement.

Exemple : les concepts « Personnalité » et « Film » sont reliés entre eux par la relation sémantique « réalise (Personnalité, Film) ».

a/ Les propriétés intrinsèques à une relation

- **Les propriétés algébriques** : symétrie, réflexivité, transitivité
- **La cardinalité** : nombre possible de relations de ce type entre les mêmes concepts (ou instances de concept). Les relations portant une cardinalité représentent souvent des attributs.

Exemple: une pièce a au moins une porte.

b/ Les propriétés liant deux relations

- **L'incompatibilité** : on dit que deux relations *R1* et *R2* sont incompatibles si elles ne peuvent lier les mêmes instances de concepts.

Exemple : « **être rouge** » et « **être vert** » sont deux relations incompatibles.

- **L'inverse** : on dit que deux relations binaires $R1$ et $R2$ sont inverses lune de l'autre si, quand $R1$ lie deux instances $I1$ et $I2$, alors $R2$ lie $I2$ et $I1$. Exemple : « **a pour père** » et « **a pour enfant** » sont deux relations inverses lune de l'autre.
- **L'exclusivité** : deux relations $R1$ et $R2$ sont exclusives si, quand $R1$ lie des instances de concepts, $R2$ ne lie pas ces instances, et vice-versa. L'exclusivité entraîne l'incompatibilité. Exemple : l'appartenance et la non appartenance sont exclusives.

c/ Les propriétés liant une relation et des concepts

- **Le lien relationnel** : Il existe un lien relationnel entre une relation R et deux concepts $C1$ et $C2$ si, pour tout couple d'instances des concepts $C1$ et $C2$, il existe une relation de type R qui lie les deux instances de $C1$ et $C2$. Un lien relationnel peut être contraint par une propriété de cardinalité, ou porter directement sur une instance de concept

Exemple : Il existe un lien relationnel entre les concepts « **texte** » et « **auteur** » d'une part et la relation « **a pour auteur** » d'autre part.

- **La restriction de relation** : Pour tout concept de type $C1$, et toute relation de type R liant $C1$, les autres concepts liés par la relation sont d'un type imposé.

Exemple: si la relation « **mange** » portant sur une « **personne** » et un « **aliment** » lie une instance de « **végétarien** », concept subsumé par « **personne** », l'instance de « **aliment** » est forcément instance de « **végétaux** ». [8]

3.4.3. Les fonctions

Elles présentent des cas particuliers de relations dans lesquelles le nième élément de la relation est unique pour les $n-1$ éléments précédents.

Formellement, les fonctions sont définies telles que :

$$F : c1 * c2 * ... * cn-1 \rightarrow cn.$$

Exemple de fonctions : « **père-de** » et « **carré** » sont des fonctions binaires. Tandis que, « **prix-de voiture-usagée** » qui calcule le prix d'une voiture de seconde main en fonction du modèle de voiture, de la date de fabrication et du nombre de kilomètres est une fonction ternaire. [8]

3.4.4. Les axiomes (ou Règles)

Les axiomes sont des expressions qui sont toujours vraies. Ils ont pour but de définir dans un langage logique la description des concepts et des relations permettant de représenter leur sémantique. Ils représentent les intentions des concepts et des relations du domaine et, de manière générale, les connaissances n'ayant pas un caractère strictement terminologique . Leur inclusion dans une ontologie peut avoir plusieurs objectifs :

- ✓ Définir la signification des composants.
- ✓ Définir des restrictions sur la valeur des attributs.
- ✓ Définir les arguments d'une relation.
- ✓ Vérifier la validité des informations spécifiées ou en déduire de nouvelles. [8]

3.4.5. Les instances (ou individus)

Elles constituent la définition extensionnelle de l'ontologie ; elles sont utilisées pour représenter des éléments dans un domaine. [8]

Exemple: les individus « **Ahmed** » et « **Fatima** » sont des instances du concept « **patient** ».

3.5. Classification d'ontologies :

La classification d'ontologies peut se faire selon plusieurs dimensions. Ces dimensions regroupent principalement cinq classes: objets de conceptualisation, niveau de granularité, formalisme de représentation, niveau de complétude et la richesse de la structure interne.

3.5.1. Classification selon le niveau de granularité :

La granularité est un autre critère pour la classification d'ontologies. La granularité représente le niveau de détail de la conceptualisation de l'ontologie. En fonction de l'objectif opérationnel, une connaissance plus ou moins fine du domaine est nécessaire. Des propriétés considérées comme secondaires dans certains contextes peuvent se révéler indispensables pour d'autres applications. Deux catégories peuvent être identifiées à savoir la granularité fine et la granularité large.

- **La granularité fine** : correspond à une ontologie très détaillée. Cette ontologie possède ainsi un vocabulaire plus riche. Ce vocabulaire assure une description détaillée des concepts pertinents d'un domaine particulier (ou d'une tâche particulière). Ce niveau de granularité s'avère utile lorsqu'il s'agit d'établir un consensus entre les agents qui manipulent l'ontologie.
- **La granularité large** : correspond à une ontologie avec un vocabulaire moins détaillé. Il coïncide avec des scénarios spécifiques d'utilisation, où les différents utilisateurs sont préalablement d'accord à propos de la conceptualisation sous-jacente. Les ontologies génériques possèdent une granularité large. En effet, compte tenu des concepts qu'elles modélisent sont normalement raffinées subséquentement dans d'autres ontologies de domaine ou d'application. De même, les ontologies de haut niveau possèdent une granularité large. Elle provient du fait que les notions sur les quelles elles portent peuvent être raffinées par des notions plus spécifiques. [14]

3.5.2. Classification selon l'objet conceptualisation :

Les ontologies sont classifiées selon leur objet de conceptualisation (le but de leur utilisation) de la façon suivante : 1) Supérieure/Haut niveau, 2) Domaine,3) Tâche,4) Application.

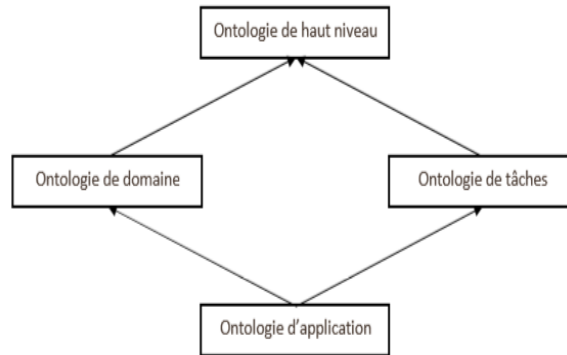


Figure 2.3 Typologies d’ontologies selon quatre dimensions de classification [14]

3.5.2.1. Les ontologies génériques ou ontologies de haut niveau (top-ontologies) :

Ce type d’ontologies modélise des concepts de haut niveau auxquels ces derniers doivent être reliés au sommet des ontologies de plus bas niveaux. Cependant, il existe plusieurs ontologies de haut niveau qui se différencient par le critère utilisé pour classer les concepts généraux de la taxonomie. [15]

3.5.2.2. Les ontologies du domaine :

Ces ontologies expriment des conceptualisations spécifiques à un domaine. Elles sont réutilisables pour plusieurs applications de ce domaine. L’ontologie du domaine caractérise la connaissance du domaine où la tâche est réalisée. [6]

3.5.2.3. Les ontologies de tâches :

Ce type d’ontologie est utilisé pour décrire un vocabulaire relatif à une tâche ou une activité générique (faire un diagnostic, planifier une activité . . .) en spécialisant certains termes des ontologies de haut niveau. Ces ontologies fournissent un ensemble de termes au moyen desquels on peut décrire, au niveau générique, comment résoudre un type de problème.[15]

3.5.2.4. Ontologie d’application:

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

particulière. Par conséquent, elle spécialise souvent des ontologies de domaine et des ontologies de tâches pour une application donnée. [15]

3.5.3. Classification selon le formalisme utilisé :

On peut distinguer les ontologies selon le formalisme utilisé pour les exprimer.

- ✓ **Informelle** : l'ontologie est exprimée en langage naturelle. Cela peut permettre de rendre plus compréhensible l'ontologie pour l'utilisateur, mais cela peut rendre plus difficile la vérification de l'absence de redondances ou de contradiction ;
- ✓ **Semi-informelle** : l'ontologie est exprimée dans une forme restreinte et structurée de la langue naturelle ; cela permet d'augmenter la clarté de l'ontologie tout en réduisant l'ambiguïté ;
- ✓ **Semi-formelle** : l'ontologie est exprimée dans un langage artificiel défini formellement ;
- ✓ **Formelle** : l'ontologie est exprimée dans un langage artificiel disposant d'une sémantique formelle, permettant de prouver des propriétés de cette ontologie. L'intérêt d'une ontologie formelle est la possibilité d'effectuer des vérifications sur l'ontologie : complétude, non redondance, consistance, cohérence, etc. [6]

4. But de l'ontologie

Le but de l'ontologie est :

- La communication (entre humains et/ou organisations) : Le bénéfice de l'usage d'ontologie ici, est sans ambiguïté. Dans l'ontologie, il n'y a jamais deux termes ayant la même sémantique. Cette situation se produit souvent, au contraire, si l'on utilise un langage naturel pour la communication.
- L'interopérabilité (machines et systèmes) : L'ontologie peut être utilisée comme un modèle intermédiaire pour la traduction entre les modélisations de différentes collections d'objets.
- L'ontologie sert à définir le format d'échange entre les systèmes.
- L'ingénierie des systèmes : L'ontologie peut servir divers aspects du développement des systèmes d'informations. Premièrement, elle peut assister le processus de construction de spécification de système.
- L'usage d'ontologie rend les documents du processus plus compréhensibles, évite l'ambiguïté dans la spécification. En outre, une représentation formelle d'ontologie permet un traitement automatique du développement. Elle soutient également l'automatisation du processus de vérification de la fiabilité des systèmes. [5]

5. Conclusion :

Les ontologies désormais comme une clé pour la manipulation automatique de l'information au niveau sémantique.

Dans ce chapitre nous avons donné la définition du web sémantique et leurs composants nous avons essayé d'éclaircir la notion d'ontologie en présentant certaines définitions, ensuite nous avons décrit ses composants, ainsi que la classification selon plusieurs démarches . Le chapitre suivant présentera en détaille l'ingénierie ontologique.

CHAPITRE 3

INGENIERIE ONTOLOGIQUE

Introduction :

Le processus de construction d'ontologies, appelé ingénierie ontologique. Ce chapitre a pour titre ingénierie ontologique qui est le domaine concerné par le développement des ontologies, référant à l'ensemble des activités qui concernent le processus de développement d'ontologie, son cycle de vie, les cadres méthodologiques de sa construction ainsi que les outils nécessaires qu'utilisée pour le développement à savoir les langages de représentation des ontologies, les langages d'interrogation et les outils d'édition.

1. Construction des ontologies :

Le processus de construction d'une ontologie doit respecter certains principes de bases qui permettent d'obtenir une ontologie susceptible de répondre aux objectifs de l'ontologie. Le constructeur de l'ontologie, se doit donc de garder à l'esprit ces principaux critères tout au long du cycle de développement de son ontologie.[13]

1.1. De bons principes méthodologiques :

Il existe un ensemble de critères et de principes qui ont fait leurs preuves dans le développement des ontologies et qui peuvent être résumés comme suit :

1.1.1. La clarté et l'objectivité :

L'ontologie doit fournir le sens des termes définis en offrant des définitions objectives ainsi que de la documentation associée en langage naturel.

1.1.2. L'exhaustivité:

Une définition exprimée par une condition nécessaire et suffisante est préférable à une définition exprimée seulement par une condition nécessaire ou par une condition suffisante.

1.1.3. La cohérence :

Afin de pouvoir formuler des inférences cohérentes avec les définitions.

1.1.4. L'extensibilité monotone maximale:

Les nouveaux termes, qu'ils relèvent de la langue générale ou d'une langue de spécialité, devraient être inclus dans l'ontologie sans entraîner de modifications dans les définitions existantes. [13]

1.1.5. Engagements ontologiques minimaux :

Ce principe invite à faire aussi peu de réclamations que possible au sujet du monde représenté. L'ontologie devrait spécifier le moins possible la signification de ses termes, donnant aux parties qui s'engagent dans cette ontologie la liberté de spécialiser et d'instancier l'ontologie comme elles le désirent. [23]

1.2. Le processus de construction d'une ontologie :

Le processus de construction d'une ontologie est un processus complexe, impliquant plusieurs intervenants dans les différentes phases du processus. La gestion de cette complexité exige la mise en place de processus de gestion, afin de contrôler les coûts et le risque, et d'assurer la qualité tout au long du processus de construction.

Le processus général de représentation des connaissances peut donc être découpé en 3 phases comme dans la **Figure 3.1**:

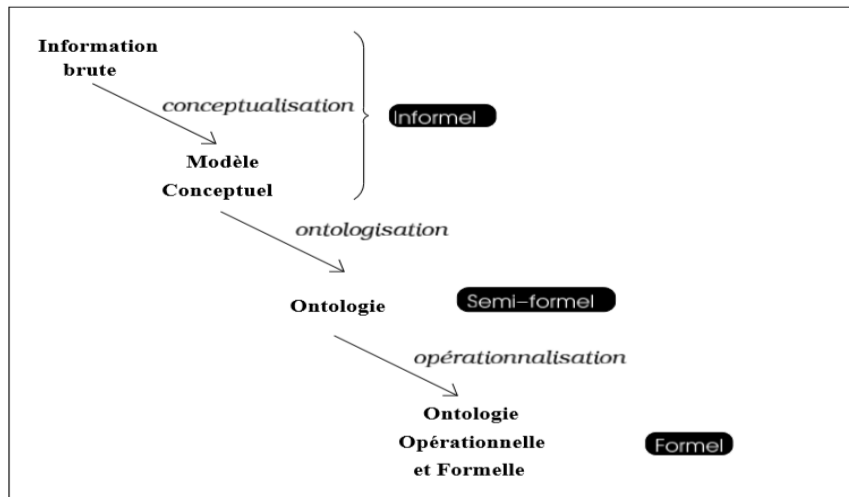


Figure3.1 Processus de construction d'ontologie[19]

1.2.1. La conceptualisation : identification des connaissances contenues dans un corpus représentatif du domaine. Ce travail doit être mené par un expert du domaine, assisté par un ingénieur de la connaissance.

1.2.2. L'ontologisation : formalisation, autant que possible, du modèle conceptuel obtenu à l'étape précédente. Ce travail doit être mené par l'ingénieur de la connaissance, assisté de l'expert du domaine.

1.2.3. L'opérationnalisation : transcription de l'ontologie dans un langage formel et opérationnel de représentation de connaissances. Ce travail doit être mené par l'ingénieur de la connaissance. [19]

2. Le cycle de vie d'ontologie :

Puisque les ontologies sont destinées à être utilisées comme des composants logiciels dans des systèmes répondant à des objectifs opérationnels différents, leur développement doit s'appuyer sur les mêmes principes que ceux appliqués en génie logiciel. Ainsi, les ontologies doivent être considérées comme des objets techniques évolutifs et possédants un cycle de vie qui nécessite d'être précisé. Dans ce contexte, les activités liées aux ontologies sont d'une

part, des activités de gestion de projet (planification, contrôle, assurance qualité) et d'autre part, des activités de développement (spécification, conceptualisation, formalisation);

Un cycle de vie inspiré du Génie Logiciel. Il comprend une étape initiale de détection et de spécification des besoins qui permet notamment de circonscrire précisément le domaine de connaissances, une étape de conception qui se subdivise en trois phases, une étape de déploiement et de diffusion, une étape d'utilisation, une étape incontournable d'évaluation et enfin une sixième étape consacrée à l'évolution et à la maintenance du modèle. Après chaque utilisation significative, l'ontologie et les besoins doivent être réévalués et l'ontologie peut être étendue et si nécessaire en partie reconstruite. La validation du modèle de connaissances est au centre du processus et se fait de manière itérative .

Fernandez insiste sur le fait que les activités de documentation et d'évaluation sont nécessaires à chaque étape du processus de construction. L'évaluation précoce permettant de limiter la propagation d'erreurs. Le processus de construction peut être intégré au cycle de vie d'une ontologie comme l'indique dans la **Figure 3.2**. [3]

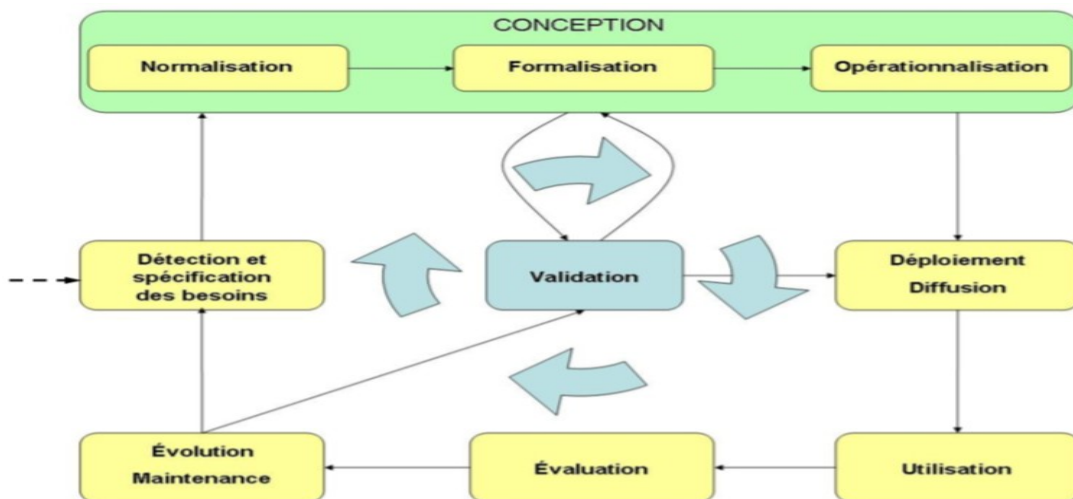


Figure3.2 Cycle de vie d'une ontologie.[3]

2.1. Evaluation des besoins

Le but visé par la construction d'une ontologie se décline en 3 aspects:

- ✓ **L'objectif opérationnel** : il est indispensable de bien préciser l'objectif opérationnel de l'ontologie, en particulier à travers des scénarios d'usage.
- ✓ **Le domaine de connaissance** : il doit être délimité aussi précisément que possible.
- ✓ **Les utilisateurs** : ils doivent être identifiés autant que faire se peut, ce qui permet de choisir, en accord avec l'objectif opérationnel, le degré de formalisme de l'ontologie, et sa

granularité. Une fois le but défini, le processus de construction de l'ontologie peut démarrer, en commençant par la phase de conceptualisation. [23]

2.2. Conception :

2.2.1. Conceptualisation (normalisation):

Cette étape permet d'aboutir à un modèle informel, donc sémantiquement ambiguë et généralement exprimé en langage naturel.

Elle consiste, à partir des données brutes, à dégager les concepts et les relations entre ces concepts permettant de décrire de manière informelle les entités cognitives du domaine.

L'objectif est d'aboutir à un modèle conceptuel, ce modèle consiste en un ensemble de termes désignant les entités du domaine de connaissances (concepts, relations, propriétés des concepts et des relations, ...), assortis d'informations exprimant leur sémantique.

La découverte des connaissances d'un domaine peut s'appuyer à la fois sur l'analyse de documents et sur l'interview d'experts du domaine. Ces activités doivent être raffinées au fur et à mesure que la conceptualisation émerge. [23]

2.2.2. Ontologisation (formalisation) :

L'ontologisation consiste en une formalisation partielle, sans perte d'information, du modèle conceptuel obtenu dans l'étape précédente. Ce qui permet de faciliter sa représentation ultérieure dans un langage complètement formel et opérationnel.

Elle effectue une transcription des connaissances dans un certain formalisme de connaissances, ce formalisme devant être aussi générique que possible, mais sémantiquement clair.

Le modèle obtenu est souvent qualifié de semi-formel (car certaines connaissances ne peuvent pas être totalement formalisées).

Le caractère semi-formel d'une ontologie lui interdit d'être utilisée telle quelle dans un système. [23]

2.2.3. Opérationnalisation :

Cette étape consiste à formaliser complètement l'ontologie obtenue dans un langage de représentation de connaissances formel (i.e. possédant une syntaxe et une sémantique) et opérationnel (i.e. doté de services inférentiels permettant de mettre en œuvre des raisonnements), par exemple, le modèle des Graphes Conceptuels ou la Logique de Descriptions.

On obtient alors une représentation formelle des connaissances du domaine. Ainsi, le caractère formel de l'ontologie permet à une machine, via cette ontologie, de manipuler des

connaissances du domaine. La machine doit donc pouvoir utiliser des mécanismes opérant sur les représentations de l'ontologie. [23]

2.3. Diffusion :

Elle consiste en la distribution de l'ontologie vers les environnements en vue de son utilisation. Ce qui implique rendre l'ontologie développée disponible pour utilisation. [1]

2.4. Utilisation :

Cette étape implique l'exploitation de l'ontologie diffusée. Elle regroupe les applications quotidiennes, tâche routinières (trouver, combiner, analyser, réutiliser, inférences, recherche...etc.). [1]

2.5. L'évaluation et l'évolution:

Pour évaluer une ontologie, deux niveaux sont distingués :

✓ La vérification des propriétés formelles que l'ontologie. L'ontologie doit être conforme à un modèle formel de représentation de connaissances.

La validation, qui consiste à s'assurer de la conformité et fidélité sémantique de l'ontologie à un domaine de connaissance, c'est-à-dire que la sémantique exprimée dans l'ontologie doit être celle du domaine considéré. [1]

3. Quelques méthodologies de construction d'ontologie :

Les méthodologies peuvent porter sur l'ensemble du processus et guider l'ontologiste dans toutes les étapes de la construction. Bien qu'aucune méthodologie générale n'ait pour l'instant réussi à s'imposer, de nombreux critères de construction d'ontologies ont été proposés pour des méthodologies.

ENTERPRISE, TOVE et METHONTOLOGIE sont les méthodologies les plus représentatives pour construire des ontologies.[12]

3.1. La méthode ENTREPRISE(The enterprise ontology):

Uschold, propose le squelette d'une méthode basé sur l'expérience de construction d'ontologies dans le domaine de la gestion des entreprises. La méthode ENTERPRISE repose sur les quatre étapes suivantes :

- Identifier le rôle et la portée de l'ontologie.
- Identifier les concepts et relations fondamentaux et des définitions provisoires de ces éléments. Coder l'ontologie dans un langage adapté. Intégrer des ontologies existantes. Dans cette étape, l'ontologie est réellement construite.
- Evaluer l'ontologie.

➤ Rédiger une documentation et une trace des actions réalisées lors des différentes phases .[12]

3.2. La méthode Tove (Toronto Virtual Enterprise) :

Cette méthode est développée par l'université de Toronto, cette méthodologie repose sur les expériences de développement d'une entreprise. Elle s'appuie également pour le développement d'une ontologie sur les principales étapes suivantes :

Capturer des scénarios de motivations : Cette étape consiste à identifier des scénarios qui clarifient le domaine que l'on investit et les différentes applications dans lesquelles l'ontologie sera employée.

Formuler des questions de compétences informelles : Cette étape consiste à formuler un ensemble de questions (basées sur les scénarios), exprimées en langage naturel, afin de déterminer la portée de l'ontologie. Ces questions et leurs réponses sont utilisées pour extraire les concepts principaux, leurs propriétés et les relations qui existent entre ces concepts.

Spécifier la terminologie de l'ontologie : Cette étape consiste à représenter les termes (concepts, propriétés et relations), identifier dans l'étape précédente, en utilisant le formalisme de la logique du premier ordre. Les concepts seront représentés sous forme de constantes ou bien des variables. Par ailleurs, les propriétés et les relations seront représentées par des prédicats.

Evaluer la complétude de l'ontologie.[12]

3.3. La méthode METHONTOLOGY

La **Figure 3.3** : présente le processus de la méthode METHONTOLOGIE.

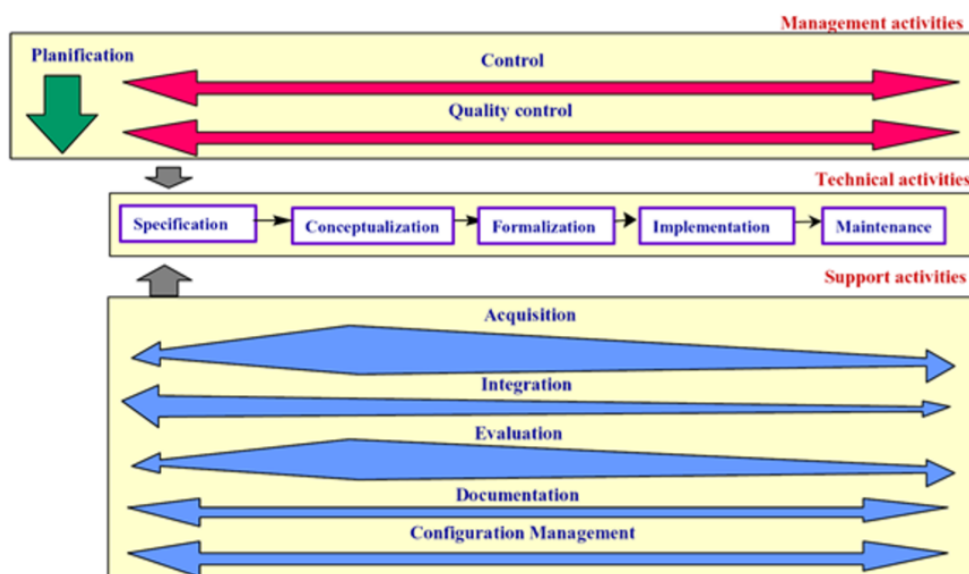


Figure 3.3 Processus de développement d'ontologie de METHONTOLOGY[3]

La méthodologie de construction d'ontologies « METHONTOLOGY » se situe entre le GL (Génie Logiciel) et l'IC (Ingénierie des Connaissances). Elle identifie une séquence d'activités techniques à appliquer pour le développement de l'ontologie. L'approche METHONTOLOGY distingue les étapes suivantes : [12]

➤ **Spécification :**

Le développement d'une ontologie commence par la définition du domaine et portée de celle-ci. Cela est basé sur la réponse à certaines questions : Quel est le domaine que l'ontologie va couvrir ? À quoi cette ontologie va servir ? À quels types de questions les informations de l'ontologie doivent fournir des réponses ? Qui va utiliser et maintenir l'ontologie ?, etc. Les réponses à ces questions peuvent changer durant le processus de développement de l'ontologie, mais à chaque étape, elles permettent de limiter la portée du modèle. L'une des solutions qui permet de déterminer la portée d'une ontologie consiste à définir ou planifier une liste de questions auxquelles une base de connaissance, basée sur l'ontologie, doit être capable de répondre (competency questions). [12]

➤ **Conceptualisation :**

Cette étape est illustrée dans la figure 3. Elle consiste à identifier et à structurer les connaissances du domaine, à partir des sources d'informations. L'acquisition de ces connaissances peut s'appuyer à la fois sur l'analyse de documents et sur l'interview des experts du domaine. Une fois que les concepts sont identifiés par leurs termes, leur sémantique est décrite dans un langage semi-formel (tables et graphes) à travers leurs propriétés, leurs instances connues et les relations qui les lient entre eux. [12]. La **Figure 3.4** est contenue les tâches qui consistent dans l'étape de conceptualisation.

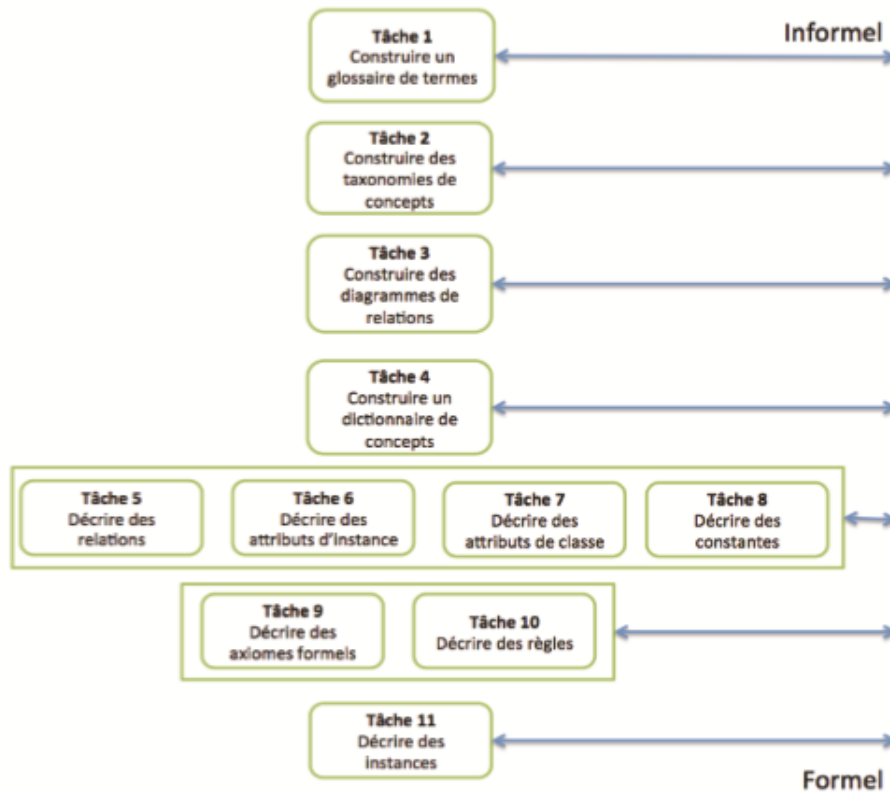


Figure 3.4 Processus de développement d'une ontologie[9]

Tache 1 : Construire le glossaire de termes :

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

Tache 2 : Construction d'une taxonomie de concepts

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

Tache 3 : Construction d'un diagramme de relations

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

Tache 4 : Construction d'un dictionnaire de concepts

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

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

Tache 5 : Décrire les relations : la description des relations définies dans le dictionnaire des concepts en précisant un ensemble d'élément à savoir : le nom, des relations, leurs concepts source, leur concept cible, leurs cardinalités, leurs relations inverses si elles existent.

Tache 6 : Décrire les attributs d'instance : il s'agit de construire un tableau qui va contenir le nom de l'attribut, le nom de concept père, son type et sa valeur, la plage de ses valeurs, les formules ou les règles qui peuvent inférer les valeurs de cet attribut.

Tache 7 : Décrire les attributs de classe : faire de la même manière que la description des attributs d'instances.

Tache 8 : Décrire les constantes : la description d'une constante revient à lui donner sa valeur. [1]

Tache 9 : Décrire les axiomes formelles : Il faut identifier les axiomes formels nécessaires à l'ontologie et les décrire avec précision dans une table. Pour chaque définition d'axiome formel, il faut spécifier le nom, la description ; l'expression logique qui le décrit formellement (de préférence en utilisant la logique du premier ordre), les concepts, les attributs et les relations auxquelles l'axiome fait référence ainsi que les variables utilisées.

Tache10 :Description des règles et des axiomes formelles : Il faut identifier quelles règles sont nécessaires dans l'ontologie et les décrire dans une table de règles. Pour chaque règle, il faut spécifier : le nom ; la description ; l'expression qui la décrit formellement, les concepts , les attributs, les relations auxquelles elle font référence et les variables utilisées dans l'expression. Pour la spécification des règles, il est suggéré d'utiliser la syntaxe suivante :
Si<condition>alors<conséquences et actions> [9]

Tache 11 : Décrire les instances

C'est une tache facultative qui sert à donner plus de précision sur les instances. Elle consiste à associer à chaque instance le nom de sa super classe et attribue des noms et des valeurs de ses attributs. [1]

➤ **Formalisation :**

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

L'ontologie résultat de cette phase est appelée une ontologie formelle [23]

➤ **Implémentation :**

Le but de cette étape sera donc de coder l'ontologie formelle dans un langage d'implémentation :(RDFS/RDF, OWL DL.....), il existe quelques outils pour facilité

l'implémentation ex :Protégé. Et a la fin de cette phase, nous obtenons une ontologie opérationnelle.

➤ **Maintenance :**

Ce la peut s'agir d'une maintenance corrective ou évolutive de l'ontologie (nouveaux besoins de l'utilisateur), ce qui permet la validation et l'évolution de celle-ci. Cette activité est généralement faite par le constructeur et des experts du domaine. La validation se base sur l'exploitation des services d'inférences associés aux LDs, et qui sont offerts par des raisonneurs. [12]

4. Outils de développement d'ontologie :

Les outils de développement d'ontologies qui existent sur le marché aujourd'hui sont divers et variés. Cet état de choses suscite beaucoup d'interrogations lorsque vient le moment d'en choisir un pour construire une nouvelle ontologie: L'outil offre-t-il une assistance au développement ? L'outil dispose-t-il d'un moteur d'inférence ? Quels langages d'ontologies l'outil supporte-t-il ? L'outil permet-il d'importer/exporter des ontologies ? L'outil offre t-il un support à la réutilisation d'ontologies existantes ? L'outil permet-il de documenter les ontologies construites ? L'outil offre-t-il un support graphique à la construction des ontologies ? L'outil est-il stable, convivial, « mature » ? Les réponses à toutes ces questions pourraient s'avérer décisives dans le choix de l'un ou l'autre outil. Dans cette section nous passons en revue les principaux outils disponibles. [12]

4.1. Langages de spécification d'ontologies :

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

- (1) la lisibilité : le langage doit être compréhensible pour un utilisateur humain et doit donc avoir une certaine continuité avec le langage naturel.
- (2) la portabilité : le langage choisi doit être le plus standard possible afin de pouvoir être réutilisé dans d'autres systèmes.
- (3) la possibilité de faire des inférences : le langage doit permettre le traitement informatique des données en vue de calculer les déductions logiques possibles. [3]

Dans le contexte du Web sémantique, plusieurs langages d'ontologies ont été développés pendant les dernières années. Certains d'entre eux sont basés sur la syntaxe de XML, tels que XOL, SHOE, OML, RDF, et RDF Schéma. Les deux derniers sont créés par des groupes de travail du W3C. Trois autres langages sont établis sur RDF(S) pour améliorer ses

caractéristiques : OIL, DAML+OIL et OWL. La **Figure 3.5** représente la pyramide des langages du Web sémantique. [12]

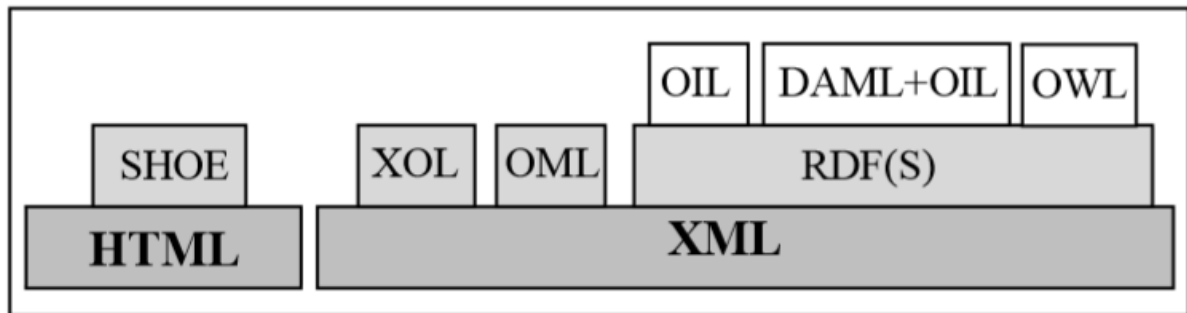


Figure 3.5 La pyramide des langages du Web sémantique[12]

❖ XML (eXtensible Markup Language) :

Est un métalangage dérivé de SGML (Standart General Markup Language) utilisé pour définir des langages de marquage comme XHTML. Ces langages de marquage permettent la structuration des documents du Web non plus sur la base d'une structure figée, comme le permettait HTML, mais en laissant la possibilité au concepteur de distinguer les données selon leur sens et leur contenu. Un document XML se présente sous la forme de données taggées par un ensemble de balises, chacune pouvant comporter des attributs et des valeurs. Il n'y a pas de définition figée des balises. Donc, leur grammaire peut être consignée dans une DTD séparée (Document Type Définition). Cette DTD n'a aucune vocation à traiter de sémantique et ne sert qu'à définir des conventions de syntaxe. Les schémas XML, normalisé par le W3C en 2001, permettent de la même façon que les DTD, de modéliser et de valider les documents et leurs données. Ces schémas XML sont cependant beaucoup plus précis que les DTD car ils permettent de donner des contraintes plus strictes aux valeurs.

❖ XOL (XML-based Ontology exchange Language) : Un langage a pourtant été défini sur la base de XML avec pour principal objectif l'échange d'ontologies. [3]

❖ RDF (Ressource Description Framework) :

Est un langage pour la représentation de méta-données à propos des ressources. Le modèle RDF permet cette représentation par des assertions sous la forme d'un triplet (ressource, propriété, valeur), ou encore (sujet, prédicat, objet) :

- **Ressources** : les ressources sont tous les objets décrits par RDF. Généralement, ces ressources peuvent être aussi bien des pages Web que tout objet ou personne du monde réel. Les ressources sont alors identifiées par leur URI (Uniform Resource Identifier).
- **Propriétés** : une propriété est un attribut, un aspect, une caractéristique qui s'applique à une ressource. Il peut également s'agir d'une mise en relation avec une autre ressource.

- **Valeurs** : les valeurs en question sont les valeurs particulières que prennent les propriétés. [12]

Le but de RDF est résumé comme suit:

- Améliorer la découverte de ressources sur le Web.
- Etablir des catalogues de ressources (décrire le contenu et les relations).
- Développer des agents intelligents.
- Spécifier la sémantique des données d'un document XML [24]

❖ RDF(S) :

RDF permet de déclarer des propriétés (et relations) sur des ressources ,spécifier le type des propriétés et des ressources (rdf:type), mais ne permet pas de décrire les types des propriétés (relations) , des ressources.

En d'autre terme RDF ne permet pas de répondre :

- Quelles sont les valeurs autopsiées pour une propriété?
- Quelles sont les propriété autorisées sur une ressource ?
- Quels sont les liens entre les ressources ?
- Hiérarchie des types de ressources (spécialisation/généralisation) ?

➤ Résultat :absence de vocabulaire → La solution :RDFS

RDFS definition:

- RDFS a Pour exprimer un vocabulaire
- Pour des raisons historiques ce langage est dénommé RDFS (analogie XMLSchema)
- On parle maintenant plutôt de 'RDF Vocabulary Language'
- Le prefixe pour tous les éléments du vocabulaire RDFS est :

<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>

➤ RDFS est un système de typage pour RDF comparable à l'approche orienté objet:

- ✓ Classes et instances
- ✓ Propriétés des classes
- ✓ Hiérarchie des classes (spécialisation/généralisation)

✓ Pas les methods

➤ RDFS permet de :

- ✓ Définir des classes et des sous classes
- ✓ Définir les propriété d'une classes
- ✓ Définir les relations entre classes
- ✓ Restriction de domaine et co-domine d'une propriété

✓ RDFS/RDF permet de décrire des ontologies légères. [25]

❖ DAML (DARPA Agent Markup Language) et DAML+OIL :

Est un langage permettant la représentation d'ontologies. Il a été développé par la DARPA aux États-Unis dans le but de développer des langages et des outils permettant de rendre les contenus de documents accessibles et exploitables par des machines. DAML est une combinaison de XML et de RDF permettant de spécifier des objets mais également les relations entre ces objets. [3]

❖ DAML+OIL :

Est la combinaison de ces deux langages. Il hérite des avantages de ces deux langages. En conséquence, DAML+OIL est un langage très expressif et lisible par la machine ainsi que par un être humain avec une syntaxe basée sur RDF. [12]

❖ OWL : (Web Ontologie Language)

Le langage OWL est conçu pour être un langage d'ontologie (complexes). OWL est un langage XML profitant de l'universalité de XML, OWL fondé sur la syntaxe RDF/XML. Le langage OWL permet de représenter des ontologies complexes munies d'une sémantique formelle.

➤ Trois sous langage OWL :

OWL offre trois sous langages d'expression croissante destinés à des communautés de développeurs et d'utilisateurs spécifiques



Figure3.6 Les sous langages OWL[25]

✓ Chaque sous-langage représente un extension de son redresseur :

✓ Toute ontologie OWL lite est une Ontologie de OWL DL

✓ Toute ontologie OWL DL est une Ontologie de OWL full

▪ OWL lite :

OWL lite est le sous langage OWL le plus simple. Il est destiné aux utilisateurs qui ont besoins d'une hiérarchie de concepts simple.

▪ OWL DL:

• Plus complexe que OWL lite

- Une expressivité élevée
- Fondé sur la logique de description
- Garantie la complétude (toutes les inférences sont calculables)
- Décidabilité (inférences avec durée finie)
- OWL Full:
 - ✓ La version la plus complexe
 - ✓ Un plus haut niveau d'expressivité
 - ✓ complétude et la décidabilité des calculs non garanties
 - ✓ possibilité d'étendre le vocabulaire par défaut de OWL. [25]

4.2. Les moteurs d'inférence :

La plupart de ces moteurs acceptent en entrée des fichiers OWL et sont conçus pour raisonner sur les logiques de descriptions. Une fois l'ontologie chargée, ces moteurs effectuent les inférences sur la TBox et la ABox. Le tableau ci-dessous dresse une comparaison des principaux moteurs d'inférence pour les logiques de description expressives : FaCT, Racer, Pellet, FaCT++, F-OWL, Surnia, et Hoolet. [12]

Moteur	Logique de Description	Implantation	Inférence	API Java	OWL	Décidabilité
Racer	<i>SHIQ</i>	C++	TBox/ABox	oui	OWL DL	oui
Pellet	<i>SHIN(D)</i> , <i>SHON</i>	Java	TBox/ABox	natif	OWL DL	oui
FaCT	<i>SHIQ</i> , <i>SHF</i>	Common Lisp	TBox	oui	OWL DL	oui
FaCT++	<i>SHF</i>	C++	TBox	oui	OWL-Lite	oui
Surnia	Logique prédicats	Python	TBox/ABox	non	OWL Full	non
Hoolet	Logique prédicats	Java	TBox/ABox	oui	OWL DL	non
F-OWL	<i>SHIQ</i>	Java	TBox/ABox	oui	OWL Full	non

Figure3.7 Les principaux moteurs d'inférence[12]

1. **Racer :**

Racer est le moteur d'inférence le plus connu et l'un des plus utilisés dans le domaine pour ces performances et sa stabilité. Racer travaille sur les ontologies modélisées par son langage, mais il accepte des ontologies décrites en RDF ou OWL, ces dernières étant traduites vers le langage utilisé par Racer. Ce moteur d'inférence possède également son propre langage de requête nRQL (new Racerpro query Language) pour interroger l'ontologie sur la TBox et ABox.

Racer possède quelques avantages :

- Racer permet l'ajout d'assertions et d'individus dans les ABox après le chargement de l'ontologie.
- Racer permet l'utilisation de règles SWRL. Racer possède quelques points négatifs :
 - Racer suppose que tous les propriétés sur les data types sont fonctionnelles (pas de valeurs multiples pour un data type property).
 - Racer ne permet pas l'utilisation de type de données utilisateur (type défini par l'utilisateur), et il n'existe pas de version libre d'utilisation. Cependant il est possible d'obtenir une licence gratuite dans le cadre de la recherche scientifique. [12]

2. **Pellet :**

Le moteur Pellet est beaucoup plus récent. Pellet est un des projets du MINDSWAP Group, un groupe de recherche sur le web sémantique de l'université du Maryland. Il est disponible en OpenSource et offre des évolutions fréquentes. Pellet travaille sur des ontologies décrites en RDF ou OWL et permet les requêtes avec RDQL et SPARQL sur la ABox et la TBox. Pellet possède quelques avantages :

- Pellet est open-source et développé en Java.
- Pellet est un raisonneur OWL DL complet.
- Pellet propose en cas d'incohérence dans l'ontologie des réparations possibles.

Pellet possède quelques points négatifs :

- Pellet possède une documentation pauvre en comparaison de celle de Racer. En effet racer est le plus utilisé et donc le plus documenté par des particuliers.
- Pellet n'offre pas de système de souscription à un concept. [12]

4.3. **Langages d'interrogation d'ontologie :**

4.3.1. utilisation du protocole de requête SPARQL:

Une fois l'ontologie construite et sauvegardée dans un fichier OWL, il faut utiliser un protocole de requête spécifique au langage RDF construit sur des graphes de données (à

l'image du protocole SQL pour interroger une base de données). Le SPARQL (prononcer « sparkle », acronyme de SPARQL Protocol And RDF Query Language), recommandé depuis le 15 Janvier 2008 par le W3C [W3 08].[26]

SPARQL est un langage de requête et un protocole qui permettra de rechercher, d'ajouter, de modifier ou de supprimer des données RDF/RDFS disponible à travers Internet.

SPARQL s'apparente à SQL qui comme SQL accède aux base de données via une langage de requête, mais SPARQL accède lui aux ressources présentes sur le Web.

Le principe de langage de SPARQL est:

- **pattern (motif)** : Un pattern est un triplet ou plusieurs triplet avec des variables (préfixées par ?) sont introduites afin de matérialiser les ressources/propriétés/valeurs littérales à retourner.

Exemples :

?personne s :age 18 : les triplets ayant un âge 18

SPARQL Utilise du pattern matching sur la donnée graphe:

- la requête est un graphe avec variables
- on recherche les évaluations des variables qui soient des sous-graphes de la donnée. [25]

4.3.2. Le langage SWRL :

SWRL (Semantic Web Rule Language ou langage de règles du Web sémantique) est un langage standardisé par W3C qui permet aux utilisateurs de rédiger des règles exprimées en termes de concepts OWL pour fournir des capacités de raisonnement déductif. SWRL définit plusieurs opérateurs mathématiques et assure des garanties formelles fortes lors de l'exécution de l'inférence. Il est construit sur le même fondement logique de description OWL. Ce langage enrichit la sémantique d'une ontologie définie en OWL en utilisant des mécanismes de raisonnement sur les connaissances exprimées en OWL. Ces mécanismes sont implantés dans des moteurs d'inférence qui assurent l'exécution des règles SWRL à travers des ponts connus par le nom *bridge* afin d'automatiser le processus de déduction sur les règles.

Les règles SWRL sont élaborées selon le schéma : antécédent (body) ->conséquent (head). La partie corps (swrl : body) spécifie les conditions qui doivent être vérifiées et la partie tête (swrl: head) spécifie les actions à prendre en cas de satisfaction des conditions de la règle. [10]

4.4. Les éditeurs d'ontologie :Il existe différents éditeurs qui utilisent des formalismes variés et offrent différentes fonctionnalités Parmi ces outils on trouve : OntoEdit, , Web ode, DOE, Protégé...voici la description de quelques-uns :

4.4.1. **OntoEdit** :

Contrairement aux deux outils précédents, ONTOEDIT n'est pas disponible gratuitement dans sa version complète²³. Il présente les fonctionnalités essentielles communes aux autres éditeurs (hiérarchie de concepts, expression d'axiomes, export de l'ontologie dans des langages divers) et a le mérite de s'appuyer sur une réflexion méthodologique significative. La modélisation des axiomes a fait l'attention de soins particuliers pour pouvoir être effectuée – en tout cas pour les types les plus répandus – indépendamment d'un formalisme privilégié et cela pour faciliter la traduction d'un langage de représentation à un autre. Il propose également une gestion originale des questionnaires de compétences. Des questions pour les réponses desquelles l'ontologie doit fournir le matériel conceptuel, on peut extraire les termes appelés à intégrer l'ontologie. Un petit outil fait une comparaison lexicale des termes extraits des différentes questions pour en déduire automatiquement d'éventuelles subsomptions. Le procédé semble cependant loin d'être fiable puisqu'il repose sur l'hypothèse que le nom d'un concept se retrouve parfois dans le nom de ses spécialisations. [21]

4.4.2. **Ontolingua** :

Ontolingua de l'Université Stanford. Le serveur Ontolingua est le plus connu des environnements de construction d'ontologies en langage Ontolingua. Il consiste en un ensemble d'environnements et de services qui supportent la construction en coopération d'ontologies, entre des groupes séparés géographiquement. Il supporte plusieurs langages et dispose de traducteurs permettant de passer de l'un à l'autre. [12]

4.4.3. **ONTOSAURUS** :

ONTOSAURUS de l'Information Science Institute de l'Université de Southern California. Ontosaurus consiste en un serveur utilisant LOOM comme langage de représentation des connaissances, et en un serveur de navigation créant dynamiquement des pages HTML qui affichent la hiérarchie de l'ontologie; le serveur utilise des formulaires HTML pour permettre à l'utilisateur d'éditer l'ontologie. Des traducteurs du LOOM en Ontolingua, KIF, KRSS et C++, ont été développés. [12]

4.4.4. **PROTEGE** :

PROTÉGÉ a été développé par le Stanford Medical Informatics de l'Université de Stanford. Protégé est une plate-forme Open Source autonome, qui fournit un environnement graphique permettant l'édition, la visualisation et le contrôle (vérification des contraintes) d'ontologies. Le modèle de représentation de connaissances de PROTÉGÉ, est issu du modèle des frames. Ce dernier contient des classes (pour modéliser les concepts), des slots (pour modéliser les attributs des concepts) et des facettes (pour définir les valeurs des propriétés et des contraintes

sur ces valeurs), ainsi que des instances des classes. PROTÉGÉ introduit la notion de métaclasse, dont les instances sont des classes. L'interface très complète ainsi que l'architecture logicielle extensible permettant l'insertion de plusieurs plug-ins offrant de nouvelles fonctionnalités, notamment des pluggins pour gérer les représentations sous forme graphique, par exemple OWLViz et la prise en charge de nouveaux langages.

Toutes ces caractéristiques ont participé à son succès et le rendent l'éditeur d'ontologie jouissant de la plus grande renommée à l'heure actuelle, servant de référence pour une importante communauté d'utilisateurs.[15]

5. Conclusion

Au fur et à mesure des recherches, des idées se dégagent autour du contenu des ontologies, des méthodes à utiliser pour les construire et des modèles et langages servant à leur représentation. Dans ce chapitre nous avons découvert les méthodologies les plus utilisées et connues pour la construction des ontologies qui sont utilisées dans certains domaines, notamment la méthodologie METHONTOLOGY utilisée dans notre travail. Nous avons aussi présenté les outils nécessaires à leur développement à savoir les langages de représentation, les outils d'édition et d'interrogation.

CONCLUSION GENERALE

Dans ce travail, nous avons implémenté un système d'aide au diagnostic médicale basé sur une ontologie, nous avons présenté les notions liées aux ontologies ainsi que les langages et techniques qui permettent de représenter les ontologies utilisés dans le cadre du Web sémantique.

Notre application fournit les fonctionnalités de base : diagnostic médical par interrogatoire et par examen clinique qui permet d'identifier les maladies correspondant aux signes observées chez le patient ainsi que d'autres fonctionnalités secondaires telles que la gestion des maladies, les signes et les patients.

Pour la conception de notre ontologie nous avons appliqué l'ingénierie ontologique au domaine médical, ainsi que les principes et toutes les étapes d'une méthode "METHONTOLOGIE" qui est une méthodologie de conception des ontologies très complète et recommandée. Aussi nous avons utilisés UML pour concevoir une grande partie de notre travail. En utilisant le langage JAVA et la bibliothèque JENA pour implémenter notre application.

Pour l'édition de notre ontologie, on a utilisé Protégé qui est un éditeur très utilisé. Pour permettre le raisonnement sur l'ontologie, on a utilisé pellet qui est un moteur d'inférence très puissant. Le langage SWRL est utilisé pour faciliter l'expression des règles.

Cependant ,il existe plusieurs perspectives possibles à notre travail:

- enrichir notre ontologie par d'autre concepts des maladies, des signes et des relations entre eux .
- enrichir notre ontologie le plus possible avec l'aide des experts du domaine de la radiologie
amélioration de l'application par intégration d'autre ontologies.

BIBLIOGRAPHIES

- [1] Albane Med ELAMIN, Développement d'une ontologie médicale : Dans le cadre d'aide au diagnostic des accidents vasculaires cérébraux, mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master, Université de M'sila, 2014 / 2015.
- [2] Aouachria Moufida, Une approche basée ontologie pour la réutilisation des connaissances dans le processus d'affaires(Business Process), mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magistère, Université UHL Batna, 2011 / 2012.
- [3] Audrey Baneyx, Construire une ontologie de la pneumologie aspects théoriques, modèles et expérimentations, pour l'obtention de thèse de Doctorat, Université Pierre et Marie Curie-Paris 6, 06 février 2007.
- [4] Catherine Agbokou, Apprentissage de la sémiologie médicale en PCEM2 : Evaluation Du stage de psychiatrie, Diplôme inter-universitaire de pédagogie médicale, Université Pierre Et Marie Curie, Paris VI, mémoire soutenu le 25 octobre 2009 .
- [5] Mme El Aini Shil Donia, Approche d'indexation sémantique guidée par une ontologie floue dans un système de recherche d'information, mémoire de Master en informatique, Université de Monastir, 2009 / 2010.
- [6]Hacine Gherbi Ahcine, Construction d'une ontologie pour le web sémantique, mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Magister, Université Ferhat Abbes-Sétif1, 2014.
- [7] Karama Ishak, Conception et réalisation d'un système intelligent de recherche d'information réglementaire, mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master en informatique, Université Kasdi Merbah Ouargla, 3013 / 2014.
- [8] Kolli Manel, Intégration d'ontologies dans le cadre du web sémantique : une détection des relations sémantiques basée sur le RÀPC, thèse présentée pour obtenir le grade de doctorat en sciences en informatique, Université Mentouri Constantine.
- [9]Maria Aydeé Sanchez Santana, Ontologie pour la traçabilité des manipulations d'images médicales, Université de Franche-Comté, 23 Octobre 2014.
- [10] Messalti Ahmed Zoubir, Hemila Abdelkader, Conception et réalisation d'un système de suivi et d'aide à la décision basé sur une ontologie dans le domaine de la mammographie, Master Académique, Université kasdi merbah ouargla , juin 2013.
- [11] Pierre Sidoine V. Donfack Guefack, Modélisation des signes dans les ontologies biomédicales pour l'aide au diagnostic, Université Rennes 1, 2013.
- [12] Riad Lekhchine, Construction d'une ontologie pour le domaine de la sécurité : Application aux agents mobiles, mémoire pour l'obtention du diplôme de Magister en informatique, Université Mentouri – Constantine,2008-2009.

- [13] M^{elle} Samia Bouarroudj, Raisonement sur une ontologie enrichie par des règles SWRL pour la recherche sémantique d'images annotées, mémoire pour l'obtention du diplôme de Magister, Ecole doctorale en informatique de l'Est-Pole ANNABA, 2009/2010.
- [14] Sami Zghal, Contributions à l'alignement d'ontologie OWL par agrégation de similarités, présenté en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en informatique, I.S.G. Tunis-Tunisie, 2010.
- [15] M^{elle} Souheila Khalfi, Construction d'une ontologie pour la prise en charge des patients à domicile, Mémoire de Magister, Université Mentourie Constantine, 10/2009.
- [16] Yahla Mohammed Reda, Messaoud Mohammed, Conception et réalisation d'une application pour la gestion des systèmes d'aide à la décision médicale, pour l'obtention de diplôme de Master, Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen, 2015/2016.
- [17] Arian Assele Kama, Giovanni Mels, Rémy Choquet, Jean Charlet, Marie-Christine Jaulent, Une approche ontologique pour l'exploitation de données cliniques, Sylvie DESPRES.IC 2010, Jun 2010, Nîmes, France. Ecole des Mines d'Alès, pp.183-194, 2010.
- [18] Brigitte Séroussi, Jacques Bouaud, Submitted, Systèmes informatiques d'aide à la décision en médecine : panorama des approches utilisant les données et les connaissances, Pratique Neurologique- FMC, 2014, 5 (4), Submitted on 7 Jan 2015, pp.303-316.
- [19] Frédéric Fürst, L'ingénierie ontologique, Ingénierie des connaissances , Rapport de recherche, No 02-07,IRIN, Université de Nantes2, rue de la Houssinière, Octobre 2002.
- [20] Harmach. Samia, Mahe. Sylvan, Mariey. Hervé, TE: Application de prolog en IA en particulier les systèmes experts, 16 juin 2013.
- [21] Jean Charlet, Bruno Bachimont, Raphaël Troncy, Ontologies pour le web sémantique, Université Technologique de Compiègne.
- [22] Marion Charbonnier, Les systèmes experts Etat de l'art et application possible aux SIG, 25 Avril 2008.
- [23] Mr S. Boughrara, Web Sémantique Master1 TIC, Chapitre V: ingénierie Ontologique.
- [24] Notes par Mr S. Boughrara, Web sémantique -3L/SI, Chapitre I : Langages du Web sémantiques, 2016/2017.
- [25] Notes par Mr S. Boughrara, Web sémantique-3L /SI, Chapitre III : Langages WS, 2016/2017.
- [26] Thibaud Raby, Frédéric Ravaut, Utilisation d'ontologie dans une application médicale décisionnelle, Université de Paris Est Créteil, 2011.

WEB GRAPHIES

- [27] <http://sante-medecine.journaldesfemmes.com/faq/20687-maladie-definiti>, consulté le: 20-02-2017 15:17
- [28] <http://www.weka.fr/sante/base-documentaire/responsabilites-des-personnels-de-sante-wk332/les-responsabilites-et-competences-des-medecins-sl3651103/qui-est-responsable-du-diagnostic-medical-de-la-prescription-medicale-sl7376572.html>, consulté le: 20-02-2017 15:09
- [29] <http://sante-medecine.journaldesfemmes.com/faq/23722-semiologie-medicale-definition>
Consulté le: 20-02-2017 20:57
- [30] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Maladie> , consulté le 03-03-2017 13 :43
- [31] <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/8301/3/CHAPITRE1.pdf> 26-05-2017 13:10
- [32] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Java_\(langage\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Java_(langage)) consulté le 24:05:2017 20 :02
- [33] <http://ufrsciencestech.u-bourgogne.fr/~abrouk/TAW/jena.ppt> consulté le 20-05-2017 21:17.
- [34] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Prot%C3%A9g%C3%A9_\(logiciel\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Prot%C3%A9g%C3%A9_(logiciel)) consulté le 20-05-2017 21 :30.
- [35] <https://fr.wikipedia.org/wiki/NetBeans> consulté le 19-05-2017 8:33.
- [36] <https://jena.apache.org/> consulté le 20-05-2017 21 :20

المخلص

في هذه العمل قمنا بتطوير نظام دعم التشخيص الطبي باستخدام الأنطولوجيا. لذلك قمنا بتطوير برامج لإدارة هذه الأنطولوجيا، ويوفر التطبيق لنا وظائف أساسية هي: الفحص التشخيصي الطبي والفحص السريري و ميزات ثانوية أخرى مثل إضافة المفاهيم و العلاقات وكذلك عرض الأنطولوجيا. لتطوير هذا التطبيق استخدمنا لغة جافا والمكتبة جينا.
الكلمات المفتاحية: الأنطولوجيا ، المنطق ، الاستدلال ، التشخيص الطبي.

Abstract

In this paper we have presented the development of an aid system for the medical diagnostic using an ontology .To do this we have developed a software to manage the ontology .

Our application provides the basic functionalities clinical examination and other secondary functionalities such as the addition of concepts and relationships as well as the display of ontology. For the development of this application we used the Java language and the Jena library.

Keywords: ontology, logic, inference, medical diagnostic.

Résumé

Dans ce mémoire nous avons présenté le développement d'un système d'aide pour la diagnostique médicale en utilisant une ontologie .pour ce faire nous avons développé un logiciel pour gérer cette ontologie...

Notre application fournit les fonctionnalités de base : diagnostic médical par interrogatoire et par examen clinique et autres fonctionnalités secondaires telles que l'ajout des concepts et des relations ainsi que l'affichage de l'ontologie.

Pour le développement de cette application nous avons utilisé le langage Java et la bibliothèque Jena.

Mots-clés : ontologie. logique .inférence. diagnostic médical .