

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Réf :.....

Centre Universitaire
Abd Elhafid Boussof Mila

Institut des Sciences et Technologie

Département de Mathématiques et Informatique

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de Master

En : Informatique

Spécialité: Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication
(STIC)

Conception et implémentation d'un système
expert d'aide au diagnostic au sein du
service chirurgie pédiatrique.

Préparé par : Chiheub Oumaima
Khellaf Marwa

Soutenu devant le jury
Encadré par Afri Faiza
Président: Boumassata Meriem
Examineur : Zekiouk Mounira

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciement

Dieu le tout puissant loué, pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné durant toutes ces années d'études afin que nous puissions aboutir à ce travail. Et nous disons «Al hamdou lillah »

Un grand remerciement a notre encadreur "Mme Afri Faiza " pour son grand soutien ,scientifique , moral , tous ses conseils et surtout sa disponibilité durant toute la période de réalisation de se mémoire. Et aussi a " Mme Afri Asma " Chirurgienne Pédiatre à EMS « Ain Baida » pour ces conseils, ces informations du domaine chirurgie Pédiatrique, et son temps précieux.

Nos remerciements sont aussi adressés aux membres de Jury qui nous ont honorés de leur présence et d'avoir accepté de juger ce modeste travail :

- Boumassata Meriem
- Zekiouk Mounira

Sans oublier de remercier également les responsables et tous les enseignants du département mathématique et informatique du centre universitaire Boussouf Abdelhafid Mila, nos amis et toutes les personnes ayant contribué de loin ou de près pour la concrétisation de ce travail.

Dédicace

*A mes très chers parents qui m'ont beaucoup aidé, soutenu, encouragé et
qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui ;*

A mes chères sœurs

A mes chers frères

A mon cher ami

À ma chère binôme Chiheub Oumaima

*A ma grand mère, mon grand père mes oncles et tantes, ainsi que mes
cousins, cousines et toute la famille ;*

A toutes mes amies

A tous ceux que j'aime tant et que je n'ai pas cités ;

Je dédie ce mémoire ...

Marwa.

Dédicace

Je tiens c'est avec grand plaisir que je dédie ce modeste travail :

*L'être le plus cher, le bonheur de ma vie, ma mère **Sabah.***

*À celui qui ma fait de moi une femme, ma vie mon père **Youcef.***

*À mes chers frères et sœurs **Mondher, Zinou, Oumnia, Rawan.***

*À moi merci **Oumaima.***

*À toi **Oussama** merci pour l'encouragement et le soutien durant toutes ces années.*

*À ma chère binôme **Khellaf Marwa.***

*À tous mes amis qui j'ai rencontrés pendant mes études **Sawsen, Sabi, Rania, Marwa, Fatima, Djihane et Samah.***

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.

Merci !

Oumaima.

Table de matière

Table de matière	5
Table des figures	9
Table des tableaux	11
résumé	12
Introduction générale	14

Chapitre 1: L'intelligence artificielle et Les systèmes Expert

1. Introduction.....	17
2. Intelligence artificiel.....	17
2.1.Définitions de l'IA.....	17
2.1.1. Quelques exemples d'usage d'IA.....	18
2.2.domaine d'application de l'IA	18
2.2.1. Santé (hôpitaux et médecine)	18
2.2.2. Transports.....	19
2.2.3. Les systèmes experts.....	19
3. Système Expert (SE).....	19
3.1.Définition d'un SE.....	19
3.2.Architecture d'un système expert	20
3.2.1. Interface Graphique	21
3.2.2. Base de connaissances	21
3.3.Domaine d'application des systèmes experts	21
3.3.1. Quelque systèmes experts	21
3.4.Système d'aide à la décision à base d'ontologie	22
4. Conclusion	24

Chapitre 2 :Web sémantique et Les ontologies

1. Introduction.....	25
2. Le web sémantique	25
2.1.Architecture du web sémantique	26
2.1.1. Niveau nommage et adressage	26
2.1.2. Niveau syntaxique	27
2.1.3. Niveau sémantique	27
3. Ingénierie ontologique	28
3.1. Définition	28
3.2. Notion de l'ontologie	28
3.3. Les éléments constituant une ontologie	29
3.4. Domaines d'application des ontologies	30
3.4.1. Recherche d'information (Information Retrieval, IR)	30
3.4.2. Systèmes du type Question-Réponse	30
3.4.3. Intégration de bases de données hétérogènes	30
3.5. Les typologies d'ontologies	30
3.6. Construction d'une ontologie	31

3.6.1. Critères d'évaluation d'une ontologie	31
3.6.2. Le processus de construction d'une ontologie	32
3.6.3. Quelques méthodologies de construction d'ontologies	33
3.6.3.1. La méthode ENTREPRISE(The enterprise ontology)	34
3.6.3.2. La méthode Tove (Toronto Virtual Enterprise)	34
3.6.3.3. La méthode METHONTOLOGY	34
4. Éditeurs d'ontologie	36
4.1.Protégé	36
4.2. Les moteurs d'inférence	36
4.3. OWL (Web Ontologie Langage).....	37
5. Conclusion	37

Chapitre 3 : Conception ontologique

1. Introduction	40
2. Objectif de travail	40
3. Architecture du système de raisonnement sémantique	40
3.1. Description de l'architecture	41
3.2.Fonctionnement du système	41
4. Processus construction d'une ontologie OWL	42
4.1. Spécification	42
4.2. Conceptualisation	43
4.3. Formalisation	43
4.4.Implémentation	44
4.5. Test & évolution de l'ontologie	44
5. Construction de l'ontologie dans le domaine médical	45
5.1. domaine d'expertise: La chirurgie pédiatrique	45
5.1.1. Motif de présence en chirurgie pédiatrique	46
5.1.2. Une Consultation en chirurgie pédiatrique	46
5.2. Etape de spécification	47
5.3. Etape de conceptualisation	47
5.4.Etape de formalisation	65
5.4.1. Construction de TBox	66
5.4.2. Construction de la ABox	68
5.5. Représentation sémantique des règles avec le langage SWRL	70
6. Conclusion	73

Chapitre 4 : Conception du système

1. Introduction	76
2. Le langage de modélisation UML 2.0	76
2.1.Historique de l'UML	76
2.2.Définition de l'UML (Unified Modeling Language)	77
3. Identification des besoins	77
3.1. Définition de système	77

3.2. Cas d'utilisation	77
3.2.1. Identification des acteurs	77
3.2.2. Identification des fonctionnalités	77
4. Description textuelle	79
4.1. Etablir un diagnostic	79
4.2. Consulter dossier médical	79
4.3. Consulter traitement	80
4.4. A propos maladie	80
4.5. Gérer Consultation	81
4.6. Interrogatoire	81
4.7. Examen Clinique	82
4.8. Examen Paraclinique	83
5. Diagramme de séquence	83
5.1. Etablir un diagnostic	83
5.2. Consulter dossier médical	84
5.3. Consulter traitement	85
5.4. A propos maladie	85
5.5. Gérer Consultation	86
5.6. Interrogatoire	86
5.7. Examen Clinique	87
5.8. Examen Paraclinique	87
6. Diagramme de séquence détaillé	88
6.1. Etablir un diagnostic	88
6.2. Consulter dossier médical	88
6.3. Consulter traitement	89
6.4. A propos maladie	89
6.5. Interrogatoire	98
6.6. Examen Clinique	90
6.7. Examen Paraclinique	90
7. Diagramme de classe finale	91
8. Model relationnel	91
9. Conclusion	92

Chapitre 5 Réalisation & Mise en œuvre

1. Introduction	94
2. Outils et langages utilisés	94
2.1. StarUML	94
2.2. Apache jena	94
2.3. Xampp	94
2.4. Plateforme Protégé	95
2.5. Le Moteur Jess	95
3. Création d'ontologie Dans Protégé OWL	95
3.1. Création des classes et hiérarchie de classes	95

3.2.Création des relations (ObjectProperty)	97
3.3.Création d'attributs (DataTypeProperty).....	97
4. Quelques interface de notre Application	98
4.1.Accueil	98
4.2.Authentification	98
4.3.Accueil de médecin	99
4.4.Gérer rendez-vous	100
4.5.Gérer le dossier patient	100
4.6.Gérer consultation	101
4.7. décisions thérapeutique	101
5. Conclusion	103

Conclusion générale	104
Perspective	104
Bibliothèque	105

Table des figures

Figure 1 les trois modules d'un système expert [12]	20
Figure 2 Architecture d'un système expert [13]	20
Figure 3 Architecture du Web Sémantique selon Tim Berners-Lee (2000)[21]	26
Figure 4 Pile des standards du web sémantique proposée par W3C [25]	26
Figure 5 Exemple des relations et concepts. [36]	29
Figure 6 Typologies d'ontologies selon quatre dimensions de classification [40]	30
Figure 7 Processus de construction d'ontologie [45]	32
Figure 8 Processus de développement d'ontologie de METHONTOLOGY[48]	35
Figure 9 Les principaux moteurs d'inférence [46]	37
Figure 10 Les sous langages [50]	38
Figure 11 Architecture du système [52]	41
Figure 12 Fonctionnement du système de raisonnement [52]	42
Figure 13 Consultation de chirurgie pédiatrique	46
Figure 14 Hiérarchies de concepts	51
Figure 15 classification du concept	52
Figure 16 Le diagramme des relations binaires	54
Figure 17 historique de l'UML [60]	76
Figure 18 diagramme de cas d'utilisation	78
Figure 19 Diagramme de séquence de cas « établir un diagnostic »	84
Figure 20 Diagramme de séquence de cas « consulter dossier médicale »	84
Figure 21 Diagramme de séquence de cas « Consulter traitement»	85
Figure 22 Diagramme de séquence de cas « A propos Maladie»	85
Figure 23 Diagramme de séquence de cas «gérer consultation »	86
Figure 24 Diagramme de séquence de cas « interrogatoire»	86
Figure 25 Diagramme de séquence de cas « examen clinique »	87
Figure 26 Diagramme de séquence de cas « examen paraclinique »	87
Figure 27 Diagramme de séquence détaillé de cas «établir diagnostic »	88
Figure 28 Diagramme de séquence détaillé de cas « consulter dossier médicale »	88
Figure 29 Diagramme de séquence détaillé de cas « Consulter traitement»	89
Figure 30 Diagramme de séquence détaillé de cas « A propos Maladie»	89
Figure 31 Diagramme de séquence détaillé de cas « interrogatoire»	89
Figure 32 Diagramme de séquence détaillé de cas « examen clinique»	90
Figure 33 Diagramme de séquence détaillé de cas « examen paraclinique»	90
Figure 34 Diagramme de classe finale	91
Figure 35 bases de données de notre travail	94
Figure 36 base de connaissance de notre travail	95
Figure 37 création des classes	96
Figure 38 Hiérarchies de notre travail	96
Figure 39 création de objet properties	97
Figure 40 création des attribut	97
Figure 41 L'interface d'accueil	98
Figure 42 L'interface d'authentification	98
Figure 43 l'interface de Accueil "pour le médecine "	99
Figure 44 L'interface de gérer rendez-vous	99

Figure 45 l'interface de gérer le dossier patient	100
Figure 46 a propos maladie	100
Figure 47 l'interface gérer consultation.....	101
Figure 48 l'interface biologie.....	101
Figure 49 l'interface de Cyto-bactériologie	102
Figure 50 l'interface de imagerie	102
Figure 51 l'interface de chirurgie.....	102
Figure 52 l'interface de surveillance	103
Figure 53 l'interface de traitement médicamenteux	103

Table des tableau

Tableau 1 Syntaxe du langage SHIQ [55].....	43
Tableau 2 Glossaire de termes	47
Tableau 3 Dictionnaire des concepts.....	55
Tableau 4 Table des relations binaires	57
Tableau 5 Table des attributs	58
Tableau 6 Table des axiomes logiques.....	60
Tableau 7 Table des instances	62
Tableau 8 Définition des concepts et subsumption.....	66
Tableau 9 Les définitions des différents rôles	67
Tableau 10 Description des assertions de concepts	69
Tableau 11 Description des assertions de relations	70
Tableau 12 Règles SWRL	71
Tableau 13 Description textuelle de cas « établir un diagnostic ».....	79
Tableau 14 Description textuelle de cas « consulter dossier médicale »	79
Tableau 15 Description textuelle de cas « Consulter traitement».....	80
Tableau 16 Description textuelle de cas « A propos Maladie»	80
Tableau 17 Description textuelle de cas « Gérer Consultation ».....	81
Tableau 18 Description textuelle de cas « Interrogatoire ».....	81
Tableau 19 Description textuelle de cas « Examen Clinique »	82
Tableau 20 Description textuelle de cas « Examen Paraclinique »	83

Résumé

L'informatique prend une place de plus en plus importante au sein du monde médical. On considère généralement que l'application de l'informatique au domaine de la santé est restreinte ou cloisonné à un ensemble de techniques et d'outils mais il ne faut pas oublier que l'apport de l'informatique permet aux médecins de simplifier de nombreuses tâches.

Les systèmes experts élargissent le domaine de l'intelligence artificielle. Bien qu'ils y fassent parti, les systèmes experts, forment un sujet auquel se penchent plusieurs spécialistes de la recherche informatique et de l'intelligence artificielle, afin de rapprocher les décisions humaines expertes des systèmes informatiques, pour que ces derniers puissent déduire les mêmes résultats et donner les mêmes diagnostics qu'un expert.

L'objectif de notre projet comporte à la conception et l'implémentation d'un système expert d'aide au diagnostic au sein du service chirurgie pédiatrique. 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.

Mot clés : système expert, ontologie, système expert d'aide au diagnostic, chirurgie pédiatrique, l'intelligence artificielle, inférence.

الملخص

الإعلام الآلي يأخذ تدريجيا مكانة هامة في المجال الطبي. و يعتبر بشكل عام أن تطبيق الإعلام الآلي في المجال الصحي محصور أو منقسم إلى مجموعة من التقنيات والأدوات، ولكن ينبغي أن لا ننسى أن مساهمة المعلوماتية تسمح للأطباء بتبسيط العديد من المهام.

وتقوم نظم الخبراء بتوسيع مجال الذكاء الاصطناعي. وعلى الرغم من أنها جزء منه ، فإن نظم الخبراء تشكل موضوعا يدرسه العديد من الأخصائيين في مجال البحث الحاسوبي والذكاء الاصطناعي ، بغية تقريب القرارات البشرية المتخصصة من النظم الحاسوبية ، حتى يتمكنوا من استخلاص نفس النتائج وإعطاء نفس التشخيصات التي يقوم بها الخبير. والهدف من مشروعنا هو تصميم وتنفيذ نظام خبير لدعم التشخيص داخل قسم جراحة الأطفال. وسيساعد هذا النظام الطبيب منطقيا من أجل تحديد التشخيص واختيار العلاج المناسب ، وذلك بإجراء حوار بين الإنسان والآلة ويسمح بعرض محتويات النماذج الأنطولوجية على الطبيب لمساعدته في هذه المهام. يجب أن يوفر هذا النظام واجهة تكيفيه تبعاً لمحتوى علم الأونطولوجيا.

كلمات مفتاحية : نظام خبير , انطولوجيا , نظام خبير لدعم التشخيص, جراحة الأطفال, الذكاء الاصطناعي, الاستنباط .

Introduction générale

Le monde actuel vit dans un environnement numérique où les systèmes informatiques ont devenue un outil indispensable dans divers domaines, afin de servir et d'améliorer la vie humaine, même si parfois au péril de son métier et de son travail. Mais la curiosité naturelle de l'être humaine pour comprendre ce mécanisme mental qui lui permet de prendre des décisions et d'interagir avec le monde extérieure, ce qu'est la raison d'atteindre l'intelligence artificielle.

Parmi les domaines de l'intelligence artificielle figure les systèmes experts qui imitent le raisonnement d'un professionnel spécialiste dans un domaine précis par exemple en matière de diagnostic de panne automobile ou de diagnostic médical. Le système pose des questions à l'utilisateur, ses réponses orientent le système qui au fur et à mesure affine son diagnostic. Sachant qu'un système expert peut donner de plus amples résultats en un temps très réduit par rapport à un humain en étant plus précis, c'est pourquoi les chercheurs ont accru leur intérêt pour la recherche et le développement les intégrer dans plusieurs domaines. Parmi ces domaines on distingue celui la chirurgie pédiatrique.

La mémoire humaine est limitée et le médecin ne peut avoir en tête l'ensemble des connaissances médicales dont il a besoin pour sa pratique quotidienne. De ce fait, une prise en charge des patients respectant les bonnes pratiques cliniques, nécessite que le médecin soit outillé pour réaliser ces tâches complexes.

Un système expert d'aide au diagnostic médical 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.

L'objectif de notre travail est de proposer un système expert d'aide au diagnostic médicale au sein du service chirurgie pédiatrique.

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.

Pour présenter notre travail, nous l'avons structuré comme suit :

- ✓ **Le chapitre 1 :** Nous allons introduire de façon brève à la discipline de l'intelligence artificielle, et puis nous mettrons en avant quelques définitions et quelques exemples illustratifs de ce domaine. Puis, nous donnerons quelques domaines d'applications se référant à celle-ci, et puis nous approfondirons sur les systèmes experts.
- ✓ **Le chapitre 2 :** Introduit le Web sémantique et spécialement les ontologies, nous commençons par un aperçu sur la notion du web sémantique, puis nous présentons ensuite les principaux formalismes de représentation de connaissances, à savoir, les frames, les graphes conceptuels et les logiques de descriptions. Ensuite nous parlons de la notion d'ontologie en ingénierie des connaissances. Nous découvrirons après les méthodologies les plus représentatives de construction d'ontologies et quelques domaines de leur utilisation. A la fin, nous présenterons les outils nécessaires de leur développement.
- ✓ **Le chapitre 3 :** Nous présenterons et étudierons le domaine d'expertise sur lequel nous voulons travailler. Au début nous allons décrire l'architecture globale du système, puis nous présentons le fonctionnement du système de raisonnement sur les ontologies hybrides, basé sur l'idée d'avoir deux moteurs d'inférence pour chaque langage. Un raisonneur pour l'ontologie OWL et un moteur de règles pour les règles SWRL. Ces deux moteurs s'exécuteront en parallèles, et échangeront leurs conclusions. Par la suite nous allons construire notre ontologie, en suivant les étapes de la méthodologie «Methodology ». La

logique de description est adaptée pour la formalisation de cette dernière. Et l'enrichissement de celle-ci par les règles afin d'augmenter son expressivité, et de faire des inférences pour en déduire le diagnostic médical.

- ✓ **Le chapitre 4:** Nous utiliserons UML pour faire la conception de notre système expert (diagramme de cas d'utilisation, diagramme de séquence, diagramme de séquence détaillé, diagramme de classe ...).
- ✓ **Le chapitre 5 :** Dans ce chapitre, nous avons présenté les outils avec lesquels nous avons travaillé pour construire l'ontologie de notre application. Nous avons également laissé entre vos mains quelques interfaces de notre système pour faire connaissance avec notre application

En fin une conclusion générale qui résume notre travail et présente quelque perspective

Chapitre 1
L'intelligence artificielle
et
Les systèmes Experts

1. Introduction

Depuis la découverte des ordinateurs, plusieurs chercheurs ont essayé de donner une notion d'intelligence aux programmes informatiques. Cela mène à l'émergence d'un nouveau concept appelé intelligence artificielle(IA). Au début, plusieurs critiques ont été posées concernant l'intelligence artificielle, ensuite et avec le temps, l'IA s'est investie dans nombreux domaines où l'informatique classique n'est pas applicable.

Les Systèmes Experts représentent une des applications prometteuses de l'intelligence artificielle. Ils sont utilisés dans plusieurs domaines d'activité humaines, par exemple: l'industrie [1], la médecine, l'agriculture, et le finance, où ils sont implémentés pour remplacer l'expert humain, pour être constituer un support de travail pour les utilisateurs du domaine et pourquoi pas un bon moyen pour les amateurs de devenir eux-mêmes des experts.

Généralement un système expert est composé de trois éléments principaux, une base des connaissances, un moteur d'inférence, et une base des faits qui est une mémoire de travail, où le développement de ces systèmes est basé sur la méthode d'acquisition et la représentation des connaissances. L'architecture la plus répandue est celle utilisant des règles de production dont la forme générale est proche de raisonnement humain : Si conditions alors conclusion.

Dans ce chapitre, nous commençons par un bref historique sur l'émergence de l'IA et en particulier les Systèmes Experts (SE), ainsi que la définition de ces deux concepts et leurs domaines d'application. Nous citerons ensuite les éléments de base de l'architecture des SE. Nous nous intéressons par la suite au problème d'acquisition des connaissances et la représentation des systèmes à règles de production. Enfin nous terminons avec une définition des différentes étapes à suivre pour la mise en place d'un SE.

2. Intelligence artificielle (AI)

« The scientific understanding of the mechanisms underlying thought and intelligent behaviour and their embodiment in machines. »

Association américaine de l'intelligence artificielle

2.1. Définitions de l'IA

L'IA est un ensemble des méthodes, des outils, et des systèmes définis pour résoudre des problèmes dont leur solution nécessite de l'intelligence humaine. Le terme intelligence est défini toujours comme la capacité d'apprendre effectivement, de réagir efficacement, d'établir une bonne décision, de communiquer en langage ou bien en images d'une manière sophistiquée, et de comprendre.

Alors l'IA s'intéresse à simuler l'être humain et en particulier le cerveau ainsi que sa manière de raisonnement [2].

Il y a aussi la définition de (J.L.Laurière) qui la définit comme l'étude des activités intellectuelles de l'homme pour lesquelles aucune méthode n'est a priori connue. [3].

De Google à Microsoft en passant par Apple, IBM ou Facebook, toutes les grandes entreprises dans le monde de l'informatique planchent aujourd'hui sur les problématiques de l'intelligence artificielle en tentant de l'appliquer à quelques domaines précis.

Chacun a ainsi mis en place des réseaux de neurones artificiels constitués de serveurs et permettant de traiter de lourds calculs au sein de gigantesques bases de données.[4]

2.1.1. Quelques exemples d'usage d'IA

- ✓ **Faire un diagnostic:** Par exemple le diagnostic médical (sujet de notre mémoire). L'IA peut réaliser un diagnostic médical avec plus de précision qu'un humain.
- ✓ **La reconnaissance faciale:** Permet de reconnaître les traits d'un individu dans la rue, dans des établissements, à n'importe quel endroit disposant d'une caméra ou sur n'importe quelle photo.
- ✓ **Smartphones:** Beaucoup de ces applications sont basées sur l'IA. intelligents intégrés sur nos téléphones comme Siri, Alexa et Google Assistant sont les exemples les plus évidents d'IA que la plupart d'entre nous connaissent et utilisent.
- ✓ **Réseaux Sociaux:** Passer des applications sur vos smartphones à la présence de l'IA dans diverses applications de médias sociaux. Que ce soit votre Facebook, Twitter, Instagram ou d'autres plates-formes, ce que vous voyez et faites sur ces applications est, dans une large mesure, influencé par machine_learning. L'IA contrôle beaucoup les flux que vous voyez lorsque vous naviguez sur ces plates-formes ou les notifications que vous recevez.
- ✓ **Smart Cars:** Les voitures intelligentes sont un autre domaine dans lequel l'intelligence artificielle augmente sa présence dans notre vie quotidienne.

2.2. Domaine d'application de l'IA

Le sujet de l'IA couvre plusieurs domaines, il s'intéresse aux différents types de représentation des connaissances, différentes techniques d'intelligence, méthodes de résolution des problèmes avec des données ou connaissances incertaines, techniques d'automatisations pour l'apprentissage des machines...etc.

2.2.1. Le traitement du langage, une branche de l'intelligence artificielle

Le traitement du langage naturel est une branche de l'Intelligence artificielle, qui concerne les programmes de reconnaissance vocale, les robots de conversation (chat bot) et bien d'autres. Des applications développées grâce à l'IA sont ainsi utilisées pour réaliser rapidement des tâches plus ou moins fastidieuses pour l'homme.

Elles sont capables de structurer un document volumineux, de traduire instantanément un texte ou une conversation en plusieurs langues, de résumer des textes ou encore de répondre à des questions récurrentes[5]

2.2.2. Santé (hôpitaux et médecine)

Les réseaux de neurones artificiels sont utilisés comme systèmes de soutien à la décision clinique pour le diagnostic médical, comme dans la technologie Concept Processing dans le logiciel EMR.

D'autres tâches en médecine qui peuvent potentiellement être réalisées par intelligence artificielle et qui commencent à être développées comprennent :

- ✓ Interprétation assistée par ordinateur d'images médicales. De tels systèmes aident à numériser des images numériques, par exemple de la tomodensitométrie, pour des apparences typiques et pour mettre en évidence des coupes ostentatoires, telles que des maladies possibles. Une application typique est la détection d'une tumeur.
- ✓ Analyse du son du cœur [6]
- ✓ Robots compagnons pour les soins aux personnes âgées [7]
- ✓ Dossiers médicaux d'extraction pour fournir des informations plus utiles.
- ✓ Concevoir des plans de traitement.
- ✓ Aider à des tâches répétitives, y compris la gestion des médicaments.
- ✓ Fournir des consultations.
- ✓ Création de médicaments. [8]

2.2.3. Transports

Les voitures d'aujourd'hui ont maintenant des fonctions d'aide à la conduite basées sur l'IA telles que le stationnement automatique et les commandes de croisière avancées. L'intelligence artificielle a été utilisée pour optimiser les applications de gestion du trafic, ce qui réduit les temps d'attente, la consommation d'énergie et les émissions jusqu'à 25 %. À l'avenir, des voitures entièrement autonomes seront développées. L'IA dans les transports devrait fournir un transport sûr, efficace et fiable tout en minimisant l'impact sur l'environnement et les communautés.

Le principal défi pour développer cette IA est le fait que les systèmes de transport sont intrinsèquement des systèmes complexes impliquant un très grand nombre de composants et de parties différentes, chacun ayant des objectifs différents et souvent contradictoires [9]

2.2.4. Les systems experts

«Expert system is an intelligent computer program that uses knowledge and inference procedures to solve problems that are difficult enough to require significant human expertise for their solution.»

Edward Feigenbaum

Les systèmes experts sont une des applications de l'IA. Ils imitent le raisonnement d'un professionnel spécialiste dans un domaine précis par exemple en matière de diagnostic de panne automobile ou de diagnostic médical. Le système pose des questions à l'utilisateur, ses réponses orientent le système qui au fur et à mesure affine son diagnostic.[10]

3. Système Expert (SE)

3.1. Définition d'un SE

Les Systèmes experts sont des systèmes informatiques résolvant des problèmes pour lesquelles on ne dispose pas de solution algorithmique (dans le cas où les solutions algorithmiques sont à éviter à cause de l'explosion combinatoire).

Le professeur Edward Feigenbaum de l'université de Stanford, et un ancien pionnier des systèmes experts, a défini ce concept comme étant "Un programme informatique intelligent utilisant

des connaissances et des procédures d'inférences pour résoudre des problèmes assez difficiles ayant besoin d'une expertise humaine importante pour leur solution".

Alors un système expert est un système informatique qu'imité la capacité d'un expert humain pour prendre une décision. Le terme imite signifie que le système expert tente en tous cas de raisonner comme un être humain. L'imitation est plus générale que la simulation, elle exige de procéder comme l'objet réel imité, bien sûr on respectant quelques aspects [11].

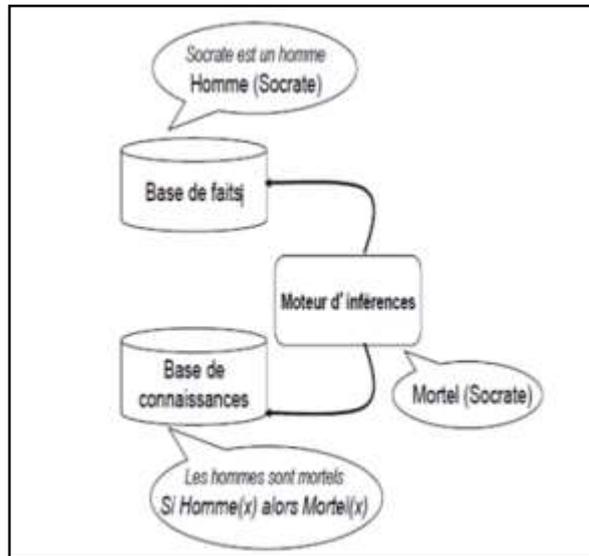


Figure 1 les trois modules d'un système expert [12]

3.2. Architecture d'un système expert :

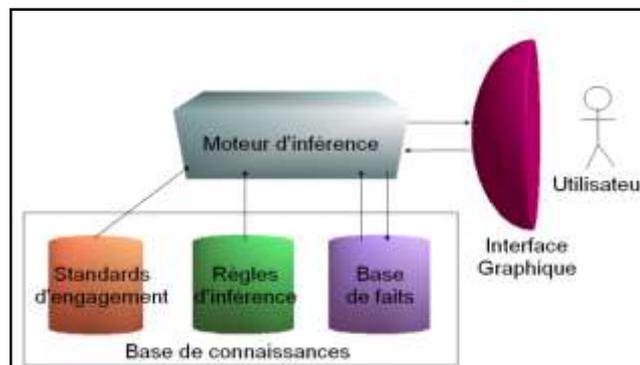


Figure 2 Architecture d'un système expert [13]

Les décisions complexes nécessitent une combinaison compliquée de connaissances factuelles et heuristiques.

Pour qu'un ordinateur peut extraire et utilise des connaissances heuristiques, ces connaissances doit être organisées d'une manière accessible et séparée entre les données, les connaissances et les structures de contrôles. [14]

Pour ces raisons, les systèmes experts sont organisés en trois niveaux distincts

3.2.1. Interface Graphique

Elle permet aux utilisateurs de consulter le système pour résoudre un problème donné du domaine d'expertise.

3.2.2. Base de connaissances

Contient les règles de résolution de problème, les procédures et les méthodes de recherche sur la solution (métarègles), et des données intrinsèques concernant le domaine d'expertise en question. Alors la base de connaissances fait le rôle d'une mémoire d'un expert de domaine.

Bien sur ces connaissances ne sont pas introduites dans la mémoire de l'ordinateur à l'état brut, il est nécessaire de choisir un formalisme susceptible d'être transposé dans un système informatique, c'est un langage de représentation des connaissances [15].

La base de connaissance est le noyau de système expert et elle défère de la base de données classique. Dans les bases de données, on trouve des relations statiques entre les éléments de la base. La base de connaissance est créée par un cognicien (ingénieur de connaissances).

Ce dernier traduit les connaissances de l'expert humain en règles et stratégies.
Contient les deux bases suivantes :

- **base de faits** : code la connaissance sur l'étude en cours Son état évolue en cours d'expertise (mémoire de travail)
- **base de règles** : code la connaissance sur le domaine.
Fixe pour plusieurs expertises.
Règle : SI condition ALORS action[16]
- **Moteur d'inférence** : c'est un mécanisme générique de control, il applique les règles de la base de connaissance sur les données des tâches spécifiques pour arriver à des solutions ou des conclusions.
Le moteur d'inférence est un mécanisme de contrôle qui organise les données de problème et cherche dans la base de connaissance les règles applicables pour ces données. A cause de l'augmentation de la popularité des systèmes experts, plusieurs moteurs d'inférences commerciaux sont apparus.

3.3. Domaine d'application des systèmes experts :

- ✓ Informatique
- ✓ Médecine
- ✓ Mathématiques
- ✓ Biologie ...

3.3.1. Quelques systèmes experts

Les systèmes experts ont fait leur apparition dans certains domaines, particulièrement en médecine et ce dans plusieurs spécialités. Dans ce qui suit, quelques exemples des systèmes experts existants dans le domaine médical

- **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. [17]

3.4. 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) sont généralement des logiciels fournissant des informations qui permettent de prendre des décisions.

Ces dernières années, 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 négatifs.
- prise en charge du raisonnement adductif.

Ces systèmes et ces travaux montrent que l'utilisation des ontologies pour les systèmes d'aide au diagnostic médical est une voie prometteuse. [18]

4. Conclusion

L'intelligence artificielle (IA) est devenue la tendance dans de nombreux discours liés à la technologie de nos jours. Les voitures autonomes, la robotique haut de gamme, la gestion du trafic basée sur l'IA, la maintenance du réseau intelligent, etc. L'IA aide les humains à devenir plus productifs et à vivre une vie meilleure.

Parmi les domaines de l'intelligence artificielle figure les systèmes expert, ces derniers sont des outils très importants, qui offrent un bon environnement pour coder, enregistrer et implémenter l'expertise humaine, où dans plusieurs domaines cette expertise est souvent très rare, en bénéficiant du développement progressif de la technologie. Ceci dans le but de remplacer les limites des experts humains, comme la fatigue, l'oubli et le décès qui constitue une grande perte d'expertise.

Chapitre 2
Web sémantique
&
Les ontologies

1. Introduction

Le premier objectif du web sémantique est de permettre aux utilisateurs la manipulation de la totalité du potentiel du web en partageant, et combinant des informations plus facilement en prenant en compte la sémantique des ressources du Web, par l'utilisation des ontologies. Ces dernières considérées comme des sources de connaissances et des outils du web sémantique.

Dans ce chapitre, nous allons décrire c'est quoi le web sémantique ainsi que l'architecture détaillée du web sémantique.

Nous passerons ensuite aux ontologies ainsi que les différents composants les constituants, nous présenteront, par la suite, la méthodologie et les différents outils du web sémantique.

2. Le web sémantique

«I have a dream for the Web [in which computers] become capable of analyzing all the data on the Web - the content, links, and transactions between people and computers. A “Semantic Web”, which should make this possible, has yet to emerge, but when it does, the day-to-day mechanisms of trade, bureaucracy and our daily lives will be handled by machines talking to machines. The “intelligent agents” people have touted for ages will finally materialize »

Tim Berners-Lee, Weaving the Web [19]

Au début, il n'y avait pas de Web. Le Web a été créé par Tim Berners-Lee, qui travaillait pour le CERN, l'organisation européenne pour la recherche en physique. Le personnel technique du CERN avait un besoin urgent de partager des documents situés sur leurs nombreux ordinateurs. Berners-Lee avait déjà construit plusieurs systèmes pour ce faire et, avec cet arrière-plan, il a conçu le World Wide Web. La conception reposait sur une base technique relativement simple, ce qui a permis à la technologie de s'implanter et d'atteindre une masse critique.[20]

Pour Berners-Lee et Al. (Berners-Lee et Al., 2001) «le Web Sémantique est une extension du Web actuel dans lequel les informations sont définies de manière précise, afin de permettre une meilleure coopération de travail entre la machine et l'homme» [21]

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. [22]

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. [23]

2.1. Architecture du web sémantique

Le Web Sémantique recommande un ensemble d'outils syntaxiques spécifiques aux traitements des ressources numériques. Il repose sur une architecture pyramidale composée de différents langages de représentation des connaissances contenues dans le Web. Cette architecture propose une combinaison de principes, eux-mêmes convertis en langages informatiques. Chaque langage de couche supérieure vient spécifier les couches de niveau inférieur.

En effet, chacun de ces langages de représentation vient compléter les informations du langage précédent, ajoutant au fur et à mesure divers formalismes pour le traitement des données. Ces couches sémantiques de complexités croissantes viennent ainsi graduellement spécifier les informations inhérentes aux ressources par rapport à un domaine et à un usage donné. Cette vision est présentée dans la figure 3 [21]

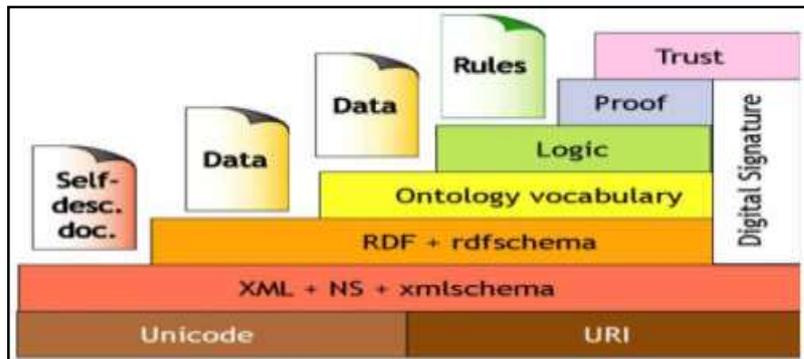


Figure 3 Architecture du Web Sémantique selon Tim Berners-Lee (2000)[21]

Grâce aux efforts établis pour réaliser la vision du Web sémantique et au grand consensus dans la communauté d'inclure les règles avec l'ontologie dans l'architecture du Web sémantique, un diagramme de couche plus raffiné a résulté [24], comme il est montré dans la figure 4

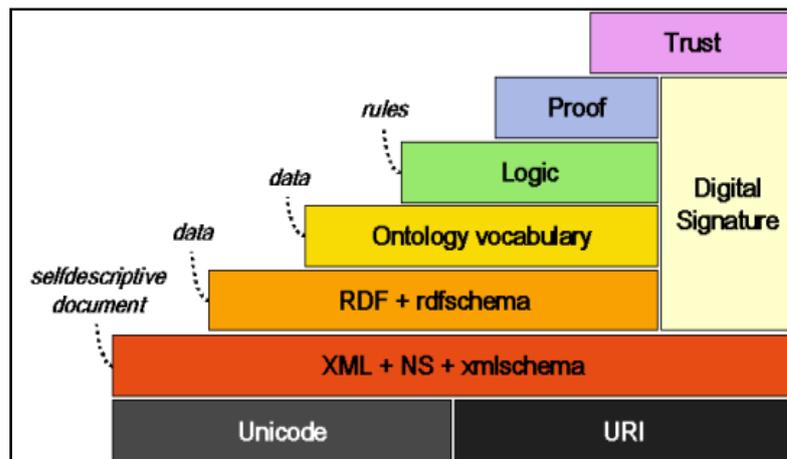


Figure 4 Pile des standards du web sémantique proposée par W3C [25]

2.1.1. Niveau nommage et adressage

Contient la couche URI et Unicode.

- **La norme Unicode** : a pour but de coder le texte dans toutes les écritures et avec tous les symboles nécessaires à tous les types de textes. Elle est une réponse unique aux problèmes résultants de la multiplicité de codage [26].
- **URI (Uniform Resource Identifier)** : L'URI est employé pour désigner le nom ou l'adresse ou les deux d'une ressource dans le Web sémantique [27]. Tout ce qui est disponible sur Internet doit être identifié par un URI. Un URI identifie de manière unique et non ambiguë chaque ressource du Web, comme une page, une adresse email, ou une image [28].

2.1.2. Niveau syntaxique

Le niveau syntaxique est le niveau de la structuration des documents. La spécification de la structure logique des documents repose sur XML. Ce niveau contient la couche XML et espace de noms.

- **Espace de noms** : est un conteneur abstrait contenant des noms, des termes, et des mots qui représentent des objets et des concepts dans le monde réel. Un nom défini dans un espace de noms correspond à un et seulement un objet, deux objets ou concepts différents sont référencés par deux noms différents dans un même espace de noms. Ils sont identifiés par une URI [29].
- **XML** : XML1 (Extensible Markup Language) fournit une syntaxe pour les documents structurés, mais n'impose aucune contrainte sémantique à la signification de ces documents. **XML-S** : Un XML-S2 (Schéma XML) est une description du type d'un document XML qui contient un ensemble de règles et contraintes sur la structure et le contenu du document aux quelles un document XML doit se conformer afin d'être considéré valide selon ce schéma. XML Schéma sont spécifiquement développés pour exprimer des schémas de XML [27].

2.1.3. Niveau sémantique

Contient les couches restantes, RDF [30], RDF Schéma [31], ontologie, règles, cadre logique preuve, confiance, signature et chiffrement. Couche RDF et RDF-Schéma : (référéncé souvent par RDF(s)) Elle fournit un moyen pour décrire les types des ressources et leurs caractéristiques.

- **RDF** : (Resource Description Framework) est un modèle de métadonnées pour référencer des objets (ressources) et comment se sont reliés l'un à l'autre. Dans ce modèle, les ressources sont identifiées par les URI et nous pouvons faire des déclarations à propos de ces ressources en employant des expressions sous forme « sujet – prédicat – objet », appelées des triplets [30].
- **RDF-S** : RDF Schéma [31] est une extension sémantique de RDF. Il fournit des mécanismes pour décrire des groupes de ressources similaires et des relations entre ces ressources [27]
- **Couche Ontologie** : La couche Ontologie décrit des sources d'information hétérogènes, distribuées et semi-structurées en définissant le consensus du domaine commun et partagé par plusieurs personnes et communautés. Les ontologies aident la machine et l'humain à

communiquer avec concision en utilisant l'échange de sémantique plutôt que de syntaxe seulement.

3. Ingénierie ontologique

3.1. Définition

Terme d'origine philosophique, qui a pour objet l'étude des propriétés les plus générales de l'être, telles que l'existence, la possibilité, la durée, le devenir. Cette notion a été reprise par les chercheurs dans le domaine de l'intelligence artificielle et utilisée dans le cadre de construction des systèmes à base de connaissances.

L'idée était de séparer, d'un côté, la modélisation des connaissances d'un domaine, et d'un autre côté, l'utilisation de ces connaissances.

Dans le domaine de l'intelligence artificielle, ce terme a une définition différente. Plusieurs définitions ont été proposées, nous allons en citer les plus pertinentes :

✓ Pour Robert Neches (Neches et al., 1991) : "Une ontologie définit les termes et les relations de base comportant le vocabulaire d'un domaine aussi bien que les règles pour combiner des termes et les relations afin de définir des extensions du vocabulaire".

✓ Selon Borst Willem (Borst Willem, 1997) : "Une ontologie est une spécification formelle d'une conceptualisation partagée".

✓ Rudi Studer (Studer, Benjamins, & Fensel, 1998) fait une combinaison des définitions de Thomas Gruber (cf. 1.1) (Gruber, 1993) et de Borst Willem (Borst Willem, 1997) : " Une ontologie est une spécification formelle et explicite d'une conceptualisation partagée". Une conceptualisation réfère à un modèle abstrait d'un phénomène dans le monde. C'est une idée qu'on se fait de quelque chose. Explicite signifie que le type de concepts utilisés et les contraintes liées à leur usage sont définis explicitement. Formel stipule que l'ontologie doit être traduite en langage interprétable par une machine. Partagé signifie qu'une ontologie capture la connaissance consensuelle, c'est-à-dire non réservée à quelques individus, mais partagée par un groupe ou une communauté d'acteurs.

Une ontologie est une liste finie de termes, et de relations entre ces termes. Ces termes correspondent à des concepts (classes d'objets) du domaine. Une ontologie est aussi un moyen de représenter des objets à des fins de manipulations informatiques. [32]

3.2. Notion de l'ontologie :

Afin de faciliter le partage et la réutilisation de connaissances formellement représentées dans des systèmes d'intelligence artificielle, il est très utile de définir un vocabulaire commun dans lequel la connaissance partagée est représentée. La spécification de ce vocabulaire est communément appelée une ontologie.

De ce fait, les ontologies définissent actuellement 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. Leur développement progressif en (IA) Intelligence Artificielle parvient de leur intérêt, pour associer la sémantique à des ressources ou bien à des entités textuelles, pour faciliter la localisation et la gestion des connaissances dans diverses applications. [33]

3.3. Les éléments constituant une ontologie

L'ontologie est composée de quatre composants: concepts, instances, relations et les axiomes.

➤ **Un concept :**

Également appelé classe ou terme, est un groupe abstrait, défini ou collection d'objets.

C'est l'élément fondamental du domaine et représente généralement un groupe ou une classe dont les membres partagent la même Propriétés. Ce composant est représenté dans les graphiques hiérarchiques, tel qu'il ressemble à Object oriented systèmes. Le concept est représenté par une "super-classe", représentant la classe supérieure ou dite "Classe parente" et "sous-classe" qui représente le subordonné ou soi-disant "classe d'enfant". Par exemple, l'université pourrait être représentée comme classe avec de nombreuses sous-classes, telles que facultés, bibliothèques et employés. [34]

➤ **Une Relation :**

Également appelée slot, est utilisé pour exprimer les relations entre deux concepts dans un domaine donné. Plus précisément, il décrit la relation entre le premier concept, représenté dans le domaine, et le second, représenté dans la gamme. Pour Par exemple, "étude" pourrait être représentée comme une relation entre le concept "Personne" (qui est un concept dans le domaine) et "université" ou "collège" (qui est un concept dans la gamme). [35].

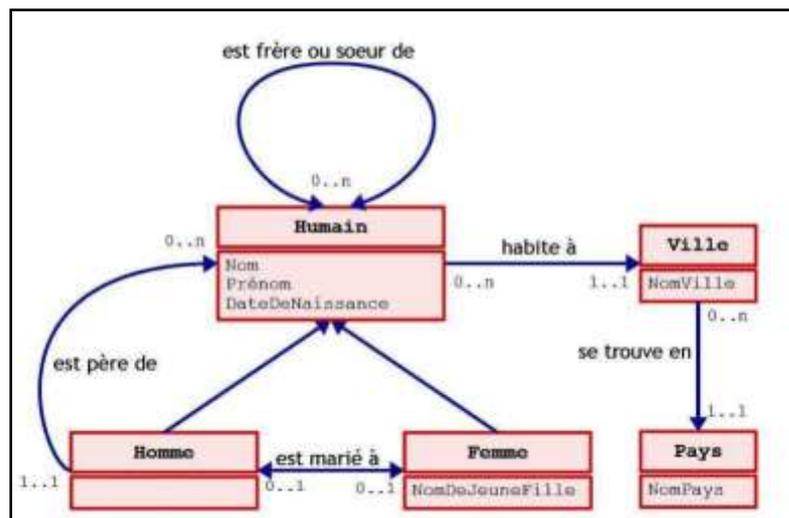


Figure 5 Exemple des relations et concepts. [36]

Est utilisé pour imposer les contraintes sur les valeurs des classes ou instances, de sorte que les axiomes sont généralement exprimé en utilisant des langages logiques comme la logique du premier ordre; ils sont utilisés pour vérifier la cohérence de l'ontologie. [37]

➤ **Une instance :**

Également appelée Individu est le "niveau du sol" composant d'une ontologie qui représente un objet ou un élément spécifique d'un concept ou d'une classe. Par exemple, "Jordanie" pourrait être une instance de la classe "pays arabes" ou simplement "des pays". [38]

3.4. Domaines d'application des ontologies

Dans cette section nous allons aborder brièvement les domaines où sont requises les ontologies, en tant que telles, et les domaines appliquant les principes méthodologiques fondant leur construction. La diversité des applications possibles montre l'actualité du problème de la construction automatisée des ontologies. [39]

3.4.1. Recherche d'information (Information Retrieval, IR)

Ce domaine couvre des activités telles que :

Recherche des documents qui contiennent les informations pertinentes, correspondant aux requêtes de l'utilisateur. La plupart des moteurs de recherche réalisent l'indexation des textes à l'aide du modèle vectoriel où chaque texte est présenté comme « sac de mots » (bag of words). [39]

3.4.2. Systèmes du type Question-Réponse

Dans ce cas, il s'agit du développement de systèmes interactifs du type Question-Réponse pour que l'utilisateur obtienne un résultat concret, et pas seulement une liste de références aux documents correspondants plus ou moins à sa requête-question. [39]

3.4.3. Intégration de bases de données hétérogènes

L'intégration de bases de données hétérogènes est un problème complexe qui est devenu crucial pour fournir aux utilisateurs une interface unifiée permettant l'accès (par des requêtes) à des ressources hétérogènes. Dans ce cas, les ontologies sont utilisées pour spécifier le contenu des ressources hétérogènes. [39]

3.5. Les typologies d'ontologies

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

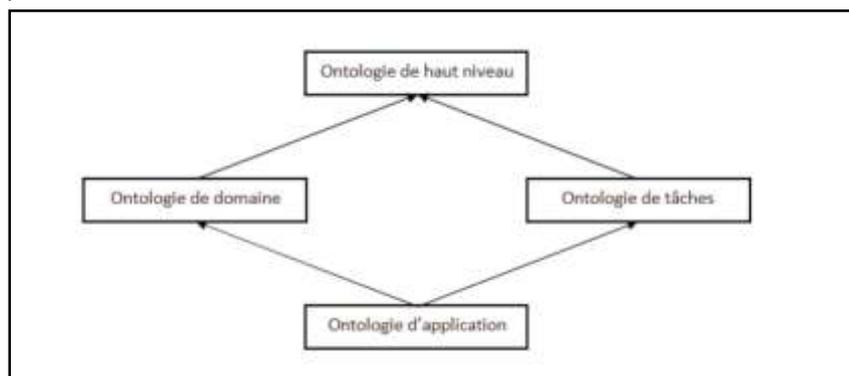


Figure 6 Typologies d'ontologies selon quatre dimensions de classification [40]

➤ **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. [41]

➤ **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. [42]

➤ **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.[41]

➤ **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. [41]

D'autre part, 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 définit 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. [42]

3.6. Construction d'une ontologie

La construction d'une ontologie est un travail réalisé conjointement par un ou plusieurs ingénieurs (ontologues) et des experts du domaine, ainsi qu'éventuellement de futurs utilisateurs de l'ontologie. De nombreuses méthodes de construction d'ontologie existent mais, de manière générale, ce processus peut se décomposer en deux étapes suivant.[43]

3.6.1. Critères d'évaluation d'une ontologie

D'après Gruber, cinq critères permettent de mettre en évidence des aspects importants d'une ontologie :

- ✓ **La clarté** : la définition d'un concept doit faire passer le sens voulu du terme, de manière aussi objective que possible (indépendante du contexte). Une définition doit de plus être complète (c'est à dire définie par des conditions à la fois nécessaires et suffisantes) et documentée en langage naturel.
- ✓ **La cohérence** : rien qui ne puisse être inféré de l'ontologie ne doit entrer en contradiction avec les définitions des concepts (y compris celles en langage naturel).
- ✓ **L'extensibilité** : les extensions qui pourront être ajoutées à l'ontologie doivent être anticipées, il doit être possible d'ajouter de nouveaux concepts sans avoir à toucher aux fondations de l'ontologie.
- ✓ **Une déformation d'encodage minimale** : une déformation d'encodage a lieu lorsque la spécification influence la conceptualisation (un concept donné peut être plus simple à définir d'une certaine façon pour un langage d'ontologie donné, bien que cette définition ne corresponde pas exactement au sens initial). Ces déformations doivent être évitées autant que possible.
- ✓ **Un engagement ontologique minimal** : le but d'une ontologie est de définir un vocabulaire pour décrire un domaine, si possible de manière complète ni plus ni moins. Contrairement aux bases de connaissances par exemple, on n'attend pas d'une ontologie d'être capable de fournir systématiquement une réponse à une question arbitraire sur le domaine. Une ontologie est la théorie la plus faible couvrant un domaine, elle ne définit que les termes nécessaires pour partager la connaissance liée à ce domaine. [44]

3.6.2. Le processus de construction d'une ontologie

Le processus de construction d'une ontologie est une collaboration qui réunit des experts du domaine de connaissance, des ingénieurs de la connaissance, voire les futurs utilisateurs de l'ontologie. Cette collaboration ne peut être fructueuse que si les objectifs du processus ont été clairement définis, ainsi que les besoins qui en découlent. La Figure 6 représente le processus de construction d'ontologie. [45]

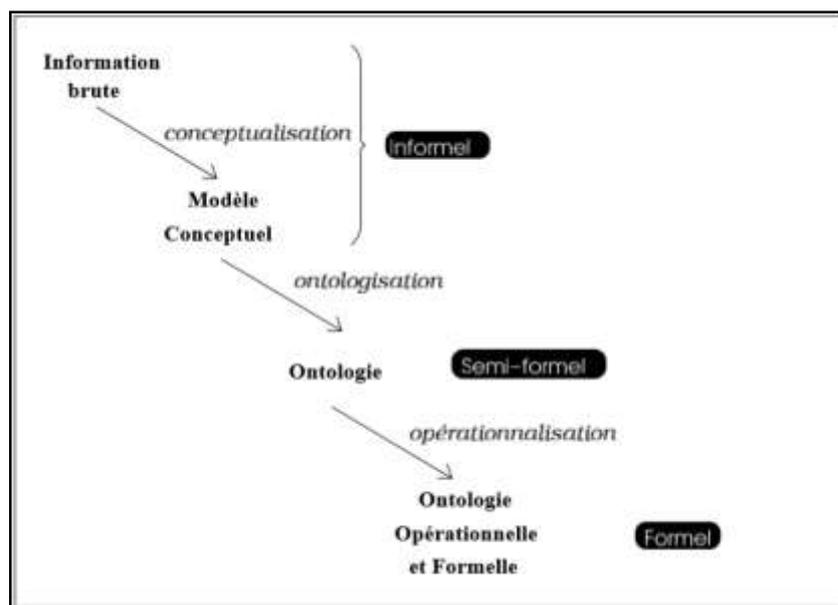


Figure 7 Processus de construction d'ontologie [45]

L'étape 1 : La conceptualisation

Elle consiste à identifier précisément, à partir du corpus (ensemble de documents généralement exprimés en langage naturel qui doivent couvrir l'ensemble du domaine de connaissances considéré) et à travers des interviews avec les experts du domaine, les objets conceptuels propres au domaine considéré (concepts, relations et axiomes), certaines connaissances implicitement utilisées dans le domaine ne sont cependant jamais exprimées, ni dans le corpus, ni par les experts, car elles sont acquises par l'expérience sensorielle et accumulées différemment. Un des points les plus délicats de la conceptualisation consiste donc à identifier ces connaissances. La mise en évidence de ces connaissances implicites ne peut a priori se faire que lors de l'utilisation de l'ontologie. On obtient alors un modèle conceptuel informel (car exprimé en langage naturel) ou une ontologie informelle. [44]

L'étape 2 :L'ontologisation

L'ontologisation consiste en une formalisation partielle, sans perte d'information, du modèle conceptuel. Il s'agit de transcrire les connaissances exprimées a priori en langage naturel dans un langage ou paradigme de représentation d'ontologie (le model Frame, le modèle entité relation, le modèle de graphe conceptuel ou réseau sémantique...), afin de respecter les objectifs généraux des ontologies, GRUBER propose 5 critères permettant de guider le processus d'ontologisation [Gruber, 1993]:

1. la clarté et l'objectivité des définitions, qui doivent être indépendantes de tout choix d'implémentation ;
2. la cohérence (consistance logique) des axiomes ;
3. l'extensibilité d'une ontologie, c'est-à-dire la possibilité de l'étendre sans modification;
4. la minimalité des postulats d'encodage, ce qui assure une bonne portabilité ;
5. la minimalité du vocabulaire, c'est-à-dire l'expressivité maximum de chaque terme. [44]

L'étape 3 :L'opérationnalisation

L'opérationnalisation consiste à l'intégration des connaissances dans un système à base de connaissance donc à outiller l'ontologie pour permettre à une machine (via cette ontologie) de manipuler des connaissances du domaine, cette étape consiste ainsi à formaliser complètement l'ontologie obtenue précédemment dans le cadre d'un langage de représentation de connaissances formel et opérationnel.

Dans le cas où le langage d'ontologisation n'est pas opérationnel, il est nécessaire, soit d'outiller ce langage (dans la mesure du possible) soit de transcrire l'ontologie dans un langage opérationnel. Avant d'être livrée aux utilisateurs, l'ontologie doit bien sur être testée par rapport au contexte d'usage pour lequel elle a été bâtie. [Furst, 2004] [44]

3.6.3. Quelques méthodologies de construction d'ontologies

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.[46]

3.6.3.1. 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.[46]

6.3.3.2. 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 :

- ✓ **Capter 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.
- ✓ **Évaluer la complétude de l'ontologie**. [46]

6.3.3.3. La méthode METHONTOLOGY

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 : [46]

- ✓ **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). [46]

- ✓ **Conceptualisation** : 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. [46].
- ✓ **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. [47]
- ✓ **Implémentation** : Le but de cette étape sera donc de coder l'ontologie formelle dans un langage d'implémentation :(RDFS/RDF, OWL DL.....), il existe quelques outils pour faciliter l'implémentation exemple :Protégé. Et a la fin ce 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. [46]

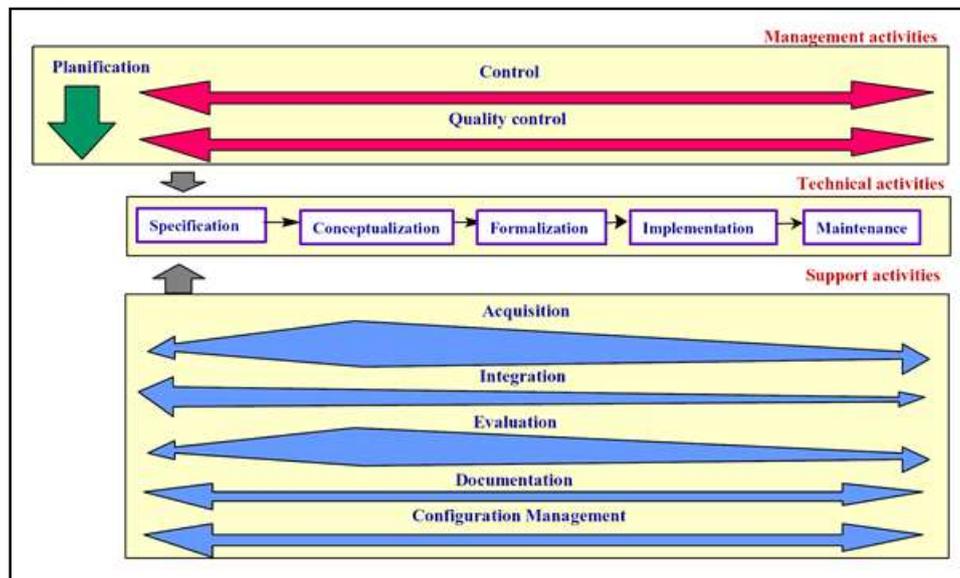


Figure 8 Processus de développement d'ontologie de METHONTOLOGY[48]

4. Éditeurs d'ontologie

Les outils de développement d'ontologies qui existent sur le marché aujourd'hui sont divers et variés à bien des ménagements. Cet état de choses provoque beaucoup d'interrogations lorsque vient le moment d'en choisir un pour construire une nouvelle ontologie (Gómez-Pérez, et al, 2004): 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 offre-t-il un support graphique à la construction des ontologies ? Les réponses à toutes ces questions pourraient aider à prendre une décision dans le choix de l'un ou l'autre outil.

Dans cette section, nous allons présenter quelques outils d'ingénierie ontologique. Ils permettent à l'utilisateur de créer des ontologies de manière indépendante des langages de représentation et de prendre en charge la phase d'opérationnalisation de l'ontologie en l'exportant dans des langages informatisés standards.

4.1. Protégé

L'environnement Protégé, Créé par les chercheurs de l'université de Stanford, est un éditeur d'ontologies développé en Java, gratuit et open source. Il s'agit d'une plateforme d'aide à la création, la visualisation et la manipulation d'ontologies dans divers formats de représentation (RDF, RDFS, OWL, etc.). Ce logiciel peut également être utilisé en combinaison avec un moteur d'inférence (tel que Racer ou Pellet) afin d'effectuer des raisonnements et d'obtenir de nouvelles assertions.

La plateforme Protégé permet la création et l'édition d'ontologies grâce à deux outils distincts:

Protégé Frame permet de créer facilement une interface graphique afin de gérer une ontologie. Cet outil ne demande aucune notion de programmation. Il génère automatiquement les formulaires nécessaires en se basant sur le schéma d'ontologie créé. Il offre également la possibilité de personnaliser l'interface selon les besoins de l'utilisateur.

Protégé OWL est une extension de Protégé qui supporte le langage OWL. Il permet de décrire plus précisément les classes, les propriétés et les instances grâce aux nombreuses propriétés offertes par OWL. Il est également possible d'interroger un raisonneur via une interface DIG afin de contrôler l'intégrité du modèle et de créer un modèle d'inférences.[49]

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. [46]

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), SHON</i>	Java	TBox/ABox	natif	OWL DL	oui
FaCT	<i>SHIQ, 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

Figure 9 Les principaux moteurs d'inférence [46]

➤ **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. [46]

➤ **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. [46]

4.3. OWL (Web Ontologie Langage)

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.

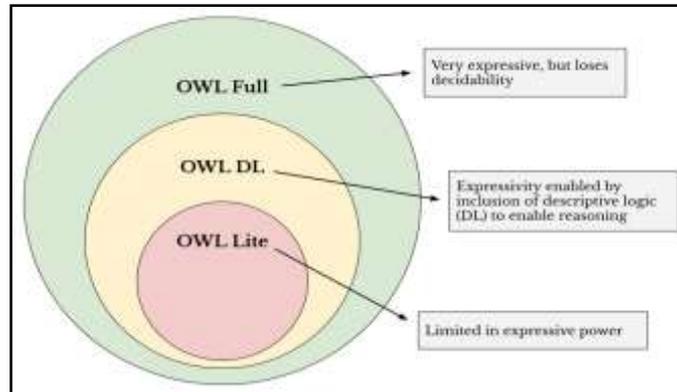


Figure 10 Les sous langages [50]

OWL a trois sous langages de plus en plus expressifs: OWL Lite, OWL DL, et OWL Full :

- OWL Lite : supporte les utilisateurs ayant besoin principalement d'une hiérarchie de classification et des contraintes simples (un ensemble est limité à 0 ou 1 élément, par exemple). Il a une complexité formelle inférieure à celle de OWL DL. OWL Lite supporte seulement un sous-ensemble de constructions du langage OWL.
- OWL DL : D'après son nom OWL DL utilise la logique de description DL [51]. Il supporte les utilisateurs qui réclament l'expressivité maximale tout en retenant la complétude informatique (toutes les conclusions sont garanties d'être calculables), et la possibilité de décision (les calculs finiront en un temps fini). Il inclut toutes les constructions du langage OWL, qui ne peuvent être utilisées que sous certaines restrictions.
- OWL Full : a été défini pour les utilisateurs qui veulent une expressivité maximale et une liberté syntaxique de RDF sans des garanties informatiques. OWL Full permet à une ontologie d'augmenter la signification du vocabulaire prédéfini (RDF ou OWL). Il est peu probable que n'importe quel logiciel de raisonnement soit capable de supporter le raisonnement complet de chaque caractéristique de OWL Full. Autrement dit, en utilisant OWL Full en comparaison avec OWL DL, le support de raisonnement est moins prévisible puisque l'implémentation complète de OWL Full n'existe pas actuellement

5. Conclusion

Les ontologies apparaissent à l'avenir comme une clé pour l'utilisation automatique de l'information au niveau sémantique.

Dans ce chapitre, nous avons montré ce qui est le Web sémantique et nous avons inspecté aussi la notion d'ontologie et la cotisation des ontologies dans un contexte Web sémantique.

Chapitre 3

Conception ontologique

1. Introduction

Le monde considère aujourd'hui la médecine et le développement du web comme une renaissance qui nous permet de nous fournir plus d'informations.

Les principaux besoins anticipés en médecine du web sémantique sont la capacité de trouver facilement des informations médicales sur le web, de partager ces informations sur le web et ainsi de pouvoir les utiliser pour l'aide à la décision.

Dans ce chapitre, nous présentons notre solution au problème posé par cette thèse, à savoir la perception et l'inférence sur l'ontologie.

Pour modéliser cette ontologie, nous avons choisi des langages largement répandus : OWL a été étendu par les règles SWRL (Semantic Web Language).

Et nous introduisons la représentation sémantique des règles SWRL qui augmentera l'expression de notre ontologie, et permettra d'inférer de nouvelles connaissances.

Nous devons construire une ontologie dans le domaine médical, spécialement dans le service de chirurgie pédiatrique pour structurer les connaissances et les organiser.

Pour y arriver, nous devons d'abord définir un processus de développement d'ontologie de domaine définie par le langage OWL.

2. Objectif de travail

Notre travail est principalement axé sur la création d'une ontologie OWL pour le domaine médical spécialisé en chirurgie pédiatrique, l'enrichir avec des règles SWRL afin que nous puissions faire des raisonnements, des inférences et produire de nouveaux faits, et établir un diagnostic médical.

Pour atteindre notre objectif, nous devons d'abord atteindre les sous-objectifs suivant :

- ✓ Description de l'architecture du système de raisonnement et d'inférence.
- ✓ Conception de l'ontologie dans le service de chirurgien pédiatrique, et décrire le domaine par les concepts et relations.
- ✓ Rédiger les règles SWRL qui vont pouvoir ajouter de nouvelles assertions à l'ontologie L'ontologie et les exécutions en utilisant un moteur de règles, nous permettra de déduire de nouvelles connaissances dans notre domaine (diagnostic médical).

3. Architecture du système de raisonnement sémantique

Le raisonnement sur une ontologie OWL enrichie par les règles SWRL nécessite un raisonneur qui prend en charge à la fois le langage OWL et les règles SWRL.

Il existe quelques raisonneurs, qui acceptent en entrée les règles SWRL, mais le raisonnement ne sera pas complet.[52]

3.1. Description de l'architecture

L'architecture du système proposé est constituée des quatre composants suivants :

1. L'ontologie hybride, composée des fragments suivants :
 - ✓ Base terminologique fournissant les définitions logiques des concepts (classes), des relations (propriétés), et des axiomes.
 - ✓ Base assertion elle contenant les individus (instances de classes) et les instances des relations qui les relient.
 - ✓ Base de règles fournissant des règles étendant l'ontologie pour augmenter son expressivité.
2. Le raisonneur, tel que Racer ou Pellet pour effectuer des raisonnements sur la partieOWL de l'ontologie hybride.
3. Le moteur de règles, tel que Jess pour raisonner sur les règles modélisées avec SWRL.
4. un module qui prend en entrée un fichier d'une extension (.OWL) qui est généré directement à partir de Protégé, qui permet d'afficher les informations de notre ontologie médicale.[53]

La figure 11 montrée l'architecture du notre système

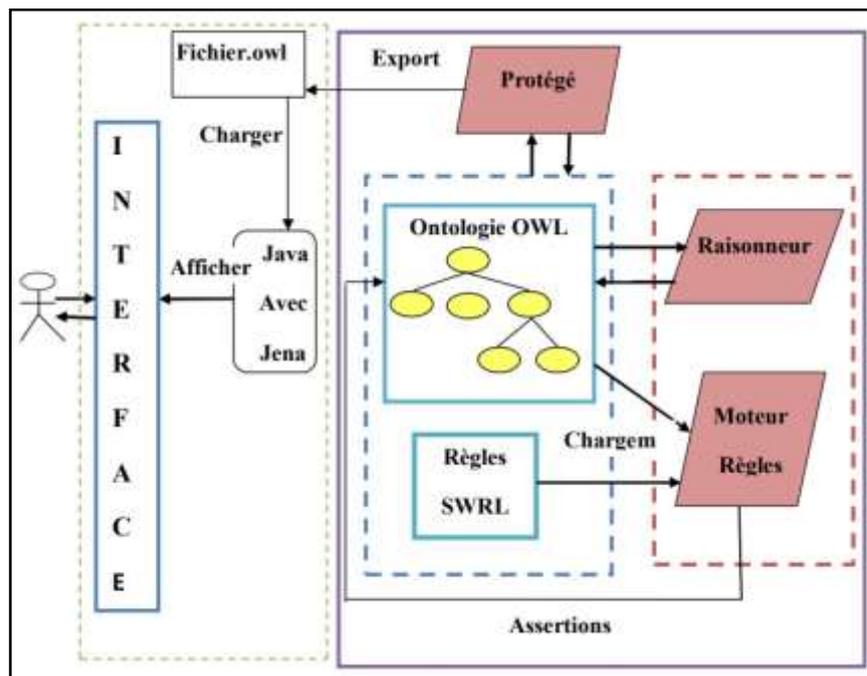


Figure 11 Architecture du système [52]

3.2. Fonctionnement du système

Le raisonnement sur une ontologie hybride enrichie par les règles SWRL s'effectue suivant ces étapes :

1. Chargement de l'ontologie OWL au niveau du raisonneur (Pellet).
2. Exécution du raisonneur, les inférences de base sont établies, et des résultats sont générés.
3. Mise à jour de la base assertion elle de l'ontologie par les résultats obtenus dans (2).

4. Chargement des règles SWRL au niveau du moteur de règles (Jess), ces règles se placent dans la base de règles du moteur de règles.
5. Chargement des fragments d'OWL de l'ontologie, et leur placement dans la base de faits du moteur d'inférence.
6. Exécution du moteur de règles, et génération de nouveaux faits (diagnostic médical).
7. Mise à jour de l'ontologie par les nouvelles assertions obtenues dans (6). [53]

La figure 12 explique le fonctionnement du système de raisonnement :

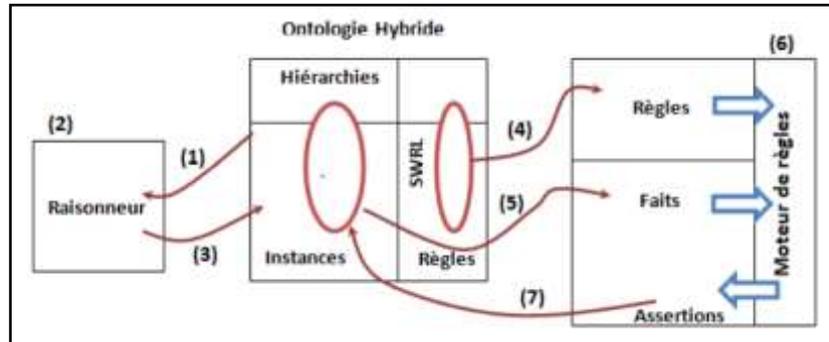


Figure 12 Fonctionnement du système de raisonnement [52]

4. Processus construction d'une ontologie OWL

Nous avons proposé un processus de construction d'une ontologie d'application partant de connaissances brutes et arrivant à une ontologie d'application opérationnelle représentée par le langage OWL.

Ce processus est composé de cinq étapes [1]

- ✓ Spécification des besoins.
- ✓ Conceptualisation.
- ✓ Formalisation.
- ✓ Implémentation.
- ✓ Test & évolution de l'ontologie.

4.1. Spécification

Le but de cette étape est d'établir un document de spécification des besoins.

Ce dernier permet de décrire l'ontologie à construire à travers les cinq aspects suivants:

- Le domaine de connaissance : déterminer aussi précisément que possible le domaine que va couvrir l'ontologie.
- L'objectif : le but de l'ontologie à créer pour le domaine considéré.
- Les utilisateurs : identifier au maximum les futurs utilisateurs de l'ontologie à créer.
- Les sources d'informations : déterminer les sources d'informations d'où les connaissances seront obtenues, par exemple, les experts du domaine, les documents techniques, etc., sont des sources de connaissance.
- La portée de l'ontologie : déterminer a priori la liste des termes (les plus importants) pour le domaine à représenter.[52]

4.2. Conceptualisation

C'est l'étape la plus importante dans le processus de construction de l'ontologie.

Elle est inspirée de la méthodologie METHONTOLOGY qui consiste à identifier et à structurer, à partir des sources d'informations, les connaissances du domaine.

Elles permettent d'aboutir à un ensemble de représentations intermédiaires semi-formelles indépendamment des langages de formalisations à utiliser pour représenter l'ontologie. A la fin de cette phase, nous obtenons une ontologie conceptuelle. Pour cela, on distingue les principales tâches suivantes :

- ✓ Construction du glossaire de termes.
- ✓ Construction du diagramme de relations binaires et de classification des concepts
- ✓ Construction du dictionnaire de concepts (DC)
- ✓ Décrire les relations dans une table de relations binaires.
- ✓ Spécifier des contraintes sur les attributs dans une table d'attributs.
- ✓ Spécifier des axiomes sur les concepts dans une table d'axiomes logiques.
- ✓ Décrire les instances des concepts dans une table d'instances.

La description de chaque étape est définie au fur et à mesure de la construction de l'ontologie. [52]

4.3. Formalisation

Cette étape consiste à formaliser l'ontologie conceptuelle obtenue dans la phase précédente afin de faciliter sa représentation ultérieure dans un langage complètement formel et opérationnel. Notre choix est porté sur le formalisme de représentation de la logique de description en s'appuyant sur sa syntaxe de type SHIQ qui présente une logique de description très expressive et qui offre un certain nombre de constructeurs pour décrire les concepts.

Syntaxe	Interprétation
T	Le concept le plus général (TOP)
\perp	Le concept le plus spécifique (Bottom)
C	Le nom d'un concept
R	Le nom d'un rôle (une relation binaire ou bien un attribut)
A	Le nom d'un individu
$C1 \cap C2$	Conjonction de concepts pour définir de nouveaux concepts
$C1 \cup C2$	Disjonction de concepts pour définir de nouveaux concepts
$\neg C$	Utilisé pour définir le complément d'un concept
$\forall R.C$	Définit le Co-domaine du rôle R
$\exists R.C$	Il y a au moins un objet relié par le rôle R au concept C
$(\geq n R)$ $(\leq n R)$	Cardinalité Minimum/Maximum (n est un nombre entier non négatif).
R^{-}	Le rôle inverse

Tableau 1 Syntaxe du langage SHIQ [55]

La logique de descriptions est constituée de deux parties : une partie terminologique (TBox) permettant de décrire les concepts et les rôles et une partie assertion elle (ABox) décrivant les instances .[55]

4.4. Implémentation

L'ontologie que nous avons obtenue dans la phase précédente est appelée une ontologie formelle. Le but de cette étape sera donc de coder l'ontologie formelle en OWL qui dispose de fonctionnalités sémantiques plus riches que ses prédécesseurs comme RDFS et DAML+OIL. A la fin de cette phase, nous aurons une ontologie opérationnelle.

Afin de faciliter le processus de codification, nous utilisons PROTEGE-OWL disposant d'une interface modulaire, permettant l'édition, la visualisation, le contrôle (vérification des contraintes) d'ontologies, issu du modèle des frames et contient des classes (concepts), des slots (propriétés) et des facettes (valeurs des propriétés et contraintes), ainsi que des instances des classes et des propriétés.[52]

4.5. Test & évolution de l'ontologie.

Cette étape consiste à exploiter les services d'inférence fournis par la logique de description afin de supporter le processus de construction et d'améliorer la qualité de l'ontologie.

Pour ce faire, nous proposons l'utilisation de l'outil RACER, un système de la logique de descriptions. Ce dernier, permet de lire un document au format OWL (ontologieOWL) et de le représenter sous forme d'une base de connaissances LD et de fournir des services d'inférence pour les niveaux TBox et ABox.

Cette étape sert aussi à suivre l'évolution de l'ontologie, c'est-à-dire les nouveaux concepts à ajouter dans la partie terminologique (TBox) de l'ontologie. Une classification a lieu chaque fois qu'une définition de concept est nouvellement créée. Le mécanisme de raisonnement de base des logiques de description est la classification de concepts.

Elle est réalisée par un algorithme de classification, appelé « le classifieur ». Le classifieur utilise la description d'un nouveau concept pour le placer à l'endroit correspondant dans la hiérarchie. Afin de trouver la place appropriée au nouveau concept, l'algorithme de classification détermine les relations de subsumption entre ce concept et les autres; Ces relations peuvent être spécifiées directement, trouvées par transitivité ou calculées à partir de la sémantique des conditions des rôles. La recherche de la place correcte pour le nouveau concept comporte trois étapes :

- ✓ La recherche des subsumant les plus spécifiques SPS (concepts qui subsument le concept à classer et dont les fils ne le subsument pas)
- ✓ La recherche des subsumés les plus généraux SPG (concepts subsumés par le concept à classer et dont les pères ne sont pas subsumés par lui).
- ✓ Insertion du nouveau concept dans la hiérarchie.[52]

5. Construction de l'ontologie dans le domaine médical

5.1. domaine d'expertise: La chirurgie pédiatrique

La chirurgie infantile ou pédiatrique s'intéresse à la prise en charge chirurgicale des affections enfants, dès la période fœtale jusqu'à l'adolescence (0-15 ans). Cette spécialité a deux sur-spécialisations :

- chirurgie viscérale pédiatrique,
- chirurgie orthopédique pédiatrique,

Elle se distingue par un mode opératoire spécifique (instruments de taille adaptée, champ opératoire restreint...) et une maîtrise essentielle du processus morphologique et physiologique de la croissance. [56]

Les chirurgiens peuvent intervenir sur différents organes ou tissus et leur rôle est essentiel chez les enfants qui souffrent de malformations au moment de la naissance.

Le volume considérable d'informations transitant dans le service chirurgie pédiatrique, qui nécessite une structuration des informations et de raisonnement, ainsi que l'importance de cette branche dans la vie de l'enfant, en matière de sa santé, sont parmi les principales raisons de choisir cette spécialité comme domaine d'application. Une ontologie dans ce cadre donc va être largement utilisée, et partagée.

Le service Chirurgie pédiatrique est séparé en quatre sous branches principales:

➤ **Chirurgie d'urgence**

La chirurgie d'urgence comprend toutes les interventions réalisées hors du circuit habituel de programmation d'une intervention chirurgicale. Le délai entre l'arrivée et l'intervention peut varier de quelques à plusieurs heures ou jours (lorsque votre état nécessite une préparation spécifique pour l'intervention). [57]

A titre indicatif, les interventions les plus fréquemment réalisées en urgence concernent

- ✓ La vésicule biliaire : ablation (cholécystectomie) en cas d'infection
- ✓ L'intestin grêle et le colon : syndromes occlusifs et perforations digestives
- ✓ L'appendice : appendicites et péritonites d'origine appendiculaire
- ✓ La prise en charge de blessés ou polytraumatisés : accidents de la voie publique, chutes,

➤ **Chirurgie thoracique** : La chirurgie thoracique, cardiaque et vasculaire désigne une spécialité chirurgicale large, dédiée à tous les organes situés dans le thorax: [58]

- ✓ poumon
- ✓ cœur
- ✓ veines et artères

➤ **Chirurgie digestive** : prend en charge les pathologies liées aux organes du tube **digestif**. Ceci inclut les problèmes hépatites et vésiculaires au niveau de la vésicule biliaire, les troubles intestinaux pancréatique et les problèmes des parois abdominales tels que les éventrations ou les hernies [59]

➤ **Chirurgie uro-génitale** : s'occupe de toutes les maladies de la branche **uro-génitale**.

5.1.1. Motif de présence en chirurgie pédiatrique

Un enfant subit un examen en service chirurgie pédiatrique dans trois cas:

- ✓ A la présence d'une pathologie, il s'agit donc d'une consultation.
- ✓ pour faire une chirurgie
- ✓ pour le suivi d'une pathologie (soit opéré ou non)

5.1.2. Une Consultation en chirurgie pediatrique

L'examen obéit à des règles simples qui doivent être toujours appliquées, pour élaborer un diagnostic et remettre un traitement si nécessaire. L'examen se déroule comme suit .La figure 13

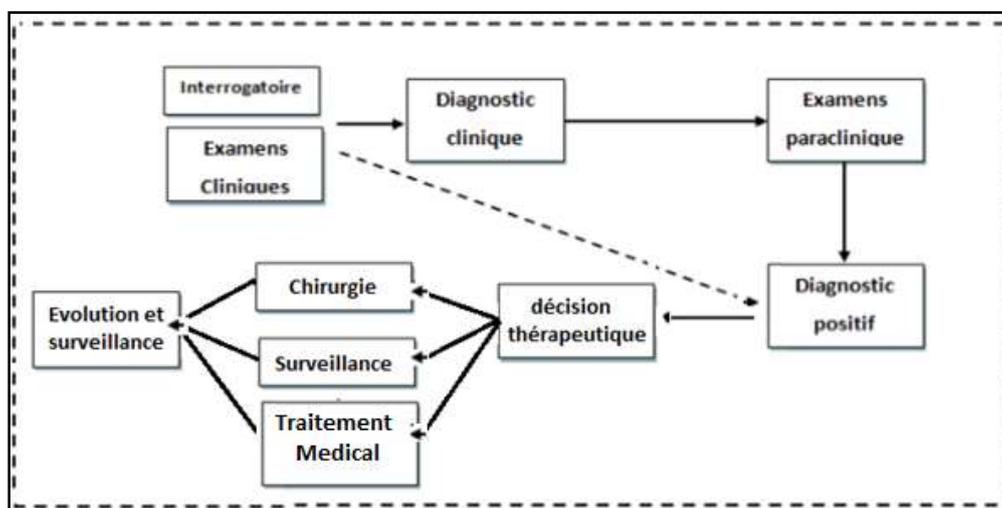


Figure 13 Consultation de chirurgie pédiatrique

- **Interrogatoire** : Il s'agit de recueillir des informations de l'enfant (patient).
L'interrogatoire a trois objectifs principaux :
 - ✓ Déterminer le ou les motifs de la consultation,
 - ✓ Répertorier les antécédents personnels et familiaux du patient,
 - ✓ Faire décrire la symptomatologie fonctionnelle du patient.
- **Examen clinique** : permet au médecin d'aboutir à un diagnostic. C'est un examen physique à la recherche de signes physiques.
- **Diagnostic clinique** : Le diagnostic clinique apporte une aide précieuse au médecin pour le diagnostic et le suivi de nombreuses pathologies et maladies.
- **Examen para clinique** : Après l'examen clinique, les examens complémentaires permettent d'orienter le diagnostic. Ils ne doivent être demandés qu'après avoir fait un examen clinique minutieux pour confirmer le diagnostic clinique. En fonction de l'hypothèse la plus probable, on doit procéder par des examens : biologiques, radiologiques, autres.
- **Diagnostic positif** : Ce sont des argumentations cliniques et para cliniques permettant d'éliminer les hypothèses incertaines et de confirmer un diagnostic positif.

- **Décision thérapeutique** : consiste à faire un choix entre plusieurs possibilités qui peuvent poser problème ; elle résulte d'un jugement pour lequel il faut avoir pesé le pour et le contre. On a le choix entre trois possibilités :
 - ✓ **Traitement médical**: est l'acte de soigner d'un problème de santé.
 - ✓ **Surveillance** : consiste à poser un jugement **clinique** sur la condition physique et mentale de la personne à la suite de l'analyse des données recueillies et à en transmettre les constats.
 - ✓ **La chirurgie** : un bilan préopératoire est nécessaire avant la chirurgie
- **Evolution et surveillance** : la surveillance après le traitement a pour but de déceler les rechutes afin que le traitement ait le plus de chance possible d'obtenir un résultat significatif.

5.2. Etape de spécification

Pour commencer le développement de l'ontologie, nous commençons d'abord la phase de spécification qui consiste à établir un document de spécification des besoins. Nous dériverons l'ontologie à construire à travers les cinq aspects suivants:

- ✓ **Le domaine de connaissance** : spécialité chirurgie pédiatrique de la médecine.
- ✓ **Les utilisateurs** : médecins et agents de santé du service chirurgie pédiatrique.
- ✓ **Les sources d'informations** : nous nous sommes basés sur le travail [46] pour construire notre ontologie, mais aussi d'après des experts du domaine (chirurgiens exerçant dans des hôpital) ,
- ✓ **La portée de l'ontologie** (liste des termes importants) : parmi ces termes les plus apportant, nous citons : enfant, Consultation, Maladie, Traitement, chirurgie, Structure santé, cas clinique, Echographie ...etc

5.3. Etape de conceptualisation

Une fois la majorité des connaissances acquise, on doit les organiser et les structurer en utilisant des représentations qui sont faciles à comprendre et indépendantes de tout langage d'implémentation. Cette phase contient plusieurs étapes qui sont :

➤ Construction du glossaire des termes

Ce glossaire recueille et décrit tous les termes qui sont utiles et potentiellement utilisables dans l'ontologie finale. Le tableau ci-dessous (Tableau 2) fournit une liste détaillée des différents termes utilisés dans l'ontologie :

Thème	Description
Personne	Est un humain qui fait partie de la communauté du service chirurgie pédiatrique.
Agent de santé	Est une personne affiliée dans le domaine de la santé. Il peut être :

	Un chirurgien, infirmier, médecin spécialiste, un médecin généraliste,
Enfant	Est une personne de sexe masculin ou féminin, qui est caractérisé par : l'âge, ...
Surveillance	Observer un enfant (ou un bébé) pour le contrôler si il a une maladie, ou après un traitement médical, ou une intervention chirurgicale.
Maladie	C'est l'altération de la santé d'un être vivant. C'est une irrégularité par rapport à la norme, découverte par une consultation.
Consultation	L'examen de l'enfant par un médecin/ chirurgien pour découvrir une ou plusieurs anomalies
Structure – santé	Etablissement où un patient se rend pour un motif . Ça peut être : un hôpital, une clinique, un bureau de santé.
Biopsie	Prélèvement d'un fragment de tissu ou organe à des fins d'examen microscopique.
Chirurgien	Le chirurgien est un spécialiste qui pratique des interventions chirurgicales (opérations) qui peuvent concerner toutes les parties du corps : tumeurs, fractures, organes défectueux, hémorragies, transplantations, etc.
Bloc opératoire	Le bloc opératoire désigne la structure architecturale où sont regroupées, que ce soit dans une clinique privée ou un hôpital public, les salles d'opérations où seront réalisées les interventions chirurgicales, et la salle de réveil, que l'on appelle désormais SSPI (Salle de Soins Post Interventionnels).
Clinique	Etablissement hospitalier privé ou étatique. Peut-être aussi un centre de radiologie, un laboratoire.
Technique	Méthode employée par un agent de santé lors d'un examen clinique ou para-clinique, une chirurgie, ou traitement médicamenteux. Il s'agit d'une chirurgie classique ou instrumentale.
Signe-fcls	C'est des symptômes et des signes qui indiquent une perturbation de l'état d'un patient. Ils peuvent être subjectifs ou objectifs.
Osculation	Action d'écouter les bruits internes de l'organisme pour contrôler le fonctionnement d'un organe ou déceler une anomalie.

Hystérocopie	Imagerie permettant de voir la cavité utérine et de réaliser des biopsies dirigées, utile pour le diagnostic de cancer de l'utérus
Anapath	L'anatomo-pathologie étudie les lésions macroscopiques et microscopiques de tissus prélevés sur des êtres vivants malades par biopsie, ou biopsie extemporanée.
Palpation	Méthode d'examen utilisant les mains et les doigts pour recueillir les informations utiles par le toucher.
Percussion	Méthode d'examen d'organes ou de cavités internes reposant sur l'appréciation de la sonorité ou de la résonance produite par le tapotement de l'extrémité des doigts sur la peau de la région étudiée.
Hémoculture	Technique de laboratoire visant à mettre en évidence la présence ou l'absence de microorganismes pathogènes dans le sang.
F.risque	C'est des éléments qui augmentent le risque d'atteindre une maladie.
Bureau de santé	Un bureau de santé est un organisme de santé publique établi par un groupe de municipalités urbaines et rurales pour fournir des services de santé publique
Interrogatoire	L'interrogatoire médical, c'est le moment où l'on interroge le patient au début de la consultation pour recueillir certaines informations.
Examen clinique	L'examen physique, ou examen clinique, fait partie de l'examen médical, qui permet au médecin ou au clinicien (infirmier, infirmier clinicien, infirmier praticien) d'aboutir à un diagnostic, ou à une impression clinique.
Examen para-clinique	Examen destiné à confirmer un diagnostic fait par observation. C'est des examens biologiques, instrumentaux ou d'imagerie
Hématologique	l'hématologie se consacre à l'étude du sang mais également à celle de la moelle osseuse et des ganglions lymphatiques de façon générale. Médecin
TSS	Agent de santé qui peut être un radiologue, un biologiste, ...
ATCD	C'est l'interroger le patient (tuteur de l'enfant) en détail sur son passé.
CDD	l'histoire du malade (Habitudes alimentaires, ... etc.)

Chirurgie	La chirurgie est un ensemble d'opérations manuelles et instrumentales réalisées sur et dans un corps vivant à des fins thérapeutiques
Endoscopie	L' endoscopie , dite aussi fibroscopie, est un examen médical qui permet au médecin d'explorer l'intérieur d'un organe ou d'une cavité du corps en y introduisant un endoscope . L' endoscope est un tube fin et souple, contenant des fibres optiques, au bout duquel se trouvent une lampe et une petite caméra.
Célioscopie	La célioscopie est une technique chirurgicale qui permet d'opérer à l'intérieur du ventre en ne faisant que des petites incisions. Cette technique est la voie d'abord privilégiée de la chirurgie à l'intérieur de l'abdomen
TDM	Tomodensitométrie est un examen d'imagerie lors duquel on utilise un ordinateur pour assembler une série de clichés radiographiques afin de créer des images détaillées à 3D d'organes, de tissus, d'os et de vaisseaux sanguins du corps.
Atrésie de l'œsophage	L'atrésie de l'œsophage est une malformation de l'œsophage (« tube » qui relie la bouche à l'estomac) présente dès la naissance.
...	...

Tableau 2 Glossaire de termes

➤ Construction du diagramme de relations binaires et de classification de concepts

Dans cette étape, nous construisons le diagramme de relations binaires et de classification de concepts en deux étapes principales. Initialement, nous répertorions les concepts en ensembles organisés, ensuite nous relierons les concepts entre eux, si nécessaire, par des relations.

La hiérarchie de classification de concepts démontre l'organisation des concepts de l'ontologie en un ordre hiérarchique qui exprime les relations sous classe – super classe.

En utilisant la relation « Sous classe de » entre les classes pour définir leurs classifications, la classe C1 est une sous classe de la classe C2 si et seulement si toute instance de la classe C1 est une instance de la classe C2, par exemple la classe Interrogatoire est une sous classe de la classe Consultation.

Par exemple nous pouvons commencer en créant des classes pour les concepts généraux : personne, Maladie, structure-santé, traitement, chirurgie, Consultation, ... Les figures 14 et 15 montrent les hiérarchies des concepts généraux mentionnés ci-dessus et leurs classifications.

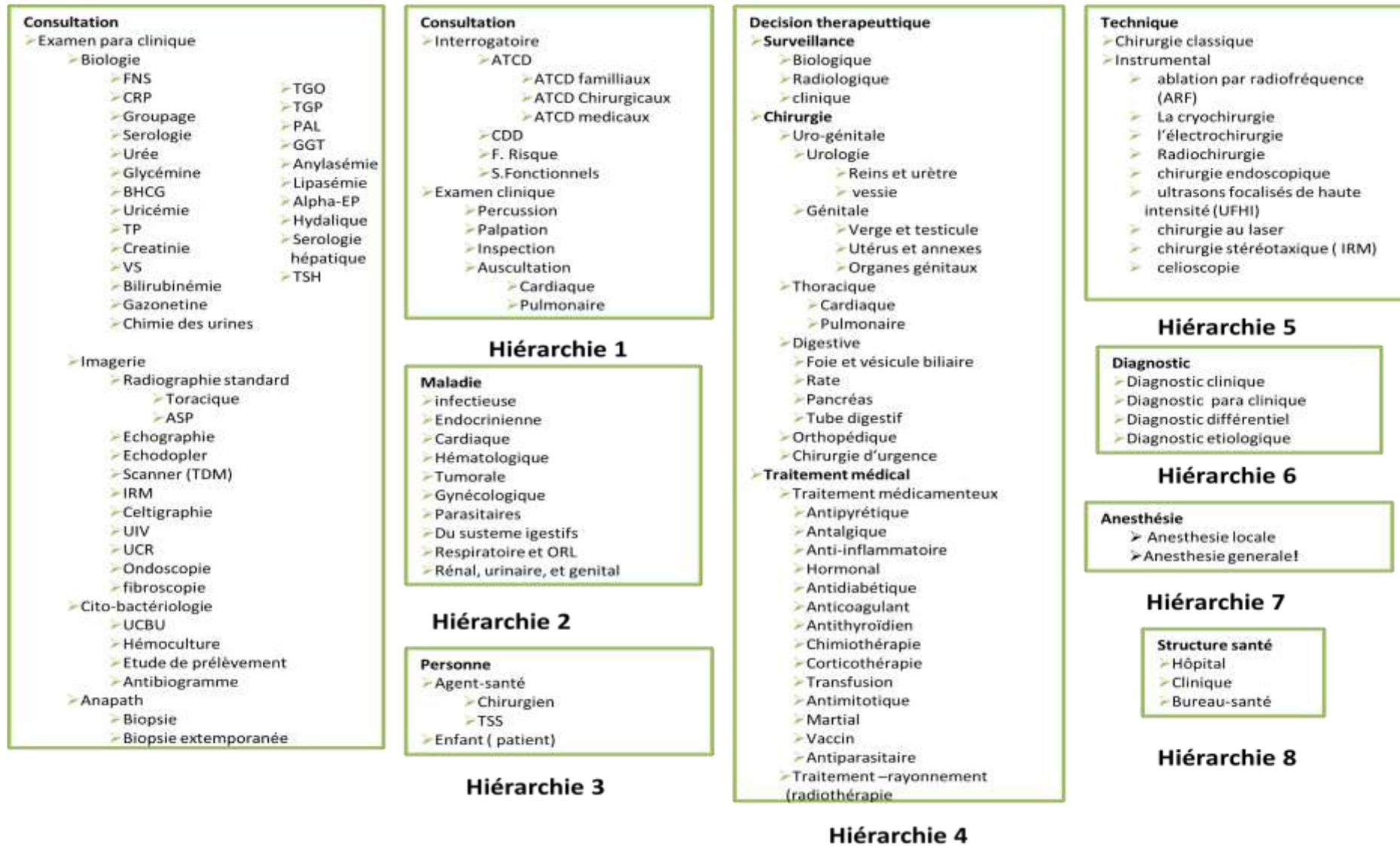


Figure 14 Hiérarchies de concepts



Figure 15 classification du concept

Dans la deuxième étape, nous représentons les relations binaires et la hiérarchie entre les classes par un diagramme. Dans ce diagramme, les classes sont représentées par des rectangles et les relations par des arcs orientés (du domaine vers le Co-domaine) et étiquetés par le nom de la relation. La figure ci-dessous (Figure 16) représente le diagramme de relations binaires

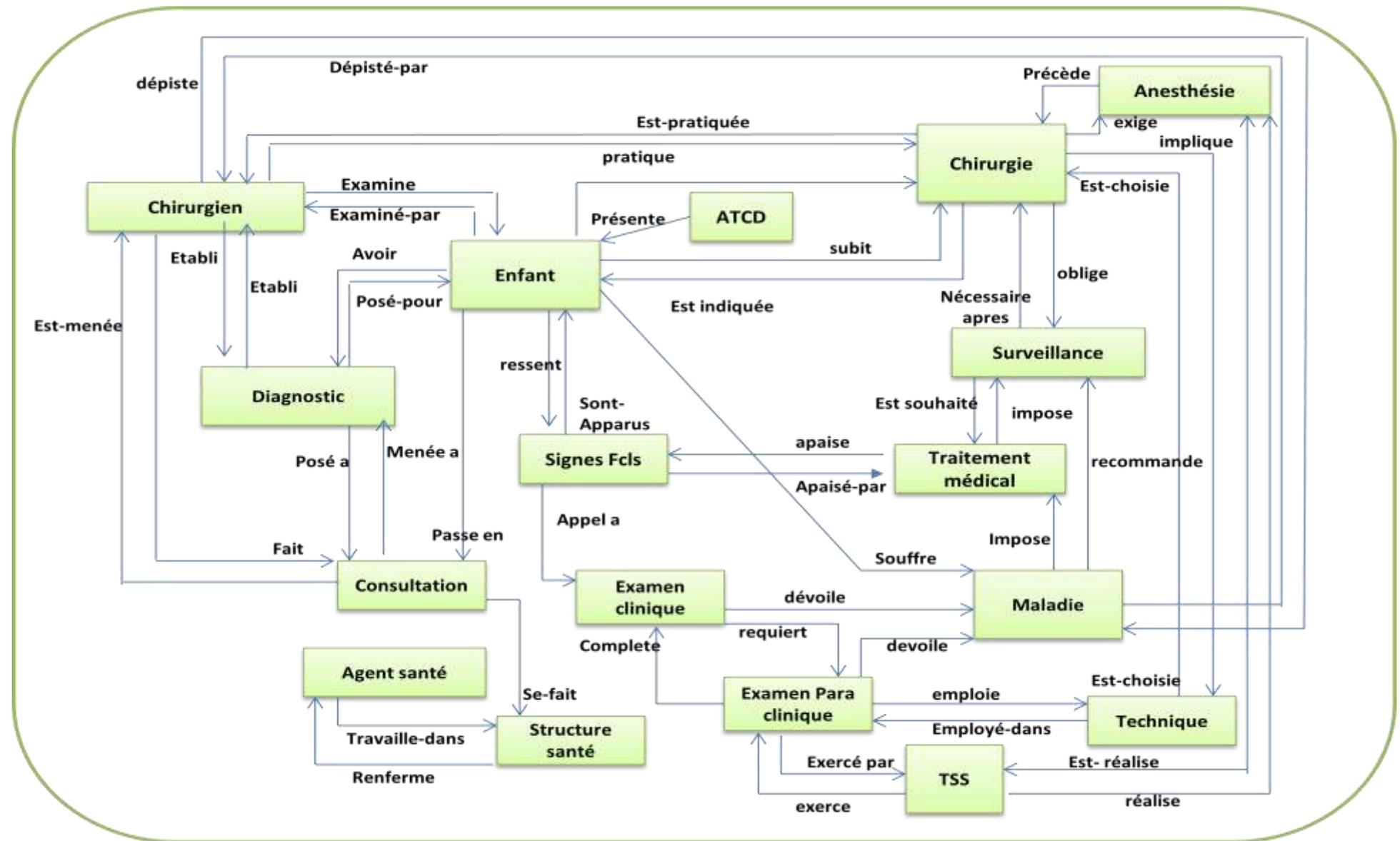


Figure 16 Le diagramme des relations binaires

➤ Dictionnaire de concepts

Dans cette étape nous allons donner une description formelle des concepts qui ont été présentés dans la hiérarchie des classes. Ce processus correspond à la création du dictionnaire de concepts accordé à METHONTOLOGY.

Dans ce dictionnaire, nous définissons pour chaque concept : les instances, les attributs, les relations dont la source est ce concept, les synonymes et les acronymes de ce concept; le tableau 3 représente le dictionnaire des concepts pour l'ontologie définie par la hiérarchie précédente.

Nom Concept	Concepts synonymes	Attributs	Instances
Personne	Humain	-	-
Agent_santé	Clinicien, thérapeute	Nom-agent-santé Prénom-agent-santé Grade Service	
Enfant	Patient	Nom-enf Prénom-enf Sexe Date de naissance Tranche-age Adresse-enf Tuteur	
Surveillance	Contrôle, observation	Date Rendez vous Lieu	
Maladie	Anomalie, syndrome	Nom-maladie Pronostic Type-maladie Causes Début-maladie	
Traitement	Cure, remède, soins	Durée-Traitement Type-Traitement	
Consultation	Examen, visite,	Date-consultation Heure-consultation	
ATCD chirurgicaux	Histoire , passé médical	Descrip-ATCD-chir	
Structure-santé	Etablissement de santé	Dénomination Adresse-Structure-santé Tel Fax	
Biopsie	Prélèvement de tissu	Biop-organe Biop-Techniques Rest-biopsie	
Clinique	Centre hospitalier	Spécialité Type-clinique	

Technique	Méthode	Descrip-tech	
Signes-fcls	Symptômes	Température Etat-general	34, 42 Bon moyen mauvais
Signes-fcls-toraciq	Symptômes thoracique	Toux Dispné Emoptisie Douleur thoracique Type douleur	
Signes-fcls-digestif	Symptômes digestifs	Vomissement Hématémèse Douleur abdominal Diahrée Constipation Arrêt- matières-gaz	
Anapath	Examens des tissus et organes	Date-anapath Technique-anapath Résultat-anapath	
Palpation	Toucher, tact, contact	Zone-palpée Défense Contracture Présence-Masse Souplesse Douleur	
Percussion	Tamponnement	Matité Tympanisme	
Hémoculture		Date-hémoculture Résulta-hemo	
F.Risque	Elément portant au Danger	Descrp-frisque	Obésité Diabète
Hôpital	Etablissement hospitalier,	Nom_hopital Adresse_hopital Specialité_hopital Service Statut Tel	
Infectieuse		Nom-maladie Porte-entrée Germe	
Tumorale	Cancéreuse	Nom-maladie Localisation Stade Classification Volume Desc-rapport	
Interrogatoire	Enquête, questionnaire	Poids Taille Observation	

Groupage	le système ABO	ABO Rhesus	
Chirurgie	Intervention internes ou des manœuvres externes sur les tissus	Date chir Type chir Technique chir	
...

Tableau 3 Dictionnaire des concepts.

➤ Tableau de relations binaires

Les relations binaires sont représentées sous forme de propriétés ou attributs qui lient un concept à un autre, ce sont des ‘attributs de type instance’ : c'est-à-dire les attributs ayant pour type de valeur Instance [54].

Pour chaque relation dont la source est dans l’arbre de classification de concepts, nous définissons : son nom, le nom du concept source, le nom du concept cible, la cardinalité et le nom de la relation inverse; le tableau 4 illustre la spécification des relations binaires entre les différentes hiérarchies pour notre ontologie.

Nom de relation	Concept source	Cardinalité source	Concept cible	Cardinalité cible	Relation Inverse
Dépiste	Chirurgien	(1, n)	Maladie	(1, n)	Dépisté –par
Examine	Chirurgien	(1, n)	Enfant	(1,1)	Examiné-par
Etabli	Chirurgien	(1,1)	Diagnostic	(1,n)	Etabli-par
Fait	Chirurgien	(1,n)	Consultation	(1,1)	Est-menée
Pratique	Chirurgien	(1,n)	Chirurgie	(1,n)	Est-pratiquée
Présente	ATCD	(1,1)	Enfant	(0,n)	-
Appel-a	signes-Fcls	(1,1)	Examen clinique	(1,n)	-
Ressent	Enfant	(1,n)	signes-Fcls	(1,1)	Sont-apparu
Passe-en	Enfant	(1,1)	Consultation	(1,1)	-
Travaille-dans	Agent-santé	(1,n)	Structure-santé	(1,n)	Renferme
Posé-a	Diagnostic	(1,n)	Consultation	(0,1)	Mène-a
Se-fait	Consultation	(1,1)	Structure-santé	(1,n)	-
Exerce	TSS	(0,n)	Examen para clinique	(1,n)	Exercé-par
Emploie	Examen paraclinique	(1,n)	Technique	(1,1)	Employé-dans
Réalise	TSS	(1,n)	Anesthésie	(1,1)	Est-réalisé
Implique	Chirurgie	(1,n)	Technique	(1,1)	Est-choisie
Exige	Chirurgie	(1,1)	Anesthésie	(1,1)	Précède

Recommande	Maladie	(1,n)	Surveillance	(1,1)	-
Impose	Traitement médical	(1,n)	Surveillance	(1,n)	Est-souhaité
Apaise	Traitement médical	(1,n)	Signe-fcls	(1,n)	Apaisé-par
Oblige	Chirurgie	(1,n)	Surveillance	(1,1)	Necessaire-apres
Subit	Enfant	(1,n)	Chirurgie	(1,1)	Est-indiqué
Dévoile	Examen clinique	(1,n)	Maladie	(1,1)	Devoilé-par
Découvre	Examen paraclinique	(1,n)	Maladie	(1,n)	Decouverte-par
Souffre	Enfant	(1,n)	Maladie	(1,1)	-
...

Tableau 4 Table des relations binaires

➤ **Tableau des attributs**

Les attributs sont des propriétés qui prennent leurs valeurs dans les types prédéfinis (String, Integer, Boolean, Date...). Par exemple le concept enfant a comme attributs : Nom, prénom, âge,.

Pour chaque attribut apparaissant dans le dictionnaire de concepts nous spécifions: son nom, type et intervalle de ses valeurs possibles, et sa cardinalité (pour spécifier qu'une instance possède une ou plusieurs valeurs). Le tableau 5 spécifie ces informations pour chaque attribut.

Nom de l'attribut	Type	Cardinalité (min/ max)	Valeur par défaut	Domaine des valeurs
Nom-agent-santé	String	(1,1)	-	-
Prénom-agent santé	String	(1,1)		-
Adresse structure-santé	String	(1,1)		--
Dénomination	String	(1,1)		
Spécialité-TSS	String	(1,1)		{Radiologue, biologiste, anapath, anesthésiste, infirmier}
Nom-enf	String	(1,1)		
Prenom-enf	String	(1,1)		
Date de naissance-enf	Date	(1,1)		
Age-enf	Integer	(1,1)		[0, 14]
Adresse-enf	String	(1,1)		
Tuteur	String	(1, n)		
Zone-palpée	String	(1,n)		{thorax, hypocondre

				droit, hypocondre gauche, epigastre, flant gauche, flant droit, épigastre ombilic, fossilifère droite, fossilifère gauche, hypogastre }
Défense	Boolean	(1,1)		
Contracture	Boolean	(1,1)		
Présence-Masse	Boolean	(1,1)		
Souplesse	Boolean	(1,1)		
Douleur	Boolean	(1,1)		
Matité	Boolean	(1,1)		
Tympanisme	Boolean	(1,1)		
Nom_hopital	String	(1,1)		
Adresse_hopital	String	(1,1)		
Specialité_hopital	String	(1,n)		{Chirurgical, mère-enfant }
Statut	String	(1,1)		{Privé, étatique }
Tel	String	(1,n)		
Porte-entrée	string	(1,n)		{ORL, urinaire, génital, pulmonaire, digestif }
Germe	string	(1,n)		{Nomination, Resistance, Sensibilité }
Localisation	String	(1,n)		
Stade	string	(1,1)		{Grade1, , grade 6 }
Classification	String	(1,n)		{Metastasse, t1,t2,t3 }
Volume	Real	(1,1)		Valeur en centimetre
Desc-rapport	String	(1,n)		
Nom-maladie	Strin,g	(1,1)		
Pronostic	string	(1,1)		{Bon, mauvais }
Type-maladie	string	(1,1)		{ infectieuse, parasitaire, cardiaque, pulmonaire, digestif, }
Causes	String	(1,n)		
Debut-maladie	Date	(1,1)		
Poids	Integer	(1,1)		[1,80]

Taille	Integer	(1,1)		
Température	Integer	(1,1)		[34, 41]
Type douleur	String	(1,1)		{brulure, crampe, empoignad}
Rehsus	String	(1,1)		{Positif, Négatif}
ABO	String	(1,1)		A, B, AB, O
...

Tableau 5 Table des attributs

➤ **Tableau des axiomes logiques**

Ces tableaux contiennent des définitions de concepts à l'aide des expressions logiques qui sont toujours vraies. Dans ce tableau nous définissons pour chaque axiome sa description en langage naturel, le nom du concept auquel l'axiome se réfère, les attributs utilisés dans l'axiome et l'expression logique. Pour notre ontologie nous spécifions quelques axiomes comme il est représenté dans le Tableau 6

Nom du concept	Description	Expression logique
Personne	Chaque personne du service chirurgie pédiatrique est soit un enfant, un agent de santé, ou le tuteur	$\forall (X), \text{Personne}(X) \Rightarrow \text{enfant}(X) \vee \text{Agent-Santé}(X) \vee \text{tuteur}(X)$
Chirurgien	Un chirurgien travaille dans une structure de santé, examine des patients, prescrit des traitements et dépiste des maladies, et pratique des chirurgies.	$\forall (X), \text{chirurgien}(X) \Rightarrow \exists Y \text{Structure-Santé}(Y) \wedge \text{Travaille}(X, Y) \wedge \exists Z \text{Traitement}(Z) \wedge \text{Prescrit}(X, Z) \wedge \exists W \text{Maladie}(W) \wedge \text{Dépiste}(X, W) \wedge \exists H \text{chirurgie}(H) \wedge \text{pratique}(X, H)$
Instrumental	Peut-être instrumental ou Chirurgie classique	$\forall (X), \text{Technique}(X) \Rightarrow \text{Instrumental}(X) \vee \text{Chirurgie-classique}(X)$
Examen clinique	Dans le service Chirurgie pédiatrique, un examen clinique est un examen physique de l'état général et un examen thoraco-abdominaux-pelvien	$\forall (X), \text{Examen-Clinique}(X) \Rightarrow \exists Y \text{EtatGénéral}(Y) \wedge \exists Z \text{Examen-TAP}(Z)$
Examen para Clinique	Peut-être des examens biologiques, bactériologiques, radiologiques, ou anatomie-pathologique.	$\forall (X) \text{Examen-paraclinique}(X) \Rightarrow \text{Biologie}(X) \vee \text{Bactériologie}(X) \vee \text{Anapath}(X) \vee \text{Imagerie}(X)$

Nom du concept	Description	Expression logique
Surveillance	Elle peut être biologique ou Clinique ou radiologie	$\forall (X) \text{ Surveillance}(X) \Rightarrow \text{Biologique}(X) \vee \text{Clinique}(X) \vee \text{radiologique}(X)$
Décision thérapeutique	Une décision thérapeutique peut être une surveillance ou une chirurgie ou un traitement médical	$\forall (X) \text{ décision-thérapeutique}(X) \Rightarrow \text{surveillance}(X) \vee \text{chirurgie}(X) \vee \text{traitement-médical}(X)$
Structure-santé	Peut-être un hôpital, une clinique ou un bureau de santé.	$\forall (X) \text{ structure-santé}(X) \Rightarrow \text{Hôpital}(X) \vee \text{Clinique}(X) \vee \text{-bureau-santé}(X)$
Maladie	Peut-être infectieuse, endocrinienne, cardiaque, tumorale, gynécologique, parasitaire, respiratoire-ORL, digestive, hématologique, ou Rénal-urin-génital.	$\forall (X) \text{ Maladie}(X) \Rightarrow \text{Infectieuse}(X) \vee \text{Endocrinienne}(X) \vee \text{Hématologique}(X) \vee \text{digestive}(X) \vee \text{gynécologique}(X) \vee \text{Cardiaque}(X) \vee \text{Tumoral}(X) \vee \text{respiratoire-ORL}(X) \vee \text{parasitaire}(X) \vee \text{Rénal-urin-génital}(X)$
Biopsie	Un examen anatomie pathologique, qui emploie une technique instrumentale.	$\forall (X), \text{ Biopsie}(X) \Rightarrow \exists Y \text{ TSS}(Y) \wedge \text{exerce}(X, Y) \wedge \exists Z \text{ Technique}(Z) \wedge \text{Employé}(X, Z)$
Signes-fcls	C'est les symptômes qu'apparaît chez une patiente et qui sont apaisés par un traitement.	$\forall (X), \text{ Signes-fcls}(X) \Rightarrow \exists Y \text{ enfant}(Y) \wedge \text{sont-apparu}(X, Y) \wedge \exists Z \text{ Traitement-médical}(Z) \wedge \text{Apaisé-par}(X, Z)$
Anesthésie	Elle a pour effet de supprimer momentanément les sensations et en particulier celle de la douleur. Elle peut viser un membre, une région ou l'organisme entier	$\forall (X), \text{ Anesthésie}(X) \Rightarrow \exists Y \text{ Chirurgie}(Y) \wedge \text{Précède}(X, Y) \wedge \exists Z \text{ TSS}(Z) \wedge \text{Est-réalisé}(X, Z)$
Diagnostic	Le diagnostic est le raisonnement menant à l'identification de la cause (l'origine) d'une maladie, à partir de symptômes relevés de l'interrogatoire, l'examen clinique et paraclinique	$\forall (X), \text{ diagnostic}(X) \Rightarrow \exists Y \text{ Chirurgie}(Y) \wedge \text{est-établi}(X, Y) \wedge \exists Z \text{ Enfant}(Z) \wedge \text{Posé-pour}(X, Z) \wedge \exists w \text{ Consultation}(w) \wedge \text{posé-a}(X, w)$
Groupage	Propriétés du sang permettant selon le système ABO la classification des personnes.	$\forall (X), \text{ Groupage}(X) \Rightarrow \exists Y \text{ TSS}(Y) \wedge \text{exercé-par}(X, Y)$
Palpation	Examen réalisé par un chirurgien où on emploie (la main).	$\forall (X), \text{ Palpation}(X) \Rightarrow \exists Y \text{ chirurgien}(Y) \wedge \text{est-mené}(X, Y)$

Nom du concept	Description	Expression logique
Consultation	un examen d'un enfant par un chirurgien réalisé dans une structure de santé. Lors d'une consultation, le chirurgien émet un avis sur les symptômes ressentis par le patient, peut établir un diagnostic, donner un traitement ...	$\forall (X), \text{consultation}(X) \Rightarrow \exists Y \text{ Chirurgie}(Y) \wedge \text{est-menée}(X, Y) \wedge \exists Z \text{ Enfant}(Z) \wedge \text{Passe-en}(Z, X) \wedge \exists w \text{ Diagnostic}(w) \wedge \text{mené-a}(X, W) \wedge \exists U \text{ Structure-santé}(U) \wedge \text{se-fait}(U)$
ATCD	Les antécédents familiaux, chirurgicaux, médicaux d'un enfant	$\forall (X), \text{ATCD}(X) \Rightarrow \text{ATCD-famil}(X) \vee \text{ATCD-chir}(X) \vee \text{ATCD-Med}(X)$
TSS	technicien supérieur en santé attaché a une structure de santé, et qui fait des examens complémentaires (biologique, imagerie, anapath, ...) et des anesthésies	$\forall (X), \text{TSS}(X) \Rightarrow \exists Y \text{ examen-paraclinique}(Y) \wedge \text{exerce}(X, Y) \wedge \exists Z \text{ structure-santé}(Z) \wedge \text{Travaille-dans}(X, Z) \wedge \exists W \text{ Anesthésie}(w) \wedge \text{réalise}(X, W)$
Enfant	Un patient âgé de 0 à 14 ans nécessitant une intervention chirurgicale pour cause de malformations ou pathologies	$\forall (X), \text{Enfant}(X) \Rightarrow \exists \text{ Maladie}(Y) \wedge \text{souffre}(X, Y) \wedge \exists \text{ Consultation}(Z), \wedge \text{passe-en}(X, Y), \exists \text{ Chirurgien}(W), \wedge \text{Examiné-par}(X, Y), \exists \text{ ATCD}(U), \text{présente}(X, U), \exists \text{ signes-Fcls}(P), \text{ressent}(X, P), \exists \text{ Diagnostic}(G), \text{Avoir}(X, G)$
Surveillance	Le suivi individuel* !fggp^m des patients (enfants) après une chirurgie ou un traitement, peut être clinique, ou biologique ou radiologique	$\forall (X), \text{Surveillance}(X) \Rightarrow \text{Biologique}(X) \vee \text{Radiologique}(X) \vee \text{Examen-clinique}(X) \wedge \exists Y \text{ Chirurgie}(Y) \wedge \text{nécessaire-après}(X, Y) \wedge \exists Z \text{ traitement-médical}(Z) \wedge \text{Est-souhaité}(X, Z) \wedge \exists w \text{ Maladie}(w) \wedge \text{recommande}(W, X)$
...

Tableau 6 Table des axiomes logiques.

➤ Tableau des instances

Dans cette section nous donnons une description de quelques instances de l'ontologie. Pour cela, nous spécifierons les noms des individus et les valeurs des attributs pour chacun d'eux; le Tableau 7 illustre quelques instances pour chaque classe

Concept	Nom de l'instance	Attribut	Valeur
Chirurgien	X	Nom Prénom Grade-médecin Spécialité-médecin service	AFRI Esma Maitre assistant Chirurgie Pédiatrique Chirurgie

		Tel Fax Email Adresse	0700000000 031000000 Afri.esma@gmail.com Cité Boussouf, Constantine
3Antimiotique	Cisplatine	Nom Nom-commercial Forme Posologie Dosage Mode-admin Effet-secondaire Type-med	CISPLATINE MYLAN Cisplatine Injectables 50 à 120 mg/m ² Individuelle Cutané Toxicité rénale, auditive, hématologique, neuropathies périphériques, troubles gastro- intestinale. Cancérologie et hématologie
M.tumoral	Néphroblastome	Stade Nom-maladie Debut-maladie Histoire Pronostic Complication Type-maladie	1 Néphroblastome 2/03/2020 Remonte a mars, marqué par l'appzartition d'une douleur lombaire gauche, avec amaigrissement chiffré a 6 kg , hématurie puis une mzasse a été remarqué par la mere qui augmente de volume avec le temps, motif pour lequel il a consulté un chirurgienn où une echo a ete demandé revenant en faveur a une masse reinzale gauche Bon Metastase residive Tumoral
M	Kyste hydatique	Stade Nom-maladie Debut-maladie Histoire Pronostic Complication Type-maladie	1 Kyste hydatique du poumon Date Dispné, toux, douleur thoracique , motif pour lequel il a consulté un chirurgien où une radio thorax revenant en faveur d'un kyste de poumon droit , laube inferieur Bon - Parasitaire
M.digestive	Occlusion intestinale aigue	Stade Nom-maladie Debut-maladie Histoire Pronostic Complication	1 Occlusioun Date Douleur abdominal avec distension, vomissement, arrêt des matière et gaz, motif pour lequel il a consulté. Un ASP +TDM ont été fait revenant a une occlusion digestive Bon -

		Type-maladie	Digestive
Instrumental	Endoscope	<p>Descrip-tech</p> <p>Nom-outil Technique-outil</p> <p>Fonction</p>	<p>Tube, constitué de fibres optiques conduisant la lumière équipé de petites caméras qui retransmettent l'image sur un écran.</p> <p>Endoscope.</p> <p>Introduire l'endoscope dans un conduit ou une cavité de l'organisme.</p> <p>Visualisation d'opérations chirurgicales intrusives ou l'observation.</p>
	Trocart	<p>Descrip-tech</p> <p>Nom-outil Technique-outil</p> <p>Fonction</p>	<p>Instrument chirurgical constitué d'une tige métallique contenue dans une canule et terminée par une pointe coupante.</p> <p>Trocart</p> <p>l'aiguille au contact de la lésion, de forer au trocart puis d'animer la pointe du trépan de quelques oscillations et d'aspirer fortement à la seringue pour décrocher le prélèvement.</p> <p>Pour effectuer des ponctions, et des biopsies.</p>
Hopital	Hôpital Ain Naadja	<p>Dénomination</p> <p>Adresse</p> <p>Tel</p> <p>Fax</p> <p>Email</p> <p>Type-hôpital</p>	<p>HSA A in Naadja</p> <p>Commune kouba Alger</p> <p>(021) 54 54 54</p> <p>(021) 54 54 53</p> <p>-</p> <p>Militaire</p>
	EHS Boumali Mohamed	<p>Dénomination</p> <p>Adresse</p> <p>Tel</p> <p>Fax</p> <p>Email</p> <p>Type-hôpital</p>	<p>DR BOUMALI MOHAMED</p> <p>Ain Beida, Oum El Bouaghi</p> <p>032.69.12.23</p> <p>032.69.12.23</p> <p>-</p> <p>Mere enfant</p>
	EHS El Mansourah	<p>Dénomination</p> <p>Adresse</p> <p>Tel</p> <p>Fax</p> <p>Email</p> <p>Type-hôpital</p>	<p>CHU Benbadis</p> <p>Rue Bensghir Abdelouahab constantine</p> <p>031 64 16 07 /</p> <p>031 64.29.72 /</p> <p>031 64.29.73</p> <p>031 64 17 00</p> <p>chuconstantine@ibnsina.ands.dz</p> <p>Universitaire</p>
Clinique	Ibn Sina	<p>Dénomination</p> <p>Adresse</p>	<p>Laboratoire Ibn sina</p> <p>4 bd Ammar Boughaba-</p>

		Tel fax Spécialité Type-clinique	constantine 031.93.71.07 031.93.71.07 Analyses médicales Laboratoire
Groupe	O Negatif	Rehsus ABO	Negatif O
	A Positif	Rehsus ABO	Positif A
Chirurgie-tub-digest	Chir-dig	Date chir Type chir Technique chir	Date Digestif Chirurgie classiuque
Signe-fcls	Signes-fcls-digestif	Vomissement Ematemese Douleur abdominal Diahrée Constipation Arret- matieres-gaz	Oui Non Oui Non Oui Oui
Signe-fcls	Signes-fcls-toraciq	Toux Dispné Emoptisie Douleur thoracique	Oui Oui Oui Oui
F.risque	F.risq1	Descrp-frisque	Obesité
	F.risq2	Descrp-frisque	Diabeste
Palpation	ExamenX	Zone-palpée Défense Contracture Présence-Masse Souplesse Douleur	Abdomene Oui Non Non Non Oui
Percussion	ExamenX	Matité Tympanisme	Oui Non
Auscultation-poumon	ExamenX	Descript-ausc	Rale cripitant
Auscultation-cœur	ExamenX	Descript-aus	B1 B2,audible au 4 foyé
Interrogatoire	ExamenX	Poids Taille Observation	15 1m -
...

Tableau 7 Table des instances.

5.4. Etape de formalisation

Dans cette étape, nous utilisons le formalisme des logiques de descriptions pour formaliser le modèle conceptuel que nous avons obtenu dans l'étape de conceptualisation.

5.4.1. Construction de TBox

Nous définissons les concepts et les rôles relatifs à notre domaine, en utilisant les constructeurs fournis par les logiques de descriptions pour donner des descriptions structurées aux concepts et rôles.

De plus, nous spécifions les relations de subsomption qui existent entre les différents concepts ; par exemple pour spécifier que la classe Clinique est subsumée par la classe Structure-santé on écrit

$$\text{Clinique} \subseteq \text{Structure-santé}$$

Les définitions de différents concepts sont illustrées dans le tableau 8 .

Concept	Définition	Relation de subsomption
Personne	Personne := Enfant \cup Agent-santé \cup tuteur	Personne \subseteq thing
Agent-santé	Agent-santé := Chirurgien \cup TSS	Agent-santé \subseteq personne
Chirurgien	chirurgien := Agent-santé \cap (\exists travaille Structure-santé) \cap (\exists examine. enfant) \cap (\exists fait. Consultation) \cap (\exists dépiste. Maladie) \cap (\exists prescrit. Traitement-medical) \cap (\exists etabli. diagnostic) \cap (\exists pratique. Chirurgie)	Chirurgien \subseteq Agent-santé
Structure-santé	Structure-santé := hôpital \cup Clinique \cup Bureau-santé	Structure-santé \subseteq thing
Maladie	Maladie := Infectieuse \cup Endocrinienne \cup Hématologique \cup Dermatologique \cup Tumoral \cup Gynécologique \cup Cardiaque \cup Parasitaire \cup Sys-Digestif	Maladie \subseteq thing
Traitement-medical	Traitement-medical := T.rayonnement \cup T.medicamenteux	Traitement-medical \subseteq Decision-therapeutique
Decision-therapeutique	Décision-thérapeutique:= Chirurgie \cup Traitement-médicamenteux \cup surveillance	Decision-therapeutique \subseteq thing
Technique	Technique := chirurgie-classique \cup Instrumental	Technique \subseteq thing
Instrumental	Instrumental := ARF \cup cryochirurgie \cup électrochirurgie \cup Radiochirurgie \cup chir-endoscopique \cup ultrasons-UFHIU chir-laser \cup chir-stéréotaxique (IRM) \cup célioscopie	Instrumental \subseteq Technique
Anapath	Anapath := Examen-paramedicale \cap (Biopsie \cup Biopsie-extemporanée)	Anapath \subseteq examen-Paraclinique
Inspection	Inspection := Examen-clinique	Inspection \subseteq Examen-Clinique
Consultation	Consultation := Interrogatoire \cup Examen-clinique \cup Examen-paraclinique \cup Technique	Consultation \subseteq Thing
Examen-clinique	Examen-clinique := Consultation \cap (\exists est-menée.Chirurgien) \cap (\exists mene-a.diagnostic) \cap (\exists se-fait.structure-santé) \cap (\exists devoile.Maladie) \cap (\exists requert.Examen.Paraclinique)	Examen-Clinique \subseteq Consultation

Concept	Définition	Relation de subsumption
Sys-Digestif	Sys-Digestif := Maladie	Sys-Digestif \subseteq Maladie
T-Médicamenteux	T-Médicamenteux := Traitement-médical \cap (\exists Apaise. Signes-Fcls) \cap (\exists Prescrit-par. Chirurgien) \cap (\exists Donnée-a. Enfant)	T-Médicamenteux \subseteq Traitement-médical
Hôpital	Hôpital := (≥ 1 Renferme. Agent santé) \cap (≥ 1 Se-rend. Enfant)	Hôpital \subseteq Thing
Groupage	Groupage := Biologie	Groupage \subseteq Biologie
Fibroscopie	Fibroscopie := Imagerie \cap (\exists emploi. Technique)	Fibroscopie \subseteq Imagerie
Diagnostic	Diagnostic := D.clinique \cup D.Para-clinique \cup D.différentiel \cup D.etiologique \cap (\exists est-établi. Chirurgien) \cap (\exists posé-pour. Enfant) \cap (\exists posé-a. Consultation)	Diagnostic \subseteq Thing
ATCD	ATCD := Interrogatoire \cap (ATCD-fam \cup ATCD-Chir \cup ATCD- med)	ATCD \subseteq Interrogatoire
Chirurgie	Chirurgie := Decision-therapeutique \cap (\exists est-pratiquée. Chirurgien) \cap (\exists mène-a. diagnostic) \cap (\exists se-fait. structure-santé) \cap	Chirurgie \subseteq Decision-therapeutique
Diagnostic-paraclinique	Diagnostic-paraclinique := Diagnostic	Diagnostic-paraclinique \subseteq Diagnostic

Tableau 8 Définition des concepts et subsumption

En ce qui concerne les rôles, nous les définissons en donnant les couples des concepts sources et cibles de chacune, et/ou en spécifiant son rôle inverse. Par exemple la relation Avoir-paramètre qui relie une activité avec ses paramètres est spécifiée par :

Examine : (chirurgien, Enfant) Examine : examiné-par

Rôle	Couple (domaine, co-domaine)	Rôle inverse
Depiste	(chirurgien, Maladie)	Dépisté-par

Examine	(chirurgien, Enfant)	Examiné-par
Etabli	(chirurgien, Diagnostic)	Etabli-par
Fait	(chirurgien, Consultation)	Est-menée
Pratique	(chirurgien, Chirurgie)	Est-pratiquée
Présente	(ATCD, Enfant)	-
Appel-a	(signe-Fcls, Examen-clinique)	-
Ressent	(Enfant, Signes-Fcls)	Sont-apparu
Passe-en	(Enfant, Consultation)	-
Travaille-dans	(agent-santé, Structure-santé)	Renferme
Posé-a	(diagnostic, Consultation)	Méne-a
Se-fait	(Consultation, Structure-santé)	-
Exerce	(TSS, Examen-paraclinique)	Exercé-par
Emploi	(Examen-paraclinique, Technique)	Employé-dans
Réalise	(TSS, Anesthésie)	Est-realisé
Implique	(chirurgie, technique)	Est-choisie
Exige	(chirurgie, Anesthésie)	Précède
Recommande	(Maladie, Surveillance)	-
Impose	(traitement-medical, Surveillance)	Est-souhaité
Apasie	(traitement-medical, Signe-Fcls)	Apaisé-par
Oblige	(chirurgie, Surveillance)	Nécessaire-apres
Subit	(enfant, chirurgie)	Est-indiquée
Dévoile	(Examen, Maladie)	Dévoilé-par
Découvre	(Examen-paraclinique, Maladie)	Découverte-par
Souffre	(Enfant, Maladie)	-
Donné-a	(traitement-med, Enfant)	-
Requert	(Examen-clinique, Examen-paraclinique)	Complete
Implique	(Chirurgie, Technique)	Est-choisie
...

Tableau 9 Les définitions des différents rôles

5.4.2. Construction de la ABox

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

A : C Pour dire que A est une instance de la classe C ;

Exemple : Endoscopie : Imagerie

(A1, A2) : R Pour dire que les deux individus A1 et A2 sont reliés par la relation R ;

Exemple : (Prinpérent, vomissement) : Apaise

Le tableau 10 définit quelques assertions de concepts, et le tableau 11 définit quelques assertions de relations de notre ontologie.

Concept	Description
Hôpital	Hôpital : EHS Mansourah Pédiatrie
	Hôpital : EHS Boumali Mouhamed
Clinique	Clinique : Clinique Mohamed El Mehdi
	Clinique : Centre d'oncologie et de radiothérapie athena
Bureau-santé	Bureau-santé : Laboratoire Ibn Sina
	Bureau-santé : Centre de Diagnostic Médicale Al Mahmoudi
Anti-inflammatoire	Anti-inflammatoire : voltarene
Antalgique	Antalgique : perfalgan
Antiémétique	Antiémétique : vomteb
M.Tumoral	M.Tumoral : Néphroblastome
	M.Tumoral : Neuroblastome
	M.Tumoral : Tératome sacro coccygien
M. Digestifs	M. Digestifs : Occlusion intestinale aigue
	M. Digestifs : Atrésie des voies biliaires
	M. Digestifs : Hirschsprung
Enfant	Enfant : Karim Bouassem
	Enfant : Leila Tafraoui
	Enfant : Khalil Guidoum
ATCD-chir	ATCD-Chir : Appendicectomie
CDD	CDD : 5 jours vomissement et douleurs abdominales
Signes-Fcls	Signes-Fcls : fièvre
	Signes-Fcls :brulures mictionnelles

	Signes-Fcls : toux
--	--------------------

Tableau 10 Description des assertions de concepts.

Relation	Description
Prescrit	(AFRI Esma, albengazol)
Etabli	(AFRI Esma, kyste hydatique)
Avoir	(Karim, kyste hydatique)
Dépisté	(Afri Esma, fistule anale)
Examine	(Afri Esma, Karim)
Présente	(Kaim, douleur anales)
Subit	(Karim, chirurgie anales)
Souffre	(Karim, fistule anale)
Donné-a	(albengazol, Karim)
Ressent	(douleurs abdominales,)
Découvre	(échographie, maladie de jonction pyelo ureterale)
Emploi	(endoscopie, endoscope pédiatrique)
Réalisé	(rachi anesthésie, madame x)
Renferme	(EHS Boumali Mouhamed, AFRI Esma)
Est-choisie	(pyeloplasti kuss et Anderson, chirurgie-uro-génitales)
Oblige	(chirurgie kyste hydatique du poumon, (radio thorax, sérologie hydatique))
Recommande	(appendicite, examen clinique)
Précède	(rachi anesthésie, chirurgie génitale)
...	...

Tableau 11 Description des assertions de relations.

5.5. Représentation sémantique des règles avec le langage SWRL

L'ontologie est formulée dans le langage de représentation de connaissance OWL . Le langage OWL pose certains problèmes à cause de quelques limitations en particulier dans la définition des propriétés. Pour résoudre ce problème, SWRL, une extension à OWL, a été développé pour rendre le langage encore plus expressif pour la description de ces propriétés. L'enrichissement de l'ontologie par des règles consistant à injecter un système à base de règles dans la base de connaissance, permet d'ajouter via les règles SWRL des axiomes sur les propriétés décrites dans le fragment d'ontologie.

Dans notre travail, nous avons conçu une série de règles permettant l'enrichissement des modèles ontologiques de la description des connaissances dans le service de chirurgie pédiatrique. Ces règles sont essentiellement acquises par l'intervention des experts du domaine (des chirurgiens pédiatres), aussi, des travaux de [5].

Le tableau ci-dessous illustre les différentes règles SWRL conçu pour notre système

N°	Règles SWRL	Interprétation
1	Enfant (?x) \wedge Signe-Fcls(?y) \wedge fièvre (?y, true) \wedge Resultat-CRP(?y, true) \rightarrow Souffre (?x, Appendicite aigue)	Si enfant ressent une fièvre, et douleurs de la FID et CRP positif, alors il souffre d'une appendicite aigue
2	Enfant (?x) \wedge passe-en (?x, Signe-Fcls(?y) \wedge fièvre (?, true) \wedge vomissement(?y, true) \rightarrow Examen-paraclinique (?Z) \wedge requiert (?x, Echographie) \wedge M.sys-digestif(Appendicite aigue)	Si enfant ressent une fièvre et des douleurs abdominales, avec vomissement alors demander une échographie, une appendicite ou péritonite aigue est possible
3	Enfant (?x) \wedge Biopsie(?y) \wedge passe-en(?x, ?y) \wedge Descrip-biopsie(?y, "masse-bénigne") \rightarrow Souffre (?x, Tumorale) \wedge Subit (?x, Chirurgie)	Un enfant qui passe en un examen de biopsie dont le résultat est la découverte d'une masse bénigne, doit subir une chirurgie à cause de la présence d'une tumeur
4	Enfant (?x) \wedge passe-en(?x, ?y) \wedge Créatinine (?y) \wedge Valeur-Créatinine (?y, ?z) \wedge swrlb:greaterThan(?z, 12) \rightarrow Souffre (?x, Rénale)	Un enfant qui a la valeur de la lipasemi au dessus de 3N souffre d'une pancréatite aigue.
5	Enfant (?x) \wedge Palpation (?y) \wedge Présence-masse (?y, true) \rightarrow Requiert (?y, Biopsie)	Si le résultat d'une palpation est la présence d'une masse chez un enfant donc ce dernier requiert un examen de Biopsie.
6	Enfant (?x) \wedge Ressent(?x, ?y) \wedge SF_objectifs (?y) \wedge Pâleur(?y, true) \rightarrow Subit (?x, FNS)	Un enfant qui présente une pâleur est orienté vers un examen de type FNS.
7	Enfant (?x) \wedge niveau-age(?x, nouveau-née) \wedge Maladie (?y) \wedge souffre(?x, ictère) \wedge durée-maladie(?y, >15) \rightarrow Souffre (?x, 'Atrésie cholestatique des voies biliaires')	Si un nouveau né souffre d'un ictère cholestatique plus de 15 jours, alors il souffre d'une atrésie des voies biliaires.
8	Enfant (?x) \wedge Signe-Fcls-dig(?y) \wedge Constipation (?y, true) \rightarrow requiert (?y, « lavement baryté ») \wedge requiert (?y, manométrie rectale)	Si enfant ressent une constipation chronique alors un lavement baryté est demandé. Et une manometrie rectale (imagerie)

9	Enfant ($?x$) \wedge examen-paraclinique($?y$) \wedge result-lavement($?y$, 'positif') \wedge result-manometrie($?y$, 'positif') \rightarrow Souffre($?x$, Hirschprung)	Resultat positif de un lavement baryté est demandé. Et une manometrie rectale Alors il souffre de la maladie de Hirschprung
10	Enfant ($?x$) \wedge Signe-Fcls-dig($?y$) \wedge Arret-matiere-gaz ($?y$, true) \wedge vomissement ($?y$, true) \wedge ballonnement-abdominal ($?y$, true) \rightarrow Souffre ($?x$, Occlusion intestinale aigue) \wedge subit($?x$, chirurgie-durgence)	Si un enfant ressent un arret de matieres et gaz, avec vomissement et ballonnement abdominal alors une occlusion intestinale aigue est possible donc une chirurgie d'urgence est necessaire
11	Enfant ($?x$) \wedge Signe-Fcls ($?y$) \wedge brulures-mictionnels ($?y$, true) \wedge infection-urinaire ($?y$, true) \rightarrow Souffre ($?x$, reflux-visero urétéral)	Si l'enfant ressent des brulures mictionnelles et infection urinaires a repetition alors on pense a un reflux vésico urétéral
12	Enfant ($?x$) \wedge Signe-Fcls ($?y$) \wedge brulures-mictionnels ($?y$, true) \wedge infection-urinaire ($?y$, true) \rightarrow Examen-paraclinique($?z$) \wedge Requier ($?z$, UCR)	Si brulures mictionnelles et infection urinaires a repeton alors on demande de faire une UCR
13	Enfant ($?x$) \wedge souffre ($?x$, Phimosi)s \rightarrow Chirurgie ($?y$) \wedge est-indiqué ($?y$, $?x$)	Si un garçon souffre d'un phimosi, alors une circoncision est demandé.(chirurgie)
14	Enfant ($?x$) \wedge Signe-Fcls($?y$) \wedge fievre ($?y$, true) \wedge vomissement($?y$, true) \wedge Palpation($?z$) \wedge defense ($?z$, true) \wedge examen-paraclinique($?w$) \wedge result-CRP ($?w$, 'positif') \rightarrow souffre ($?x$, appendicite aigue) \wedge chirurgie-d'urgence ($?G$) \wedge est-indiqué ($?G$, $?x$)	Si enfant ressent une fievre vomissement et defense a la palpation de la FID, est resultat CRP est positif alors il souffre d'une appendiciite aigue, une chirurgie d'urgence est demandé
15	Enfant ($?x$) \wedge Signe-Fcls($?y$) \wedge fievre ($?y$, true) \wedge douleurs-lombaire($?y$, true) \wedge brulures-mictionnels ($?y$, true) \wedge troubles-digestifs ($?y$, true) \rightarrow Examen-paraclinique ($?z$) \wedge requiert ($?z$, Chimie-urine) \wedge requiert ($?z$, UCBU) \wedge requiert ($?z$, antibiogramme) \wedge requiert ($?z$, Echographie)	Si l'enfant ressent une fievre elevé (39 ou plus), des douleurs lombaires, brulures mictionnels, et des troubles digestifs alors un Examens biologique est requiert (chimie des uruines, UCBU), antibiogramme, aussi une echographie renale,

16	$\text{Enfant}(\ ?x) \wedge \text{Oscultation-pulmonaire}(\ ?y) \wedge \text{ressent}(\ ?x, \text{souffle-tubaire}) \wedge \text{ressent}(\ ?x, \text{polypné}) \rightarrow \text{Examen-paraclinique}(\ ?z) \wedge \text{requiert}(\ ?z, \text{NFS}) \wedge \text{requiert}(\ ?z, \text{CRP}) \wedge \text{requiert}(\ ?z, \text{hémoculture}) \wedge \text{requiert}(\ ?z, \text{radiographie-thorax})$	<p>si enfant présente une anomalie a l'oscultation pulmonaire (souffle tubaire, polypné) requiert un bilan infectieux : NFS, CRP, hémoculture et une radiographie de thorax</p>
17	$\text{Enfant}(\ ?x) \wedge \text{Oscultation-pulmonaire}(\ ?y) \wedge \text{ressent}(\ ?x, \text{souffle-tubaire}) \wedge \text{ressent}(\ ?x, \text{polypné}) \rightarrow \text{Souffre}(\ ?x, \text{Pneumonie aigue})$	<p>si enfant présente une anomalie a l'oscultation pulmonaire (souffle tubaire, polypné) alors il souffre d'une pneumonie aigue</p>
18	$\text{Enfant}(\ ?x) \wedge \text{Souffre}(\ ?x, \text{pneumonie-aigue}) \rightarrow \text{traitement}(\ ?y) \wedge \text{donné-a}(\text{amoxiciline}, \ ?x) \wedge \text{dosage}(\ ?y, 100) \wedge \text{durée-traitement}(\ ?y, 10)$	<p>si enfant souffre d'une pneumonie aigue alors t comme traitement il aura un antibiotique « amoxiciline 100 mg/kg/j pendant 10 jours)</p>
19	$\text{Enfant}(\ ?x) \wedge \text{Signe-Fcls}(\ ?y) \wedge \text{fièvre}(\ ?y, \text{true}) \wedge \text{douleurs-lombaire}(\ ?y, \text{true}) \wedge \text{brulures-mictionnels}(\ ?y, \text{true}) \wedge \text{troubles-digestifs}(\ ?y, \text{true}) \rightarrow \text{Souffre}(\ ?x, \text{cystite}) \vee \text{Souffre}(\ ?x, \text{pyélonéphrite})$	<p>Si l'enfant ressent une fièvre élevé (39 ou plus), des douleurs lombaires, brulures mictionnels, et des troubles digestifs alors il souffre d'une infection urinaire(pyélonéphrite aigue ou cystite)</p>

Tableau 12 Règles SWRL

6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons représenté l'architecture du système de raisonnement sur notre ontologie, le principe de fonctionnement du système de raisonnement est d'interconnecter un moteur de règle et un raisonnement s'exécutant en parallèle.

Ensuite, nous avons donné un processus de construction de notre Ontologie médical qui est basé sur la méthodologie « METHONTOLOGY ».

Notre ontologie est dédiée au domaine médical et particulièrement à la spécialité chirurgie pédiatrique.

Les résultats de l'étape de conception vont servir pour l'opérationnalisation de cette ontologie.

Chapitre 4

Conception du système

1. Introduction

Ce chapitre consiste à la représentation des concepts de base du langage de modélisation UML afin de permettre une bonne lecture et atteindre notre objectif qui consiste au développement de notre travail

2. Le langage de modélisation UML 2.0

2.1. Historique de l'UML

Au début des années 90, une cinquantaine de méthodes objet ont vu le jour.

Ce qui est un signe de l'intérêt du sujet, et également de confusion. Toutes ces méthodes utilisaient à peu près les mêmes concepts de classes d'association, de partition en sous-systèmes.

En octobre 1994, Grady Booch et Jim Rumbaugh fondèrent la Rational Software corporation pour unir leurs efforts en vue de créer une norme industrielle unique à partir de leurs méthodes.

C'est ainsi qu'est née la méthode unifiée (Unified Method) en octobre 1995.

Ils sont ensuite rejoints par Evar Jacobson.

L'inventeur des cas d'utilisation (Uses cases), et ont publié UML 0.9 en juin 1996, puis UML 1.0 en janvier 1997.

La version 1.1 mise au point avec d'autres partenaires, devient un standard en novembre 1997 lorsqu'est acceptée par l'OMG (Objet Management Group). La poursuite du développement d'UML fut ensuite intégralement remise aux mains de l'OMG.

En juillet 1998, l'OMG publiait UML 1.2, puis UML 1.3 en juin 1999.

En mai 2002 UML 1.4, qui présentait de petites améliorations et quelque extension, voyait le jour UML 1.5 a été publié en mars 2003 avec également quelques correctifs, Version 2.0 en septembre 2004, Version 2.4.1 en aout 2011.[60]

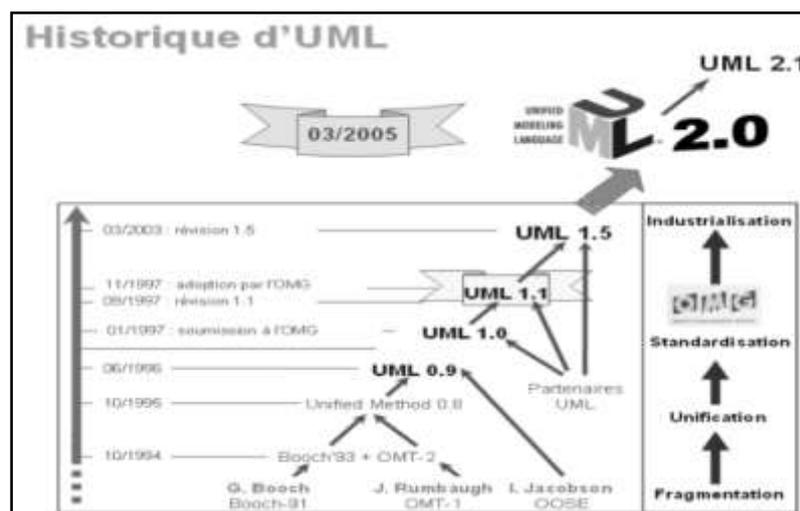


Figure 17 historique de l'UML [60]

2.2. Définition de l'UML (Unified Modeling Language)

UML se définit comme un langage de modélisation graphique et textuel destiné à comprendre et décrire des besoins, spécifier et documenter des systèmes, esquisser des architectures logicielles, concevoir des solutions et communiquer des points de vue.

UML unifie est à la fois les notations et les concepts orientés objet. Il ne s'agit pas d'une simple notation, mais les concepts transmis par un diagramme ont une sémantique précise et sont porteurs de sens au même titre que les mots d'un langage. UML a une dimension symbolique et ouvre une nouvelle voie d'échange de visions systémiques précises, Ce langage est certes issu du développement logiciel mais pourrait être appliqué à toute science fondée sur la description d'un système. Dans l'immédiat, UML intéresse fortement les spécialistes de l'ingénierie système [61]

3. Identification des besoins

3.1. Définition de système

L'objectif de notre travail est de réaliser un système expert d'aide au diagnostic au sein du service chirurgie pédiatrique

3.2. Cas d'utilisation

Ce diagramme montre les interactions fonctionnelles entre les acteurs et le système à l'étude. Il constitue un des diagrammes les plus structurants dans l'analyse d'un système. [60]

Mais avant de tracer le diagramme de cas d'utilisation il faut premièrement identifier les acteurs et les fonctionnalités de chacun :

3.2.1. Identification des acteurs :

Un acteur représente un rôle joué par une entité externe (utilisateur humain, dispositif matériel ou autre système) qui interagit directement avec le système étudié.

Un acteur peut consulter et/ou modifier directement l'état du système, en émettant et/ou en recevant des messages susceptibles d'être porteurs de données [60].

Nous avons identifié les acteurs suivants :

- ✓ Le médecin
- ✓ Le tuteur

3.2.2. Identification des fonctionnalités :

Un cas d'utilisation (« use case ») représente un ensemble de séquences d'actions qui sont réalisées par le système et qui produisent un résultat observable intéressant pour un acteur particulier.

Chaque cas d'utilisation spécifie un comportement attendu du système considéré comme un tout, sans imposer le mode de réalisation de ce comportement. Il permet de décrire ce que le futur système devra faire, sans spécifier comment il le fera [60].

Chaque acteur dans cette application peut :

- Le médecin
 - ✓ Etablir un diagnostic
 - ✓ lire le dossier médical
 - ✓ faire des recherches et des inférences
 - ✓ gérer le dossier patient
 - ✓ gérer les rendez-vous
 - ✓ gérer consultation
 - ✓ faire Décisions thérapeutique
- Le tuteur
 - ✓ consulter un rendez-vous
 - ✓ consulter traitement
 - ✓ consulter diagnostic
 - ✓ Lire a propos maladie

Après avoir défini les acteurs et les fonctionnalités, on peut dessiner ce diagramme de cas d'utilisation de notre travail :

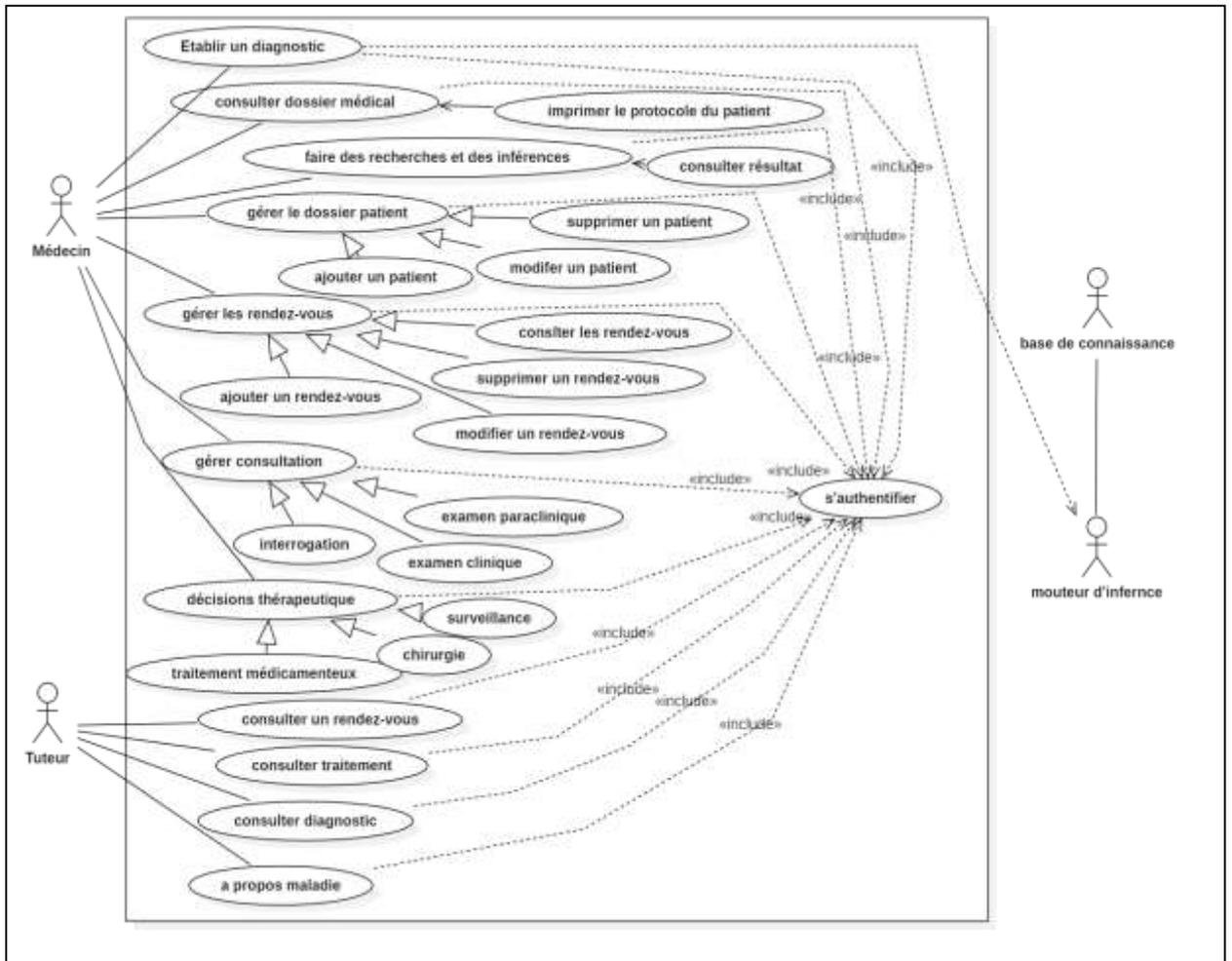


Figure 18 diagramme de cas d'utilisation

4. Description textuelle

À chaque cas d'utilisation doit être associée une description textuelle des interactions entre l'acteur et le système et les actions que le système doit réaliser en vue de produire les résultats attendus par les acteurs.

4.1. Etablir un diagnostic

Nom de cas : Etablir un diagnostic
Objectif : Ce cas permet de poser des questions au patient afin de trouver les causes et diagnostiquer la maladie
Acteur principale : le médecin
Acteurs secondaires: Monteur d'inférence, base de connaissance
pré-conditions : Médecin doit s'authentifier
Post-conditions : Le système affiche un ou plusieurs résultats.
Scenario Nominal <ol style="list-style-type: none"> 1. Le médecin demande l'opération « Etablir un diagnostic» 2. Le système affiche le formulaire du questionnaire 3. Le médecin saisi les réponses du patient 4. Le système affiche les informations saisies 5. Après un raisonnement (inférence), un diagnostic est affiché
Scénario Alternative: <ol style="list-style-type: none"> 4.a. Le système affiche un message d'erreur(les champs ne sont pas valides) 4.b. Reprendre le scenario nominal du point2

Tableau 13 Description textuelle de cas « établir un diagnostic »

4.2. Consulter dossier médicale

Nom de cas : consulter dossier médicale
Objectif :Ce cas permet de consulter un dossier médical d'un patient
Acteur principale : le médecin
Acteurs secondaires: //
pré-conditions : Le médecin doit s'authentifier
Post-conditions : Médecin consulte le dossier médical d'un patient et imprime le protocole du patient

Scenario Nominal

1. Le médecin demande l'opération « consulter dossier médical»
2. Le système affiche le formulaire de recherche
3. Le médecin rempli les champs
4. Le système affiche Les informations du patient
5. Le médecin consulte les informations et imprime le protocole

Scénario Alternative:

- 4.a- Le système affiche un message d'erreur(patient n'existe pas)
- 4.b- Reprendre le scenario nominal du point2

Tableau 14 Description textuelle de cas « consulter dossier médicale »

4.3. Consulter traitement

Nom de cas : Consulter traitement
Objectif : Décrire les étapes qui permettront au patient de consulter le traitement prescrits par la médecine.
Acteur principale : tuteur
Acteur secondaire : //
Pré conditions : Au préalable le patient doit s'authentifier.
Post-conditions : Consultation du traitement
Scénario nominal : <ol style="list-style-type: none"> 1. Le système conduit le patient à l'interface permettant de consulter le traitement. 2. L'expert choisit l'opération« consulter traitement ». 3. Le système affiche la liste des traitements par la date de consultation. 4. Le tuteur sélectionne une date. 5. Le système affiche les informations concernant le traitement.
Pré conditions://

Tableau 15 Description textuelle de cas « Consulter traitement»

4.4.A propos maladie

Nom de cas : A propos Maladie
Objectif : D'avoir des informations sur une maladie et voir les définitions des mots en relation avec la chirurgie pédiatrique, un petit glossaire de termes et de maladies enfantines.
Acteur principale : le tuteur
Acteur secondaire :
Pré conditions : Au préalable le tuteur doit s'authentifier.

Post-conditions : Affichage de la définition et des explications
<p>Scénario nominal :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Le tuteur choisit l'opération« A propos Maladie ». 2. Le système affiche la liste des différents termes médicaux et maladies enfantines. 3. Le tuteur sélectionne une entrée. 4. Le système affiche les informations relatives à la sélection.
Pré conditions://

Tableau 16 Description textuelle de cas « A propos Maladie»

4.5. Gérer Consultation

Nom de cas : Gérer Consultation
Objectif : Décrire les étapes qui permettront au médecin (Chirurgien) de gérer une consultation (Remplir Interrogatoire, Ajouter examen clinique, et Ajouter les examens paracliniques).
Acteur principale : Le médecin
Acteur secondaire : -
Pré conditions : Au préalable le médecin doit s'authentifier.
Post-conditions : La base de connaissance est mise à jour.
<p>Scénario nominal :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Le système conduit le médecin à l'interface permettant de gérer une Consultation. 2. L'expert choisit l'opération «Gérer une consultation ». 3. Le système affiche une interface concernant la gestion d'une consultation. 4. L'utilisateur choisit une opération : Remplir Interrogatoire, Ajouter Examen Clinique, Ajouter Examen Paraclinique.
Pré conditions : //

Tableau 17 Description textuelle de cas « Gérer Consultation »

4.6. Interrogatoire

Nom de cas : Interrogatoire
Objectif : Ajouter tous les informations relatives au questionnaires du patients (les antécédents, les signes fonctionnels, les facteurs de risques, ...)

Acteur principale : Le médecin
Acteur secondaire : -
Pré conditions : Au préalable le médecin doit s'authentifier.
Post-conditions : La base de connaissance est mise à jour.
Scénario nominal : <ol style="list-style-type: none"> 1. Le système conduit le médecin à l'interface permettant de remplir l'interrogatoire. 2. Le médecin choisit l'opération «Remplir interrogatoire». 3. Le système affiche une interface concernant l'interrogatoire 4. Le médecin remplit les différents éléments de l'interrogatoire puis Enregistre dans la base de connaissance (données). 5. Mise à jour de la base de connaissance (données).
Pré conditions : //

Tableau 18 Description textuelle de cas « Interrogatoire »

4.7.Examen Clinique

Nom de cas :Ajouter Examen Clinique
Objectif : Ajouter tous les informations relatives a l'examen (Palpation, Percussion...)
Acteur principale : Le médecin
Acteur secondaire : -
Pré conditions : Au préalable le médecin doit s'authentifier.
Post-conditions : La base de connaissance est mise à jour.
Scénario nominal : <ol style="list-style-type: none"> 1. Le système conduit le médecin à l'interface permettant d'ajouter Examen Clinique. 2. Le médecin choisit l'opération «Examen Clinique». 3. Le système affiche une interface concernant l'examen Clinique 4. Le médecin remplit les différents éléments de l'examen Clinique puis Enregistre dans la base de connaissance. 5. Mise à jour de la base de connaissance.
Pré conditions : //

Tableau 19 Description textuelle de cas « Examen Clinique »

4.8. Examen Paraclinique

Nom de cas : Ajouter Examen Paraclinique
Objectif : Ajouter tous les informations relatives aux examens complémentaires (Biologie, Bactériologie, ...)
Acteur principale : Le médecin
Acteur secondaire : -
Pré conditions : Au préalable le médecin doit s'authentifier.
Post-conditions : La base de connaissance est mise à jour.
Scénario nominal : <ol style="list-style-type: none"> 1. Le système conduit le médecin à l'interface permettant d'ajouter Examen ParaClinique. 2. Le médecin choisit l'opération «Examen Paraclinique». 3. Le système affiche une interface concernant l'Examen ParaClinique 4. Le médecin Choisie les examens paracliniques puis Enregistre dans la base de connaissance (données). 5. Mise à jour de la base de connaissance (données).
Pré conditions : //

Tableau 20 Description textuelle de cas « Examen Paraclinique »

5. Diagramme de séquence

Ce diagramme montre la séquence verticale des messages passés entre objets au sein d'une interaction

5.1. Etablir un diagnostic

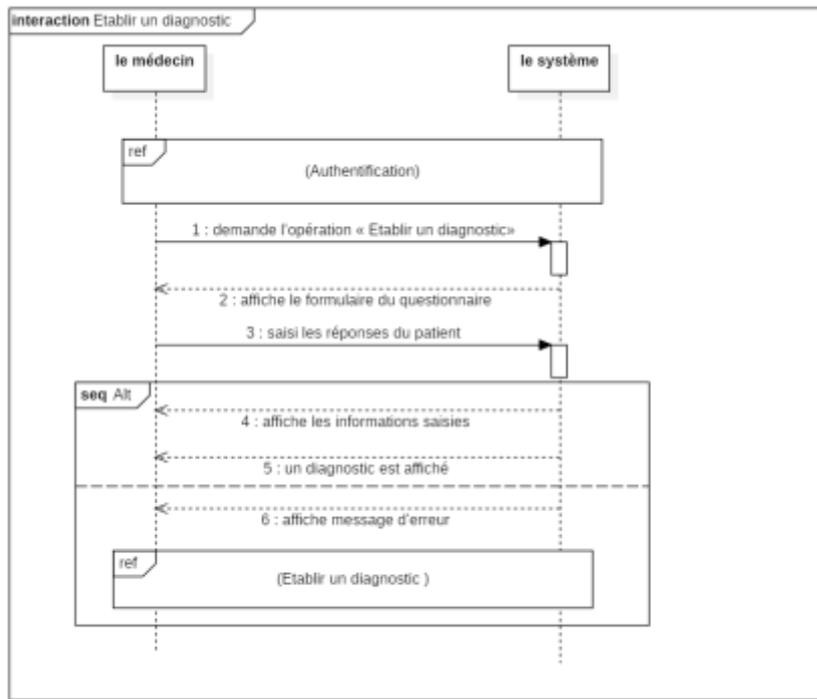


Figure 19 Diagramme de séquence de cas « établir un diagnostic »

5.2. Consulter dossier médical

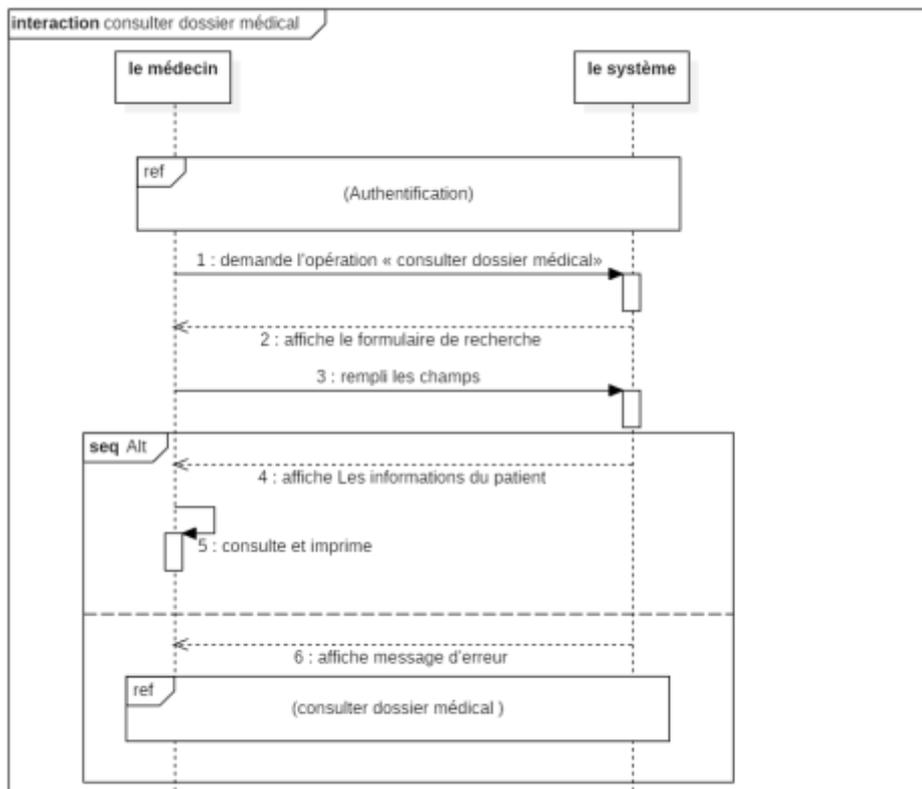


Figure 20 Diagramme de séquence de cas « consulter dossier médicale »

5.3. Consulter traitement

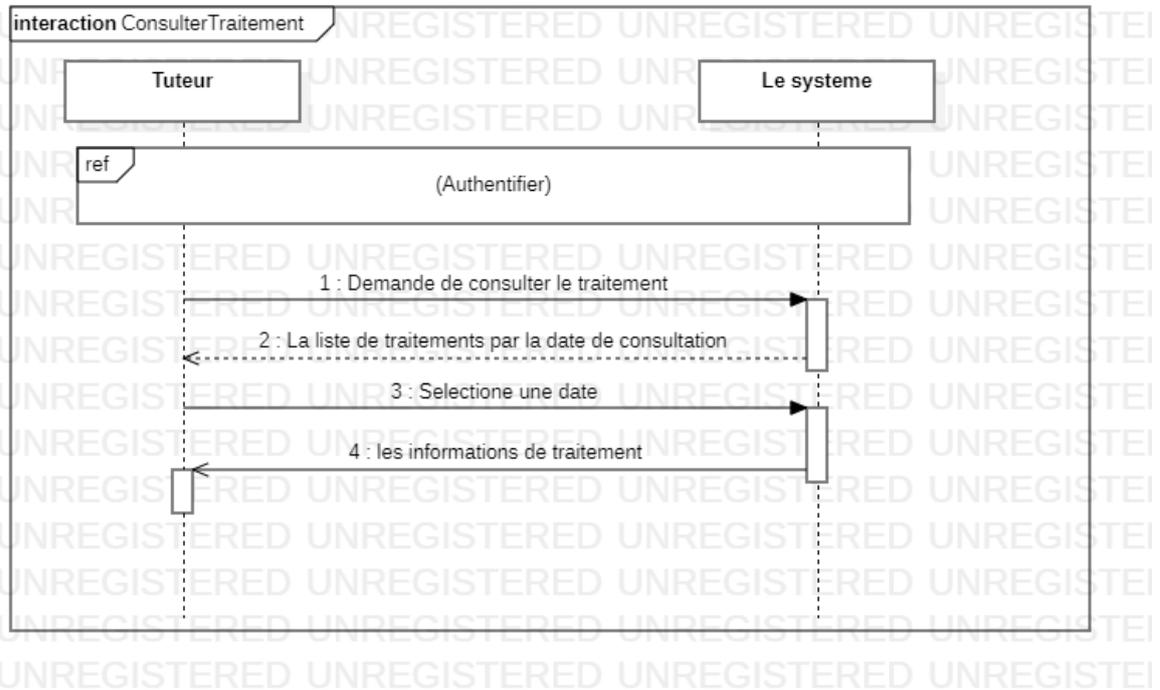


Figure 21 Diagramme de séquence de cas « Consulter traitement»

5.4. A propos maladie

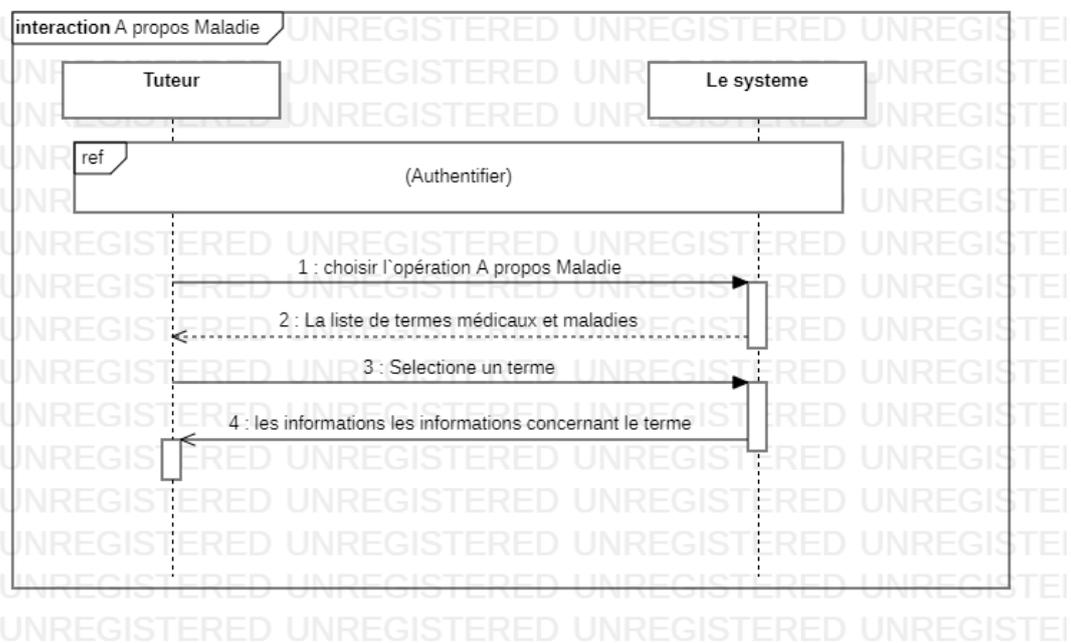


Figure 22 Diagramme de séquence de cas « A propos Maladie»

5.5. Gérer Consultation

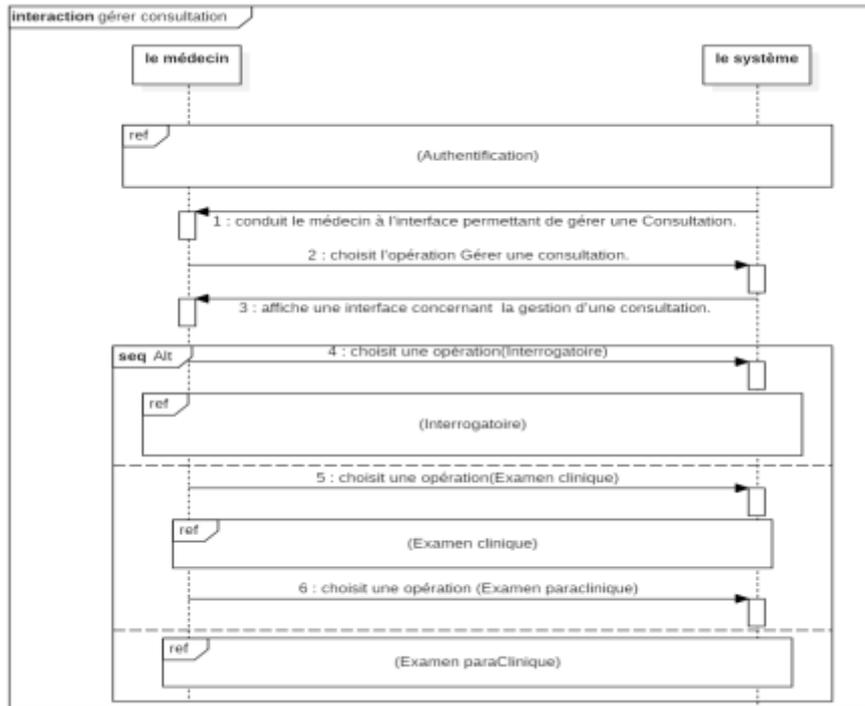


Figure 23 Diagramme de séquence de cas «gérer consultation »

5.6. Interrogatoire

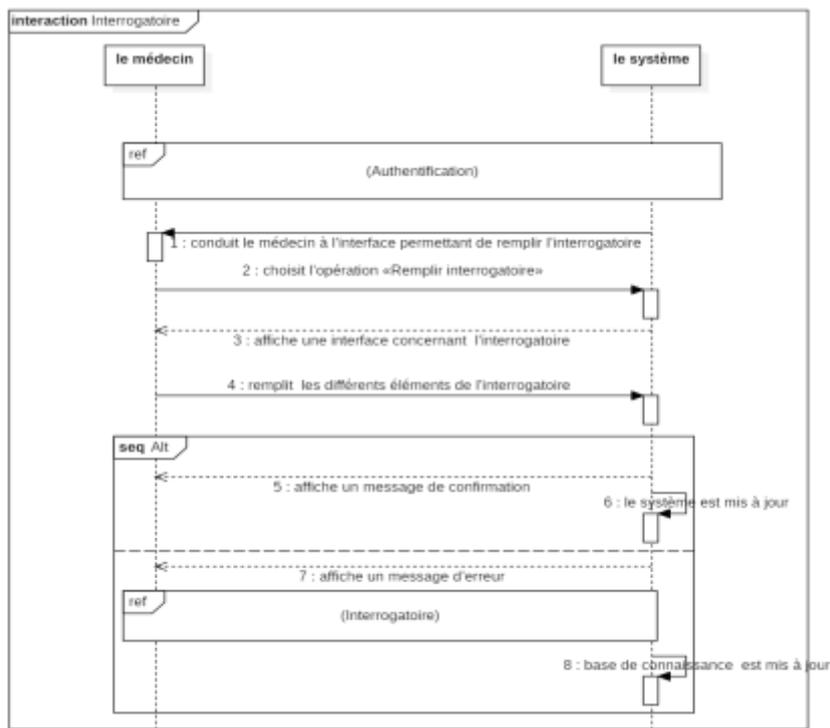


Figure 24 Diagramme de séquence de cas « interrogatoire »

5.7. Examen Clinique

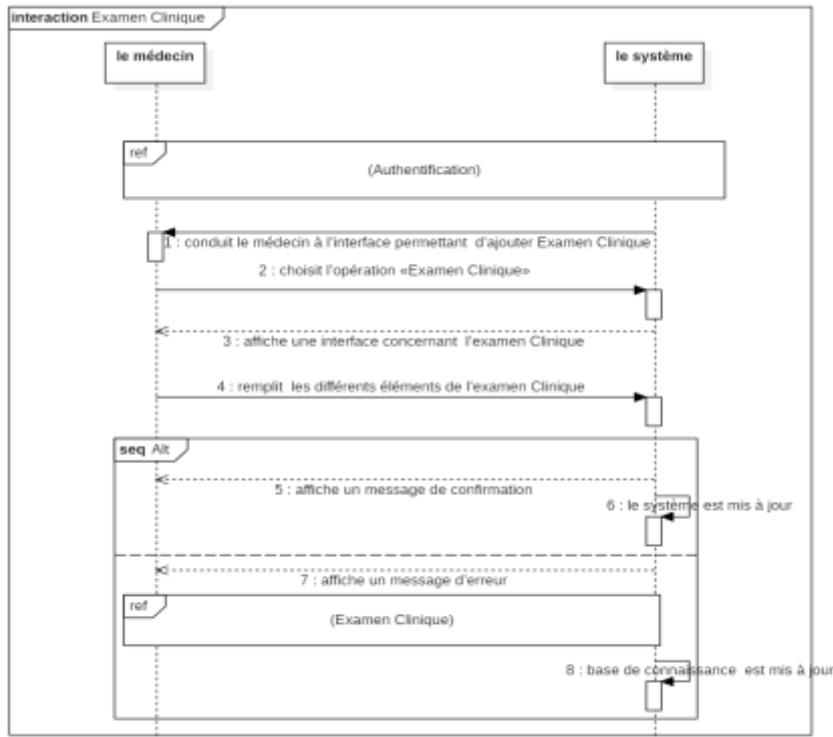


Figure 25 Diagramme de séquence de cas « examen clinique »

5.8. Examen Paraclinique

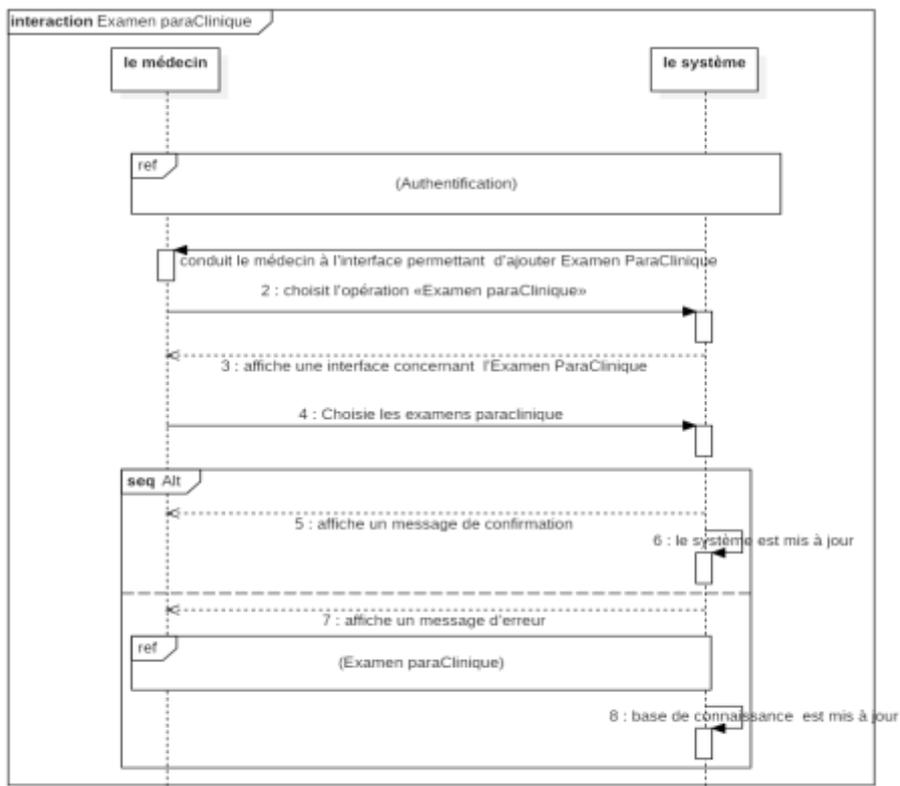


Figure 26 Diagramme de séquence de cas « examen paraclinique »

6. Diagramme de séquence détaillé:

6.1. Etablir un diagnostic :

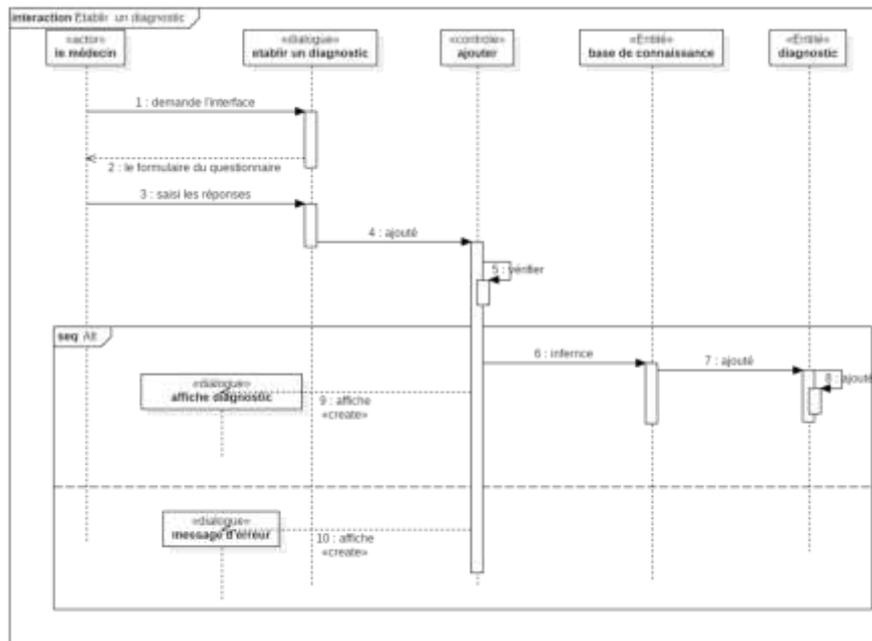


Figure 27 Diagramme de séquence détaillé de cas «établir diagnostic »

6.2. Consulter dossier médical

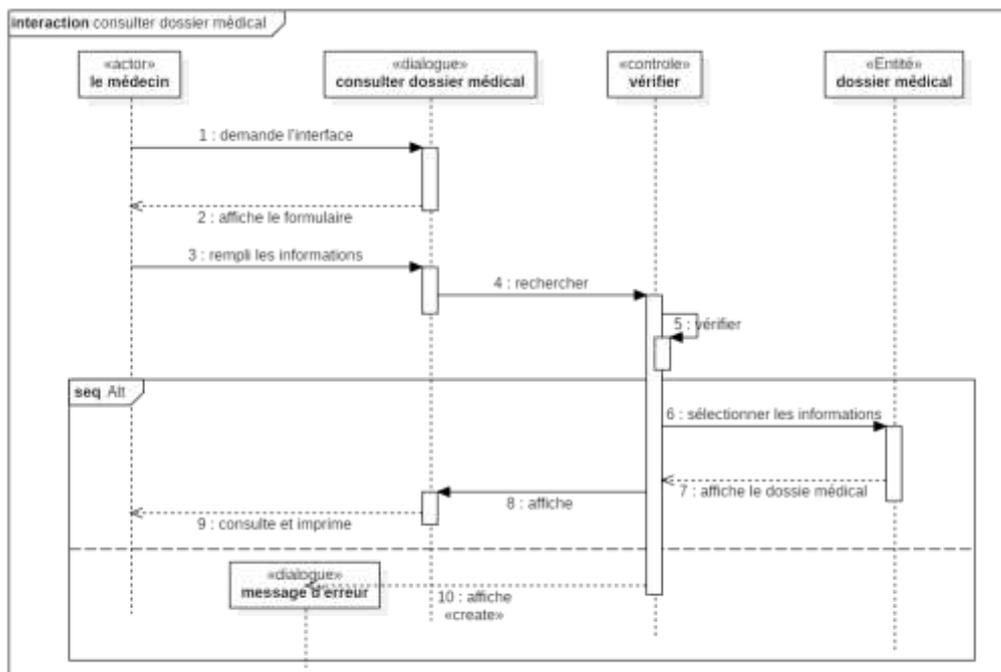


Figure 28 Diagramme de séquence détaillé de cas « consulter dossier médicale »

6.3. Consulter traitement

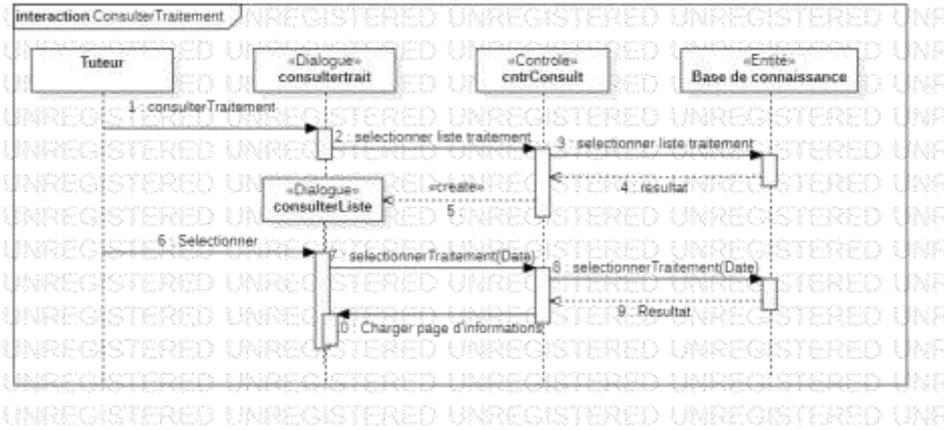


Figure 29 Diagramme de séquence détaillé de cas « Consulter traitement»

6.4.A propos maladie

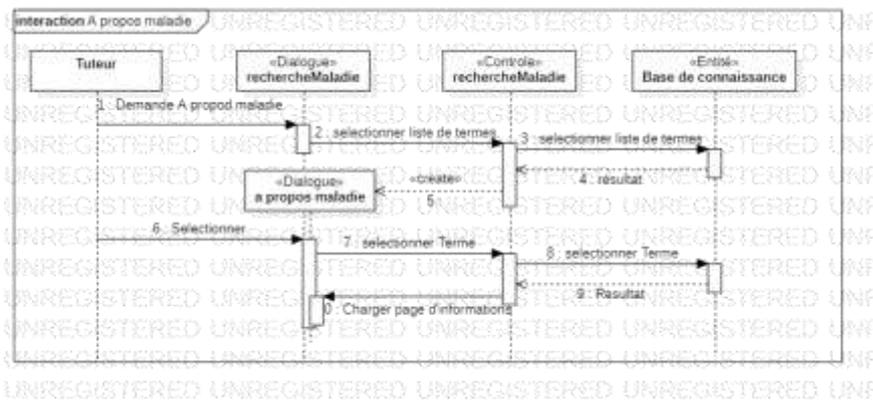


Figure 30 Diagramme de séquence détaillé de cas « A propos Maladie»

6.5. Interrogatoire

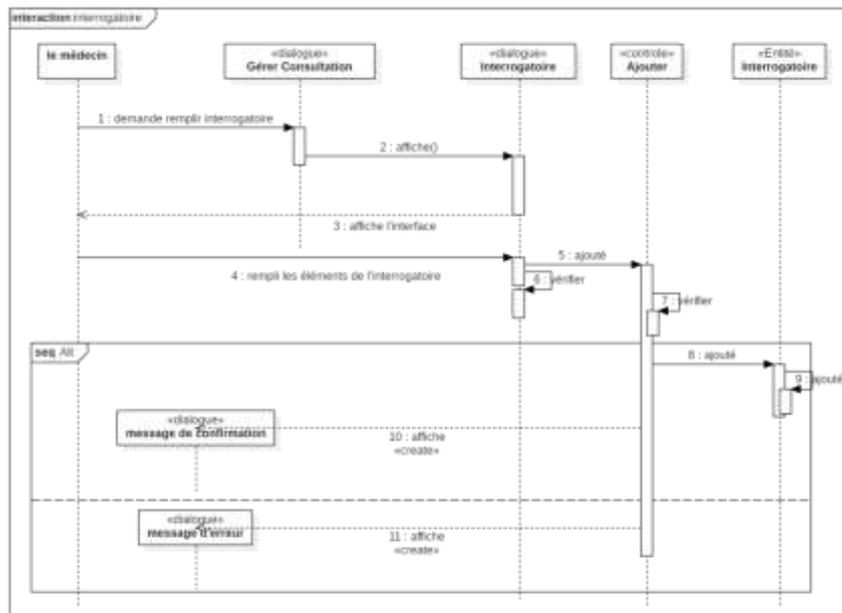


Figure 31 Diagramme de séquence détaillé de cas « interrogatoire»

6.6. Examen Clinique

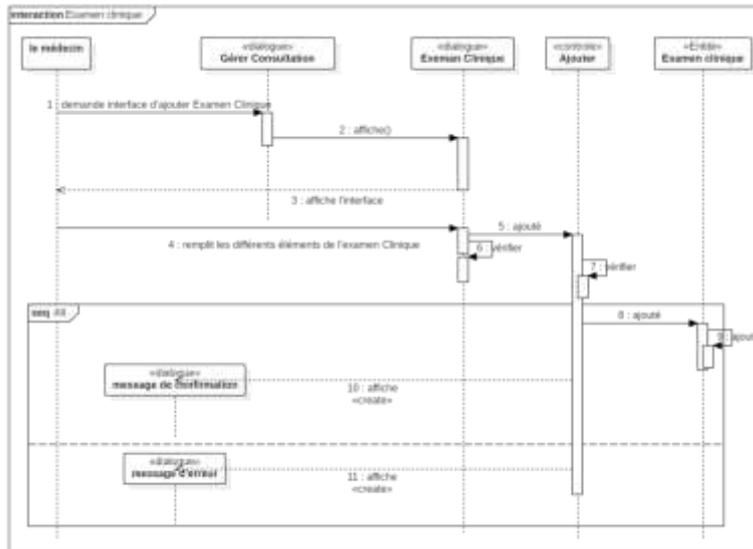


Figure 32 Diagramme de séquence détaillé de cas « examen clinique»

6.7. Examen Paraclinique

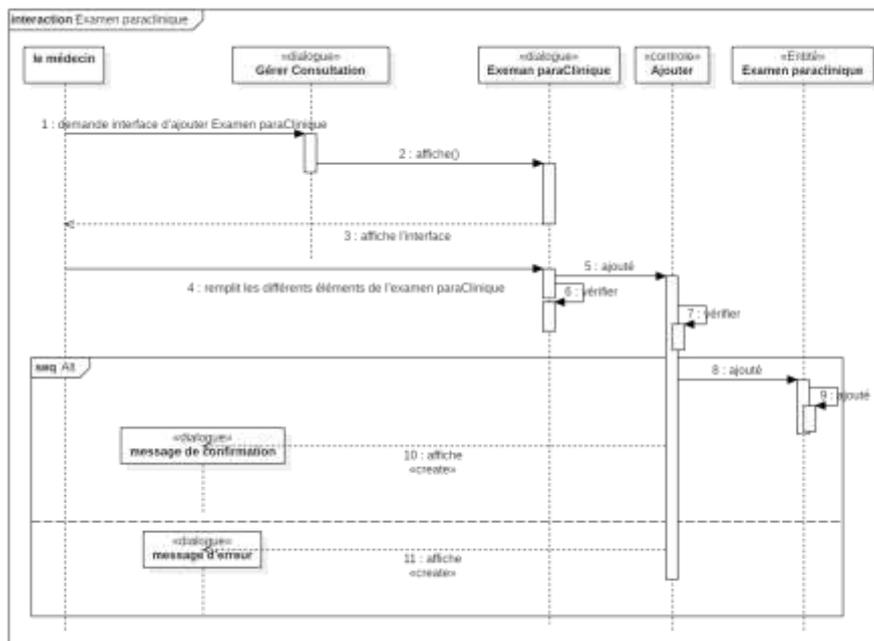


Figure 33 Diagramme de séquence détaillé de cas « examen paraclinique»

7. Diagramme de classe finale

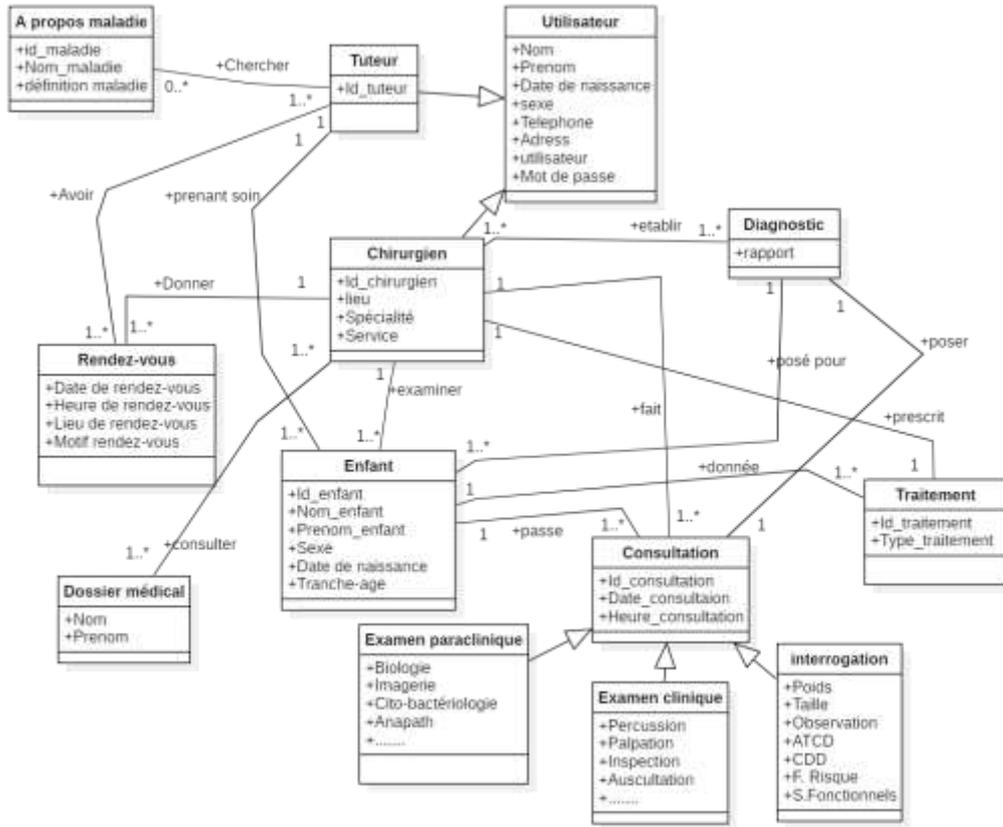


Figure 34 Diagramme de classe finale

8. Model relationnel

- ✓ Enfant (**Id enfant**, Nom_enfant , Prenom_enfant , Sexe ,Date de naissance ,Tranche-Age, #**Id_tuteur**,#**Id_chirurgien**)
- ✓ Chirurgien (**Id chirurgien**, lieu, Spécialité, Service)
- ✓ Consultation (**id consultation**, Date_consultation, Heure_consultation, #**Id_enfant**,#**Id_chirurgien**)
- ✓ Traitement (**Id traitemet**,type_traitement)
- ✓ Rendez-vous (Date de rendez-vous , Heure de rendez-vous, Lieu de rendez-vous, Motif de rendez-vous ,#**Id_chirurgien** ,#**Id_enfant**)
- ✓ Tuteur (**Id tuteur**)
- ✓ A propos a maladie (**Id maladie** , nom_maladie ,définition maladie)

- ✓ Diagnostic (**rapport** , #Id_chirurgien ,#Id_enfant ,#Id_consultation)
- ✓ Dossier médical (nom , Prenom ,#id_chirurgien)
- ✓ Utilisateur (Nom ,Prenom , date de connaissance, sexe,téléphone,adress, mot de passe)
- ✓ Interrogatoire (Poids, Taille, Observation, ATCD, CDD, F. Risque, S.Fonctionnels)
- ✓ Examen clinique (Percussion, Palpation, Inspection, Auscultation..)
- ✓ Examen paraclinique (Biologie, Imagerie, Cito-bactériologie, Anapath..)

9. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'étape de conception et analyse des besoins, dont nous avons décrit d'une façon détaillé la modélisation en utilisant le langage de modélisation «UML»

Chapitre 5
Réalisation
&
Mise en œuvre

1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons essayer de donner un bref aperçu sur quelques outils utilisés dans la réalisation de notre application.

Puis nous allons prendre soins du design et de l'ergonomie de l'interfaces dont le but qu'elle soit agréable aux utilisateurs.

2. Outils et langages utilisés

2.1. StarUML

StarUML est un logiciel de modélisation UML (Unified Modeling Language) open source. Étant simple d'utilisation, nécessitant peu de ressources système, supportant UML 2, ce logiciel constitue une excellente option pour une familiarisation à la modélisation. Cependant, seule une version Windows est disponible.[62]

2.2. Apache jena

Jena est un Framework Java pour la création d'applications Web sémantique. Il fournit une vaste bibliothèque Java pour aider les développeurs à développer du code qui gère RDF, RDFS, RDFa, OWL et SPARQL conformément aux recommandations publiées du W3C. Jena inclut un moteur d'inférence basé sur des règles pour effectuer un raisonnement basé sur les ontologies OWL et RDFS, et une variété de stratégies de stockage pour stocker des triplets RDF en mémoire ou sur disque.[65]

2.3. Xampp

XAMPP est un ensemble de logiciels qui permet de mettre en place facilement un serveur Web confidentiel, un serveur FTP et un serveur de messagerie électronique. Simple d'utilisation, il est à la porté d'un grand nombre de personnes puisqu'il ne demande aucune connaissance particulière.[63]

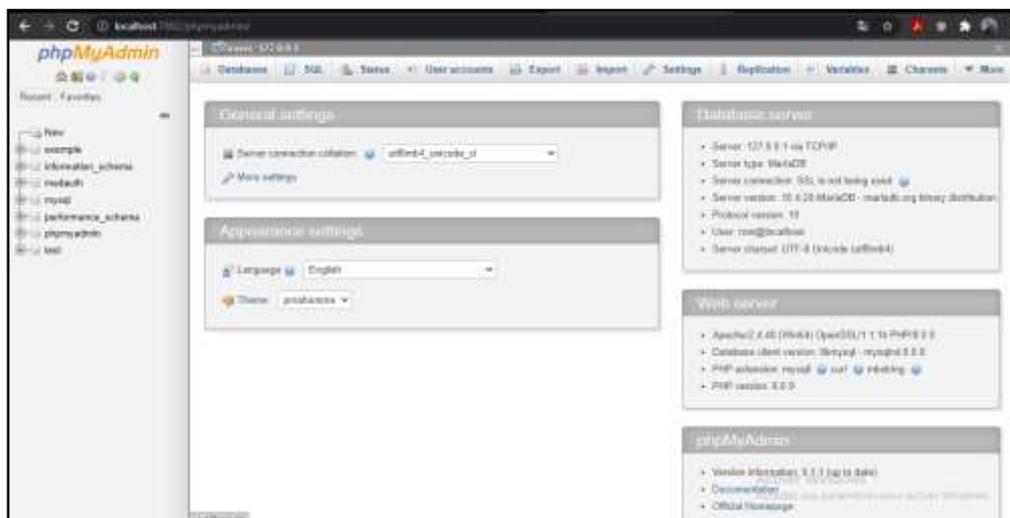


Figure 35 bases de données de notre travail

2.4. Plateforme Protégé

PROTEGE OWL est une interface modulaire, développée au Stanford Medical Informatics de l'Université de Stanford⁷, permettant l'édition, la visualisation, le contrôle (vérification des contraintes) d'ontologies, l'extraction d'ontologies à partir de sources textuelles, et la fusion semi-automatique d'ontologies [64].

PROTEGE OWL autorise la définition de méta-classes, dont les instances sont des classes, ce qui permet de créer son propre modèle de connaissances avant de bâtir une ontologie. De nombreux plug-ins sont disponibles ou peuvent être ajoutés par l'utilisateur. L'interface, très bien conçue, et l'architecture logicielle permettant l'insertion de plug-ins pouvant apporter de nouvelles fonctionnalités (par exemple, la possibilité d'importer et d'exporter les ontologies construites dans divers langages opérationnels de représentation tels que OWL ou encore la spécification d'axiomes) ont participé au succès de PROTEGE OWL, qui regroupe une communauté d'utilisateurs très importantes et constitue une référence pour beaucoup d'autres outils [64]

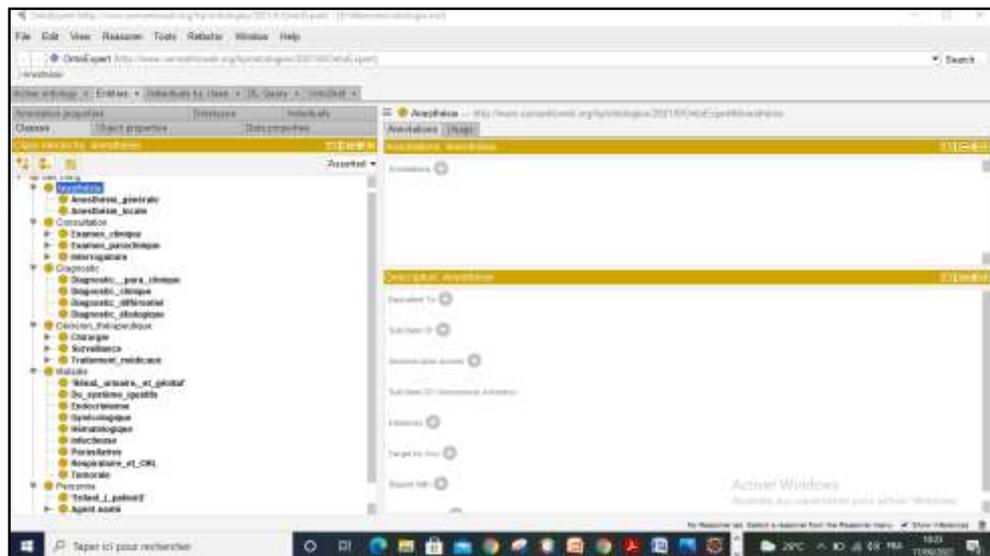


Figure 36 base de connaissance de notre travail

2.5. Le Moteur Jess

Jess est un moteur de règles basé sur Java et l'environnement de script que le SWRL Jess Tab dépend.

3. Création de ontologie Dans Protégé OWL

3.1. Création des classes et hiérarchie de classes

Nous commençons tout d'abord par la création des concepts spécifiés dans l'étape de conceptualisation. Protégé OWL nous offre le moyen de construire la hiérarchie des concepts.[54]

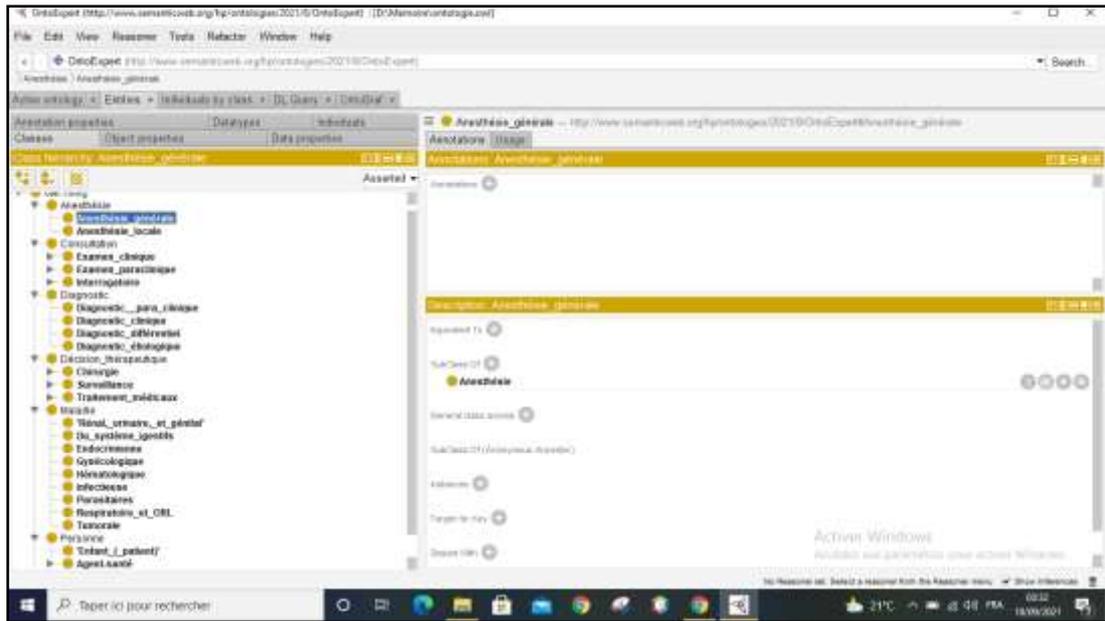


Figure 37 création des classes

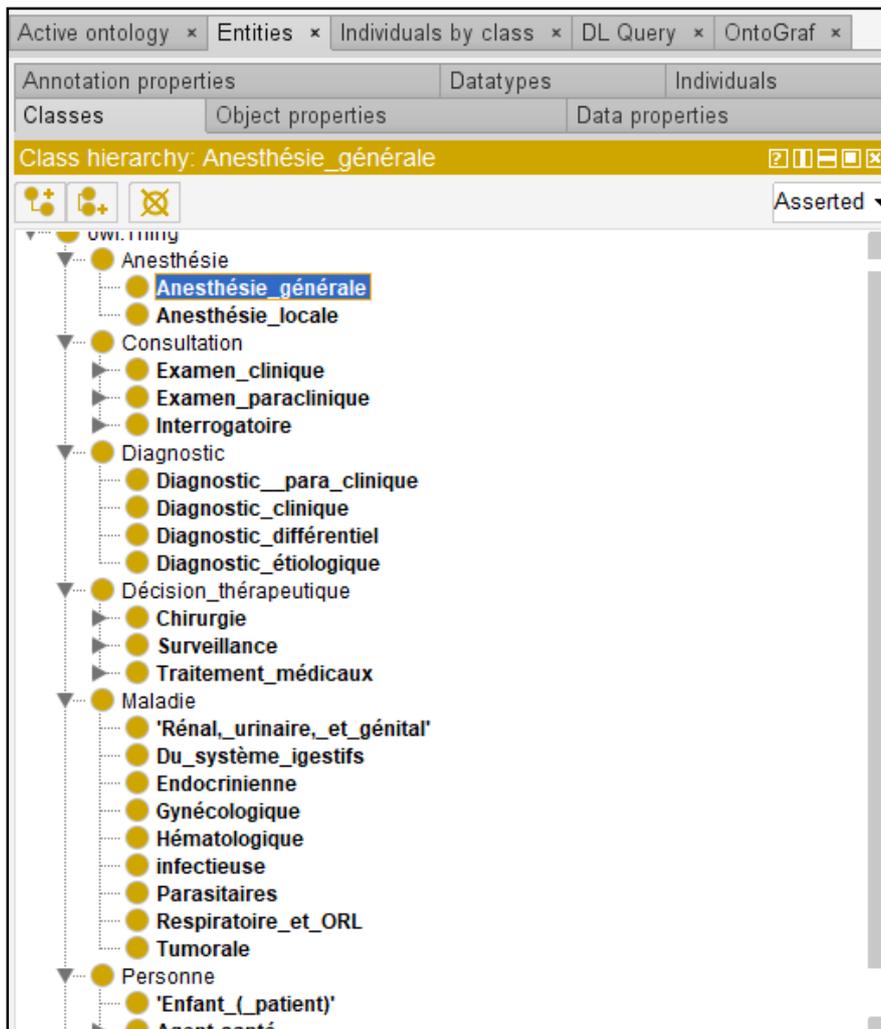


Figure 38 Hiérarchies de notre travail

3.2. Création des relations (ObjectProperty)

Pour la création de relations, nous devons spécifier le nom de la relation, le domaine, le co-domaine et la relation inverse si elle existe. Nous pouvons aussi associer à cette définition le type de la relation

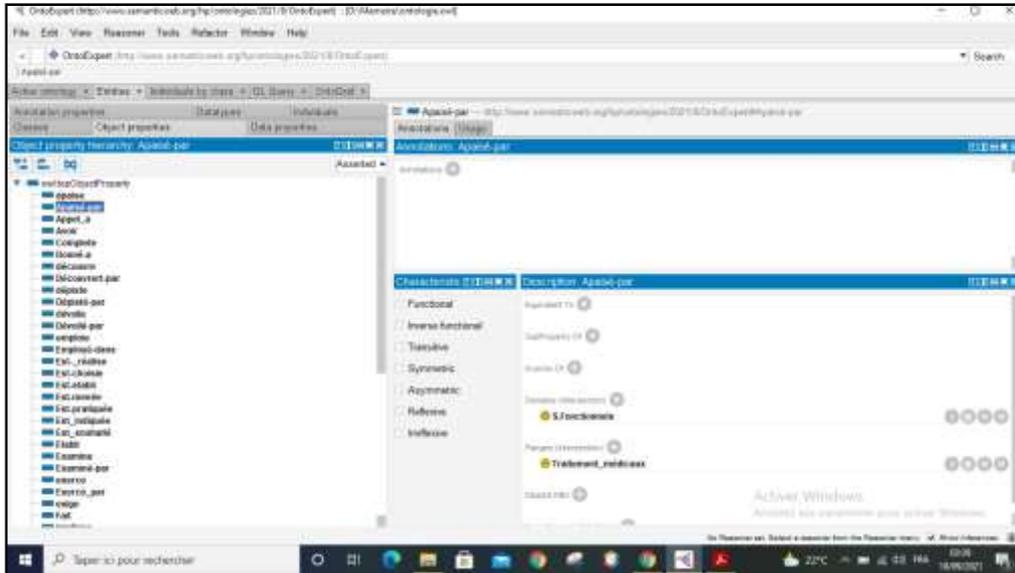


Figure 39 création de objet properties.

3.3. Création d'attributs (DataTypeProperty)

La création des attributs se fait en cliquant sur le bouton 'dataTypePropert

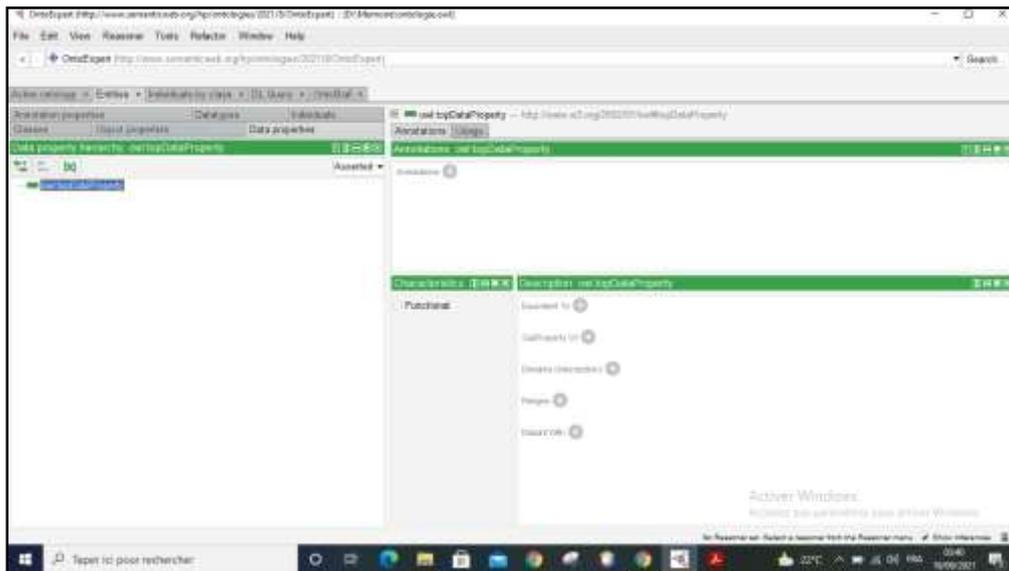


Figure 40 création des attributs

4. Quelques interface de notre Application

Nous vous présentons quelques-unes des interfaces de notre travail :

4.1. Accueil



Figure 41 L'interface d'accueil

4.2. Authentification



Figure 42 L'interface d'authentification

4.3. Accueil de médecin



Figure 43 l'interface de Accueil "pour le médecine "

4.4. Gérer rendez-vous

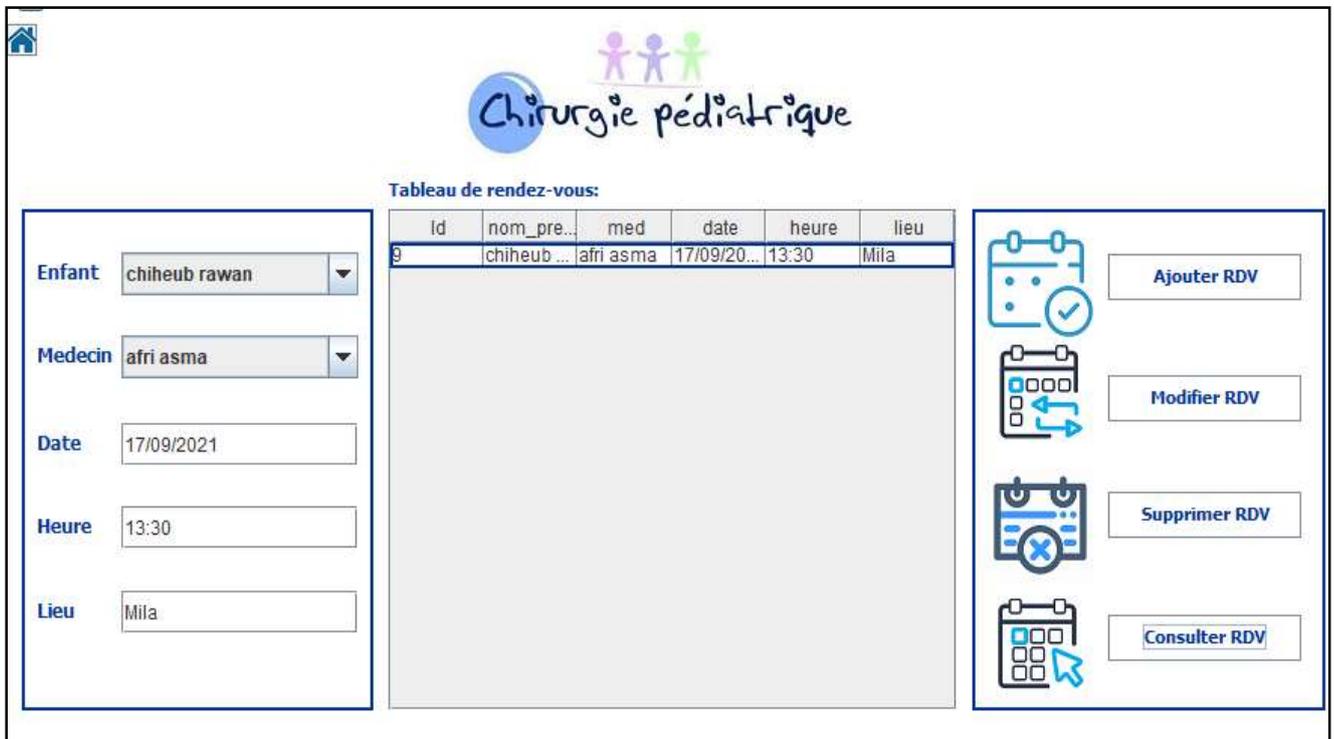


Figure 44 L'interface de gérer rendez-vous

4.5. Gérer le dossier patient

Chirurgie pédiatrique

Nom d'enfant

Prénom d'enfant

sexe

Date de naissance

Tranche-age

Tuteur

Adresse email

Nom

Prénom

Tableau d'enfants:

nom_e...	prenom...	sexe	date de...	tranche	adresse	nom tut	preno...
nom	pre	f	12/11/2...	enfant	dfsds...	tut	ptut
chiheub	rawan	fille	06/07/2...	enfant	enfenf...	chiheub	oumai...

Figure 45 l'interface de gérer le dossier patient

4.6. A propos maladie

Chirurgie pédiatrique

Prendre soin de la santé de votre enfant

vous pouvez trouver la définition de la maladie que vous voulez.

Veillez vous saisir le nom de la maladie!

Nom

L'appendicite est l'inflammation et l'infection de l'appendice.
 L'appendicite semble se développer lorsque l'appendice est obstrué par une masse fécale dure (appelée fécalome) soit par une augmentation du volume des ganglions lymphatiques dans l'intestin qui peut survenir avec diverses infections.
 La douleur se manifeste généralement autour du nombril (ombilic) et se déplace progressivement dans le quadrant abdominal inférieur droit, mais peut être généralisée et rendre les enfants irritables ou apathiques.
 Le diagnostic est difficile et peut nécessiter des analyses de sang, une échographie, une tomodensitométrie, une imagerie par résonance magnétique ou un scanner.
 Un appendice enflammé est généralement retiré chirurgicalement.
Complications de l'appendicite
 Si l'appendicite n'est pas dépistée et traitée, l'appendice peut se perforer, entraînant une infection extérieure à l'intestin (abcès) ou disséminer le contenu de l'intestin dans l'abdomen, entraînant ainsi une grave infection (péritonite). La gravité de l'appendicite dépend de l'âge de l'enfant. Une rupture de l'appendice est plus fréquente chez les enfants âgés de moins de 5 ans et chez jusqu'à 90 % des enfants.
Symptômes de l'appendicite

Figure 46 a propos maladie

4.7. Gérer consultation

The screenshot shows a web application window titled 'Chirurgie pédiatrique'. The header features a logo with three stylized figures in purple, blue, and green. The main content area has a light blue background with a blurred image of a doctor's hands. The form contains the following fields:

- Nom et Prenom:** A dropdown menu with the value 'chiheub rawan'.
- Date de consultation:** A text input field containing '17/09/2021'.
- Heure de consultation:** A text input field containing '13:45'.
- Consulter:** A blue button.

Figure 47 l'interface gérer consultation

➤ Examen paraclinique

The screenshot shows a web application window titled 'Biologie'. The header has tabs for 'Biologie', 'Imagerie', and 'Cyto-bactériologie'. The main content area has a light blue background with a blurred image of a doctor writing on a clipboard. The form contains the following fields:

- Enfant:** A dropdown menu with the value 'chiheub rawan'.
- Date de consultation:** A text input field containing '17/09/2021'.
- Heure:** A text input field containing '13:46'.
- FNS:** A button labeled 'aller à FNS'.
- CRP:** A text input field containing '11'.
- Groupe sanguin:** A dropdown menu with the value 'A+'.
- Serologie:** A text input field containing '11'.
- Urée:** A text input field.
- Glycémie:** A text input field.
- uricémie:** A text input field.
- VS:** A text input field.
- TP:** A text input field containing '11'.
- TGO:** A text input field.
- Créatinine:** A text input field containing '11'.
- TGP:** A text input field.

Figure 48 l'interface biologie



Figure 49 l'interface de Cyto-bactériologie

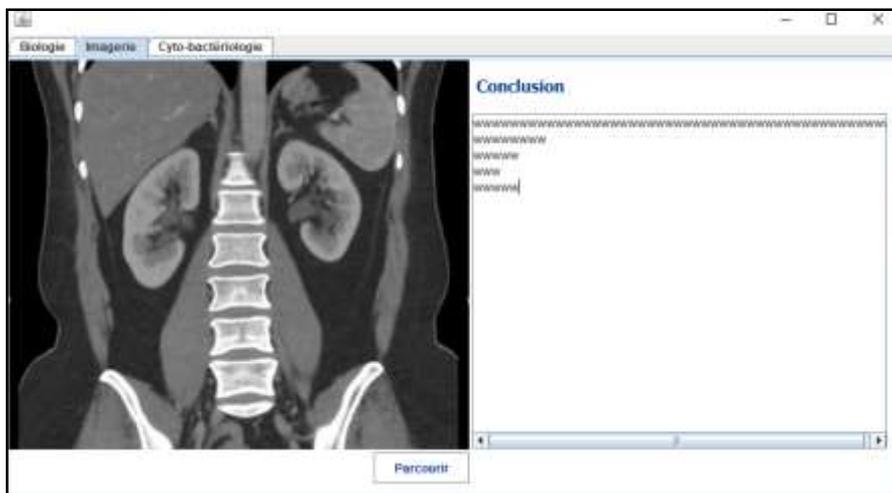


Figure 50 l'interface de imagerie

4.8. décisions thérapeutique



Figure 51 l'interface de chirurgie

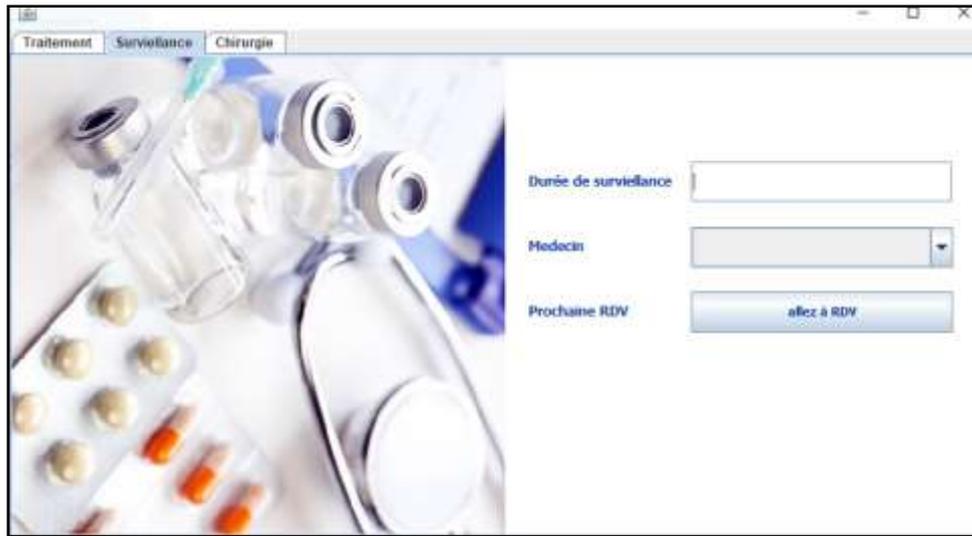


Figure 52 l'interface de surveillance

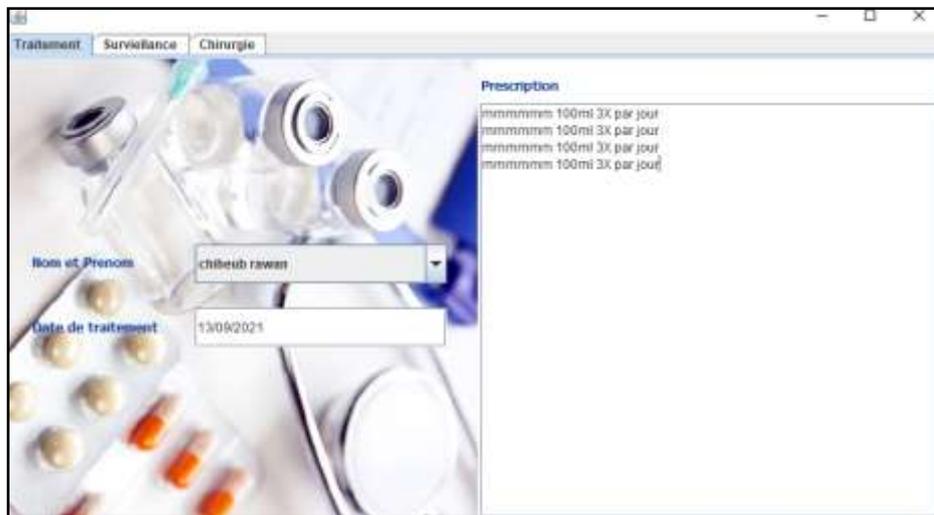


Figure 53 l'interface de traitement médicamenteux

5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les aspects pratiques liés à la réalisation de notre application, à savoir les outils de développement et création nécessaires pour le fonctionnement de notre application.

En dernier, nous avons illustré quelques interfaces de l'application

Conclusion général

Le travail maintenant terminé, il ne nous reste qu'à souhaiter que notre application réponde bien aux exigences fonctionnelles de tout utilisateur, et aussi que l'application conçue c'est-à-dire le système expert pour l'aide au diagnostic au sein du service chirurgie pédiatrique les aidera vraiment à bien cibler les diagnostic de manière stricte et efficace . Aussi ce système aide le médecin dans les différentes étapes de consultation et le tuteur peut connaître toutes les informations médicales concernant l'état de son fils

Nous souhaitons aussi avoir bien automatisé le système en utilisant les bons concepts, les bonnes idées et les bons outils là où il faut. Automatiser un système tout en essayant de se rapprocher de la pensée humaine est très difficile parce que le niveau d'exigence est supérieur à celui d'une simple application. Puisque l'utilisateur espérera toujours que l'application lui fera gagner du temps et pourra lui offrir de la précision afin bien réaliser ses tâches.

Notre application fournit les fonctionnalités de base : diagnostic médical par interrogatoire et par examen clinique qui permet d'identifier les maladies correspondant aux signes observés chez le patient ainsi que d'autres fonctionnalités secondaires telles que la gestion des rendez-vous, 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 notre travail. En utilisant le langage JAVA 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.

Ce projet était bénéfique pour nous dans plusieurs sens. Il nous a permis, de nous perfectionner en améliorant nos connaissances en programmation et en conception et de bien comprendre et mettre en œuvre des systèmes experts et les systèmes d'aide au diagnostic en général dans le but de faciliter la prise un diagnostic du médecin.

Pour finir il ne nous reste qu'à espérer que notre travail soit à la hauteur des besoins et des exigences des utilisateur, et que tous les efforts fournis puissent représenter l'envie et les idées que nous avons voulus inclure et réaliser dans notre mémoire et notre projet.

Perspective

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.
- ✓ Elargir notre ontologie le plus possible avec l'aide des experts du domaine de la chirurgie pédiatrique pour intégrer d'autre ontologie médical.

BIBLIOGRAPHIES

- [1] د. محمد زكي.أ محمد خضر [1]
المؤتمر التقني الرابع لنضم الاتصالات و المعلومات في الدول الإسلامية . الأنظمة الخبيرة في التطبيقات الصناعية
- [2] K.Kasabov. Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering. London,England : The MIT Press, 1998.
- [3] J.L.Laurière livre Intelligence artificielle, Résolution de problèmes par l'homme et la machine-1987
- [6] T. R. Reed, N. E. Reed et P. Fritzson, « Heart sound analysis for symptom detection and computer-aided diagnosis », Simulation Modelling Practice and Theory, vol. 12, n° 2, 2004, p. 129 (DOI 10.1016/j.simpat.2003.11.005)
- [7] A. Yorita et N. Kubota, « Cognitive Development in Partner Robots for Information Support to Elderly People », IEEE Transactions on Autonomous Mental Development, vol. 3, n° 1, 1^{er} mars 2011, p. 64–73 (ISSN 1943-0604,DOI 10.1109/TAMD.2011.2105868, lire en ligne [archive])
- [8] (en-US) « Artificial Intelligence Will Redesign Healthcare – The Medical Futurist », The Medical Futurist, 4 août 2016 (lire en ligne [archive], consulté le 18 novembre 2016)
- [9] 14 Michael D. Meyer, « Artificial Intelligence in Transportation Information for Application », Transportation Research Circular, janvier 2007 (lire en ligne [archive]).
- [11] J.Giareatano et G.Riley, Expert_Systems_Principles_and_Programming,2002
- [12] 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.
- [14] B.Badiru et Y.Cheung. Fuzzy engineering expert systems with neural network applications.New York : JOHN WILEY & SONS, INC, 2002
- [15] Djoudi Mahieddine. Cours de systèmes experts. s.l. Université de Poitiers Département d'Informatique. Support du cours.
- [17] 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.
- [18] Pierre Sidoine V. Donfack Guefack, Modélisation des signes dans les ontologies biomédicales pour l'aide au diagnostic, Université Rennes 1, 2013.
- [19] Tim Berners-Lee, Fischetti, Mark, Weaving the Web, HarperSanFrancisco, 1999 (ISBN 978-0-06-251587-2),
- [20] Thomas b. Passin , Explorer's Guide to semantic web , Manning Publication,Greenwich ,2004
- [21] AMAR M., « L'indexation aujourd'hui », La fonction documentaire au cœur des TICE, Les Dossiers de l'Ingénierie Educative, n° 49, décembre 2004

- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] G. Antoniou, C. V. Damasio, B. Grosz, I. Horrocks, M. Kifer, J. Maluszynski and P. F. Patel-Schneider. Combining Rules and Ontologies: A survey. Technical Report IST506779/Linkoping/I3-D3/D/PU/a1, Linkoping University, February 2005.
- [27]. BACH Thành Lê, "Construction d'un Web sémantique multi-points de vue", thèse de Doctorat soutenue le 23 octobre 2006 à L'École des Mines de Paris à Sophia Antipolis
- [30] O. LASSILA, R. SWICK, Eds. "Resource Description Framework (RDF) Model and syntax specification".(1999).
- [31] D. Brickley and R. Guha, "RDF Vocabulary Description Language 1.0 : RDF Schema". World Wide Web Consortium. (2004).
- [32] Pierre Sidoine V. Donfack Guefack. Modélisation des signes dans les ontologies biomédicales pour l'aide au diagnostic.. Médecine humaine et pathologie. Université Rennes 1, 2013. Français.
- [33] T. Eiter, G. Ianni, A. Polleres, R. Schindlauer and H. Tompits. "Reasoning with rules and ontologies". In Reasoning Web 2006, volume 4126 of Lecture Notes in Computer Science, pages 93–127. Springer, September 2006.
- [34] Djida BAHLOUL (Une approche hybride de gestion des connaissances basée sur les ontologies: application aux incidents informatiques) thèse de doctorat L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 15 décembre 2006.
- [35] Gaëlle Lortal. État de l'art ontologies et intégration/fusion d'ontologies. (2002).
- [36] Meriem KARAOUZENE, La création d'une ontologie Pharmaceutique ,le 27 Juin 2013.
- [37] Staab S. et Maedche A, Axioms are objects too: Ontology engineering beyond the modeling of concepts and relations. Research report 399, Institute AIFB, Karlsruhe. 2000.
- [38] M. Uschold and M. Gruninger. Ontologies: principles, methods, and applications. Knowledge Engineering Re-view, 1996.
- [39] Olena Goncharova. Méthodes et modèles de construction automatisée d'ontologies pour des domaines spécialisés. Université de Lyon, 2017.
- [40] 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.
- [41] Melle Souheila Khalfi, Construction d'une ontologie pour la prise en charge des patients à domicile, Mémoire de Magister, Université Mentourie Constantine, 10/2009.

- [42] 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.
- [43] 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, 2012/2013.
- [44] Ben Hebreche Halima, Proposition D'une Ontologie Formelle Pour La Modélisation Et La Simulation Intelligente, Mémoire Présenté en vue d'obtenir le diplôme de Magister en informatique, Université Kasdi Merbah Ouargla, 28/06/2012.
- [45] 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.
- [46] 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
- [47] Mr S. Boughrara, Web Sémantique Master1 TIC, Chapitre V: ingénierie Ontologique.
- [48]] 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.
- [49] F.Frédéric, Travail de diplôme 2007, Filière informatique de gestion, Web 3.0 : Interrogation intelligente, 2007.
- [52] F.Afri. "Raisonnement sur une ontologie pour la recherche d'informations médicales". Mémoire de magister, Ecole doctorale réseaux et systèmes distribués, Université Abderrahmane Mira -Bejaia-Faculté des sciences exactes, 2009.
- [55] M.Hemam. Un processus de développement d'ontologie dans le cadre du web sémantique, Centre Universitaire Larbi Ben M'hidi -Oum El Bouaghi- Institut des sciences exactes. 2005.
- [53] A.fekraoui 'Raisonnement sur une ontologie hybride pour la recherche d'informations médicales' mémoire master, Centre Universitaire de Mila- département mathématique et informatique ,2013
- [54] S. Bouaroudj, "Raisonnement sur une ontologie enrichie par des règles SWRL pour la recherche sémantique d'images annotées". Mémoire de magister, Ecole doctorale en informatique de l'Est Pole ANNABA, 2010.
- [60] Roques, pascal. UML2. Paris : groupe Eyrolles, 2008.
- [61] Grady Booch, James Rumbaugh, Ivar Jacobson. Le guide de l'utilisateur UML. 2000.
- [64] Raphaël Troncy « Formalisation des connaissances documentaires et des connaissances conceptuelles à l'aide d'ontologies : application à la description de documents audiovisuels » THÈSE pour l'obtention du Doctorat de l'université Joseph Fourier – Gren.

WEB GRAPHIES

- [4] https://perso.liris.cnrs.fr/alain.mille/enseignements/DEA-ECD/site_ia_emiage/Session2/session2.htm#%C2%A72. Consulté le 07/05/2019.
- [5] Jouaquim thélinaus. Les domaines d'application de l'intelligence artificielle [en ligne]. Disponible sur <https://www.b2b-infos.com/3253/les-domaines-d-application-de-l-intelligence-artificielle/>. Consulté le 21/06/2021.
- [10] Benoit riviére. L'intelligence artificielle et les systèmes experts [en ligne]. Disponible sur https://www.auditsi.eu/?page_id=2273. Consulté le 21/06/2021.
- [13] Les systèmes experts [en ligne] Disponible sur <http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2004/jvaldes/fonctionnement.html>. Consulté le 15/06/2021.
- [16] Les systèmes experts [en ligne] Disponible sur <http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2004/jvaldes/fonctionnement.html>. Consulté le 15/06/2021.
- [25] Le Web sémantique [en ligne] Disponible sur <https://www.w3.org/2001/sw/>. Consulté le 20/05/ 2019.
- [26] <http://www.youscribe.com/catalogue/rapports-ettheses/ressourcesprofessionnelles/informatique/d-unicode-au-web-semantique-lesdernieres-technologies-duweb- au-1520958>. Consulté le 05/06/2021
- [28] <http://fr.scribd.com/doc/52872889/5/Architecture%C2%A0du%C2%A0Web%C2%A0semantique>. Consulté le 25/07/2021
- [29] cours web sémantique [en ligne] Disponible sur http://igm.univmlv.fr/~ocure/LIGM_LIKE/Teaching/imac3/4_SW.pdf. Consulté le 13/07/2021.
- [50] Charles tapley. The expressive levels of OWL ontologies [en ligne] Disponible sur https://www.researchgate.net/figure/The-expressive-levels-of-OWL-ontologies-Adapted-from-55_fig2_322011957. Consulté le 05/08/2021.
- [51] Samer Abdul Ghafour. Méthodes et outils Pour l'intégration des ontologies [en ligne] Disponible sur <https://liris.cnrs.fr/Documents/Liris-1747.pdf>. Consulté le 05/08/2021.
- [56] Chirurgie pédiatrique [en ligne] Disponible sur <https://www.elsan.care/fr/patients/chirurgie-pediatrique-0>. Consulté le 10/09/2021.
- [57] Chirurgie viscérale, digestive et cancérologique [en ligne] Disponible sur <https://www.chu-besancon.fr/offre-de-soins/les-services-et-activites/chirurgie-viscerale-digestive-et-cancerologique-unite-de-transplantation-hepatique.html>. Consulté le 10/09/2021.
- [58] Chirurgie thoracique et cardiovasculaire [en ligne] Disponible sur <https://www.elsan.care/fr/patients/chirurgie-thoracique-et-cardiovasculaire>. Consulté le 10/09/2021.
- [59] <http://www.lerecuteurmedical.fr>
- [62] StarUML présentation du logiciel [en ligne] Disponible sur <https://inf1410.teluq.ca/teluqDownload.php?file=2014/01/INF1410-PresentationStarUML.pdf>. Consulté le 15/08/2021.
- [63] Xampp [en ligne] Disponible sur <https://www.pack-logiciels-libres.fr/spip.php?logiciel44>. Consulté le 15/08/2021.
- [65] What's Jena? [en ligne] Disponible sur https://jena.apache.org/about_jena/about.html. Consulté le 10/09/2021.