



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

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département : Maintenance en Instrumentation

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie Industriel

Spécialité : Ingénierie de la Maintenance en Instrumentation

Thème

**Proposition d'un système à base de connaissance basé sur la
technologie sémantique pour la maintenance des
équipements hospitaliers**

Présenté et soutenu publiquement par :

Djebbar At-tahir.

Et

Feddane Abdelkader.

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Aouimer Yamina	MAA	IMSI-Université D'Oran 2	Président
TITAH Mawloud	MCB	IMSI-Université D'Oran 2	Encadreur
	MCB	IMSI-Université D'Oran 2	Examineur

Année 2021/2022

Remerciement

Ce travail, est l'aboutissement d'un dur labeur et de beaucoup de sacrifices. Je remercie tout d'abord le tout puissant qui, par sa grâce m'a permis d'arriver au bout de mes efforts en me donnant la santé, la force, le courage et en me faisant entourer des merveilleuses personnes dont je tiens à remercier.

Je tiens à adresser mes remerciements à ma famille qui m'ont toujours soutenus et poussés à continuer et d'aller devant jusqu'au bout.

Nous remercions Monsieur TITAH, notre enseignant et encadreur. Son soutien, ses compétences, et sa clairvoyance ont été d'une aide inestimable. On le remercie surtout pour son attention, ses conseils, sa patience, sa disponibilité et tout le temps qu'il nous a consacré afin d'accomplir notre travail.

Nous exprimons nos gratitude à Madame Aouimer YAMINA la présidente de jury d'avoir accepté d'examiner ce mémoire. Nous remercions Monsieur Bachir Bachir BOUIADJRA l'examinateur, d'avoir accepté de prendre part à ce jury ainsi que pour l'intérêt qu'ils l'ont portés à ce travail.

Merci à tous ceux qui de près ou de loin a contribué à l'accomplissement de ce travail.

Dédicace

A mes parents, ma source du pouvoir

Je dédie le fruit de ce travail tout d'abord à l'âme de notre vénéré prophète MOHAMED. Ensuite à Ma mère bien aimée, qui m'a comblé de son amour et de sa tendresse, et qui à éclairer mon chemin tout au long de ma vie. A Mon père morte, qui a veillé à mon éducation et fait de moi un homme droit et sage ; Mes chers frères et mes chères sœurs bien aimées qui me chérissent ; Mes très chers oncles ; Mes très chères tantes ; Mes chers cousins et toutes la famille DJEBBAR. Mes amis qui me connaissent chacun son nom.

Mon partenaire d'affaire ABDELKADER et toute la famille FEDDANE.

A MOUNIR, AHMED, YUCEF et MOHAMMED qui m'a toujours aidé et encouragé dans tous les moments.

At-tahir DJEBBAR



Dédicace

A mes parents, ma source du pouvoir

Je dédie le fruit de ce travail tout d'abord à l'âme de notre vénéré prophète MOHAMED. Ensuite à Ma mère bien aimée, qui m'a comblé de son amour et de sa tendresse, et qui à éclairer mon chemin tout au long de ma vie. A Mon père, qui a veillé à mon éducation et fait de moi un homme droit et sage ; Mes chers frères et mes chères sœurs bien aimées qui me chérissent ; Mes très chers oncles ; Mes très chères tantes ; Mes chers cousins et toutes la famille FEDDANE.

Mes amis qui me connaissent chacun son nom.

Mon partenaire d'affaire At-tahir et toute la famille DJEBBAR.

Abdelkader FADDANE



Résumé

Le travail de ce mémoire s'inscrit dans le cadre de la proposition des outils d'aide à la décision qui permettent une meilleure maîtrise des coûts de maintenance des équipements hospitaliers. Ceci en assurant la sécurité des patients et des utilisateurs et faciliter un processus de prise de décision plus intelligent pour des équipements hospitaliers. Un système à base de connaissance basé sur la technologie sémantique a été proposé pour le choix de l'internalisation/externalisation de la maintenance et pour la sélection de la stratégie de la maintenance et du contrat adéquat. L'utilisation de l'approche multicritère AHP « Analytical Hierarchy Process » par les règles SWRL « Semantic Web Rule Language » est proposé pour la priorisation des équipements et le choix adapté d'une stratégie de maintenance. Des requêtes SQWRL « Semantic Query Web Rule Language » sont proposés permettant de sélectionner pour chaque équipement, la stratégie de maintenance, internaliser ou externaliser la maintenance et le type du contrat tout en considérant le budget disponible et la charge/capacité du service maintenance. Nous avons validé notre système par une application à l'hôpital d'Oran avec des bons résultats.

Mots-clés : *Système à base de connaissance, partage des connaissances, Ontologie, MASSON, Langage Ontologique Web (OWL), Langage des Règles Web Sémantique (SWRL), requêtes SQWRL, CHU.*

Abstract

The work of this thesis is part of the proposal of decision support tools that allow better control of the maintenance costs of hospital equipment. This by ensuring the safety of patients and users and facilitating a smarter decision-making process for hospital equipment. A knowledge-based system based on semantic technology has been proposed for the choice of maintenance internalization/outsourcing and for the selection of the maintenance strategy and the appropriate contract. The use of the AHP "Analytical Hierarchy Process" multi-criteria

approach by the SWRL "Semantic Web Rule Language" rules is proposed for the prioritization of equipment and the appropriate choice of a maintenance strategy. SQWRL "Semantic Query Web Rule Language" queries are proposed allowing to select for each equipment, the maintenance strategy, to internalize or outsource the maintenance and the type of the contract while considering the available budget and the load/capacity of the maintenance service. We have validated our system by an application at the hospital of Oran with good results.

Keywords: *Knowledge-based system, knowledge sharing, Ontology, MASSON, Web Ontological Language (OWL), Semantic Web Rules Language (SWRL), SQWRL queries, CHU.*

المخلص

يعد عمل هذه الأطروحة جزءاً من اقتراح أدوات دعم القرار التي تسمح بتحكم أفضل في تكاليف صيانة معدات المستشفيات. هذا من خلال ضمان سلامة المرضى والمستخدمين وتسهيل عملية اتخاذ القرار الأكثر نكاً لمعدات المستشفيات. تم اقتراح نظام قائم على المعرفة يعتمد على التكنولوجيا الدلالية لاختيار استيعاب الصيانة / الاستعانة بمصادر خارجية واختيار استراتيجية الصيانة والعقد من خلال AHP المناسب. يُقترح استخدام نهج "عملية التسلسل الهرمي التحليلي" متعدد المعايير لـ لتحديد أولويات المعدات والاختيار المناسب لاستراتيجية SWRL قواعد "لغة قواعد الويب الدلالية" لـ للسماح بتحديد كل SQWRL "الصيانة". تم اقتراح استفسارات "لغة قواعد الويب للاستعلام الدلالي جهاز، واستراتيجية الصيانة، لاستيعاب أو الاستعانة بمصادر خارجية للصيانة ونوع العقد مع مراعاة الميزانية المتاحة والحمل / السعة لخدمة الصيانة. لقد تحققنا من صحة نظامنا من خلال تطبيق في مستشفى وهران بنتائج جيدة.

الكلمات المفتاحية: نظام القائم على المعرفة. تقاسم المعرفة. علم الوجود. لغة الويب الدلالية. الاستفسارات. مركز مستشفى الجامعي

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I : La maintenance des équipements hospitaliers	3
I.1 Introduction	3
I.2 Généralité sur la maintenance	3
I.2.1 Définition	3
I.2.2 Les différents types de maintenance	4
I.2.3 Les opérations de la maintenance	6
I.2.3.1 Opérations de la maintenance corrective	6
I.2.3.2 Opérations de la maintenance préventive	6
I.2.4 Les niveaux de la maintenance	7
I.2.5 Les outils de la maintenance	8
I.3 Système d'informations hospitaliers	10
I.4 La maintenance des équipements hospitaliers	10
I.4.1 Planification du programme de maintenance	10
I.4.1.1 Inventaire	11
I.4.1.1.1 Établissement des priorités	11
I.4.1.1.1.1 Établissement des priorités en fonction des risques	12
I.4.1.1.1.2 Établissement des priorités en fonction des missions	12
I.4.1.1.1.3 Établissement des priorités en fonction de la maintenance ...	12
I.4.1.1.1.4 Établissement des priorités en fonction des ressources	12
I.4.1.2 Méthodologie	13
I.4.1.3 Ressources	13
I.4.1.3.1 Ressources financières	13
I.4.1.3.2 Ressources matérielles	14
I.4.1.3.3 Ressources humaines	16
I.5 Les classes des équipements hospitaliers	18

I.6 Conclusion	18
----------------------	----

Chapitre II : Les systèmes à base de connaissance basée sur la technologie sémantique 19

II.1 Introduction	19
II.2 Gestion des connaissances dans l'entreprise	19
II.2.1 Donné, Information et Connaissance	20
II.2.2 Connaissance tacite et explicite	21
II.2.3 Management des connaissances	22
II.3 Système à Base de Connaissance	22
II.4 Ingénierie des connaissances	22
II.5 Techniques et outils de modélisation d'une Base de connaissances	23
II.5.1 Systèmes experts	23
II.5.2 Systèmes linguistiques	24
II.5.3 Ontologies	24
II.5.4 Systèmes cognitifs	26
II.6 Technologie sémantique	27
II.7 Partage des connaissances par les ontologies	28
II.7.1 Notion d'ontologie	28
II.7.2 Ingénierie des ontologies	29
II.7.2.1 Composants d'ontologie	29
II.7.2.2 Classification d'ontologies	29
II.7.2.3 Les typologies d'ontologies	31
II.7.2.4 Construction d'ontologie	32
II.7.2.5 Langages des Ontologies	33
II.7.2.5.1 Langage RDF	34
II.7.2.5.2 Langage RDF Schéma	34
II.7.2.5.3 Langage OWL	34
II.7.2.5.4 Langage SWRL (Langage de représentation de règles)	35
II.7.2.6 Interrogation de l'ontologie	36
II.7.2.6.1 Requêtes SQWRL	36

II.7.2.6.2 Requêtes SPARQL	36
II.7.2.7 Editeur d'ontologie	36
II.7.2.7.1 Protégé	36
II.7.2.7.2 OilEd	37
II.7.2.7.3 Tadzebao et webOnto	37
II.7.2.8 Ontologies et raisonnement	37
II.7.2.9 Utilisation des ontologies	38
II.8 Conclusion	39

Chapitre III : Développement d'une base de connaissance basé sur la technologie sémantique 40

III.1 Introduction.....	40
III.2 Développement d'un SBC pour la maintenance des équipements hospitaliers	40
III.2.1 Formalisation de la connaissance du domaine par langage OWL	40
III.2.1.1 Concept de « Entities »	40
III.2.1.2 Concept de « Operations »	41
III.2.1.3 Concept d'« Ressources.....	41
III.2.1.4 L'adaptation de l'ontologie MASSON aux services hospitalier	42
III.3 Formalisation de la connaissance d'inférence par les règles SWRL.....	46
III.3.1.1 Procédure du Calcul de la criticité de l'équipement	46
III.3.1.2 Procédure du l'internalisation du service de maintenance	51
III.3.1.3 Procédure du choix de la stratégie de maintenance de l'équipement	53
III.3.1.4 Procédure du l'externalisation et mise en place du contrat	54
III.3.2 Sélection de la stratégie de la maintenance des équipements hospitaliers par les règles SQWRL	57
III.3.2.1 Sélection la politique de la maintenance choisie pour les équipements	57
III.3.2.2 Sélection les stratégies de maintenance, internalisation/externalisation	58
III.3.2.3 Sélection l'externalisation et choix de type des contrats	58
III.4 Synthèse de modèle proposé	58
III.5 Conclusion	61

Chapitre IV : Application de système à base de connaissance pour la maintenance des équipements du CHU d’Oran	62
IV.1 Introduction	62
IV.2 Présentation du CHU d’Oran	62
IV.2.1 L’organigramme administratif du CHUO	63
IV.2.2 Service maintenance CHU d’Oran	63
IV.2.3 Analyse de pratiques existantes du service maintenance	64
IV.3. Formalisation de la connaissance du domaine par langage OWL	64
IV.4. Formalisation de la connaissance d’inférence par les règles SWRL	67
IV.5. Sélection de la stratégie de la maintenance des équipements hospitaliers par les règles SQWRL	67
IV.5.1 Sélection la politique de la maintenance choisie pour les équipements	67
IV.5.2 Sélection les stratégies de maintenance, internalisation/externalisation	68
IV.5.3 Sélection l’externalisation et choix de type des contrats	69
IV.6. Interprétation et discussion	70
IV.7. Conclusion	71
Conclusion Générale	72

Abréviations

AI:	Artificial Intelligent
CommonKADS	Common Knowledge Acquisition and Design Structuring
JESS:	Java Expert System Shell
KA:	Knowledge Acquisition
KADS:	Knowledge Acquisition and Design Structuring
KB:	Knowledge Base
KBS:	Knowledge Based System
KE:	Knowledge Engineering
MASSON:	MANufacturing 's Semantics ONtology
OWL:	Ontology Web Language
RDF:	Resource Description Framework
RDFS:	Resource Description Framework Schema
SWRL:	Semantic Web Rule Language
SQWRL:	Semantic Query-Enhanced Web Rule Language
SPARQL:	Simple Protocol And RDF Query Language
UML:	Unified Modeling Language
W3C:	World Wide Web Consortium
CHU	Centre Hospitalier Universitaire

Liste des figures

Chapitre I

FIGURE I.1: Les différentes stratégies de maintenance [1]	4
FIGURE I.2: comparaison entre les types de maintenance	5
FIGURE I.3: Facteurs clés à prendre en compte pour planifier un programme de maintenance	11

Chapitre II

FIGURE II.1 : Architecture et composants d'un système expert	24
FIGURE II.2 : Exemple d'ontologie	26
FIGURE II.3 : Classification des ontologies [17]	30
FIGURE II.4: Construction d'une Ontologie opérationnelle [24]	33
FIGURE II.5 : Architecture du Web sémantique [26]	33

Chapitre III

FIGURE III.1 : Hiérarchie des classes d'entités	40
FIGURE III.2 : Hiérarchie des classes d'opérations	41
FIGURE III.3 : Hiérarchie des classes de ressources	42
FIGURE III.4 : Les sous-classes de la classe « Equipement »	43
FIGURE III.5 : La classe « Resource-Humaine » et leurs classes hiérarchies	43
FIGURE III.6 : La classe « <i>Opération-Maintenance</i> » et leurs classes hiérarchies	44
FIGURE III.7 : Les classes « <i>Méthode</i> » ET « <i>Contrat</i> » et leurs classes hiérarchies	45
FIGURE III.8 : Schéma global de connaissance du domaine	45
FIGURE III.9 : Un flux de travail du MASSON	60

Chapitre IV

FIGURE IV.1 : L'organigramme administratif de l'hôpital de CHU d'Oran	63
FIGURE IV.2 : Exemple de la connaissance du domaine des équipements radiologie dans Protégé	65
FIGURE IV.3 : Exemple de la connaissance du domaine des équipements radiologie dans Protégé	65

FIGURE IV.4 : Exemple de la connaissance du domaine des équipements Rééducation par OWL66

FIGURE IV.5 : Les attributs et les relations entre concepts par le langage OWL66

FIGURE IV.6 : Formalisation de la connaissance d'inférence par les règles SWRL dans protégé67

FIGURE IV.7 : Sélection la politique de la maintenance choisie pour les équipements par SQWRL68

FIGURE IV.8 : Sélection du choix de contrat par les requêtes SQWRL69

FIGURE IV.9 : Sélection du choix de contrat par les requêtes SQWRL70

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1: Ressources financières nécessaires à un programme de maintenance14

Tableau I.2: Classification et rôles du personnel technique17

Chapitre III

Tableau III.1: Critères et sous-critères pour le calcul de la criticité de l'équipement46

Tableau III.2: Fonction d'équipement47

Tableau III.3 : Sous-critères pour calculer le degré d'importance49

Tableau III.4 : Degré de l'importance de mission50

Tableau III.5 : Présence des compétences requises jusqu'au niveau de maintenance (1 si oui, 0 si non), L : niveau de maintenance52

Tableau III.6 : Différents niveaux de criticité et stratégies Maintenance pertinente53

Tableau III.7 : Différents niveaux de criticité et stratégies Maintenance pertinente54

Tableau III.8 : Sélection du contrat en fonction des critères G, F, L et O55

Tableau III.9 : Les composants inclus Processus de partage des connaissances par l'ontologie MASSON61

Introduction générale

Aujourd'hui, les hôpitaux doivent relever le défi d'une bonne qualité des services, tout en prenant en compte le coût, les délais et la réactivité dans un environnement où la réponse optimale au patient devient le mot d'ordre. En parallèle, avec l'augmentation de l'utilisation d'équipements hospitaliers de plus en plus perfectionnés, l'une des préoccupations majeures de l'hôpital est devenue l'entretien de ces équipements et leur maintenance à un bon niveau de fonctionnement, de disponibilité et de performance. Pour cela, ces équipements nécessitent un entretien et un suivi périodique tout au long de leur utilisation. Ainsi, tout établissement de soins doit mettre en place des méthodes de gestion de maintenance.

Le travail de ce mémoire s'inscrit dans le cadre de la proposition des outils d'aide à la décision qui permettent une meilleure maîtrise des coûts de maintenance des équipements hospitaliers. Ceci en assurant la sécurité des patients et des utilisateurs et faciliter un processus de prise de décision plus intelligent pour des équipements hospitaliers. Un système à base de connaissance basé sur la technologie sémantique a été proposé pour le choix de l'internalisation/externalisation de la maintenance et pour la sélection de la stratégie de la maintenance et du contrat adéquat. L'utilisation de l'approche multicritère AHP « Analytical Hierarchy Process » par les règles SWRL « Semantic Web Rule Language » est proposé pour la priorisation des équipements et le choix adapté d'une stratégie de maintenance. Des requêtes SQWRL « Semantic Query Web Rule Language » sont proposés permettant de sélectionner pour chaque équipement, la stratégie de maintenance, internaliser ou externaliser la maintenance et le type du contrat tout en considérant le budget disponible et la charge/capacité du service maintenance. Nous avons validé notre système par une application à l'hôpital d'Oran avec des bons résultats dans l'objectif d'améliorer la qualité des soins dispensés et de satisfaire les patients.

Ce mémoire est organisé comme suit :

- Dans le chapitre 1, nous présenterons la gestion de maintenance des équipements hospitaliers.
- Dans le chapitre 2, nous présenterons la technologie sémantique pour la conception des systèmes à base de connaissance.

- Dans le chapitre 3, nous proposerons un système à base de connaissance basé sur la technologie sémantique utilisant : le langage OWL, les règles SWRL et les requêtes SQWRL pour le choix de stratégies de maintenance, d'internalisation ou externalisation de la maintenance et de la sélection du contrat adéquat.

- Dans le chapitre 4, nous appliquons ce système proposé qui permettant la priorisation des équipements médicaux pour les décisions de maintenance. Ce modèle utilise des méthodes multicritères à base des règles SWRL, en premier lieu, pour donner un ordre bien défini de ces équipements selon les scores de criticité et en second lieu, pour proposer une classification des stratégies de maintenance.

Enfin nous terminerons par une conclusion générale et les perspectives.

I.1 Introduction

L'importance des travaux de recherche dans le milieu hospitalier a pris une nouvelle dimension au cours des dix dernières années. En effet, confrontés à un contexte socio-économique difficile, la majorité des établissements hospitaliers du monde entier doivent se plier à de nouvelles règles de gestion afin de minimiser les coûts engendrés et de maximiser le confort et les soins des patients. C'est pour cette raison que de nombreux chercheurs se sont penchés sur ce problème, tentant d'apporter de nouvelles stratégies d'organisation et de planification dédiées au milieu hospitalier.

L'hôpital occupe une place spécifique dans les systèmes de santé. Il est le lieu où exercent les plus grands spécialistes de la médecine. Les contextes évoluent et l'hôpital doit s'adapter et semoderniser, par conséquent il demande une organisation logistique et technique importante.

Dans ce chapitre, nous effectuons un survol sur différentes notions afin de mieux comprendre l'utilité ainsi que les avantages que peuvent apporter les systèmes hospitaliers [1].

I.2 Généralité sur la maintenance

I.2.1 Définition

Maintenance : C'est un « Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise ». La maintenance définie comme un ensemble d'activités, regroupe deux sous-ensembles :

- ✓ Les activités à dominance technique « dépannage, réparation, prévention, diagnostic, études et méthodes ».
- ✓ Les activités à dominance de gestion « gestion des budgets, gestion des ressources humaines, gestion des équipements et des pièces de rechange ».

La réalisation des activités de maintenance nécessite un management dont l'objectif est d'en minimiser les coûts tout en assurant le bon fonctionnement du système de production. Cela peut se traduire par des objectifs sur des caractéristiques comme la disponibilité du système, la qualité des produits, la protection de l'environnement ou la sécurité du personnel [2].

I.2.2 Les différents types de maintenance

Il existe deux grandes catégories d'activités de maintenance principales : la maintenance corrective et la maintenance préventive. La figure 1 ci-dessous présente les différentes stratégies relatives à ces deux types d'activités :

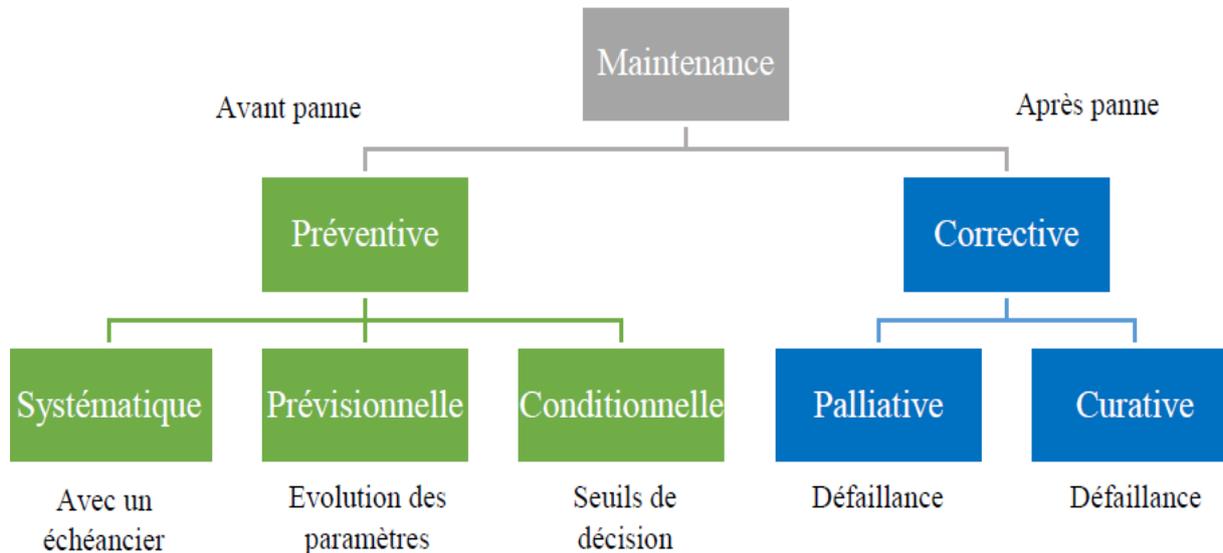


FIGURE I.1: Les différentes stratégies de maintenance [1]

Nous allons maintenant présenter et définir ces différentes stratégies de maintenances :

Maintenance corrective : c'est une « Maintenance exécutée après la détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise ». Deux types de maintenance corrective peuvent être mis en œuvre :

- **La maintenance curative** : qui constitue une réparation définitive du système, et vise à supprimer tout dysfonctionnement survenu.
- **La maintenance palliative** : qui constitue une réparation à caractère provisoire, celle-ci intervient lorsque la défaillance empêche de poursuivre l'exploitation du système de production, et a pour but de le remettre en état afin d'assurer une ou plusieurs de ses fonctions.

Maintenance préventive : C'est une « Maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien ». La maintenance préventive sert à entretenir le système, afin de le maintenir en bon état de fonctionnement. Trois stratégies de maintenances préventives peuvent être mises en œuvre :

- **La maintenance systématique** : « maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d’unités d’usage mais sans contrôle préalable de l’état du bien ».
- **La maintenance prévisionnelle** : « maintenance préventive exécutée selon un calendrier préétabli ou selon un nombre défini d’unités d’usage ». Ce type de maintenance se base sur l’estimation du temps de fonctionnement correct du système, qui peut être établie par l’analyse de différentes mesures sur le système. Cette politique peut s’appliquer à tous les équipements, mais elle est généralement coûteuse.
- **La maintenance conditionnelle** : « maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement exercé au cours des visites préventives ». Cette politique de maintenance se base sur l’évolution de paramètres qui décrivent l’état du système par exemple un jeu mécanique, une température ou tout autre paramètre qui puisse mettre en évidence l’imminence d’une défaillance. Tous les équipements sont concernés. Elle peut être appliquée à des équipements [1].

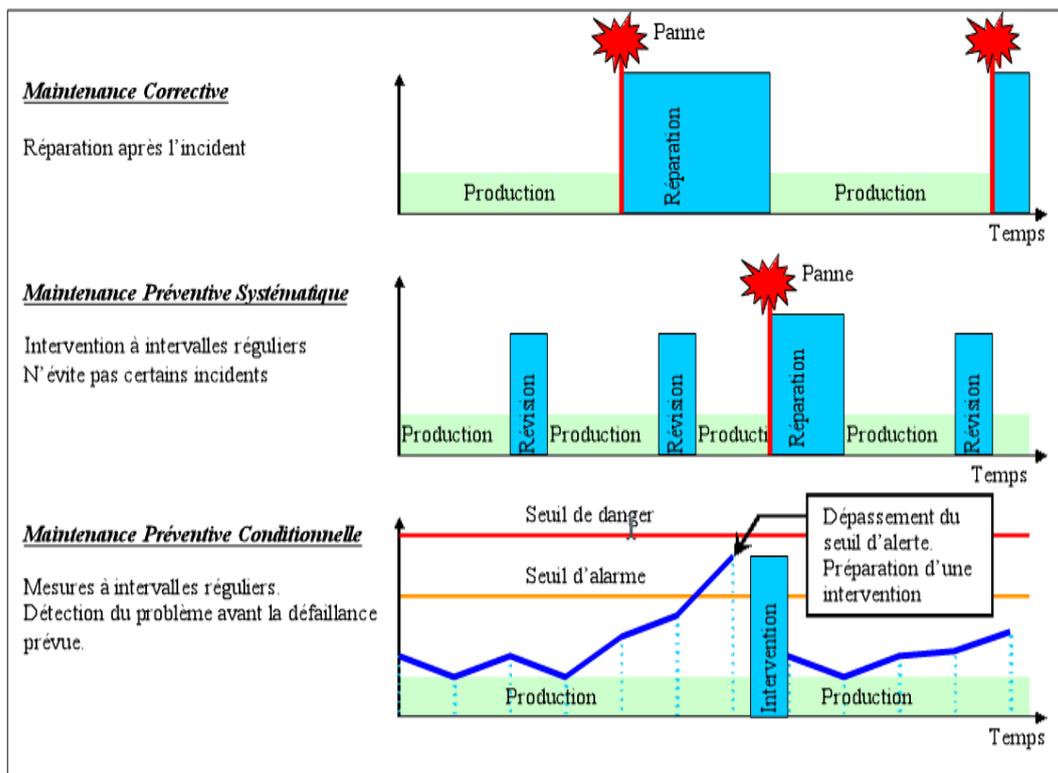


FIGURE I.2: comparaison entre les types de maintenance

I.2.3 Les opérations de la maintenance

I.2.3.1 Opérations de la maintenance corrective :

Après apparition d'une défaillance, le maintenancier doit mettre en œuvre un certain nombre d'opérations dont les définitions sont données ci-dessous. Ces opérations s'effectuent par étapes (dans l'ordre) [3] :

- **Test** : c'est à dire la comparaison des mesures avec une référence.
- **Détection** ou action de déceler l'apparition d'une défaillance.
- **Localisation** ou action conduisant à rechercher précisément les éléments par lesquels la défaillance se manifeste.
- **Diagnostic** ou identification et analyse des causes de la défaillance.
- **Dépannage, réparation** ou remise en état (avec ou sans modification).
- **Contrôle** du bon fonctionnement après intervention.
- **Amélioration éventuelle** : c'est à dire éviter la réapparition de la panne.
- **Historique** ou mise en mémoire de l'intervention pour une exploitation ultérieure.

I.2.3.2 Opérations de la maintenance préventive :

Ces opérations trouvent leurs définitions dans la norme NF X 60-010 et NF EN 13306 [3].

- **Inspection** : Contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien ; elle permet de relever des anomalies et d'exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de la production ou des équipements (pas de démontage).
- **Contrôle** : Vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement. Ce contrôle peut déboucher sur une action de maintenance corrective ou alors inclure une décision de refus, d'acceptation ou d'ajournement.
- **Visite** : Examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance du premier et du deuxième niveau ; il peut également déboucher sur la maintenance corrective.
- **Test** : Comparaison des réponses d'un système par rapport à un système de référence ou à un phénomène physique significatif d'une marche correcte.

- **Echange standard** : Remplacement d'une pièce ou d'un sous-ensemble défectueux par une pièce identique, neuve ou remise en état préalablement, conformément aux prescriptions du constructeur.

- **Révision** : Ensemble complet d'exams et d'actions réalisées afin de maintenir le niveau de disponibilité et de sécurité d'un bien. Une révision est souvent conduite à des intervalles prescrits du temps ou après un nombre déterminé d'opérations. Une révision demande un démontage total ou partiel du bien. Le terme révision ne doit donc pas être confondu avec surveillance. Une révision est une action de maintenance de niveau 4.

Les trois premières opérations sont encore appelées « **opérations de surveillance** ». Elles caractérisent parfaitement la phase d'apprentissage et sont absolument nécessaires si on veut maîtriser l'évolution de l'état réel d'un bien. On accepte donc de payer pour savoir puis pour prévenir. Elles sont effectuées de manière continue ou à intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou sur le nombre d'unités d'usage.

I.2.4 Les niveaux de la maintenance

Les niveaux de maintenance sont caractérisés par la **complexité** des tâches de maintenance [3] :

- **Le niveau 1** : Actions simples nécessaires à l'exploitation et réalisées sur des éléments facilement accessibles en toute sécurité à l'aide d'équipements de soutien intégrés au bien. Ce type d'opérations (remplacement des ampoules de l'éclairage opératoire, modifications de paramètres sur des moniteurs, etc.) peut être effectué par l'utilisateur du bien avec, le cas échéant, les équipements de soutien intégrés au bien et à l'aide des instructions d'utilisation.
- **Le niveau 2** : Actions qui nécessitent des procédures simples et/ou des équipements de soutien (intégrés ou extérieurs). Ce type d'actions de maintenance (remplacement des composants, lecture des logigrammes, etc.) est effectué par un personnel qualifié avec les procédures détaillées et les équipements de soutien définis dans les instructions de maintenance. Un personnel est qualifié lorsqu'il reçoit une formation lui permettant de travailler en sécurité sur un bien présentant certains risques potentiels. Dans ce cas le personnel est reconnu apte pour l'exécution des travaux qui lui sont confiés, compte tenu de ses connaissances et de ses aptitudes.

- **Le niveau 3 :** Opérations qui nécessitent des procédures complexes et/ou des équipements de soutien portatifs, d'utilisation ou de mise en œuvre complexes. Ce type d'opération de maintenance (diagnostic des pannes en utilisant des équipements de contrôle de mesure et d'essai « ECME », remplacement des composants avec usages des équipements, etc.) peut être effectué par un technicien qualifié, à l'aide de procédures détaillées et des équipements de soutien prévus dans les instructions de maintenance. Les interventions se font sur place ou chez le sous-traitant.
- **Le niveau 4 :** Opérations dont les procédures impliquent la maîtrise d'une technique ou technologie particulière et/ou la mise en œuvre d'équipements de soutien spécialisés. Ce type d'opération de maintenance (réparation des équipements complexes avec analyse des pannes, révision partielle ou générale, relevé de paramètres techniques, etc.) effectué par un technicien ou une équipe spécialisée à l'aide de toutes les instructions de maintenance générales ou particulières, se fait chez le sous-traitant (la société de service ou le constructeur même).
- **Le niveau 5 :** Opérations dont les procédures impliquent un savoir-faire, faisant appel à des techniques ou technologies particulières, des processus et/ou des équipements de soutien industriels. Par définition, ce type d'opérations de maintenance (rénovation, reconstruction, etc.) est effectué par le constructeur ou par un service ou une société spécialisée avec des équipements de soutien définis par le constructeur.

I.2.5 Les outils de la maintenance

Il y a plusieurs méthodes de la maintenance on va voir et explique quelques méthodes [4] :

I.2.5.1 GMAO : Un système de gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO) est un logiciel à caractère professionnel qui contient une base de données informatique sur les opérations de maintenance d'un service de maintenance. Le but de cet outil est d'aider les responsables de la gestion des technologies de la santé dans leur conduite des activités de maintenance. Un logiciel de gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO) permet d'améliorer la gestion générale de l'équipement médical dans un établissement.

I.2.5.2 La TPM « maintenance productive totale » : est une technique qui a vu le jour au Japon, en 1971. Elle consiste en une évolution des techniques de maintenance et a pour but final

d'augmenter le rendement des machines d'une entreprise. Elle vise à bannir les arrêts non planifiés, les pertes de temps lorsqu'un technicien démarre une machine ou encore les retouches et les déchets engendrés par des performances machines dégradées. On évite ainsi les pertes de productivité dues à des équipements défectueux ou au possible manque d'attention de certains techniciens.

I.2.5.3 Le PDCA : est une technique qui permet d'améliorer l'anticipation et la gestion de vos projets industriels. Cet outil aide à mettre ses idées en pratique et à découper le travail à réaliser en plusieurs étapes pour en suivre le bon déroulement. L'acronyme PDCA correspond à :

- P – « Plan » : planifier ce que l'on va faire
- D – « Do » : faire ce qui a été prévu
- C – « Check » : vérifier que le travail effectué correspond à ce qui était prévu au départ
- A – « Act » : réagir et ajuster en dressant un bilan du travail réalisé.

I.2.5.4 Le QQQQCCP : est une méthode de questionnement par rapport à un problème précis, qui a le mérite d'être simple et rapide à utiliser. L'objectif est de prendre une problématique industrielle et de répondre à l'ensemble des questions suivantes :

- Qui ?
- Quoi ?
- Où ?
- Quand ?
- Comment ?
- Combien ?
- Pourquoi ?

Grâce à cette méthode, vous pouvez rassembler tout un ensemble d'informations qui vous permettront sûrement de mieux isoler votre problématique.

- Et d'autres méthodes comme :
 - Les 5S
 - Pareto
 - Arêtes de poisson (des causes d'Ishikawa)

I.3. Système d'informations hospitaliers

Un système d'information (noté SI) représente un ensemble organisé d'éléments qui permet de gérer, regrouper, stocker, traiter, classer, transporter et de diffuser de l'information sur un phénomène donné au sein d'une organisation.

Généralement dans le monde de l'entreprise, le terme système d'information (ou SI) possède les significations suivantes :

un ensemble organisé de ressources (personnel, données, procédures, matériel, logiciel, ...) permettant d'acquies, de stocker, de structurer et de communiquer des informations sous forme de textes, images, sons, ou de données codées dans des organisations. Selon leur finalité principale, on distingue des systèmes d'information

Le système d'information coordonne grâce à l'information les activités de l'organisation et lui permet ainsi d'atteindre ses objectifs. Il est le véhicule de la communication dans l'organisation. De plus, le SI représente l'ensemble des ressources (les hommes, le matériel, les logiciels) organisées pour : collecter, stocker, traiter et communiquer les informations [5].

I.4. La maintenance des équipements hospitaliers

Pour une grande variété d'équipements, la maintenance biomédicale est caractérisée par une multitude de tâches différentes par leur nature et par leur temps d'exécution. Ces tâches sont regroupées en familles et classées en cinq niveaux. Selon l'endroit où elles peuvent être réalisées (en interne ou en externe), le type d'interventions ainsi que la complexité de la maintenance et des outils nécessaires à leur réalisation [6].

I.4.1 Planification du programme de maintenance

La planification d'un programme de maintenance s'inscrit dans une démarche plus vaste, visant à mettre en place un programme complet de gestion des technologies de la santé. Ce processus de planification comprend un examen des facteurs critiques, tel qu'indiqué à la Figure 3. La difficulté, pour les planificateurs, consiste à concilier ces facteurs pour concevoir un programme de maintenance à la fois adéquat et présentant un rapport coût-efficacité satisfaisant compte tenu de la situation [7-8].

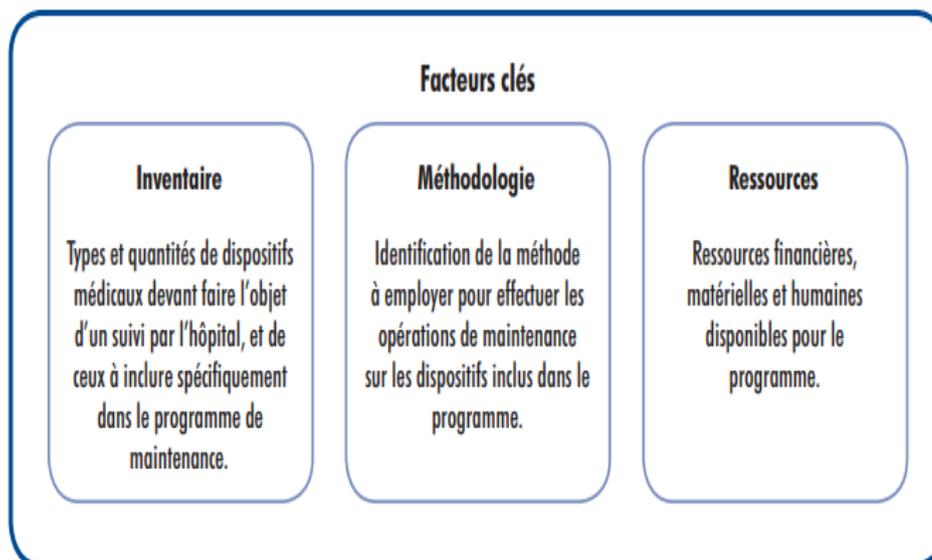


FIGURE I.3: Facteurs clés à prendre en compte pour planifier un programme de maintenance

I.4.1.1 Inventaire

Les dispositifs médicaux peuvent être relativement simples mais aussi très complexes. Par exemple, les dispositifs manuels utilisés pour mesurer la tension artérielle comprennent peu de composants et sont faciles à réparer. À l'inverse, certains dispositifs d'imagerie et de laboratoire sont très sophistiqués. La réparation d'un système d'imagerie par résonance magnétique nécessite d'importantes ressources financières, matérielles et humaines. Dès le début du processus de planification d'un programme de maintenance, il est essentiel d'identifier les types de dispositifs à inclure dans le programme. Les méthodes permettant d'identifier les activités de maintenance prioritaires [7-8].

I.4.1.1.1 Établissement des priorités

Il est rare que la charge de travail nécessaire à la maintenance du matériel de l'hôpital corresponde exactement aux disponibilités du personnel.

Le fait d'opter pour ce « processus à plusieurs volets », dans lequel le matériel le plus important est traité en priorité, permet une meilleure utilisation des ressources lorsque celles-ci sont limitées. Cette gestion du processus permet au responsable de mieux contrôler à la fois la charge de travail et les résultats. Les paragraphes ci-dessous présentent différentes méthodes d'établissement des priorités [7-8].

I.4.1.1.1 Établissement des priorités en fonction des risques

L'une des méthodes utilisées pour établir des priorités en matière d'inspection et de maintenance préventive du matériel médical consiste à assigner le niveau de priorité maximal au matériel le plus susceptible de blesser les patients en cas de défaillance. La classification des dispositifs par niveau de priorité, et l'identification de ceux qui présentent si peu de risques que leur maintenance n'est pas nécessaire, requiert une approche systématique [7-8].

I.4.1.1.2 Établissement des priorités en fonction des missions

Cette méthode repose sur la question suivante : quels sont pour nous les dispositifs indispensables pour assurer la majorité des soins nécessaires à nos patients ? Par exemple, si les priorités de l'hôpital étaient de soigner les personnes atteintes du VIH ainsi que les femmes enceintes et les nourrissons, le matériel utilisé dans ce type de soins serait prioritaire en termes de maintenance. Une fois ce travail accompli, la priorité irait aux dispositifs présentant le niveau de risque maximal (tel que défini par la méthode présentée au paragraphe précédent) [7-8].

I.4.1.1.3 Établissement des priorités en fonction de la maintenance

Cette méthode identifie les dispositifs fortement susceptibles de blesser le patient s'ils ne fonctionnent pas correctement et fortement susceptibles de mal fonctionner s'ils ne font pas l'objet d'une inspection et d'une maintenance préventive suffisantes. Les dispositifs exclus sont ceux pour lesquels rien n'indique qu'une inspection et une maintenance préventive programmées soient avantageuses [7-8].

I.4.1.1.4 Établissement des priorités en fonction des ressources

Cette méthode utilise l'un des trois modèles d'établissement des priorités (voir ci-dessus), combiné avec des informations sur le niveau d'effectifs et de ressources de l'établissement ou de la région, afin de définir les priorités en termes de maintenance. De cette façon, les dispositifs présentant un niveau de risque maximal, les plus indispensables aux missions de l'hôpital ou qui ne peuvent se passer de maintenance seraient entretenus en priorité, et les dispositifs présentant un degré de priorité inférieur seraient entretenus à condition que les ressources le permettent. Outre ces méthodes, la priorité peut être donnée à l'inspection et la maintenance préventive ou à la maintenance corrective du matériel qui génère des revenus pour l'organisme de soins de santé. Il en va de même lorsque la non-disponibilité du matériel

entraîne, pour l'établissement, des coûts supérieurs aux coûts de maintenance (en raison des frais de location temporaire de matériel de remplacement, par exemple) [7-8].

I.4.1.2 Méthodologie

Un programme de maintenance peut être mis en oeuvre de différentes façons ; il est donc important d'avoir connaissance des diverses options existantes. Par exemple, peut conclure des contrats de services avec des fabricants de dispositifs, des sociétés de services indépendantes, ou les deux [7-8].

I.4.1.3 Ressources

Il est difficile de prévoir les ressources à affecter à la maintenance. Cela suppose de disposer d'un historique de maintenance, de calculer les besoins en personnel et de savoir à quel moment un matériel risque de présenter une défaillance. La maintenance requiert également de la part du personnel des compétences, une formation et une expérience adéquates. Il faut faire appel à des prestataires extérieurs pour la maintenance de matériel sophistiqué. La maintenance nécessite d'avoir accès à des pièces parfois difficiles à obtenir en raison de contraintes budgétaires et de difficultés d'approvisionnement, notamment en cas d'achat à l'étranger. Pour faire face à ces difficultés, il est essentiel de considérer au préalable les ressources financières, matérielles et humaines nécessaires pour exécuter convenablement les activités prévues [9-10].

I.4.1.3.1 Ressources financières

Les ressources financières nécessaires à un programme de maintenance (en tant que l'une des composantes d'un programme complet de gestion des technologies de la santé) se divisent en deux catégories : les coûts initiaux et les coûts d'exploitation. Les coûts initiaux sont les investissements nécessaires avant la mise en oeuvre du programme. Les coûts d'exploitation correspondent aux charges récurrentes liées à la mise en oeuvre du programme [9-10].

	Coûts initiaux	Coûts d'exploitation
Ressources matérielles	Espace, outils, appareils de test, ressources informatiques, véhicules.	Exploitation, services essentiels, maintenance, étalonnage.
Ressources humaines	Recrutement, formation initiale.	Salaires, avantages, rotation des effectifs, formation continue.
Maintenance directe	(non applicable)	Contrats de services, pièces et matériel, déplacements, expédition.

Tableau I.1: Ressources financières nécessaires à un programme de maintenance

I.4.1.3.2 Ressources matérielles

Un programme de maintenance repose sur un certain nombre de ressources matérielles, parmi lesquelles l'espace de travail, les outils et les appareils de test, les fournitures, les pièces de rechange et les manuels d'utilisation et d'entretien nécessaires aux opérations de maintenance. Au moment de planifier un programme de maintenance, chacun de ces éléments doit être examiné séparément comme suit [9-10].

Espace de travail :

L'espace de travail doit être propre et bien agencé. Il doit être suffisamment éclairé et permettre l'accès aux services essentiels nécessaires au matériel (électricité et gaz médicaux, par exemple). L'espace de travail est équipé d'établis et d'espaces de stockage pour les outils et les appareils de test, les pièces de rechange, les fournitures et le matériel à réparer. Il doit également comprendre un espace pour les comptes rendus, la documentation, les manuels d'utilisation et d'entretien, et offrir un accès aux ressources informatiques nécessaires. La présence de ressources informatiques dans l'espace de travail doit être prise en compte. La documentation de base peut être tenue à jour au moyen de comptes rendus sur papier, mais l'utilisation d'un tableur, d'un utilitaire de base de données ou d'un système de gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO) facilite une conservation rationnelle des documents ainsi que le suivi et l'amélioration de la performance [9-10].

Outils et appareils de test :

Sans les outils et appareils de test nécessaires, la productivité des techniciens en matériel biomédical sera limitée. Lors de la planification des achats, il convient de noter que les investissements dans les outils et les appareils de test permettent de réduire les coûts de maintenance. Par ailleurs, disposer du matériel adéquat améliore considérablement la fiabilité des relevés, la précision des étalonnages et la marge de sécurité pour les patients et le personnel, ainsi que l'efficacité du personnel de maintenance. Les procédures d'inspection et maintenance préventive et/ou de maintenance corrective nécessitent divers outils et appareils de test, en fonction du type de matériel en service. Il est possible d'effectuer correctement une grande partie des procédures d'inspection et maintenance préventive et de maintenance corrective à l'aide d'un ensemble élémentaire d'outils d'entretien et d'appareils de test électroniques (comprenant par exemple un thermomètre, un voltmètre, un dynamomètre, un oscilloscope, des boîtes à décades de résistances et de capacités et un testeur de sécurité électrique). Les petits hôpitaux ou dispensaires possédant peu de matériel médical peuvent exécuter leur programme de maintenance uniquement avec quelques appareils de test de base (par exemple un simulateur physiologique, un testeur de sécurité électrique et quelques outils élémentaires). Dans les établissements plus grands et disposant de matériel plus complexe, il peut être nécessaire d'utiliser des outils et des appareils de test plus sophistiqués. Par exemple, dans un grand hôpital comptant de nombreuses salles d'opération et du matériel moderne d'électrochirurgie, il est peut-être préférable de faire l'acquisition d'un analyseur électro-chirurgical. L'achat d'outils et d'appareils de test plus sophistiqués permettra aux techniciens en génie biomédical d'étalonner, d'entretenir et de réparer un plus large panel de types d'équipements médicaux [9-10].

Fournitures :

Il s'agit essentiellement des articles de nettoyage et produits de lubrification, qu'il convient d'acheter en quantité suffisante. Les manuels d'entretien fournis par les fabricants mettent en garde contre l'utilisation de produits nettoyants inadaptés, car ceux-ci risquent d'endommager les étiquettes et les surfaces en plastique de certains types de matériel [9-10].

Pièces de rechange :

Au moment de planifier un programme d'inspection et maintenance préventive, il est possible de prévoir quelles pièces il va falloir remplacer et à quelle fréquence en se reportant aux instructions du fabricant. Ainsi, en fonction du nombre de dispositifs que possède

l'établissement, les pièces (ou kits de pièces) de rechange à utiliser dans le cadre de la maintenance préventive (piles, filtres, soupapes, tuyaux ou joints d'étanchéité, par exemple) peuvent être commandé(e)s plusieurs mois à l'avance, ce qui permet de profiter d'éventuelles remises quantitatives et de réduire les frais d'expédition. Mais surtout, les pièces de rechange seront disponibles au moment voulu. Cette pratique permet d'accroître la fiabilité et la disponibilité du matériel tout en améliorant la productivité du personnel de maintenance. L'achat de pièces génériques auprès de fournisseurs de pièces de matériel médical spécialisé – qui effectuent l'analyse technique et garantissent les pièces vendues – est souvent une solution raisonnable, mais il convient de tenir compte au préalable des risques associés (perte de la garantie du fabricant ou non-conformité aux spécifications du matériel entraînant une défaillance du dispositif, par exemple) [9-10].

Manuels d'utilisation et d'entretien :

Idéalement, le programme de maintenance comprend un manuel d'utilisation (manuel de l'utilisateur) et un manuel d'entretien pour chaque modèle de matériel médical. Le manuel d'utilisation sert non seulement aux utilisateurs du matériel, mais aussi aux techniciens de maintenance, qui doivent comprendre en détail comment ce matériel est utilisé dans la pratique clinique. Le manuel d'entretien est essentiel à l'inspection, la maintenance préventive, la réparation et l'étalonnage du matériel. Malheureusement, les manuels d'utilisation et les manuels d'entretien ne sont pas toujours disponibles, ou peuvent être rédigés dans une langue que les techniciens de maintenance ne comprennent pas. Il est donc important que le département de génie biomédical prenne les mesures nécessaires pour permettre aux techniciens d'accéder à ces manuels. Dans le cas du matériel existant, les manuels peuvent être empruntés à d'autres hôpitaux voisins ou obtenus sur Internet [9-10].

I.4.1.3.3 Ressources humaines

Rassembler les ressources humaines nécessaires à l'exécution d'un programme de maintenance efficace est un processus lent et permanent. La première étape consiste à déterminer les effectifs et le type de personnel nécessaires à un établissement de soins santé (ou à un groupe d'établissements). Par exemple, un petit établissement peut se contenter d'un seul technicien, qui assure la maintenance d'un parc réduit de matériel relativement simple. À l'inverse, un département de génie biomédical qui dessert de nombreux établissements de soins de santé, notamment lorsque ceux-ci comprennent des hôpitaux de soins tertiaires, disposera

d'un important personnel technique et de gestion, comprenant notamment des spécialistes de certaines technologies particulières et organisé suivant plusieurs niveaux de supervision. En général, on distingue néanmoins deux catégories de personnel de génie biomédical : le personnel technique et le personnel de gestion [11-12].

Catégorie de personnel	Intitulé du poste	Rôle
Ingénieur	Ingénieur biomédical	Gestion, maintenance spécialisée, supervision des prestataires de services extérieurs, évaluation des besoins, planification et formation des utilisateurs.
	Autres domaines apparentés (ingénieur électricien ou ingénieur mécanicien, par exemple)	Doit avoir suivi une formation et posséder un certificat pour travailler dans le domaine des dispositifs médicaux. Son rôle est axé avant tout sur la maintenance du matériel médical ; il occupe parfois des postes de gestion.
Technicien	Technicien en matériel biomédical	Son rôle est axé avant tout sur la réparation et la maintenance des dispositifs médicaux spécialisés.
	Autres domaines apparentés (spécialiste des technologies électriques ou médicales ou technicien polyvalent, par exemple)	Maintenance préventive et réparation du matériel moins sophistiqué. Il doit avoir suivi une formation spécialisée pour les dispositifs médicaux à haut risque.
Prestataire de services	Ingénieur ou technicien	Opérations de maintenance qui ne peuvent être effectuées en interne. Les prestataires de services assurent la maintenance d'un type de produit particulier et sont spécialisés dans un domaine donné.

Tableau I.2: Classification et rôles du personnel technique

Personnel technique :

Le personnel technique comprend des ingénieurs et des techniciens. Les ingénieurs biomédicaux connaissent les principes de l'ingénierie générale, les sciences physiques et biologiques et leur application aux technologies médicales. Les techniciens reçoivent eux aussi une formation technique, axée essentiellement sur la maintenance du matériel médical. Les ingénieurs biomédicaux entament leur carrière après avoir achevé un programme universitaire de quatre à cinq ans, tandis que les techniciens en matériel biomédical suivent souvent une formation postsecondaire de deux ans, au terme de laquelle ils obtiennent un diplôme ou certificat d'électronique biomédicale ou de technologie du matériel biomédical [11-12].

Personnel de gestion :

Le personnel de gestion technique assure la direction du programme de maintenance. En coopération avec l'administration de l'hôpital, il élabore la politique du département, formule des recommandations budgétaires, supervise le personnel technique, organise des formations, définit les priorités du département et gère le programme de maintenance dans son ensemble. Les personnes chargées de cette mission possèdent par exemple un diplôme technique (obtenu après deux ans d'études post-secondaires) et de nombreuses années d'expérience en matière d'entretien du matériel médical ; mais l'idéal est qu'elles possèdent un diplôme d'ingénieur (obtenu après quatre ou cinq ans d'études, selon les pays) et une bonne connaissance du domaine des soins de santé et des technologies de la santé. Le personnel de gestion peut également combiner formation commerciale et formation technique. Ses membres peuvent être des ingénieurs ou des techniciens qui possèdent une formation et une expérience complémentaires dans la gestion et l'encadrement [11-12].

I.5 Les classes des équipements hospitaliers

Les dispositifs médicaux sont répertoriés en quatre classes selon leur risque potentiel pour la santé :

- Classe I (risque faible) : béquilles, fauteuils roulants, lunettes correctrices...
- Classe IIa (risque potentiel modéré/mesuré) : lentilles de contact, aides auditives, couronnes dentaires...
- Classe IIb (risque potentiel élevé/important) : produits de désinfection pour lentilles, pompes à perfusion...
- Classe III (risque élevé) : prothèses de hanche, implants mammaires... [13]

I.6 Conclusion

Cet état de l'art sur la maintenance des équipements hospitaliers contient trois classes principales portant sur la priorisation des équipements hospitaliers pour le choix des stratégies de maintenance. Dans le chapitre 2, nous présentons les systèmes à base de connaissances basé sur la technologie sémantique. Dans le chapitre 3, nous présenterons le développement d'une procédure pour le choix des stratégies de maintenance en utilisant la technologie sémantique pour la maintenance des équipements hospitaliers.

II.1 Introduction

Le Web sémantique (plus techniquement appelé « le Web de données ») permet aux machines de comprendre la sémantique, la signification de l'information sur le Web. Il étend le réseau des hyperliens entre des pages Web classiques par un réseau de lien entre données structurées permettant ainsi aux agents automatisés d'accéder plus intelligemment aux différentes sources de données contenues sur le Web et, de cette manière, d'effectuer des tâches (recherche, apprentissage, etc.) plus précises pour les utilisateurs. Le terme a été inventé par Tim Berners-Lee, co-inventeur du Web et directeur du W3C, qui supervise l'élaboration des propositions de standards du Web sémantique [14].

II.2 Gestion des connaissances dans l'entreprise

Nous sommes submergés d'informations. Les entreprises, les scientifiques ou même les particuliers sont maintenant obligés d'appliquer une stratégie dans le traitement et la transmission de l'information dans les activités de tous les jours.

La Gestion des Connaissances est une démarche stratégique pluridisciplinaire visant à atteindre l'objectif fixé grâce à une exploitation optimale des connaissances.

Dans le domaine de l'entreprise ou plus globalement d'une organisation, la gestion des connaissances sert à capitaliser les connaissances accumulées dans l'organisation. Cette capitalisation prend généralement la forme de méthodes d'aides à la diffusion et l'organisation de documents. Ainsi, la gestion des connaissances dans une organisation prend la forme d'une gestion documentaire pour conserver les documents internes et pour cibler et capitaliser les documents externes qui peuvent être jugés utiles.

Cependant avec l'arrivée du Web, des services globalisés (comme Wikipédia) et des concepts du Web sémantique, la gestion des connaissances traite maintenant non plus seulement des documents mais aussi des données au sein des documents internes ou des documents externes via le Web ou encore des services externes via Internet (à travers leurs API). Face à la quantité de données disponibles et potentiellement intéressantes pour l'entreprise, le domaine gestion des connaissances englobe également tous les outils et travaux de recherche qui ont vocation à simplifier la réutilisation de ces données au sein des organisations comme avec les plates-formes de réseaux sociaux ou les technologies du Big Data, etc.

La gestion des connaissances s'appuie sur différentes disciplines telles que la théorie des organisations, les sciences cognitives, les sciences sociales, les sciences de l'information et de la communication et l'informatique [14].

II.2.1 Donné, Information et Connaissance

Une donnée est une description élémentaire d'une réalité. C'est par exemple une observation ou une mesure effectuée en fonction d'un étalon de référence. On divise les données au moins en deux catégories : les données brutes et les données (ou jeu de données ou data). Les données sont généralement, sans autres précisions, le résultat d'un travail préalable sur les données brutes qui permettra de leur donner un sens. La manière de collecter, sélectionner et traiter les données brutes sont autant d'interprétations implicites qui peuvent biaiser l'interprétation finale. Par exemple, des données dans un graphique permettront à un être humain d'y associer un sens (une interprétation) et ainsi créer une nouvelle information.

Les informations font référence aux données porteuses de sens. Elles sont construites en fonction de règles et par interprétation des données d'un environnement précis. Les informations sont subjectives, c'est-à-dire liées à l'intention de l'émetteur-sujet de délivrer un message. Dès lors que les informations qui servent un message, reposent sur des données falsifiées, on parle alors de falsification et de désinformation. À l'inverse des données, une information est immatérielle, c'est une combinaison de données ; de leur interprétation par les hommes qui puisent dans leur expérience personnelle et/ou collective ; de modèles, théories, ou croyances qui donnent leur sens à ces informations (Jean-Yves Prax). On parle de « bruit » quand des informations n'apportent pas de gain de connaissances. Dans le mouvement du Web sémantique, les informations peuvent être accessibles et stockées dans le Web à l'aide des technologies des Web des données (Linked Data, en anglais) où les données sont représentées avec la norme « Resource Description Framework (RDF) » et leurs sens y sont attachés à travers une ontologie du W3C (RDFS, SKOS et OWL).

Une connaissance, en gestion des connaissances, correspond à l'appropriation et l'interprétation des informations par des êtres humains. Elle peut être formalisée pour être utilisable à des fins opératoires. Elle est vérifiable et sert l'action. Le concept de connaissance fait appel aux questions de sens portées notamment par les notions telles que le langage, la sémantique, les croyances, la conscience. Pour passer des données à de l'information et enfin à une connaissance, il faut effectuer un traitement cognitif de ces données.

On distingue deux types de connaissances :

La connaissance comme construction sociale (approche constructiviste) dont la valeur de vérité dépend du consensus collectif (par exemple monogamie, droits de l'homme, le taux de TVA en France = 20 %...); la connaissance comme vérité naturelle (approche positiviste), dont la valeur de vérité provient d'une démonstration irréfutable contenue dans des axiomes, théorèmes, et universaux en tous genres, en général corrélés à l'expérience du réel et indépendants de la volonté des acteurs (par exemple $F = m\gamma$, $U = RI$, $E = mc^2 \dots$).

Dans les entreprises, la connaissance correspond au capital d'expertise que détiennent les êtres humains dans les différents domaines (marketing, R&D, achats, commercial, juridique...) qui constituent le cœur de métier de l'entreprise. On peut distinguer deux types de connaissances : les connaissances internes, liées aux produits / services, aux compétences des employés, à la culture institutionnelle et aux méthodes de leadership utilisées ; les connaissances externes, liées à la connaissance du marché, des concurrents, des tendances technologiques, et les caractéristiques des clients.

Afin d'améliorer l'efficacité, la sécurité et la fiabilité des opérateurs et des traitements de connaissances, ainsi que l'accessibilité des connaissances par les usagers, de nombreuses technologies existent permettant la modélisation et le transport des informations dans les systèmes d'information d'organisation. S'y ajoutent des outils de synthèse de ces informations permettant aux usagers de se les approprier plus rapidement. Ces technologies de l'information sont liées aux sciences cognitives (technologies cognitives) et aux ontologies (technologie du Web sémantique) [14].

II.2.2 Connaissance tacite et explicite

Les connaissances tacites sont les connaissances appartenant aux représentations mentales, profondément ancrées dans les personnes et leurs vécus. Elles sont généralement difficiles à « formaliser » par écrit a contrario des connaissances explicites. Elles sont alors plus généralement transmises de personne à personne, par exemple lors de la transmission de savoir entre un expert dans un domaine et un apprenti.

Exemples de connaissances tacites : « savoir façonner un sabot dans une bille de bois », « savoir vendre une voiture », « savoir reconnaître une pierre précieuse d'une imitation ».

Les connaissances explicites Ce sont des connaissances clairement articulées au niveau d'un document écrit (ex : $U = R.I$: loi d'Ohm des électriciens), d'un système informatique (par

exemple Wikipédia), ou d'un automatisme dans la mémoire d'une machine (ex : trajectoire d'usinage en spirale de l'évidement prismatique d'une pièce mécanique aéronautique). Ces connaissances sont alors transférables physiquement car elles apparaissent sous forme tangible (par exemple document, logiciel, machine). Elles sont alors vérifiables et réutilisables comme avec les connaissances contenues dans une encyclopédie.

Elles peuvent être facilement codées et enregistrées dans des bases de données informatiques [14].

II.2.3 Management des connaissances

La gestion des connaissances doit avoir un sponsor au plus haut niveau hiérarchique possible, et tous les intermédiaires doivent prendre part à la démarche. Le management fixe l'objectif (relatif à l'activité de l'entreprise) et doit participer à l'identification et la sélection des savoirs stratégiques afférents, et également à l'exploitation des connaissances tout en assurant leur protection. Le management doit assurer des actions de coaching d'équipe et motiver les salariés à collaborer, en transformant les éventuelles structures verticales tayloriennes, en structures horizontales fonctionnant par projet, pour tendre vers une organisation apprenante [14].

II.3 Système à Base de Connaissance

Un système à base de connaissances s'appuie sur des connaissances relatives à un domaine donné pour résoudre des problèmes se posant dans ce domaine. Pour concevoir un tel système, il faut mettre au point des formalismes de représentation des connaissances et de raisonnement qui permettent de prendre en compte les niveaux syntaxique et sémantique des connaissances du domaine considéré. Dans ce chapitre, la problématique des systèmes à base de connaissances est tout d'abord introduite, puis sont détaillés des formalismes de représentation logiques (calculs des propositions et prédicats), les systèmes à base de règles et enfin les logiques de descriptions [15].

II.4 Ingénierie des connaissances

En gestion des connaissances, il y a trois facteurs clés du côté de l'ingénierie des connaissances :

Une infrastructure technique et institutionnelle : implanter un système de gestion de la connaissance est plus simple et agile si on dispose d'une infrastructure adéquate technologique et si on dispose du personnel compétent pour utiliser celle-ci.

Une clarté d'objectifs et de langage : il est nécessaire de clarifier ce qui désire être obtenu.

Une structure de connaissances : la connaissance doit être structurée de façon que son exploitation soit flexible pour qu'elle puisse réellement être utile.

La gestion de contenu est l'un des autres chantiers de l'ingénierie des connaissances. Elle vise à : organiser les taxonomies et thésaurus ou autres modèles de classification en s'appuyant sur des données de référence, unifier les différents systèmes de gestion de contenu, vérifier la qualité et la sécurité des données, vérifier la sécurité des informations manipulées par les principaux acteurs de l'entreprise optimiser les accès internet aux ressources Web [14].

II.5 Techniques et outils de modélisation d'une Base de connaissances

II.5.1 Systèmes experts

Un système expert est un outil capable de reproduire les mécanismes cognitifs d'un expert, dans un domaine particulier. Il s'agit de l'une des voies tentant d'aboutir à l'intelligence artificielle. Plus précisément, un système expert est un logiciel capable de répondre à des questions, en effectuant un raisonnement à partir de faits et de règles connues. Il peut servir notamment comme outil d'aide à la décision. Le premier système expert a été Dendral. Il permettait d'identifier les constituants chimiques.

Un système expert se compose de 3 parties :

- Une base de faits ;
- Une base de règles ;
- Un moteur d'inférence [16].

Les systèmes experts sont courants, notamment dans la finance et le secteur médical.

Parmi les systèmes grand public [17].

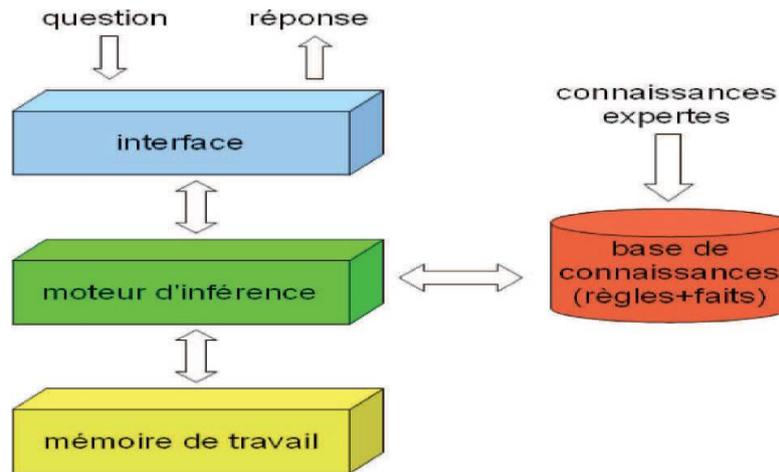


FIGURE II.1 : Architecture et composants d'un système expert

II.5.2 Systèmes linguistiques

La linguistique est une discipline scientifique s'intéressant à l'étude du langage. Elle n'est pas prescriptive mais descriptive. La prescription correspond à la norme, c'est-à-dire ce qui est jugé correct linguistiquement par les grammairiens. À l'inverse, la linguistique se contente de décrire la langue telle qu'elle est et non telle qu'elle devrait être.

Le travail descriptif de la linguistique peut se faire selon trois axes principaux :

Études en synchronie et diachronie : l'étude synchronique d'une langue s'intéresse seulement à cette langue à un moment donné de son histoire, à un seul de ses états, tandis que l'étude diachronique s'intéresse à son histoire, à son évolution, la situe dans une famille de langues, et décrit les changements structurels qu'elle a subi dans le temps ;

Études théoriques et appliquées : la linguistique théorique étudie la création de structures permettant la description individuelle de langues ainsi que les théories cherchant à dégager des invariances ou des symétries ;

Études contextuelles et indépendantes : l'étude contextuelle avec la sociolinguistique indique qu'on s'intéresse aux interactions et aux relations entretenues entre le langage et le monde, tandis que l'étude indépendante indique qu'on considère le langage pour lui-même, indépendamment de ses conditions extérieures [18].

II.5.3 Ontologies

Une ontologie est une représentation partagée et consensuelle entre les collaborateurs qui a pour but de se mettre d'accord sur un sujet particulier avec un objectif commun. Le but

est de définir un ensemble de connaissances dans un domaine donné. Exploitée notamment sur le terrain du développement logiciel, elle explicite un vocabulaire en définissant les termes nécessaires pour partager la connaissance liée à ce domaine.

Il existe plusieurs types d'ontologies et ses applications sont diverses dans le monde du développement : elle est notamment exploitée pour élaborer la structure d'une base de données, ainsi que dans le Web sémantique par exemple.

Ontologie de l'information : L'ontologie de l'information contribue à organiser et clarifier les idées des collaborateurs sur un projet en exposant le schéma global du système avec tous ses liens et ses raisonnements. Ce type d'ontologie est plutôt un outil de Knowledge Management utilisé dans un projet dans le but de réduire les incompréhensions et quiproquos. C'est un schéma qui est fait à la main en groupe devant un tableau pour se mettre d'accord sur la définition des termes employés, avec les liens entre eux.

Ontologie du domaine : L'ontologie du domaine est fonctionnelle et orientée objet. Elle est utilisée pour représenter un domaine (les composants informatiques, l'immobilier, le droit, la génétique, la vie de l'ornithorynque) sous forme de base de connaissances. Par exemple, faire l'ontologie d'un site web est intéressant pour comprendre sa structure. Elle peut être réalisée en amont de la création du site ou bien sur des sites de grande envergure en activité. Elle présente les concepts-clés, les attributs, les instances relatifs au domaine.

Pour réaliser ce type d'ontologie, il existe des éditeurs de structure de base de connaissances. Le plus connu et le plus utilisé est Protégé. Open-source et gratuit, il est implémenté à partir d'une plate-forme Java J2EE. Développé par l'Université de Stanford, il intègre les standards du Web sémantique et notamment OWL (pour Web Ontologie Langage). Il offre de nombreux composants optionnels : raisonneurs, interfaces graphiques. Ses ontologies peuvent être exportées dans les formats :RDF(S), OWL, et XML Schéma.

Ontologie Informatique : Les ontologies informatiques sont des outils qui permettent de représenter précisément un corpus de connaissances sous une forme utilisable par une machine. Elles représentent un ensemble structuré de concepts. Les concepts sont organisés dans un graphe dont les relations peuvent être des relations sémantiques et/ou des relations de composition et d'héritage (au sens objet).

Une ontologie est donc la définition formelle de la description d'un domaine de connaissance. Avec l'expansion et les possibilités futures du Web sémantique, l'ontologie a

quelques beaux jours devant elle. "Ontologie" est après tout un terme alambiqué et pompeux pour dire seulement que l'on veut expliquer et clarifier. En espérant une vulgarisation du terme [19].

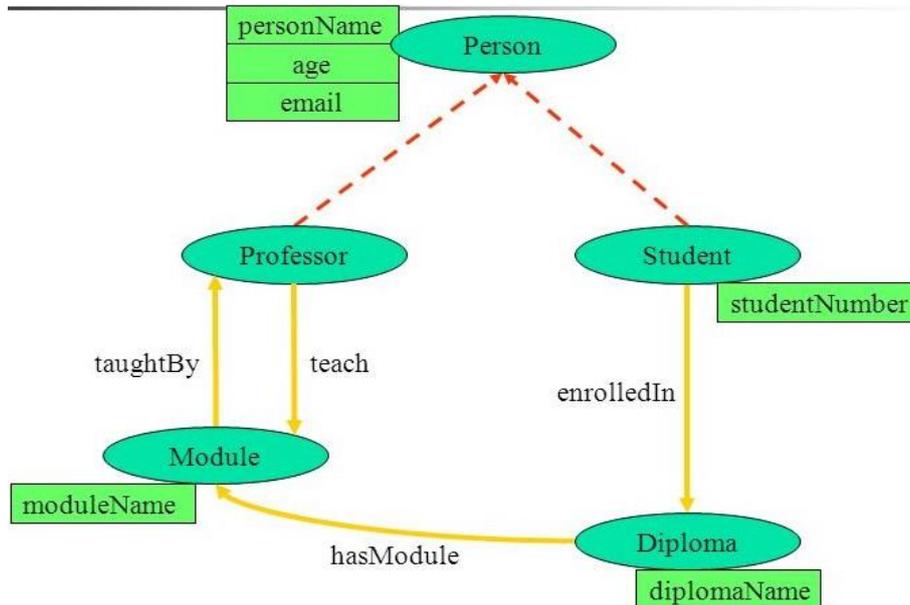


FIGURE II.2 : Exemple d'ontologie

II.5.4 Systèmes cognitifs

Sont les différents modes à travers lesquels un système traite l'information en y répondant par une action. Deux types de systèmes capables de réaliser des processus cognitifs peuvent se distinguer :

- **Les systèmes naturels** : un neurone, un réseau de neurones, un cerveau (humain ou animal), un groupe d'individus (poissons, fourmis), etc.
- **Les systèmes artificiels** : réseau de neurones artificiels, système expert, etc.

Le traitement de l'information se définit comme étant le processus par lequel l'information perçue est analysée et intégrée dans la structure de connaissances de la personne. Il est analysé selon deux dimensions :

- ✓ Le mode de traitement
- ✓ Le niveau d'élaboration

Description des processus cognitifs :

Chez les êtres humains, les processus cognitifs renvoient donc à des enchaînements d'opérations mentales en relation avec la saisie des informations, leur stockage et leur

traitement. Ces processus s'appliquent particulièrement, on l'a indiqué plus haut, à ce qui relève de la perception, de la mémoire, de la pensée, du langage, de la résolution de problème, de la prise de décision, etc.

Il ressort des travaux de la psychologie génétique, et plus particulièrement des apports de Jean Piaget et de ses collaborateurs, qu'au cours de l'acquisition d'une nouvelle connaissance, nos processus cognitifs utilisent deux mécanismes fondamentaux :

L'assimilation : qui est un travail d'appropriation, de décodage, de transformation. Il s'agit, dans ce cas, d'intégrer une nouvelle situation à un ensemble de situations auxquelles une conduite est déjà appliquée. Ici, la conduite (ou l'opération ou le mode de raisonnement) ne change pas fondamentalement. Ce qui change, c'est l'étendue d'un champ de connaissances.

L'accommodation : qui est, par contre, la transformation d'une conduite (ou d'une opération ou d'un mode de raisonnement) déjà existante, en réaction au milieu (ou au nouveau problème à traiter). Cette transformation est rendue nécessaire car les façons de faire habituelles ne suffisent plus pour résoudre le problème, c'est-à-dire, pour s'adapter [20].

II.6 Technologie sémantique

" Le Web sémantique est une extension du Web actuel (prolongation du Web actuel), dans laquelle l'information reçoit une signification bien définie, améliorant les possibilités de travail collaboratif entre les ordinateurs et les personnes. ». [21].

Le Web sémantique désigne un ensemble de technologies visant à rendre le contenu des ressources du World Wide Web accessible et utilisable par les programmes et agents logiciels grâce à un système de métadonnées formelles utilisant notamment la famille de langages développés par le W3C1.

Il s'agit d'arriver à un Web intelligent, où les informations ne seraient plus stockées mais comprises par les ordinateurs afin d'apporter à l'utilisateur ce qu'il cherche vraiment.

D'après la définition de Tim Berners-Lee, le Web sémantique permettra (contrairement au Web actuel vu comme un Web syntaxique) de rendre le contenu sémantique des ressources Web interprétables, non seulement par l'homme mais aussi par la machine.

Le web sémantique se veut un web de demain dont le contenu peut être appréhendé et exploité par des machines. Résumons les objectifs du web sémantique dans les points suivants:

- Créer un espace d'échange de ressource entre machines permettant l'exploitation de grand volume d'informations et de services variés.

- Libérer l'utilisateur d'une bonne partie de son travail de recherche et d'exploitation des résultats.
- Rendre explicite les relations sémantiques qui existent entre unités d'information.
- Obtenir des annotations sémantiques plus riches, compatibles avec les standards du Web, tel que le XML, qui fournit un format universel de stockage et d'échange [21].

II.7 Partage des connaissances par les ontologies

II.7.1 Notion d'ontologie

Historiquement, le terme Ontologie a été défini en philosophie comme une branche de la métaphysique qui s'applique à l'être en tant qu'être, indépendamment de ses déterminations particulières. En effet, ce terme grec est composé des mots « ontos » et « logos » qui veulent dire respectivement l'essence de l'être. Au début des années 90, des chercheurs en intelligence artificielle se sont intéressés à cette notion pour la formalisation des connaissances [22].

L'ontologie est une représentation partagée, consensuelle, et sous format compréhensible d'un domaine donné. Elle caractérise un moyen pour fournir un vocabulaire spécifique à ce domaine. Par ailleurs, elle permet d'offrir tous les moyens aidant à comprendre les constituants d'un domaine.

En effet, elle facilite la modélisation du monde réel à travers des formalismes et des langages de représentation très spécifiques.

Dans la littérature, nous trouvons plusieurs définitions de l'ontologie. Selon Gruber « une ontologie est une spécification explicite d'une conceptualisation » [23]. Elle caractérise une représentation d'un domaine sous la forme de concepts, de propriétés et de relations entre les concepts. Elle est considérée également comme étant « une base de connaissances particulière » [24]. Dans [25], elle est construite à travers des termes et des relations de base du vocabulaire ainsi que des règles qui indiquent la manière de combiner ces termes et ces relations de façon à pouvoir élargir le vocabulaire. Elle peut être référencée aussi par des identificateurs universels [26]. Elle est définie également comme « une convention de vocabulaire et de relations entre ses mots » [27]. De plus, l'ontologie est devenue une référence pour les systèmes d'information à travers un vocabulaire vaste et riche en informations. Elle offre un corpus de connaissances supportable et compréhensible par la machine. Cette dernière inclut des définitions et une indication de la façon dont les concepts sont reliés entre eux, les liens imposant collectivement une structure sur le domaine et contraignant les interprétations possibles des termes [28].

II.7.2 Ingénierie des ontologies

II.7.2.1 Composants d'ontologie

Une ontologie peut être vue comme un ensemble structuré de concepts et de relations entre ces concepts destinés à représenter les objets du monde sous une forme compréhensible aussi bien par les hommes que par les machines. Les composants d'une ontologie sont :

- **Concept** : ou classe, définissant un ensemble d'objet, abstrait ou concret, que l'on souhaite modéliser pour un domaine donné. Les connaissances portent sur des objets auxquels on se réfère à travers des concepts. Un concept peut représenter un objet matériel, une notion, une idée. Les concepts dans l'ontologie sont habituellement organisés dans des taxonomies.
- **Les instances** : ou individus, constituent la définition extensionnelle de l'ontologie (pour représenter les éléments spécifiques).
- **Les relations** : Une relation permet de lier des instances de concepts ou des concepts génériques. Elles sont caractérisées par un terme ou plusieurs, et une signature qui précise le nombre d'instances de concepts que la relation lie, leurs types et l'ordre des concepts, c'est – à – dire la façon dont la relation doit être lue.
- **Les axiomes** : Une ontologie est en outre composée d'axiomes qui forment des contraintes sémantiques pour le raisonnement et donnent un acompte d'une conceptualisation. Ils prennent la forme d'une théorie logique [29].

II.7.2.2 Classification d'ontologies

Plusieurs critères de classification ont été proposés pour catégoriser une ontologie. Parmi ces classifications, on trouve l'objet de conceptualisation, le niveau de détail et le niveau de formalisation (informel, semi-formel, ou formel). La classification de [24] est basée sur le niveau de généralité et de dépendance de l'ontologie. Nous distinguons quatre types d'ontologies (voir **Figure II.3**) : les ontologies de haut niveau, les ontologies de domaine, les ontologies de tâche et les ontologies d'application.

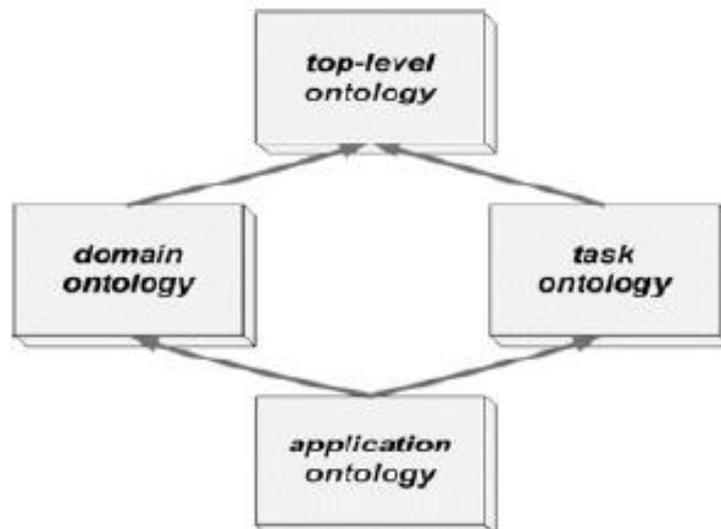


FIGURE II.3 : Classification des ontologies [30]

- **Les ontologies de haut niveau (ou « top-level ontology »)** : Ce type concerne une ontologie générique, globale et de plus haut niveau. Il est fondé principalement sur la théorie de l'identité et la théorie de la dépendance. De plus, il traite des sujets et des catégories universels tels que les entités, les concepts, les états, les événements les actions, le temps, les processus, les relations, et les propriétés [31].
- **Les ontologies de domaine (ou « domain ontology »)** : Cette ontologie s'intéresse à la création des concepts relatifs à un domaine d'application cible tels qu'ils sont manipulés par les experts. Elle s'agit d'un méta-modèle de connaissance où les concepts et les propriétés dans ce cas sont de type déclaratif. La majorité des ontologies existantes sont des ontologies de domaine. Parmi les ontologies de domaine, nous pouvons citer TOVE (Ontologie sur la notion d'activité) [32].
- **Les ontologies de tâche (ou « task ontology »)** : Ce type d'ontologie traite des tâches spécifiques à savoir les tâches de planification, de diagnostic, d'éducation et de configuration. Une ontologie de tâche crée un ensemble de vocabulaires servant à la résolution des problèmes liés aux tâches et indépendante du domaine. Cette catégorie d'ontologie est basée sur une architecture computationnelle d'un système qui exerce une tâche. L'ontologie de formation par ordinateur (« Computer Based Training Ontology ») et l'ontologie des objectifs d'apprentissage (« Learning Goal Ontology ») sont deux exemples d'ontologies de tâches [32][33].

- **Les ontologies d'application (ou « application ontology »)** : Elle s'intéresse non seulement aux concepts du domaine mais aussi aux tâches. Elle caractérise l'ontologie la plus spécifique permettant d'appliquer les concepts pour l'exécution d'une certaine tâche ou une activité [34].

II.7.2.3 Les typologies d'ontologies

Pour la typologie des ontologies, on peut distinguer différents niveaux d'ontologies selon le but pour lequel elles sont conçues. La classification de repose sur deux critères : le sujet et la structure d'une conceptualisation. Concernant le sujet de la conceptualisation, les auteurs distinguent : [35]

- **Les ontologies de domaine** : les plus connues, elles expriment des conceptualisations spécifiques à un domaine, elles sont réutilisables pour des applications sur ce domaine.
- **Les ontologies d'application** : elles contiennent des connaissances du domaine nécessaires à une application donnée ; elles sont spécifiques et non réutilisables.
- **Les ontologies génériques** : appelées aussi ontologies de haut niveau, elles expriment des conceptualisations très générales tels que le temps, l'espace, l'état, le processus, les composants, elles sont valables dans différents domaines ; les concepts figurant dans une ontologie du domaine sont subsumés par les concepts d'une ontologie générique, la frontière entre les deux étant floue.
- **Les ontologies de représentation ou méta-ontologies** : indiquent des formalismes de représentation de la connaissance ; les ontologies génériques ou du domaine peuvent être écrites en utilisant des primitives d'une telle ontologie.

D'autre part, les ontologies sont aussi classées en plusieurs niveaux d'expression selon leur utilisation. Quatre catégories principales qui vont des ontologies hautement informelles jusqu'aux ontologies rigoureusement formelles : [35]

- ❖ **Très informelle** : l'ontologie est exprimée en langage naturel.
- ❖ **Semi-informelle** : l'ontologie est exprimé sous une forme restreinte et structurée de langage naturel pour augmenter la clarté et pour réduire l'ambiguïté.

- ❖ **Semi-formelle** : l'ontologie est exprimée en langage formel.

- ❖ **Rigoureuse formelle** : l'ontologie est défini avec une sémantique formelle, permettant le théorème et la preuve.

II.7.2.4 Construction d'ontologie

La construction d'une ontologie intervient donc après qu'un travail de Conceptualisation ait été mené à bien. Ce travail consiste à identifier, au sein d'un corpus, les connaissances spécifiques au domaine de connaissance à représenter, et consensuellement reconnues comme Relevant de ce domaine. « *A conceptualization is an abstract, simplified view of the world that we wish to represent for some purpose* » [36]. Le processus général de construction d'ontologies opérationnelles (**Figure 2**) peut donc être découpé en 3 phases [37] :

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

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

Afin de respecter les objectifs généraux des ontologies, T. GRUBER propose 5 critères permettant de guider le processus d'ontologisation [36] :

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

c) l'opérationnalisation : transcription de l'ontologie dans un langage formel et opérationnel de représentation de connaissances, pour permettre à une machine, via cette ontologie, de manipuler des connaissances du domaine. Ce travail doit être mené par l'ingénieur de la connaissance.

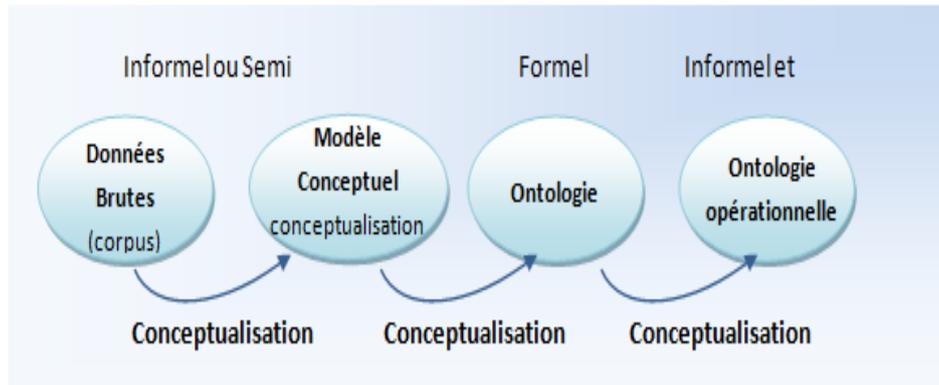


FIGURE II.4: Construction d’une Ontologie opérationnelle [37]

Les ontologies sont considérées comme des spécifications partielles et formelles d’une conceptualisation [37]. Elles sont formelles car exprimées sous un formalisme doté d’une sémantique formelle, et partielle car une conceptualisation ne peut pas toujours être entièrement formalisée dans un tel cadre, du fait d’ambiguïtés ou du fait qu’aucune représentation de leur sémantique n’existe dans le langage de représentation choisi.

II.7.2.5 Langages des Ontologies

Un langage de modélisation d’ontologie est basé sur une sémantique formelle et une structure syntaxique particulière. Il assure une représentation ontologique compréhensible et de forte puissance. Dans ce contexte, OWL, RDF (« *Resource Description Framework* »), RDF Schéma, et LD (Logique de description).

Ces langages sont présentés sous la forme de couches interconnectées en se basant sur l’architecture de (voir **FigureII.3**). Dans la section suivante, nous détaillons chacune de ces couches. [38]

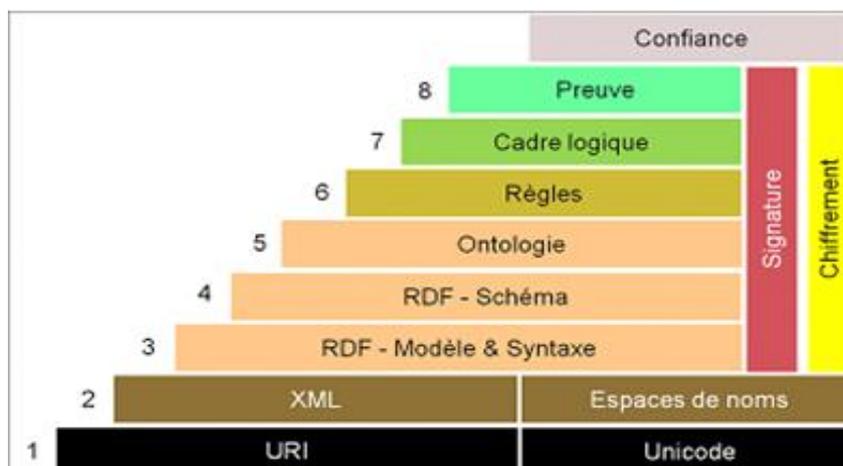


FIGURE II.5 : Architecture du Web sémantique [39]

II.7.2.5.1 Langage RDF

RDF (« *Resource Description Framework* ») a été développé par W3C, il caractérise un modèle standard permettant l'échange de données sur le Web. Il assure également la structuration des ressources ainsi que leurs métadonnées. Principalement, il permet de faire l'annotation sémantique des documents non structurés à travers un modèle de graphe. En outre, ce langage est lié directement au Web sémantique en utilisant la syntaxe XML (*eXtended Markup Language* «). Il est utilisé pour exprimer formellement les liaisons entre les ressources sous la forme d'un triplet <Sujet, Prédicat, Objet>. Le sujet et l'objet définissent les ressources à décrire, et le prédicat représente une propriété applicable à une ressource. Les composants de ces triplets peuvent être des URIs (« *Universal Resource Identifiers* ») des variables ou des littéraux [39].

II.7.2.5.2 Langage RDF Schéma

RDF Schéma (ou RDFS) est un langage extensible permettant la représentation des connaissances et la structuration des documents écrits en RDF. Il utilise un vocabulaire pour représenter des ressources RDF. Il détermine une sémantique de généralisation/hiérarchisation formée de concepts et de leurs propriétés, et permet de définir des triplets de graphes RDF. Il caractérise une des bases du Web sémantique puisqu'il permet de représenter des concepts liés à d'autres concepts définis et partagés sur le Web. À titre d'exemple *rdfs : subclassOf* définit une hiérarchie entre deux classes. Les classes de base liées à ce langage sont *rdfs : Class*, *rdf : Property*, *rdfs : Ressource*, *rdfs : Literal* et *rdf : Statement*. Les propriétés RDFS présentant les relations sont *rdf : type*, *rdfs : subclassOf* et *rdfs : subPropertyOf* [39].

II.7.2.5.3 Langage OWL

OWL (« *Web Ontology Language* ») est un langage universel standardisé par W3C et basé sur la syntaxe RDF/XML. Il permet de représenter les classes et leurs relations d'une façon compatible au raisonnement logique des systèmes d'information. En plus, ce langage fournit la sémantique nécessaire appliquée pour la formalisation des connaissances avec une représentation plus fine. La particularité de ce langage par rapport à RDF et RDFS est sa capacité à insérer des outils de comparaison des propriétés et des classes, et des relations sémantiques entre ces classes telles que l'équivalence, la disjonction, la cardinalité, la symétrie, etc. En se basant sur le niveau d'expressivité et en fonction des besoins de

représentation ou d'inférence, trois sous-langages ont été proposés par W3C avec une expressivité croissante, OWL-Lite, OWL DL et OWL Full, qui sont décrits ci-après.

- **OWL Lite** : c'est le sous-langage le plus simple. Il a été conçu pour caractériser les ontologies assez légères. Il est moins expressif mais comprend un aspect de raisonnement rapide. Il est appliqué pour exprimer des relations et des contraintes simples entre les classes. OWL Lite permet de définir de nouvelles classes, d'assurer l'équivalence entre les instances, et d'ajouter des contraintes simples à savoir celles de cardinalité 0 et 1.
- **OWL DL (« OWL Description Logics »)** : ce langage est basé sur la logique de description et comprend toutes les structures d'OWL. Il est destiné aux ontologies plus complexes qui décrivent plusieurs axiomes. Il assure également une expressivité importante tout en gardant une complétude de raisonnement et de calcul. Ce langage permet d'une part de gérer le secteur existant de la logique de description, et d'autre part d'offrir les propriétés de calcul désirées par les systèmes de raisonnement.
- **OWL Full** : c'est le sous-langage d'OWL le plus complexe, comprenant un état d'expressivité maximal. Il permet d'augmenter le sens du vocabulaire prédéfini d'une ontologie. Ce langage permet le traitement simultané des instances. Il assure une expressivité maximale et une liberté syntaxique de RDF. [39]

II.7.2.5.4 Langage SWRL (Langage de représentation de règles)

SWRL est un langage fondé par W3C qui fournit des capacités de raisonnement déductif permettant aux utilisateurs de rédiger des règles exprimées en utilisant des concepts OWL. Il combine les deux langages OWL-DL pour la construction des ontologies et RuleML (« Rule Markup Language ») pour la construction des règles. SWRL est destiné essentiellement au Web sémantique. Il est construit à travers des méthodes appelées built-ins, qui sont définies dans la spécification de SWRL, comme les opérateurs mathématiques et les fonctions de manipulations de chaînes de caractères et de dates. Les règles SWRL sont écrites selon le schéma suivant : Antécédent (body)

-> Conséquent (head). L'antécédent et le conséquent sont des conjonctions d'atomes qui peuvent être soit une instance de concept, c'est-à-dire un prédicat unaire, soit une relation OWL.

La première partie (Antécédent) spécifie les conditions qui doivent être vérifiées et la deuxième partie (Conséquent) spécifie les actions à faire. Une règle SWRL fonctionne selon le principe de satisfaction de l'antécédent ou du conséquent. Ce langage intègre plusieurs moteurs d'inférences à savoir Jess, Hoolet, Pellet, KAON2, RacerPro, et R2ML (« REVERSE Rule Markup Language »). [40]

II.7.2.6 Interrogation de l'ontologie

II.7.2.6.1 Requêtes SQWRL

SQWRL (« Semantic Query-Enhanced Web Rule Language ») est un langage de requête basé sur SWRL. Il peut être utilisé pour interroger les modèles ontologiques OWL. Ce langage fournit une diversité d'opérations de type SQL (« Structured Query Language ») permettant la mise en forme des connaissances ou des données sémantiques, connaissances qui sont déjà préparées dans l'ontologie [41].

II.7.2.6.2 Requêtes SPARQL

SWRL est défini comme étant un langage de règles destiné pour le Web sémantique. Ce langage est une combinaison des langages OWL-DL (« Ontology Web Language Description Logics ») et RuleML (« Rule Markup Language »). Il permet l'intégration des règles d'inférences, écrites dans Protégé, dans les ontologies. Ces règles seront par la suite exécutées via les raisonneurs intégrés dans Protégé (comme Pellet ou Hermit). Les règles SWRL sont formées à partir des concepts, des propriétés et des instances. Elles sont sauvegardées dans l'éditeur SwrlTab de Protégé. Dans notre travail, nous avons utilisé SWRL pour la construction des règles de raisonnement permettant en premier lieu la détection du CHC dans l'image médicale du foie. Par la suite, ces règles décrivent la stadification de chaque nodule détecté en se basant sur les paramètres standards reliés à chaque système utilisé. Aussi, les règles SWRL sont appliquées pour donner une décision primaire concernant le type de traitement à appliquer [42].

II.7.2.7 Editeur d'ontologie

Il existe un grand nombre d'outils de construction d'ontologies, dont nous présentons seulement quelques-uns : Protégé, OilEd, Tadzebao et webOnto :

II.7.2.7.1 Protégé

Protégé est un éditeur libre et open source fondée par l'Université de Stanford, destiné essentiellement pour la création et la sauvegarde des ontologies sous plusieurs formats RDF,

RDFS, XML Schéma, OWL, etc. C'est un outil informatique basé sur Java, appliqué pour la construction et la représentation des systèmes intelligents. Protégé offre un environnement de modélisation des connaissances en se basant sur les éditeurs Protégé-Frames et Protégé-OWL. Il supporte également plusieurs langages d'interprétation et d'interrogation des requêtes à savoir SQWRL et SPARQL. L'architecture de cet éditeur peut être adaptée pour développer des applications ontologiques avec un niveau de complexité différent. Des plug-ins ont été développés pour ajouter des fonctions dédiées à Protégé ; OntoViz et OWLViz sont considérés parmi les plug-ins de Protégé les plus appliqués pour la visualisation des ontologies. SwrlTab est utilisé également pour la création et l'édition des règles SWRL [43].

II.7.2.7.2 OilEd

OilEd est un éditeur d'ontologie simple et gratuit, développée par Sean Bechhofer à l'Université de Manchester. Il est conçu pour la construction des ontologies dans le langage de représentation (OIL). OilEd permet à l'utilisateur de construire des ontologies, d'utiliser le raisonneur FACT pour vérifier la cohérence des ontologies et ajouter des sous-classes de relations implicites, exporter les ontologies dans un certain nombre de formats, y compris OIL-RDF et DAML-RDF [44].

II.7.2.7.3 Tadzebao et webOnto

Développés en 1997 par le Knowledge Media Institute d'Open University. Les deux outils sont complémentaires. Le premier permet aux ingénieurs de connaissances de tenir des discussions sur les ontologies, en mode synchrone et asynchrone, tandis que le second supporte la navigation collaborative, la création et l'édition d'ontologies sur le Web [45].

II.7.2.8 Ontologies et raisonnement

Dans le cadre de l'analyse de l'état de l'art préalable à ce travail de thèse initié en 2007, j'ai eu la surprise de constater la relative pauvreté des travaux utilisant les ontologies en OWL-DL à des fins de raisonnement automatique. Qu'on ne s'y trompe pas : de très nombreux travaux depuis le début des années 2000 propose l'usage d'ontologies à des fins de classification terminologique notamment ; en revanche, c'est l'aspect « raisonnement » en situation de soins, comme dans MYCIN, qui était alors peu usité. En 2008, Olivier Bodenreider met en évidence deux intérêts majeurs dans l'utilisation des ontologies pour les systèmes d'aide à la décision médicale (Bodenreider 2008) : - Elles fournissent un vocabulaire standard pour intégrer les données issues de différentes sources ; par exemple, un logiciel de détection d'allergies médicamenteuses doit faire le lien entre une base d'allergies et un système de codage des

traitements et de leur composition. - Elles permettent de représenter les connaissances sous une forme directement exploitable par la machine (« computable »), le souvent en association avec des règles de production. Ce second aspect qui était très clairement minoritaire en 2008 a vu des travaux comparables aux nôtres réalisés depuis 2008.

Pour du raisonnement automatique en aide à la décision. L'objectif était en fonction de la connaissance de structures anatomiques du cœur atteintes lors de blessures par balle, de déduire la sévérité des blessures d'après la propagation du sang via les orifices créés par le trajet de l'ogive, ou l'importance de l'ischémie en fonction des artères coronaires lésées et du territoire de perfusion concerné (Rubin, Dameron, et al. 2005). Les auteurs soulignent que le principal d'utiliser une ontologie OWL dans la représentation des connaissances est que ce modèle en logiques de description permet de représenter à la fois la connaissance du domaine, et celle nécessaire au raisonnement automatique, rendu possible par les raisonneurs (Racer).

De façon intéressante, ce travail suggère que la réutilisation d'éléments en vue de créer une ontologie ou par la suite entre des ontologies est possible. En effet, la partie nécessaire à la description anatomique du cœur a réutilisé avec succès la taxonomie anatomique

FMA, tandis que les deux ontologies créées pour les deux types de raisonnement (hémorragie et ischémie) avaient pu se baser sur la même ontologie de domaine comme source, avec un nombre de modifications modeste (Dameron et al. 2005). La limite principale reconnue à cette méthode était ici le caractère déterministe du raisonnement, par opposition à un raisonnement probabiliste. Ce travail ne proposait pas d'évaluation formelle des résultats, mais suggère une grande efficacité de l'approche utilisant OWL-DL [46].

II.7.2.9 Utilisation des ontologies

Les ontologies sont utilisées dans plusieurs domaines, les plus répandus sont :

- **La communication** : Une ontologie facilite la communication en fournissant une spécification explicite d'un domaine qui représente un modèle normatif. De plus, les ontologies permettent d'assurer la consistante et d'enlever l'ambiguïté dans les descriptions des connaissances concernant un domaine spécifique. Finalement, les ontologies peuvent intégrer différentes perspectives des utilisateurs. Quand les utilisateurs (qui ont différentes perspectives d'un domaine) partagent une ontologie, ils ont une perspective standard.

• **L'interopérabilité entre les systèmes** : Les ontologies permettent de faciliter l'interopérabilité en intégrant les connaissances concernant différents domaines dont l'objectif est de décrire un domaine unifié ou accomplir une tâche commune. Elles permettent aussi d'intégrer les différents vocabulaires concernant certains domaines. Pour ce faire, les ontologies de ces domaines doivent être intégrées par les méthodes d'intégration d'ontologies afin de partager un même vocabulaire.

a) **Ingénierie des systèmes** : Le développement des systèmes basé sur les ontologies a donné un profit à l'ingénierie de systèmes qui peut être résumé comme suit :

b) **Réutilisabilité** : l'ontologie encode les informations relatives à un domaine (y compris les composants logiciels) de sorte que le partage et la réutilisation sont possibles.

c) **Acquisition des connaissances** : l'ontologie guide l'acquisition des connaissances.

d) **Sûreté** : l'ontologie rend possible l'automatisation du processus de vérification de consistance.

e) **Spécification** : l'ontologie aide le processus d'identification des besoins et la définition des spécifications des systèmes [47].

II.8 Conclusion

Nous avons dressé au cours de ce chapitre un rapide aperçu sur les notions d'ontologie et le web sémantique. Nous nous sommes attachés à définir les ontologies en présentant leur composant, leur Classification, leur typologies, leur Construction, leur Langages, leur Interrogation, leur éditeur, ainsi que le mode de raisonnement sur ces ontologies et finalement leur Utilisation Nous verrons au chapitre suivant, la notion de règles, l'intérêt de combiner ontologie et règles, ainsi que les différentes approches de combinaison, et étude de notre cas concentré sur la maintenance des équipements hospitaliers.

III.1 Introduction

La vision du web sémantique a pour objectif d'échanger, partager, et réutiliser des informations, qui seront interprétable par les machines. Cette vision a vu le jour, et différents langages ont été proposé et normalisé pour approuver cette vision. Nous présentons des généralités sur le web sémantique, et ses différentes couches. Aussi nous parlerons des ontologies, qui sont devenue la première solution pour modéliser les connaissances d'un domaine donné. Nous allons évoquer le mécanisme de raisonnement sur ces ontologies, et nous présenterons par la suite, les différents outils de cette technologie [48].

III.2 Développement d'un SBC pour la maintenance des équipements hospitaliers

III.2.1 Formalisation de la connaissance du domaine par langage OWL

III.2.1.1 Concept de « Entities »

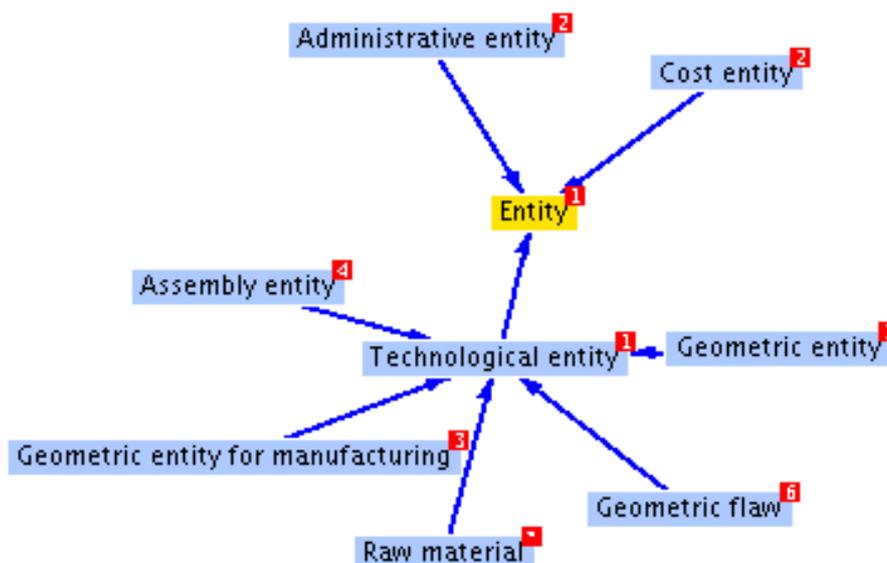


FIGURE III.1 : Hiérarchie des classes d'entités

Les entités (FIGURE III.1) sont tous les concepts d'assistance courants. Ils visent à fournir des concepts pour spécifier le produit. Il donne une vue abstraite sur le produit. Les sous-concepts les plus importants parmi ces entités sont [48] :

- Entités géométriques et Entités géométriques pour la fabrication qui représentent respectivement des entités géométriques abstraites (comme isTangentTo) et concrètes (comme Chamfer)
- Matière première, réellement considérée comme des caractéristiques abstraites des pièces.

III.2.1.2 Concept de « Operations »

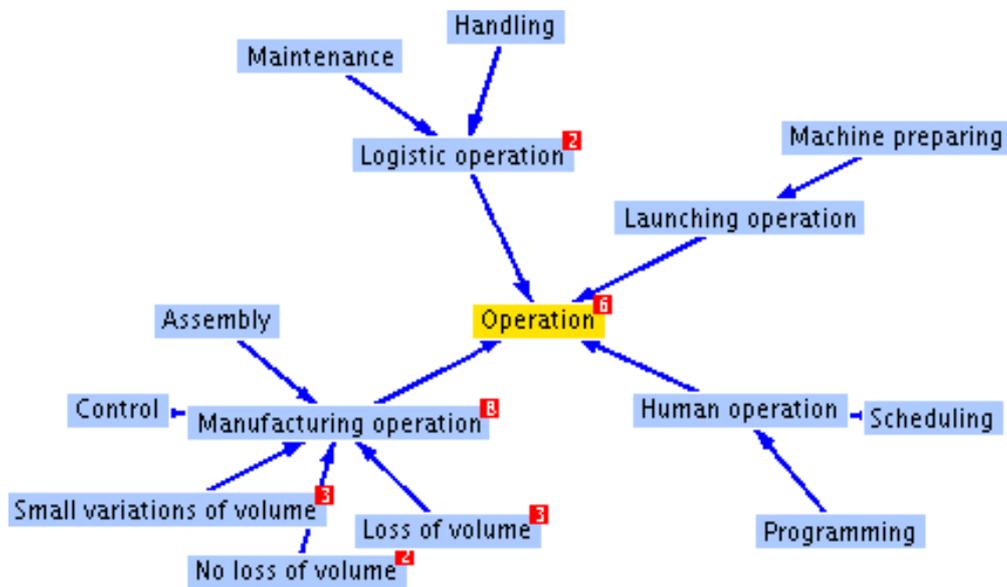


FIGURE III.2 : Hiérarchie des classes d'opérations

Les opérations (FIGURE III.2) concernent la description du processus. Ils couvrent tous les processus liés à la fabrication dans une acception large [48] :

- Les opérations de fabrication, y compris les opérations d'usinage ainsi que le contrôle ou l'assemblage. Les opérations d'usinage sont en outre classées selon leurs caractéristiques physiques (lente/brute, chaude/tiède, avec/sans perte de volume...).
- mais aussi des Opérations Logistiques
- Opérations humaines
- et opération de lancement

III.2.1.3 Concept d'« Ressources »

Enfin, les ressources (FIGURE III.3) représentent l'ensemble des ressources liées à la fabrication, telles que [48] :

- Des machines-outils
- Outils,
- Ressources humaines

- et des ressources géographiques (comme des usines, des ateliers...)

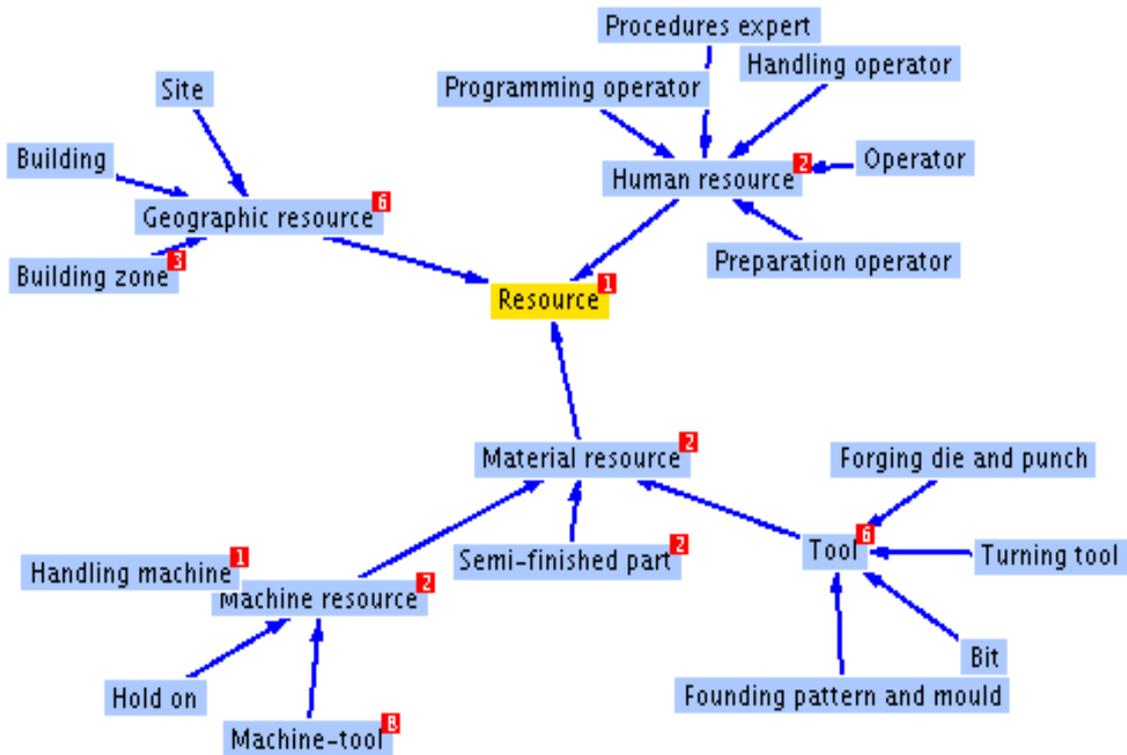


FIGURE III.3 : Hiérarchie des classes de ressources

III.2.1.4 L'adaptation de l'ontologie MASSON aux services hospitaliers

Le concept « Equipement »

La classe « *Equipement* » a été adaptée de l'ontologie MASSON par la classe « *Materiel resource* », la classification des équipements est faite par service médicale, voici la **FIGURE III.4** ; qui représente toutes les sous-classes de la classe « Equipement », cette classe englobe tous les équipements, outils et machines utilisés dans chaque service hospitalier, par exemple « *Equipement-Radiothérapie* », « *Equipement-Radiologie* », « *Equipement-Biochimie* » ...etc. [48]

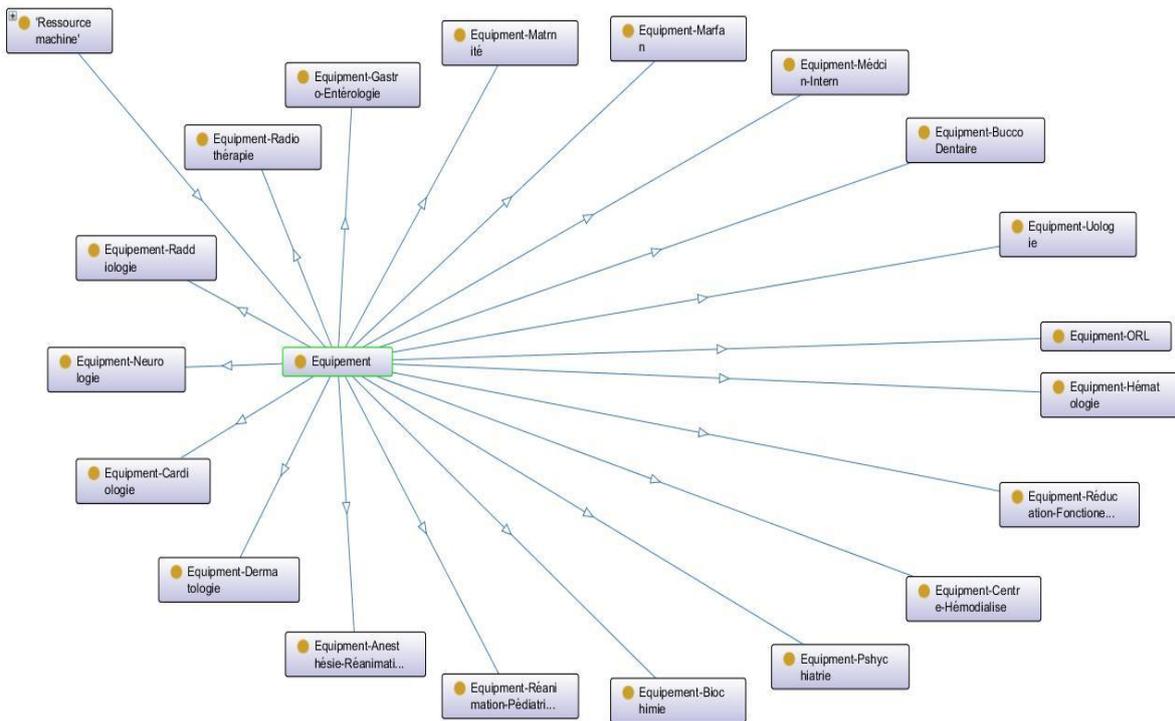


FIGURE III.4 : Les sous-classes de la classe « Equipement »

Le concept « Resource-Humaine »

La classe « *Resource-Humaine* » est issue du concept « *Ressources humaines* » de (Lemaingnan et al.2006), les principaux ressources humaines sont les suivants : Managers, médecins, infirmiers, pations, est représentée dans la (FIGURE III.5).

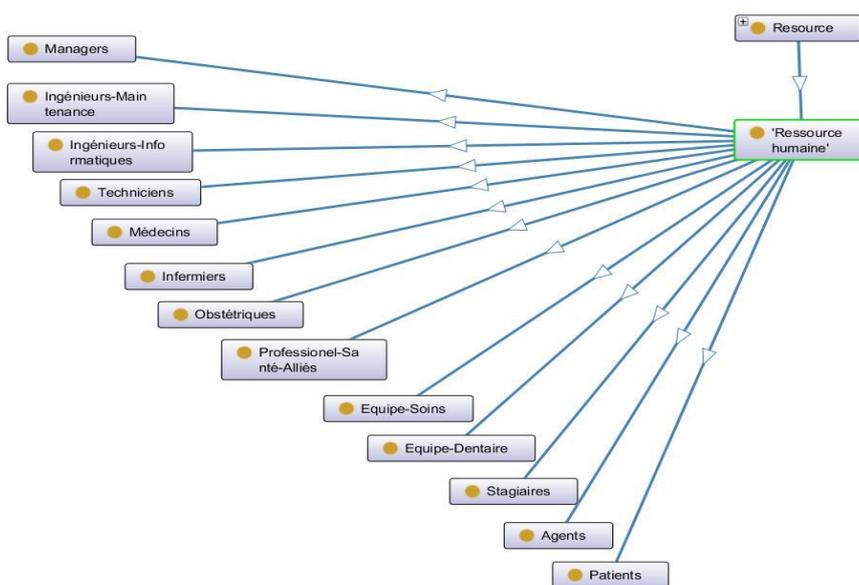


FIGURE III.5 : La classe « Resource-Humaine » et leurs classes hiérarchies

Le concept « Opération-Maintenance »

La classe « *Opération-Maintenance* » a été reprise des concepts « *manufacturing-operation* » de (Lin et al.2011) et « *Operation class*» de (Lemaingnan et al.2006). Dans les domaines de fabrication, le besoin de partage de connaissances lors de l'exécution d'une tâche. Par contre, certaines tâches nécessitent un partage de connaissances en hauteur à partir d'une autre tâche pour son exécution. La description de concept « *Opération-Maintenance* » et leurs classes hiérarchies est représentée dans la figure.3.16. Elles contiennent deux concepts : « *Internalisation* » et « *Externalisation* ». [48]

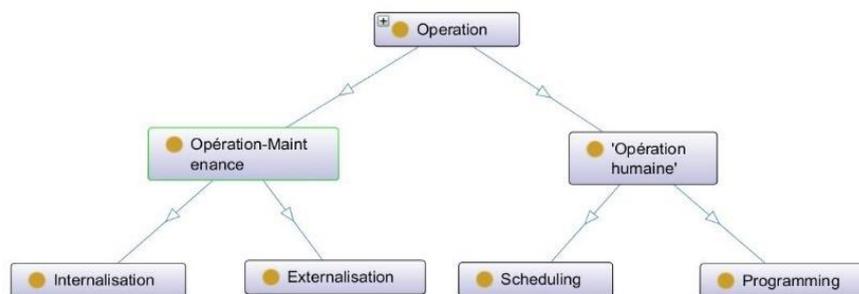


FIGURE III.6 : La classe « *Opération-Maintenance* » et leurs classes hiérarchies

Le concept « Méthode » ET « Contrat »

La classe « *Méthode* » a été reprise des concepts « *Technological entity* » de (Lemaingnan et al.2006). Dans le domaine médical, la maintenance des équipements est pratiquée par des méthodes de maintenances industrielles et aussi par des contrats avec les entreprises privées. La classe « Méthode » contiennent deux sous-classes, la « *MaintenanceCorrective* » et la « *MaintenancePréventive* ». Même pour la classe « Contrat » contiennent quatre concepts : « *ContratTypeA* », « *ContratTypeB* », « *ContratTypeC* » et « *ContratTypeA+* ». La description des concepts « *Méthode* » ET « *Contrat* » et leurs classes hiérarchies est représentée dans la **FIGURE III.7.** [48]

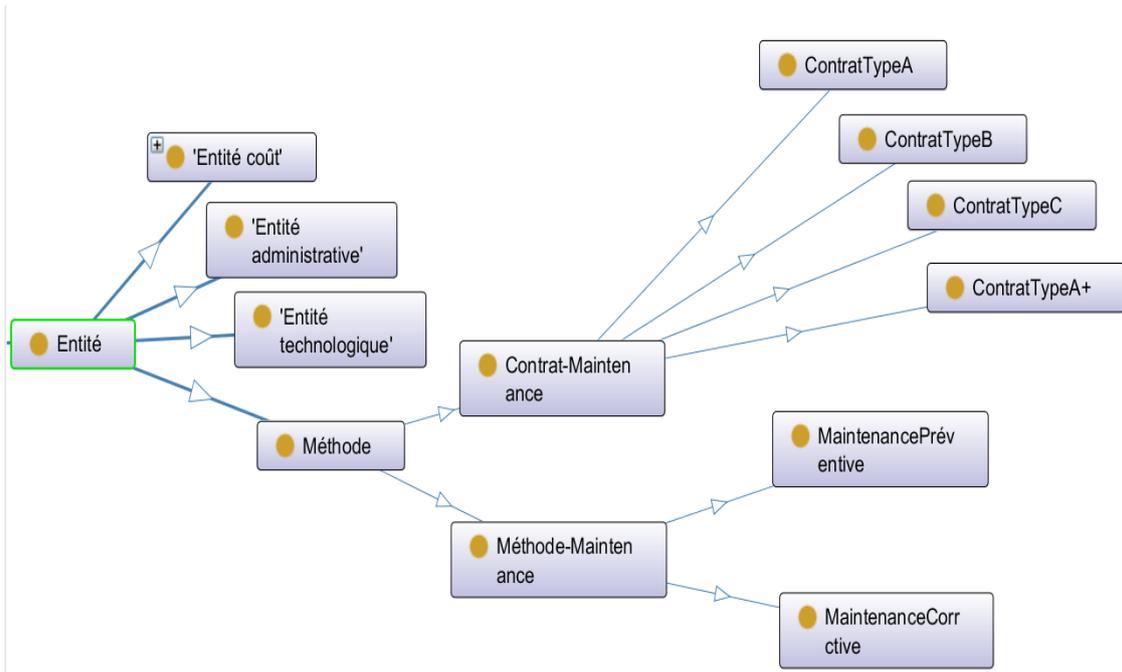


FIGURE III.7 : Les classes « Méthode » ET « Contrat » et leurs classes hiérarchies

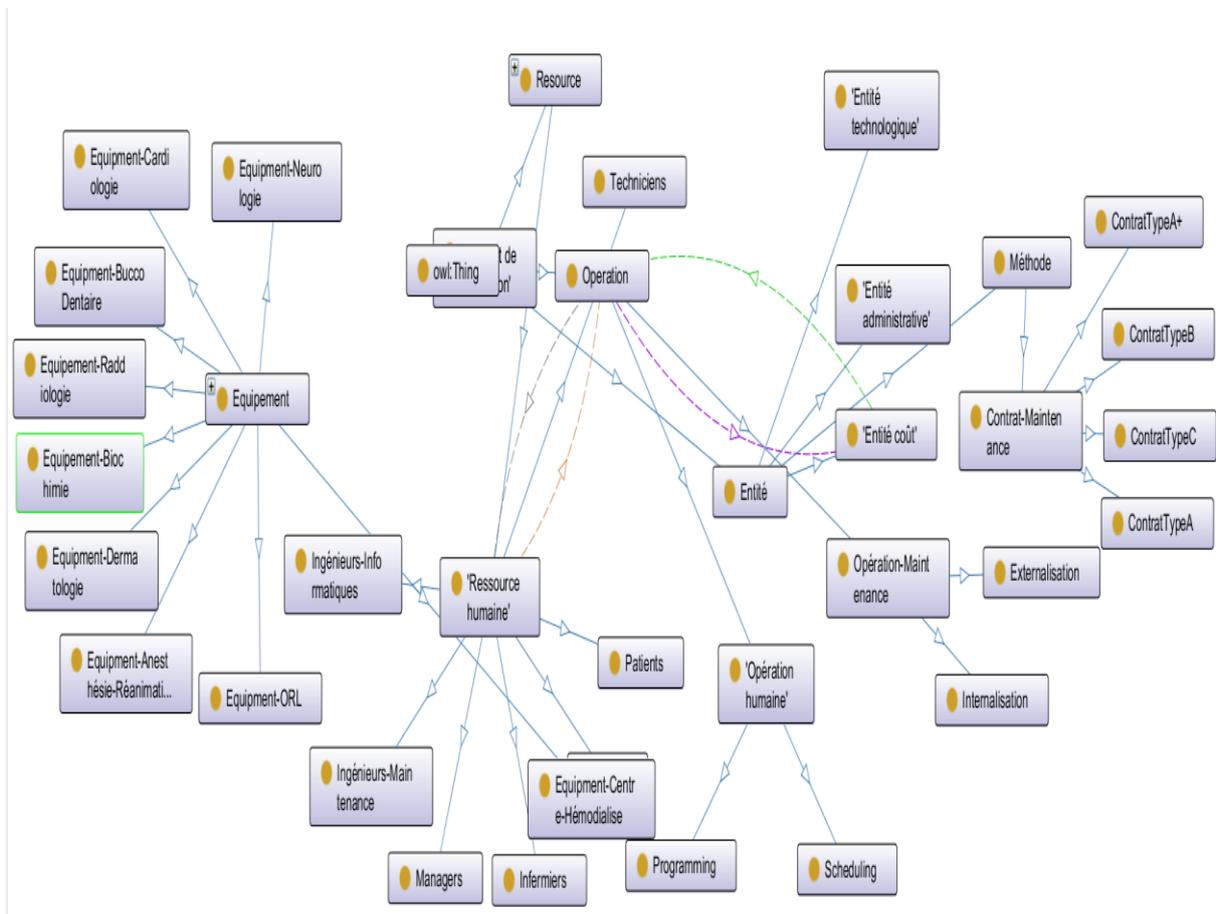


FIGURE III.8 : Schéma global de connaissance du domaine

III.3 Formalisation de la connaissance d'inférence par les règles SWRL

III.3.1 Formalisation de la connaissance d'inférence par les règles SWRL

Le langage de règles du web sémantique (SWRL). SWRL comprend deux parties principales : l'antécédent et le conséquent. Un symbole implicite '→' est utilisé pour relier ces deux parties. De plus, le symbole de conjonction '∧' est utilisé pour connecter différents atomes. Les variables en atomes sont représentées par l'identifiant d'interrogation «?». [49]

III.3.1.1 Procédure du Calcul de la criticité de l'équipement

Le choix de la stratégie de maintenance des équipements hospitaliers est totalement différent de celle des équipements industriels, ce choix est lié à la criticité de l'équipement médicale. Dans ce défi, nous avons besoin de calculer la criticité de l'équipement. Plusieurs méthodes existent dans les littératures pour calculer la criticité de l'équipement, dans notre modèle, nous calculons la criticité à base de 5 critères (le degré de complexité de maintenance, la fonction, le risque, le degré de l'importance de mission, l'Age).

Le Calcul de la criticité de l'équipement à l'aide d'une analyse multicritère AHP, un modèle d'aide à la décision multicritères pour déterminer la criticité des dispositifs médicaux en utilisant les 5 critères précités voire **Tableau III.1**: Classification et rôles du personnel technique. [49]

Critères	Nombre de sous critères	Nombre de niveau
Degré de complexité de maintenance (A)	-	3
Fonction (B)	-	9
Risc (C)	4	3
Degré de l'importance de mission (D)	2	3
Age (E)	-	2

Tableau III.1: Critères et sous-critères pour le calcul de la criticité de l'équipement

Règles d'identification du degré de complexité de maintenance (A)

Selon les travaux de (Fennigkoh et Smith) ont considéré que le degré de la complexité de la maintenance a trois niveaux et classé de 1 à 3.

- Une complexité élevée (score = 3) : pour les équipements mécaniques avancé, les équipements pneumatique ou hydraulique.

Ces règles sont utilisées pour classification le degré de la complexité de la maintenance à partir du type de l'équipement, utilise la propriété.

Règle.SWRL.1: *Equipment(?E) ^ EquipmentType(?E, "advancedMechanicalEquip") -> DegComplexMaint(?E, 3) ^ hasStatut(?E, "High").*

- Une complexité moyenne (score = 2) : pour les équipements nécessite de vérification de performance et des tests de sécurité.

Règle.SWRL.2 *Equipment(?E) ^ EquipmentType(?E, "advancedMechanicalEquip") -> DegComplexMaint(?E, 2) ^ hasStatut(?E, "medium").*

- Une complexité faible (score = 1) : pour les équipements nécessite des inspections seulement visuelles.

Règle.SWRL.3 *Equipment(?E) ^ EquipmentType(?E, "VerificationTests") -> DegComplexMaint(?E, 1) ^ hasStatut(?E, "low").*

Règles d'identification du Fonction des équipements (B)

Le critère de fonction de l'équipement est important pour le choix de la stratégie de la maintenance, (Fennigkoh et Smith) ont proposé 9 scores de 1 à 9 pour ce critère.

Classes		Score
Thérapeutique	Soutien de la vie	9
	Soins chirurgicaux et intensifs	8
	Physiothérapie et traitement	7
Diagnostique	Suivi chirurgical et réanimation	6
	Surveillance physiologique supplémentaire et diagnostic	5
Analytique	Laboratoire analytique	4
	Accessoires de laboratoire	3
	Ordinateurs et connexes	2
Divers	Liés au patient et autres	1

Tableau III.2: Fonction d'équipement

Ces règles sont utilisées pour identification la fonction des équipements, on utilise la propriété *Function* associé à chaque instance de la classe *Equipement* et agrège ces instances au sein des instances de la classe d'équipements.

Règle.SWRL.3 $Equipement(?E) \wedge Function(?E, "LifeSupport") \rightarrow FunctionScore(?E, 9)$

Règle.SWRL.4 $Equipement(?E) \wedge Function(?E, "Surgical-intenciveCare") \rightarrow FunctionScore(?E, 8)$

Règle.SWRL.5 $Equipement(?E) \wedge Function(?E, "PhysicalTherapyTraitment") \rightarrow FunctionScore(?E, 7)$

Règle.SWRL.6 $Equipement(?E) \wedge Function(?E, "Surgical-intenciveCare") \rightarrow FunctionScore(?E, 6)$

Règle.SWRL.7 $Equipement(?E) \wedge Function(?E, "PhysiologicalDiagnosis") \rightarrow FunctionScore(?E, 5)$

Règle.SWRL.8 $Equipement(?E) \wedge Function(?E, "AnalyticalLaboratory") \rightarrow FunctionScore(?E, 4)$

Règle.SWRL.9 $Equipement(?E) \wedge Function(?E, "LaboratoryAccessoiries") \rightarrow FunctionScore(?E, 3)$

Règle.SWRL.10 $Equipement(?E) \wedge Function(?E, "ComputerRelated") \rightarrow FunctionScore(?E, 2)$

Règle.SWRL.11 $Equipement(?E) \wedge Function(?E, "PatientRelated") \rightarrow FunctionScore(?E, 1)$

Règles d'identification du Risc (C)

Le critère de risque de l'équipement est le plus important pour le calcul de criticité de l'équipement, il n'est pas facile de classer directement un nombre, les travaux de (Taghipour et al) ont déjà proposé une méthode de calcul de critère de risque à base de la méthode AMDEC (Analyse et Mode de Défaillance et leurs Criticité). Le risque est la somme de risque des modes de défaillances FMR (Failure Modes Risks).

$$FMR = detectabilité * Frequence * (temps d'arret + sécurité) / 2..... (1)$$

Les sous-critères (la détectabilité, la fréquence, temps d'arrêt et sécurité) contiennent trois niveaux (hausse, moyen, et faible). Le FMR est une valeur naturelle entre 1 et 27, mais le risque est une valeur de 1 à 27 multiplié par le nombre maximum de mode de défaillance de l'équipement étudié. Nous utilisons une procédure simple pour calculer les valeurs de risque

pour faciliter le raisonnement, on considère 3 niveaux de risque : Elevé (Score=3), moyen (Score=2) et faible (Score=1).

Règle.SWRL.12 $Equipment(?E) \wedge detectability(?E, d) \wedge Frequency(?E, f) \wedge downTime(?E, t) \wedge safety(?E, s) \rightarrow Risc(?E, 3) \wedge hasStatut(?E, "high")$.

Règle.SWRL.13 $Equipment(?E) \wedge detectability(?E, d) \wedge Frequency(?E, f) \wedge downTime(?E, t) \wedge safety(?E, s) \rightarrow Risc(?E, 2) \wedge hasStatut(?E, "medium")$.

Règle.SWRL.14 $Equipment(?E) \wedge detectability(?E, d) \wedge Frequency(?E, f) \wedge downTime(?E, t) \wedge safety(?E, s) \rightarrow Risc(?E, 1) \wedge hasStatut(?E, "low")$.

un exemple d'une règle logique pour l'identifier le risque: *‘If detectability is high, and frequency is medium, and downtime is medium, and safety is high, then risk is high.’*

Règles d'identification du degré de l'importance de mission (D)

Le degré d'importance de la mission ou la criticité de la mission comme un critère pour calculer la criticité de l'équipement. Ce critère décrit dans quelle mesure un appareil est crucial pour le processus de prestation de soins d'un hôpital. Dans notre modèle, le degré d'importance de la mission dépend du taux d'utilisation (le taux d'utilisation est considéré comme le nombre moyen d'heures d'utilisation de l'équipement par semaine divisé par le maximum, qui est considéré comme 48 heures par semaine) et de la disponibilité. Nous considérons 4 scores pour le taux d'utilisation et 2 scores pour la disponibilité d'appareils alternatifs. (**Tableau III.3**).

Critère	Sous-critères	Description	Score
Degré de l'importance	Taux d'utilisation (UR)	$UR \geq 80\%$	4
		$65\% \leq G < 80\%$	3
		$30\% \leq UR < 65\%$	2
	Disponibilité d'appareils alternatifs	$UR < 30\%$	1
		Indisponible	2
		Disponible	1

Tableau III.3 : Sous-critères pour calculer le degré d'importance

On considère une simple somme des 2 sous-critères (S) pour calculer le degré d'importance du critère de mission. La valeur de S est comprise entre 2 et 6. Dans notre modèle, nous proposons 3 scores pour ce critère : importance élevée (score = 3), importance moyenne (score = 2) et importance faible (score = 1) (tableau 4).

Classes de degré de l'importance	S	Score
Élevé	S=6	3
Moyen	S=4, S=5	2
Faible	S=2, S= 3	1

Tableau III.4 : Degré de l'importance de mission

Règle.SWRL.15 $Equipment(?E) \wedge degreImprt(?E, 6) \wedge UR(?E, ?ur) \wedge swrlb:greaterThan(?ur, 80) \rightarrow degreScore(?E, 4)$

Règle.SWRL.16 $Equipment(?E) \wedge degreScore(?E, 3) \rightarrow hasStatut(?E, "high")$.

Règle.SWRL.17 $Equipment(?E) \wedge degreImprt(?E, 4) \wedge UR(?E, ?ur) \wedge swrlb:greaterThan(?ur, 65) \wedge swrlb:lessThan(?y, 80) \rightarrow degreScore(?E, 3)$

Règle.SWRL.18 $Equipment(?E) \wedge degreScore(?E, 3) \rightarrow hasStatut(?E, "high")$.

Règle.SWRL.19 $Equipment(?E) \wedge degreImprt(?E, 2) \wedge UR(?E, ?ur) \wedge swrlb:greaterThan(?ur, 30) \wedge swrlb:lessThan(?ur, 65) \rightarrow degreScore(?E, 2)$

Règle.SWRL.20 $Equipment(?E) \wedge degreScore(?E, 2) \rightarrow hasStatut(?E, "midium")$.

Règle.SWRL.21 $Equipment(?E) \wedge degreImprt(?E, 2) \wedge UR(?E, ?ur) \wedge swrlb:lessThan(?ur, 30) \rightarrow degreScore(?E, 1)$

Règle.SWRL.22 $Equipment(?E) \wedge degreScore(?E, 1) \rightarrow hasStatut(?E, "low")$.

Règles d'identification du l'Age de l'équipement (E)

Le critère d'âge est basé sur l'âge réel d'un équipement et son durée de vie prévisible généralement considérée comme égale à 10 ans. Dans notre modèle, nous proposons 2 niveaux : neuf (quand âge ≤ 10 ans, score = 1) et vieux (quand âge >10 ans, note =2).

Règle.SWRL.23 $Equipment(?E) \wedge Age(?E, ?ag) \wedge swrlb:lessThan(?ag,10) \rightarrow AgeScore(?E, 1)$

Règle.SWRL.24 $Equipment(?E) \wedge Age(?E, ?ag) \wedge swrlb:greaterThan(?ag,10) \rightarrow AgeScore(?E, 2)$

Règles du calcul la Criticité du l'équipement (G)

Nous proposons une formule simple avec une somme des 5 derniers critères (de A à E) pour calculer la valeur de criticité du l'équipement. Nous ne considérons pas le poids car le l'importance de chaque critère est déjà considérée par le nombre de niveaux associés.

Règle.SWRL.25 $Equipment(?E) \wedge DegComplexMaint(?E, 3) \wedge FunctionScore(?E, 1) \wedge Risc(?E, 1) \wedge degreScore(?E, 1) \wedge AgeScore(?E, 2) \rightarrow Criticality (?E, ?G) \wedge hasValue(?G, ?cr)$

Ils ont considéré l'ordre suivant des politiques de maintenance : maintenance préventive basée sur l'état des équipements hautement critiques, maintenance préventive basée sur le temps.et la maintenance corrective pour les équipements non critique.

III.3.1.2 Procédure du l'internalisation du service de maintenance

La décision d'effectuer pour le choix de la maintenance d'un équipement hospitalier par l'internalisation ou par l'externalisation est prise en compte sur la base de critères supplémentaires : *compétence du personnel interne* et *disponibilité des outils nécessaires, coût annuel (moyen) estimé, équipe de maintenance requise et coût de travail à l'extérieur*. Comme la stratégie de maintenance des équipements n'est pas encore connue à cette étape, nous prenons comme estimation le coût moyen des 3 stratégies possibles. [49]

Compétence par niveau de maintenance (H)

Selon la **Norme NF-X60-01021**, ils existent 5 niveaux de maintenance de 1 à 5 sont définis. La compétence du personnel sera identifiée par niveau. Le niveau L1 correspond aux contrôles simples qui sont effectués par des techniciens internes (inclus dans le calcul des charges internes), et le niveau L5 correspond aux rares travaux nécessitant l'intervention du constructeur (externe). La décision d'internaliser concerne les niveaux de maintenance L2, L3 et L4 (**Tableau III.5**).

Stratégies Niveaux	L1	L2	L3	L4	L5
Compétences	1	0 ou 1	0 ou 1	0 ou 1	0 ou 1

Tableau III.5 : Présence des compétences requises jusqu'au niveau de maintenance (1 si oui, 0 si non), L : niveau de maintenance

Charge de travail annuelle estimée par niveau par stratégie de maintenance par appareil (I)

Pour chaque niveau de maintenance, nous définissons la charge de travail annuelle en heures sur la stratégie de maintenance considérée.

Sachant que la maintenance conditionnelle n'est présente que pour le niveau L4 et que la maintenance systématique est présente pour tous les niveaux.

Équipe par niveau (J)

Pour chaque niveau de maintenance, nous définissons l'équipe associée composée d'opérateurs et d'ingénieurs.

Coût par heure (K)

Le coût horaire est déterminé en fonction du type de stratégie de maintenance, qu'elle soit réalisée par des ressources internes ou externes et de la qualification du personnel impliqué (opérateurs et ingénieurs).

Nous supposons que pour chaque équipement un sous-traitant potentiel est déjà identifié. Ainsi, pour chaque équipement, nous avons les coûts proposés par le sous-traitant potentiel. Il est clair qu'un sous-traitant peut avoir plusieurs appareils pris en charge. Le salaire horaire de travail des sous-traitants est le même quel que soit l'équipement. Le salaire horaire interne est beaucoup moins cher que le salaire d'externalisation.

Coût de la main-d'œuvre (L)

Le coût de la main-d'œuvre est déterminé par la multiplication de la charge de travail de maintenance estimée (I) avec le salaire horaire de la main-d'œuvre (J) et le type et le nombre de personnel (K) impliqué

$$L = I * J * K \dots\dots\dots (2)$$

L'internalisation se fait en fonction de la faisabilité en termes de compétences et d'outils disponibles. La capacité interne est limitée et considérée comme un paramètre d'entrée. Nous proposons une heuristique simple en 3 phases pour internaliser les niveaux à forte valeur ajoutée en termes d'économies de coûts d'internalisation par rapport à l'externalisation.

Le coût réel de maintenance des équipements sera défini précisément tandis que les contrats des équipements externalisés seront définis à procédures suivantes ; à cette étape et après que les niveaux de maintenance des équipements sont décidés, nous pouvons avoir une estimation du coût de maintenance des équipements par stratégie de maintenance, ce qui aide la maintenance du service à négocier les coûts du contrat.

III.3.1.3 Procédure du choix de la stratégie de maintenance de l'équipement

L'objectif de cette section est de déterminer la stratégie de maintenance (maintenance systématique, maintenance conditionnelle, ou maintenance corrective) à envisager pour chacun des équipements médicaux en fonction du calcul de sa criticité. Nous proposons 3 classes (tableau 3.6) avec des stratégies associées. Les seuils T1 et T2 entre classes de criticité sont définis en fonction du budget qui est alloué pour maintenir ces équipements et les ressources disponibles (**Tableau III.6**). [49]

Stratégie de maintenance	Criticité	Score
Maintenance systématique (G = 3)	Criticité \geq T2	Élevé
Maintenance conditionnelle (G = 2)	T1 \leq criticité < T2	Moyen
Maintenance corrective (G = 1)	Criticité < T1	Bas

Tableau III.6 : Différents niveaux de criticité et stratégies Maintenance pertinente

En fait, la stratégie de maintenance corrective ne nécessite pas de ressources préplanifiées (car elle est appliquée pour les appareils non critiques). Cependant, la maintenance systématique nécessite des ressources et un budget réservé. Enfin, la stratégie de la maintenance conditionnelle se situe entre les deux et nécessite des outils spéciaux.

Maintenance Corrective	Maintenance préventive			
	Maintenance Conditionnel		Maintenance systématique	
Ressources ↓	Ressources↑			
	Budget ↓	Outils ↑	Budget ↑	Outils ↓

Tableau III.7 : Différents niveaux de criticité et stratégies Maintenance pertinente

III.3.1.4 Procédure du l’externalisation et mise en place du contrat [2]

Quatre types de contrats sont utilisés en dans la maintenance des équipements hospitaliers : A*, A, B et C. Pour tous ces contrats, des clauses de disponibilité des équipements (au moins 95%) et de temps de réponse (au plus 72 heures) sont identiques. La différence réside dans la stratégie de maintenance choisie et la constitution du package en termes de pièces de rechange et de main d'œuvre (voir première partie de l'article). Selon de la sélection des contrats est une étape très importante du processus d'externalisation dans la tendance actuelle à la réduction des coûts.

Une procédure de choix du type de contrat en fonction des résultats précédents est présentée ci-après. Cette procédure est basée sur 4 critères : La criticité (G), le coût de la main-d'œuvre (L), la valeur monétaire des pièces de rechange (F), et la fréquence des défaillances complexes (O).

Les 2 premiers critères G et L sont déjà expliqués dans les étapes précédentes. Nous classons simplement le coût du travail (L) en 2 niveaux possibles (élevé avec le score = 2 et bas avec le score = 1). De même, on considère 2 niveaux pour les 2 autres critères. Le critère du coût de la main-d'œuvre (L) permet de choisir entre 2 types de contrats en regardant s'ils incluent la main-d'œuvre dans le forfait. Par exemple, si on limite le choix entre les contrats A et B et que le matériel médical nécessite un coût de main-d'œuvre élevé (main-d'œuvre qualifiée), on choisit le contrat A ; sinon, nous choisissons le contrat B.

Valeur monétaire des pièces de rechange (F) :

Ce critère nous permet de choisir entre 2 types de contrats en regardant s'ils incluent les pièces de rechange dans le forfait. Par exemple, si on limite le choix entre les contrats B et C, et que le dispositif médical a un coût élevé en pièces détachées, on choisit le contrat B ; sinon, on choisit le contrat C.

Fréquence des défaillances complexes (O) :

Ce critère indique l'occurrence de défaillances complexes inattendues. Il nous permet de choisir entre 2 types de contrats en regardant s'ils incluent la maintenance corrective dans le forfait. Par exemple, si on limite le choix entre les contrats A* et A, et que le dispositif médical présente une fréquence élevée de pannes complexes, on choisit le contrat A* ; sinon, on choisit le contrat A.

Le type de contrat privilégié est ainsi défini pour les niveaux de maintenance L2, L3 et L4 pour tous les équipements selon les critères G, F, L et O (tableau 3.8). Cela nous permet de choisir le type de contrat pour l'équipement en fonction d'un certain degré de risque et de définir le contenu du contrat par rapport aux différents niveaux de maintenance en termes de main-d'œuvre et de pièces de rechange. Par exemple, nous prenons le même équipement « ventilateur d'anesthésie » donné précédemment, et nous appliquons notre proposition de procédure pour sélectionner le contrat approprié pour cet équipement. Pour le niveau L1, les activités sont internalisées. Pour les niveaux L2 et L3, les activités sont externalisées avec le type de contrat A, et pour le niveau L4, les activités sont externalisées avec le type de contrat A*.

Multicritère	Type de contrat
G = 3, L = 2, O = 2	A*
G = 3, L = 2, O = 1	A
G = 3, L = 1, F = 2	B
G = 3, L = 1, F = 1	C
G = 2, L = 1, F = 2	B
G = 2, L = 1, F = 1	C
G = 1, L = 1, F = 2	C
G = 1, L = 1, F = 1	No contrat

Tableau III.8 : Sélection du contrat en fonction des critères G, F, L et O

Règles de l'externalisation et choix de type des contrats

Règle.SWRL.26 $Equipment(?E) \wedge Externalisation(?ex) \wedge Criticity(?E, ?G) \wedge MaintLevel(?M, ?L) \wedge Method-Maintenance(?M) \wedge Contrat-Maintenance(?CM) \wedge Frequency(?E, ?O) \wedge hasContract(?ex, ?C) \wedge Criticality(?E, ?G) \wedge hasValue(?G, 3) \wedge hasValue(?L, 2) \wedge hasValue(?O, 2) \rightarrow TypeOfContract(?CM, ?cm) \wedge hasValue(?O, A^*)$

Règle.SWRL.27 $Equipment(?E) \wedge Externalisation(?ex) \wedge Criticity(?E, ?G) \wedge MaintLevel(?M, ?L) \wedge Method-Maintenance(?M) \wedge Contrat-Maintenance(?CM) \wedge Frequency(?E, ?O) \wedge hasContract(?ex, ?C) \wedge Criticality(?E, ?G) \wedge hasValue(?G, 3) \wedge hasValue(?L, 2) \wedge hasValue(?O, 1) \rightarrow TypeOfContract(?CM, ?cm) \wedge hasValue(?O, A)$

Règle.SWRL.28 $Equipment(?E) \wedge Externalisation(?ex) \wedge Criticity(?E, ?G) \wedge MaintLevel(?M, ?L) \wedge Method-Maintenance(?M) \wedge Contrat-Maintenance(?CM) \wedge MonetaryValueSpart(?CM, ?F) \wedge hasContract(?ex, ?C) \wedge Criticality(?E, ?G) \wedge hasValue(?G, 3) \wedge hasValue(?L, 1) \wedge hasValue(?F, 1) \rightarrow TypeOfContract(?CM, ?cm) \wedge hasValue(?O, B)$

Règle.SWRL.29 $Equipment(?E) \wedge Externalisation(?ex) \wedge Criticity(?E, ?G) \wedge MaintLevel(?M, ?L) \wedge Method-Maintenance(?M) \wedge Contrat-Maintenance(?CM) \wedge MonetaryValueSpart(?CM, ?F) \wedge hasContract(?ex, ?C) \wedge Criticality(?E, ?G) \wedge hasValue(?G, 3) \wedge hasValue(?L, 1) \wedge hasValue(?F, 2) \rightarrow TypeOfContract(?CM, ?cm) \wedge hasValue(?O, C)$

Règle.SWRL.30 $Equipment(?E) \wedge Externalisation(?ex) \wedge Criticity(?E, ?G) \wedge MaintLevel(?M, ?L) \wedge Method-Maintenance(?M) \wedge Contrat-Maintenance(?CM) \wedge MonetaryValueSpart(?CM, ?F) \wedge hasContract(?ex, ?C) \wedge Criticality(?E, ?G) \wedge hasValue(?G, 2) \wedge hasValue(?L, 1) \wedge hasValue(?F, 2) \rightarrow TypeOfContract(?CM, ?cm) \wedge hasValue(?O, B)$

Règle.SWRL.31 $Equipment(?E) \wedge Externalisation(?ex) \wedge Criticity(?E, ?G) \wedge MaintLevel(?M, ?L) \wedge Method-Maintenance(?M) \wedge Contrat-Maintenance(?CM) \wedge MonetaryValueSpart(?CM, ?F) \wedge hasContract(?ex, ?C) \wedge Criticality(?E, ?G) \wedge hasValue(?G, 2) \wedge hasValue(?L, 1) \wedge hasValue(?F, 2) \rightarrow TypeOfContract(?CM, ?cm) \wedge hasValue(?O, C)$

Règle.SWRL.32 $Equipment(?E) \wedge Externalisation(?ex) \wedge Criticity(?E, ?G) \wedge MaintLevel(?M, ?L) \wedge Method-Maintenance(?M) \wedge Contrat-Maintenance(?CM) \wedge MonetaryValueSpart(?CM, ?F) \wedge hasContract(?ex, ?C) \wedge Criticality(?E, ?G) \wedge hasValue(?G, 2) \wedge hasValue(?L, 1) \wedge hasValue(?F, 2) \rightarrow TypeOfContract(?CM, ?cm) \wedge hasValue(?O, C)$

Enfin, il y a 2 choix possibles :

Contrat de type A* dans lequel l'ensemble est constitué de la maintenance préventive et des pièces de rechange associées pour les niveaux de maintenance L2, L3 et L4 ainsi que de la maintenance corrective et des pièces de rechange associées uniquement pour le niveau L4

Contrat de type A dans lequel il n'y aura que la maintenance préventive et les pièces de rechange associées pour les niveaux de maintenance L2, L3 et L4, sans maintenance corrective.

Un certain degré de risque est à considérer dans le cas où les sous-traitants proposent des contrats aux formules rigides. Notre procédure nous permet de prendre les meilleures décisions avec minimum de risque.

Pour les hôpitaux des pays développés, les services de maintenance du génie biomédical sont sous-traités à des entreprises privées. Cette décision de sous-traitance est presque due à la technologie haut de gamme utilisée dans l'équipement médical et aussi à l'indisponibilité de l'expertise interne. Cependant, dans les pays en développement, le contrat couvre la main-d'œuvre et les pièces de rechange. Par conséquent, les clauses et les types de contrats pour les pays développés et en développement sont différents.

La procédure fournie est assez générique. Il peut être appliqué aux hôpitaux des pays développés avec quelques différences dans la définition des seuils et des types de contrats finaux ; par exemple, l'âge moyen des équipements peut être supérieur ou inférieur à 10 ans. Un contrat de partenariat peut être ajouté.

III.3.2 Sélection de la stratégie de la maintenance des équipements hospitaliers par les règles SQWRL

La technologie sémantique permette de sélectionner la stratégie de la maintenance des équipements hospitaliers par l'utilisation des requêtes SQWRL et la sélection de connaissances qui permet de chercher des règles SWRL en se basant sur leur contenu, sur les classes et propriétés utilisées. Cette sélection joue un rôle important dans le partage des connaissances durant l'exécution d'une opération de maintenance, il peut également être intéressant de sélectionner des connaissances liées à la tâche, aux équipements, aussi le choix des contrats. [49]

III.3.2.1 Sélection la politique de la maintenance choisie pour les' équipements

Règle.SQWRL.1 $Equipment(?E) \wedge EquipmentType(?E, ?t) \wedge DegComplexMaint(?E, ?d) \rightarrow sqwrl :select(?E, ?t, ?d)$

Règle.SQWRL.2 $Methode-Maintenance(?MM) \wedge Equipment(?E) \wedge EquipmentType(?E, ?t) \wedge DegComplexMaint(?MM, ?d) \wedge \rightarrow sqwrl :select(?E, ?MM, ?t, ?d)$

Règle.SOWRL.3 $Equipment(?E) \wedge EquipmentType(?E, ?t) \wedge Age(?E, ?ag) \wedge DegreImprt(?E, ?di) \wedge Function(?E, ?ag) \wedge Risc(?E, ?r) \rightarrow sqwrl :select(?E, ?t, ?d, ?ag, ?r)$

Règle.SOWRL.4 $Equipment(?E) \wedge Méthode-Maintenance(?MM) \wedge hasMethod(?E, ?MM) \wedge Age(?E, ?ag) \wedge DegreImprt(?E, ?di) \wedge Function(?E, ?ag) \wedge Risc(?E, ?r) \rightarrow sqwrl :select(?E, ?t, ?d, ?ag, ?r)$

III.3.2.2 Sélection les stratégies de maintenance, internalisation/externalisation

Règle.SOWRL.5 $Equipment(?E) \wedge MaintenanceCorective(?MC) \wedge hasMethod(?E, ?MC) \wedge Criticality(?E, ?G) \wedge hasValue(?G, 1) \wedge Internalisation(?IN) \rightarrow sqwrl :select(?E, ?MC, ?G, ?IN)$

Règle.SOWRL.6 $Equipment(?E) \wedge MaintenancePreventive(?MP) \wedge hasMethod(?E, ?MC) \wedge Criticality(?E, ?G) \wedge hasValue(?G, 2) \wedge Externalisation(?EX) \rightarrow sqwrl :select(?E, ?MP, ?G, ?EX)$

Règle.SOWRL.7 $Equipment(?E) \wedge MaintenancePreventive(?MP) \wedge hasMethod(?E, ?MC) \wedge Criticality(?E, ?G) \wedge hasValue(?G, 3) \wedge Externalisation(?EX) \rightarrow sqwrl :select(?E, ?MP, ?G, ?EX)$

III.3.2.3 Sélection l'externalisation et choix de type des contrats

Règle.SOWRL.8 $Equipment(?E) \wedge Externalisation(?ex) \wedge Contrat-Maintenance(?CM) \wedge TypeOfContrat(?CM, ?T) \wedge hasContract(?ex, ?C) \wedge Criticality(?E, ?G) \rightarrow sqwrl :select(?E, ?G, ?ex, ?CM, ?T, ?C)$

Règle.SOWRL.9 $Equipment(?E) \wedge Externalisation(?ex) \wedge Criticality(?E, ?G) \wedge MaintLevel(?M, ?L) \wedge Method-Maintenance(?M) \wedge Contrat-Maintenance(?CM) \wedge MonetaryValueSpart(?CM, ?F) \wedge hasContract(?ex, ?C) \wedge Criticality(?E, ?G) \wedge hasValue(?G, 2) \wedge hasValue(?L, 1) \wedge hasValue(?F, 2) \rightarrow sqwrl :select(?E, ?ex, ?M, ?G, ?C, ?CM, ?cm)$

III.4 Synthèse de modèle proposé

Le processus de partage des connaissances comprend quatre composants clés :

(1) La base de connaissances : C'est l'élément le plus important du processus, la connaissance du domaine par l'ontologie MASSON et une base des réglés SWRL.

(2) Le système de gestion de l'ontologie : Dans le cas de la présente étude, Protégé a été utilisé, qui aide les éditeurs à établir et à modifier l'ontologie.

(3) Le moteur d'inférence : c'est le module de raisonnement du système, un moteur de règles, qui lit les faits existants et les règles créées par les ingénieurs du savoir et infère de nouveaux faits dans ce système ; par exemple, le moteur JESS dans cette ontologie, un moteur de raisonnement (Pellet), qui peut vérifier la cohérence de l'ontologie développée pour éliminer les erreurs, est également un élément important.

(4) L'interface de requête, qui est souvent utilisée pour interagir avec le système de gestion des connaissances.

La collaboration de ces quatre composants permet à l'ensemble du système d'ontologie de fonctionner de manière transparente et efficace.

Un flux de travail du MASSON (**FIGURE III.9**) est fourni comme suite :

Premièrement, les ingénieurs de connaissances traduisent les connaissances capitalisées (voire section 3.2). Deuxièmement, l'ontologie et les règles SWRL définies via Protégé et SWRLTab sont stockées dans une base de connaissances. Ensuite, le moteur de règles exécute les règles SWRL et génère de nouveaux faits dans la gestion de système de l'ontologie. Enfin, le décideur peut obtenir des informations utiles en définissant plusieurs contraintes à partir de l'interface de requête SQWRL (Semantic Query-Enhanced Web Rule Language). Plus de détails sont illustrés ci-dessous (voir **Tableau III.9**).

Les agents manufacturiers

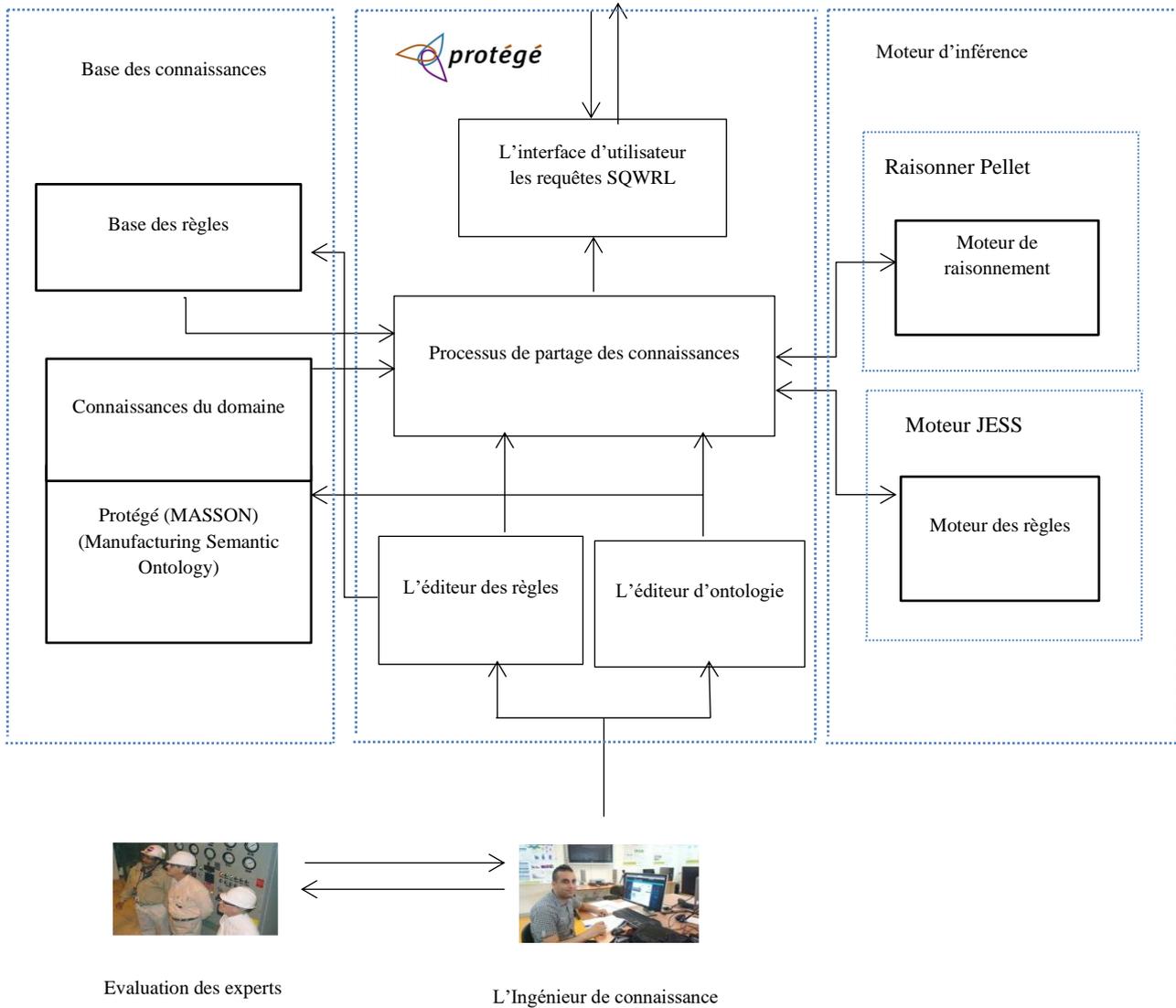


FIGURE III.9 : Un flux de travail du MASSON

•Éditeur d'ontologie	Protégé a été adopté pour l'ontologie car il s'agit d'un logiciel open source. Il permet à l'ontologie d'être créée et mise à jour par les utilisateurs et il est compatible avec la plupart des validateurs de syntaxe OWL. De plus, divers plugins peuvent être utilisés en combinaison avec Protégé.
Language de development	OWL : pour modéliser les connaissances de domaine et de la tâche. SWRL: pour modéliser les connaissances d'inférence et aussi les requêtes SQWRL.
Moteur de règles	Le moteur Jess est un outil essentiel pour le développement de règles qui peuvent être appliquées à plusieurs reprises à un ensemble de faits ou exécutées pour créer de nouveaux faits.
Raisonnement d'ontologie	Pellet est un raisonneur vital dans l'ontologie. Il peut fournir des normes importantes et des services avancés de raisonnement.
Plug-ins	SWRL Tab: pour aider à écrire des règles SWRL. SWRL Editor: pour aider à modifier et à enregistrer diverses règles SWRL. SWRL Jess Bridge: pour faciliter la communication entre l'ontologie et les moteurs de règles. SQWRLQueryTab: pour offrir une interface graphique à travers laquelle les utilisateurs peuvent interagir avec les requêtes SQWRL. SWRLJessTab: pour fournir une interface graphique pour fonctionner avec SWRLJessBridge.

Tableau III.9 : Les composants inclus Processus de partage des connaissances par l'ontologie MASSON

III.5 Conclusion

Dans ce chapitre, une procédure de choix d'une stratégie de maintenance, d'externalisation et d'internalisation des niveaux de maintenance et du type de contrat appropriée par équipement a été proposée sur la base des critères que nous avons validés par les experts. Nous avons défini les critères de gestions du budget de maintenance disponible et la possibilité de négocier le type de contrat avec le sous-traitant.

Dans le prochain chapitre, La mise en application de notre système de gestion des connaissances proposées au niveau de Centre Universitaire Hospitalier (CHU) d'Oran.

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons une application réelle de notre système à base de connaissance proposé au niveau du CHU d'Oran, utilisant la connaissance du domaine par le langage OWL, la connaissance d'inférence par le langage SWRL et aussi la sélection des connaissances hospitaliers par les requêtes SQWRL.

IV.2 Présentation du CHU d'Oran

L'origine du centre hospitalier régional d'Oran remonte en 1877, année où fut mis en chantier la construction du premier pavillon du nouveau hôpital.

C'est six ans plus tard, en avril 1883, que les malades du vieil hôpital St Lazare, situé boulevard des 2^{-ème} zouaves, venaient occuper les nouveaux bâtiments du St Michel.

Régulé au début par le décret du 32 décembre 1874. Puis par celui de 27 décembre 1943, c'est le décret N°57-19090 du 3 octobre 1957, relatif aux hôpitaux et hospices publics d'Algérie, et l'arrêté du 31 décembre 1957 fixant les conditions d'organisation et de fonctionnement des établissements hospitaliers qui donnèrent à l'hôpital civil la dénomination « centre hospitalier régional d'ORAN ».

Le centre hospitalier régional d'Oran couvre une superficie de 13 hectares et comprend en plus des services administratifs, économiques, généraux et de laboratoire une capacité réglementaire d'hospitalisation de 2142 lits pour une capacité réelle de 2922 lits.

Le centre est administré par une commission administrative assistée d'une commission médicale consultative.

Cet ensemble deviendra, par suite de la création de la faculté de médecine d'Oran, et conformément aux dispositions de l'ordonnance 58-1373 du 30 décembre 1958, le « centre hospitalier et universitaire d'Oran ».

IV.2.1 L'organigramme administratif du CHUO

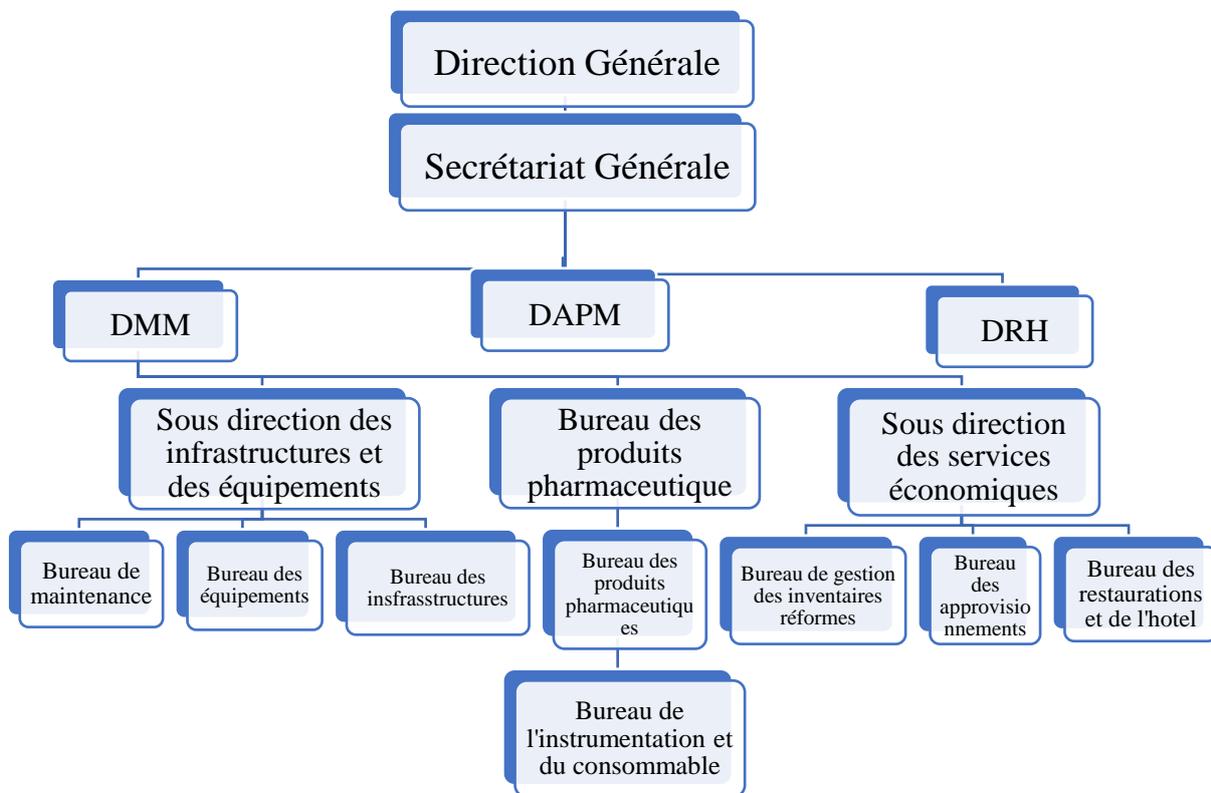


FIGURE IV.1 : L'organigramme administratif de l'hôpital de CHU d'Oran

Légende :

DMM : Direction des Moyens et de Matériels.

DAPM : Direction des Activités Pédagogiques et Médicales.

DRH : Direction des Ressources Humaines.

IV.2.2 Service maintenance CHU d'Oran

> **Atelier biomédical :** il comme personnel :

- Un (01) ingénieur en électronique.
- Deux (02) techniciens supérieurs en électronique.
- Deux (02) techniciens en électronique.

> **Atelier technique** : il comme personnel :

- Un (01) ingénieur en électronique.
- Deux (02) techniciens supérieurs en électronique.

> **Secrétariat** : il comme personnel :

- Un (01) agent de bureau.
- Un (01) dactylographe.

> **Cellule informatique** :

- Un (01) technicien en informatique.
- Un (01) agent de saisie.

IV.2.3 Analyse de pratiques existantes du service maintenance

La collecte des données est une étape primordiale afin d'effectuer une analyse adéquate de l'état actuel du service de maintenance et de construire une base de données pour notre travail. Le service de maintenance dispose d'un outil GMAO mais juste pour gérer les qui recense les équipements et les interventions au CHU d'Oran. Cet outil permet d'avoir : - la liste des équipements par service.

IV.3. Formalisation de la connaissance du domaine par langage OWL

La connaissance du domaine est représentée par des concepts, des relations et des attributs, nous avons présenté ces connaissances dans (la **FIGURE IV.2**) et (la **FIGURE IV.3**).

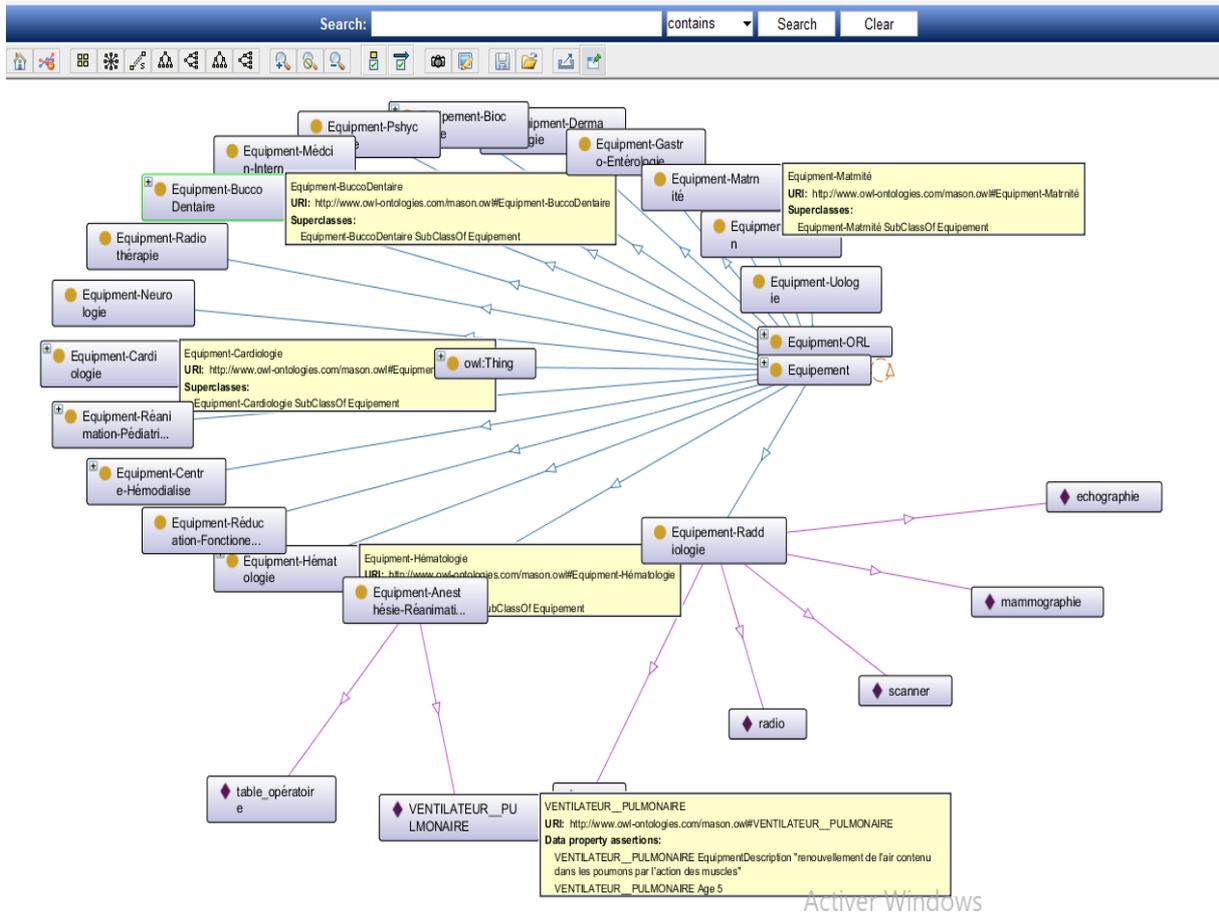


FIGURE IV.2 : Exemple de la connaissance du domaine des équipements radiologie dans Protégé

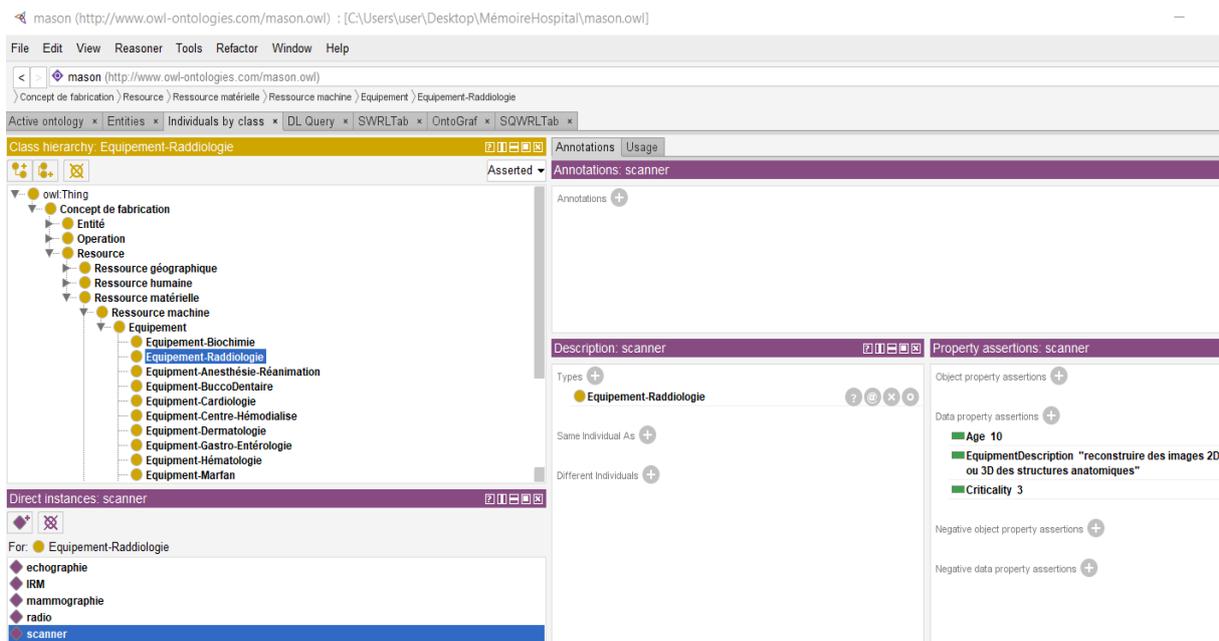


FIGURE IV.3 : Exemple de la connaissance du domaine des équipements radiologie dans Protégé

```

<!-- http://www.owl-ontologies.com/mason.owl#Equipment-Réduction-Fonctionel -->
<owl:Class rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/mason.owl#Equipment-Réduction-Fonctionel">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/mason.owl#Equipement"/>
  </owl:Class>
  <!-- http://www.owl-ontologies.com/mason.owl#Equipment-Uologie -->
  <owl:Class rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/mason.owl#Equipment-Uologie">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/mason.owl#Equipement"/>
    </owl:Class>
    <!-- http://www.owl-ontologies.com/mason.owl#Externalisation -->
    <owl:Class rdf:about="http://www.owl-ontologies.com/mason.owl#Externalisation">
      <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/mason.owl#Opération-Maintenance"/>
      </owl:Class>

```

FIGURE IV.4 : Exemple de la connaissance du domaine des équipements Rééducation par OWL

La connaissance du domaine pour la maintenance des équipements hospitaliers est présenté par le langage OWL, un exemple de classes Equipment par les sous classes : *Equipment-Uologie*, *Equipment-Réduction-Fonctionel*, *Equipment-Réduction-Fonctionel*, et la classe Opération-Maintenance par les sous classes : *Externalisation*, *Internalisation*. Les relations entre concepts et aussi les attributs sont présentés dans (la FIGURE IV.5).

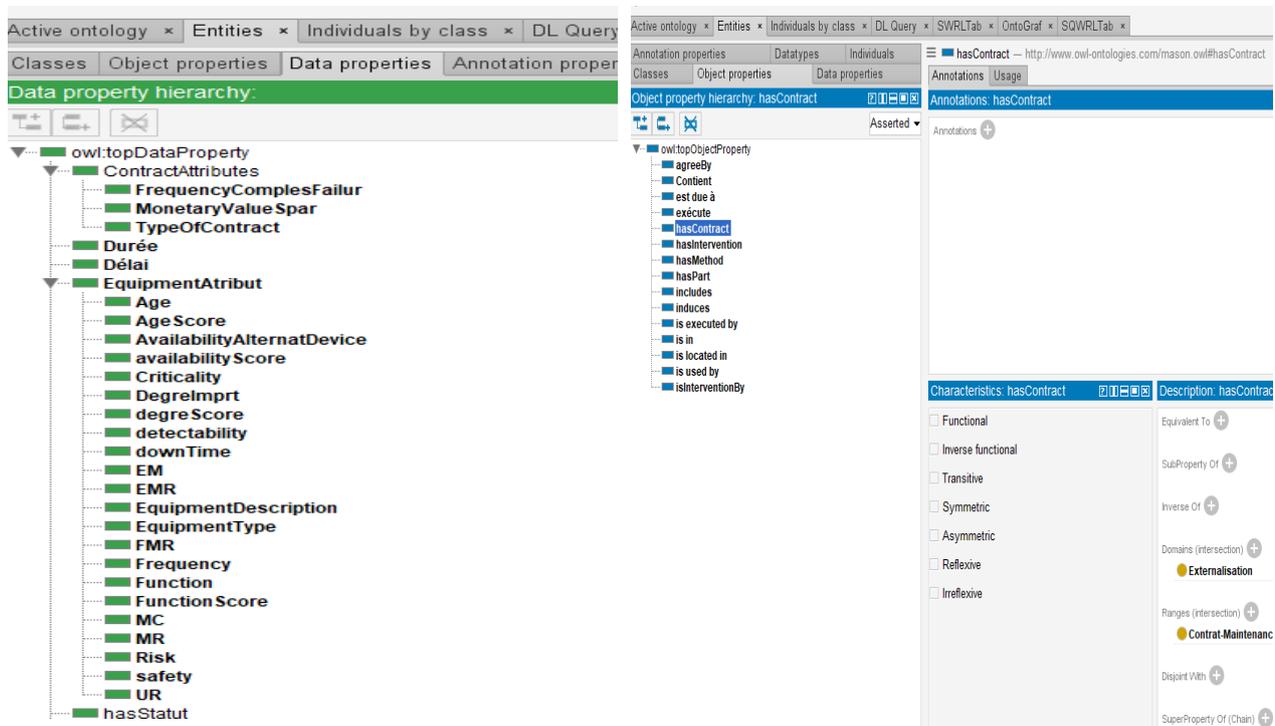


FIGURE IV.5 : Les attributs et les relations entre concepts par le langage OWL

IV.4. Formalisation de la connaissance d'inférence par les règles SWRL

Pour la formalisation de la connaissance d'inférence, nous avons utilisé le langage SWRL comme langage des règles sémantiques, nous avons besoin de calculer la criticité de l'équipement. Nous avons utilisé les règles SWRL (voire chapitre.3 sections 3.3.1) par des règles *Règle.SWRL.1*, *Règle.SWRL.2*, *Règle.SWRL.3*, *Règle.SWRL.4*, *Règle.SWRL.5* pour calculer la criticité de l'équipement, dans notre modèle, nous calculons la criticité à base de 5 critères (le degré de complexité de maintenance, la fonction, le risque, le degré de l'importance de mission, l'Age).la connaissance d'inférence est représentée dans par la **FIGURE IV.5**.

Name	Rule	Comment
\$101	Equipment-Radiologie(?ER) EquipmentDescription(?ER, ?Ds) Age(?ER, ?ag) Externalisation(?er) ContratMaintenance(?OM) TypeOfContract(?CM, ?T) hasContract(?ex, ?C) Criticality(?ER, ?G) -> sqwrl.select(?ER, ?Ds, ?ag, ?G, ?ex, ?C...	Sélection l'externalisation et choix de type des contr...
rule1	Equipment(?E) EquipmentType(?E, "advancedMechanicalEquip") -> DegComplexMaint(?E, 3) hasStatut(?E, "high")	identification of degree of complexity of the maintena...
rule10	Equipment(?E) Function(?E, "ComputerRelated") -> FunctionScore(?E, 2)	
rule11	Equipment(?E) Function(?E, "PatientRelated") -> FunctionScore(?E, 1)	
rule12	Equipment(?E) detectability(?E, "2") Frequency(?E, "F") downtime(?E, "T") safety(?E, "S") -> Risk(?E, 3) hasStatut(?E, "high")	
rule13	Equipment(?E) detectability(?E, "1") Frequency(?E, "F") downtime(?E, "T") safety(?E, "S") -> Risk(?E, 2) hasStatut(?E, "medium")	
rule14	Equipment(?E) detectability(?E, "0") Frequency(?E, "F") downtime(?E, "T") safety(?E, "S") -> Risk(?E, 1) hasStatut(?E, "low")	
rule2	Equipment(?E) EquipmentType(?E, "advancedMechanicalEquip") -> DegComplexMaint(?E, 2) hasStatut(?E, "medium")	
rule23	Equipment(?E) Age(?E, ?ag) switclessThan(?ag, 10) -> AgeScore(?E, 1)	
rule24	Equipment(?E) Age(?E, ?ag) switcgreaterThan(?ag, 10) -> AgeScore(?E, 2)	
rule3	Equipment(?E) EquipmentType(?E, "VerificationTests") -> DegComplexMaint(?E, 1) hasStatut(?E, "low")	
rule4	Equipment(?E) Function(?E, "LifeSupport") -> FunctionScore(?E, 3)	
rule5	Equipment(?E) Function(?E, "PhysicalTherapyTreatment") -> FunctionScore(?E, 7)	
rule6	Equipment(?E) Function(?E, "Surgical-intensiveCare") -> FunctionScore(?E, 6)	
rule7	Equipment(?E) Function(?E, "PhysiologicalDiagnosis") -> FunctionScore(?E, 5)	
rule8	Equipment(?E) Function(?E, "AnalyticalLaboratory") -> FunctionScore(?E, 4)	
rule9	Equipment(?E) Function(?E, "LaboratoryAccessories") -> FunctionScore(?E, 3)	
sqw1	Equipment(?E) Operation-Maintenance(?OM) MainType(?OM, ?MT) EquipmentDescription(?E, ?Ds) -> sqwrl.select(?E, ?Ds, ?OM, ?MT) sqwrl.columnNames("Equipment", "Designation", "Opération", "Politique de Maintenance")	choix de politique de maintenance des équipement...
sqw100	Equipment-Hématologie(?E) Operation-Maintenance(?OM) MainType(?OM, ?MT) EquipmentDescription(?E, ?Ds) -> sqwrl.select(?E, ?Ds, ?OM, ?MT) sqwrl.columnNames("Equipment", "Designation", "Intervention", "Type de Maintenance")	Sélection l'externalisation et choix de type des contr...

FIGURE IV.6 : Formalisation de la connaissance d'inférence par les règles SWRL dans Protégé

IV.5. Sélection de la stratégie de la maintenance des équipements hospitaliers par les règles SQWRL

IV.5.1 Sélection la politique de la maintenance choisie pour les équipements

La sélection de la politique de maintenance de toutes les équipements hospitaliers est basé sur les règles SWRL est représenté par la règle SQWRL suivante :

Règle.SQWRL.7 $Equipment(?E) \wedge Operation-Maintenance(?OM) \wedge MainType(?OM, ?MT) \wedge EquipmentDescription(?E, ?Ds) \rightarrow sqwrl:select(?E, ?Ds, ?OM, ?MT) \wedge sqwrl:columnNames("Equipment", "Designation", "IOperation", "Politique de Maintenance")$

La **FIGURE IV.7** : représente les résultats de la sélection de la politique de la maintenance choisi pour chaque équipement hospitalier, avec sa description, le type d'opération et la politique de maintenance utilisé.

Name	Query	Comment
s101	Equipment-Radiologie(?ER) ^ EquipmentDescription(?ER, ?Ds) ^ Age(?ER, ?ag) ^ Externalisation(?ex) ^ Contrat-Maintenance(?CM) ^ TypeOfContract(?COM, ?T) ^ hasContract(?ex, ?C) ^ Criticality(?ER, ?G) -> sqwrl:select(?ER, ?Ds, ?ag, ?ex, ?CM, ?T, ...	Sélection l'externalisation et choix de type des contr...
ule1	Equipment(?E) ^ EquipmentType(?E, "advancedMechanicalEquip") -> DegComplexMaint(?E, 3) ^ hasStatut(?E, "High")	identification of degree of complexity of the maintena...
ule10	Equipment(?E) ^ Function(?E, "ComputerRelated") -> FunctionScore(?E, 2)	
ule11	Equipment(?E) ^ Function(?E, "PatientRelated") -> FunctionScore(?E, 1)	
ule12	Equipment(?E) ^ detectability(?E, "2") ^ Frequency(?E, "1") ^ downTime(?E, "1") ^ safety(?E, "s") -> Risk(?E, 3) ^ hasStatut(?E, "high")	
ule13	Equipment(?E) ^ detectability(?E, "2") ^ Frequency(?E, "1") ^ downTime(?E, "1") ^ safety(?E, "s") -> Risk(?E, 2) ^ hasStatut(?E, "medium")	
ule14	Equipment(?E) ^ detectability(?E, "2") ^ Frequency(?E, "1") ^ downTime(?E, "1") ^ safety(?E, "s") -> Risk(?E, 1) ^ hasStatut(?E, "low")	
ule2	Equipment(?E) ^ EquipmentType(?E, "advancedMechanicalEquip") -> DegComplexMaint(?E, 2) ^ hasStatut(?E, "medium")	
ule23	Equipment(?E) ^ Age(?E, ?ag) ^ swith lessThan(?ag, 10) -> AgeScore(?E, 1)	
ule24	Equipment(?E) ^ Age(?E, ?ag) ^ swith greaterThan(?ag, 10) -> AgeScore(?E, 2)	
ule3	Equipment(?E) ^ EquipmentType(?E, "VerificationTests") -> DegComplexMaint(?E, 1) ^ hasStatut(?E, "low")	
ule4	Equipment(?E) ^ Function(?E, "LifeSupport") -> FunctionScore(?E, 3)	
ule5	Equipment(?E) ^ Function(?E, "PhysicalTherapyTreatment") -> FunctionScore(?E, 7)	
ule6	Equipment(?E) ^ Function(?E, "SurgicalIntensiveCare") -> FunctionScore(?E, 6)	
ule7	Equipment(?E) ^ Function(?E, "PhysiologicalDiagnosis") -> FunctionScore(?E, 5)	
ule8	Equipment(?E) ^ Function(?E, "AnalyticalLaboratory") -> FunctionScore(?E, 4)	

Equipment	Designation	IOperation	Politique de Maintenance
ANALYSEUR_MULTIPARAMETRIQUE_DE_BIOCHIMIE	"il peut s'agir du dosage de glucose, l'urée, la créatinine..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
mammographie	"la radiographie des seins..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
echographie	"examen de radiologie..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
IRM	"imagerie par résonance magnétique..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
radio	"est une technique d'imagerie de transmission par rayons X..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
scanner	"reconstituer des images 2D ou 3D des structures anatomiques..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
une_pince_hemostatique	"clamper des vaisseaux sanguins..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
microscope_ORL	"éliminer ces reflets persistants et à mieux visualiser les détails anatomiques..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
masque_de_reanimation	"utilisable lors d'une réanimation par bouche à bouche chez un adulte ou un enfant..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
COAGULOMETRE	"automate d'hématologie..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
moniteur	"peut surveiller des paramètres tels que ECG..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
ECG	"représentation graphique de l'activité électrique du coeur..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
Moteur-Chirurgical	"un moteur mécanique pour le système d'anesthésie..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
AUTOMATE-POUR-NUMERATION-FORMULE-SANGUINE	"instrument médicale pour l'analyse sanguine basé automate et formulation..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
autogen0 autodiae	"stérilisateur par chaleur humide..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
scalpique	"confort visuel..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
autogen1 examen_médical	"confort et précision pour examens médicaux et utilisation au bloc opératoire..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
vidéoscopes_de_diagnostic	"une qualité d'image supérieure..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
VENTILATEUR_PULMONAIRE	"renouvellement de l'air contenu dans les poumons par l'action des muscles..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
bistouri_chirurgical	"pour faire des incisions..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
le_diaeyeur	"un filtre comportant des fibres synthétiques creuses dans lesquelles le sang circule..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."
table_opératoire	"est la table sur laquelle repose le patient lors d'une opération chirurgicale..."	Internalisation	"maintenance Preventive..."

FIGURE IV.7 : Sélection la politique de la maintenance choisie pour les équipements par SQWRL

IV.5.2 Sélection les stratégies de maintenance, internalisation/externalisation

La sélection de la stratégie de maintenance (l'internalisation ou l'externalisation) est basée sur les règles SWRL est représenté sur la **FIGURE IV.8** : utilisant les règles. SWRL.25, règles. SWRL.26, ces règles sont proposées dans le chapitre 3, et les requêtes SQWRL (règles. SQWRL.5, règles. SQWRL.6 et règles. SQWRL.7). Dans cette sélection, nous avons utilisé les concepts : *Equipment(?E)* , *MaintenanceCorective(?MC)*, *Internalisation(?IN)* , *Externalisation(?EX)*. Et les relations : *hasMethod(?E, ?MC)* , *Criticality(?E, ?G)*, *hasValue(?G, 1)*.

The screenshot shows the Mason OWL editor interface. At the top, there's a menu bar (File, Edit, View, Reasoner, Tools, Refactor, Window, Help) and a search bar. Below the menu, there are tabs for 'Active ontology', 'Entities', 'Individuals by class', 'DL Query', 'SWRLTab', 'OntoGraf', and 'SQWRLTab'. The main area displays a list of rules (rule1 to rule9) and an SQWRL query (sqwrl100). An 'Edit' dialog box is open over the SQWRL query, showing its text and a comment: 'Sélection l'externalisation et choix de type des contrats'. Below the dialog, there are buttons for 'New', 'Edit', 'Clone', and 'Delete'. At the bottom, there's a table with columns: 'Equipment', 'Designation', 'age de l'équipement', 'Criticité de l'équipement', 'Intervention', 'type de Contrat de maintenance', 'T', and 'C'. The table contains multiple rows of data for various equipment types like 'echographie', 'radio', 'IRM', and 'scanner'.

Equipment	Designation	age de l'équipement	Criticité de l'équipement	Intervention	type de Contrat de maintenance	T	C
echographie	"examen de radiologie"	8	3	Extern2	contra3	"Contrat Type C"	contra2
echographie	"examen de radiologie"	8	3	Extern3	contra3	"contant Type A"	contra3
echographie	"examen de radiologie"	8	3	Extern3	contra3	"Contrat Type C"	contra3
echographie	"examen de radiologie"	8	3	Extern4	contra4	"contant Type A"	contra4
echographie	"examen de radiologie"	8	3	Extern4	contra3	"Contrat Type C"	contra4
radio	"est une technique d'imagerie de transmi..."	10	3	Extern3	contra4	"contant Type A"	contra3
IRM	"imagerie par résonance magnétique"	10	2	Extern3	contra4	"contant Type A"	contra3
scanner	"reconstituer des images 2D ou 3D des ..."	10	3	Extern3	contra4	"contant Type A"	contra3
radio	"est une technique d'imagerie de transmi..."	10	3	Extern3	contra3	"Contrat Type C"	contra3
IRM	"imagerie par résonance magnétique"	10	2	Extern3	contra3	"contant Type A"	contra3
scanner	"reconstituer des images 2D ou 3D des ..."	10	3	Extern3	contra3	"Contrat Type C"	contra3
radio	"est une technique d'imagerie de transmi..."	10	3	Extern4	contra4	"contant Type A"	contra4
IRM	"imagerie par résonance magnétique"	10	2	Extern4	contra4	"contant Type A"	contra4
scanner	"reconstituer des images 2D ou 3D des ..."	10	3	Extern4	contra4	"contant Type A"	contra4
radio	"est une technique d'imagerie de transmi..."	10	3	Extern4	contra3	"Contrat Type C"	contra4

FIGURE IV.8 : Sélection du choix de contrat par les requêtes SQWRL

IV.5.3 Sélection l'externalisation et choix de type des contrats

La sélection de type de contrat est basée sur les règles SWRL est représenté sur la FIGURE IV. 9 : utilisant les règles. SWRL.26, règles. SWRL.27 et la règle. SWRL.28, ces règles sont proposées dans le chapitre 3, et les requêtes SQWRL (règles. SQWRL.8 et règles. SQWRL.9). Dans cette sélection, nous avons utilisé les concepts : *Equipment(?E)*, *Method-Maintenance(?M)*, *Internalisation(?IN)*, *Externalisation(?EX)*. Et les relations : *hasContract(?ex, ?C)*, *Criticality(?E, ?G)*, *hasValue(?G, I)*.

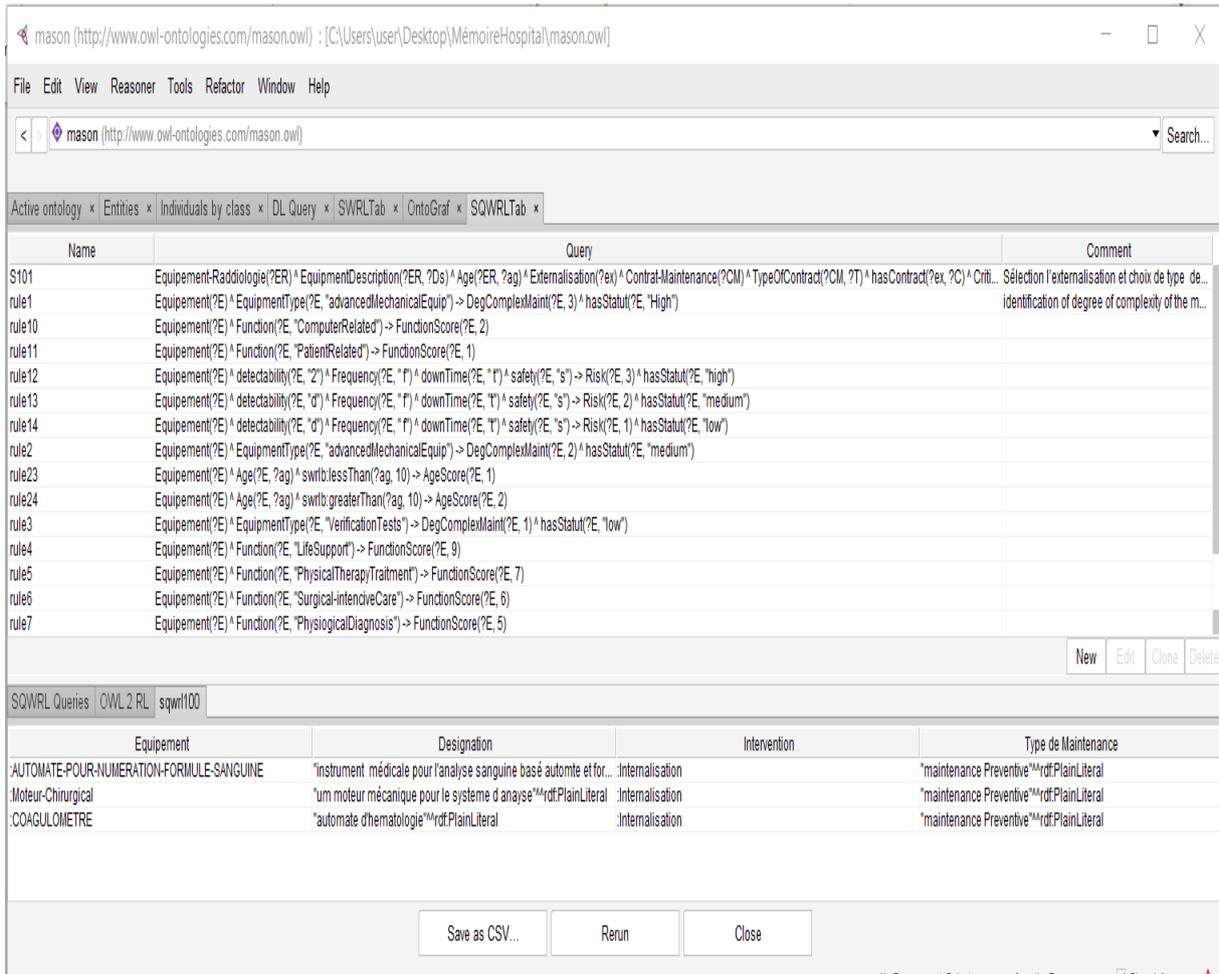


FIGURE IV.9 : Sélection du choix de contrat par les requêtes SQWRL

IV.6. Interprétation et discussion

Le choix du contrat de type A* dans lequel l'ensemble est constitué de la maintenance préventive et des pièces de rechange associées pour les niveaux de maintenance L2, L3 et L4 ainsi que de la maintenance corrective et des pièces de rechange associées uniquement pour le niveau L4,

Le contrat de type A dans lequel il n'y aura que la maintenance préventive et les pièces de rechange associées pour les niveaux de maintenance L2, L3 et L4, sans maintenance corrective. Notre procédure nous permet de prendre les meilleures décisions avec minimum de risque.

IV.7. Conclusion

Nous avons proposé un système à base de connaissances pour attribuer la stratégie de maintenance adéquate à chaque équipement hospitalier tout en respectant le budget disponible. Les résultats du modèle proposé sont validés avec une base de connaissance réelle collectée du CHU d'Oran. Notre système proposé est original, il produit une hiérarchisation efficace des équipements médicaux et non pas un simple classement.

En outre, nous avons utilisé le langage OWL pour la modélisation des connaissances du domaine et les règles SWRL pour la modélisation des connaissances d'inférence, et pour la sélection des choix des contrats et type de maintenance, nous avons utilisé les requêtes SQWRL, ce système permet aux responsables de la maintenance de choisir la meilleure stratégie de maintenance pour chaque équipement hospitalier selon leurs scores de criticité. Il permet de garantir une haute disponibilité des équipements médicaux de l'hôpital et principalement ceux qui ont une criticité élevée.

Conclusion Générale

Dans le domaine industriel, il existe plusieurs modèles de gestion de la maintenance des équipements industriels. Dans le domaine hospitalier, la gestion de la maintenance est totalement différente. Les hôpitaux souffrent de l'indisponibilité des équipements médicaux en raison d'une mauvaise gestion de l'activité de maintenance.

Dans ce mémoire, nous avons proposé un système à base de connaissances pour la stratégie de maintenance des équipements hospitaliers à base de la technologie sémantique. Les résultats du modèle proposé sont validés avec une base de connaissance réelle collectée du CHU d'Oran. Notre système proposé est original, il produit une hiérarchisation efficace des équipements médicaux et non pas un simple classement.

En outre, nous avons utilisé le langage OWL pour la modélisation des connaissances du domaine et les règles SWRL pour la modélisation des connaissances d'inférence, et pour la sélection des choix des contrats et type de maintenance, nous avons utilisé les requêtes SQWRL sous le logiciel Protégé, ce système permet aux responsables de la maintenance de choisir la meilleure stratégie de maintenance pour chaque équipement hospitaliers selon leurs scores de criticité. Ceci en assurant la sécurité des patients et des utilisateurs et faciliter un processus de prise de décision plus intelligent pour des équipements hospitaliers.

Ce système pour la sélection de la stratégie de la maintenance et du contrat adéquat. Il permet de garantir une haute disponibilité des équipements médicaux de l'hôpital et principalement ceux qui ont une criticité élevée.

Références Bibliographiques

- [1] Houria, Z. B. (2016). *Optimisation de la gestion du service de maintenance biomédicale* (Doctoral dissertation, Université de Lyon).
- [2] Titah, M., Aitouche, S., Mouss, M.D., & Soussa, A. (2017). Externalising and reusing of tacit knowledge in manufacturing task. *International Journal of Knowledge Management Studies*, 8, 351.
- [3] <http://tpmattitude.fr/methodes.html#:~:text=Les%20op%C3%A9rations%20de%20maintenance%20proprement, travaux%20neufs%2C%20s%C3%A9curit%C3%A9%2C%20etc.>
- [4] <https://mobility-work.com/fr/blog/methode-maintenance-industrielle/>
- [5] https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_d%27information_hospitalier
- [6] Titah, M., Mouss, M.D., & Aitouche, S. (2014). An Implementation Tool for the Expertise Model using CommonKADS Methodology.
- [7] Cohen T. AAMI's Benchmarking solution: analysis of cost-of-service ratio and other metrics. *Biomedical Instrumentation & Technology*, 2010, 4(4):346-349.
- [8] Malkin R. *Medical instrumentation in the developing world*. Memphis, Engineering World Health, 2006.
- [9] *Accreditation manual for hospitals, volume I - Standards*. Oakbrook Terrace, Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations, 2002.
- [10] Wang B, Levenson A. Equipment inclusion criteria – a new interpretation of JCAHO's medical equipment management standard. *Journal of Clinical Engineering*, 2000, 25:26–35.
- [11] Ridgeway M. Classifying medical devices according to their maintenance sensitivity: a practical, risk-based approach to PM program management. *Biomedical Instrumentation and Technology*, 2001, 35(3):167-176.
- [12] Fennigkoh, L, Smith B. *Clinical equipment management*. Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations Plant Technology and Safety Management Series, 1989, 2 :3–12.
- [13] <https://www.qualitiso.com/classification-europeenne-dispositifs-medicaux/>
- [14] <https://jplu.developpez.com/tutoriels/web-semantic/introduction/>
- [15] <https://hal.inria.fr/inria-00201566>
- [16] https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_expert
- [17] Akinator : Le Génie du web.
- [18] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Linguistique>
- [19] <http://www.journaldunet.com/developpeur/tutoriel/theo/070403-ontologie.shtml>

- [20] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Processus_cognitifs#:~:text=Deux%20types%20de%20syst%C3%A8mes%20capables, artificiels%20syst%C3%A8me%20expert%20etc.](https://fr.wikipedia.org/wiki/Processus_cognitifs#:~:text=Deux%20types%20de%20syst%C3%A8mes%20capables,%20artificiels%20syst%C3%A8me%20expert%20etc.)
- [21] T. Berners-Lee, J. Hendler and O. Lassila (2001). The Semantic Web. *Scientific American Magazine*, 284(5), 34-43.
- [22] T. R. Gruber. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, 5(2) :199–220, 1993.
- [23] Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, 5(2), 199-220.
- [24] Guarino, N., & Welty, C. (2000, October). A formal ontology of properties. In *International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management* (pp. 97-112). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [25] Neches, R., Fikes, R. E., Finin, T., Gruber, T., Patil, R., Senator, T., & Swartout, W. R. (1991). Enabling technology for knowledge sharing. *AI magazine*, 12(3), 36-36.
- [26] Pierra, G. (2008). Context representation in domain ontologies and its use for semantic integration of data. In *Journal on data semantics X* (pp. 174-211). Springer, Berlin Heidelberg.
- [27] Chabert-Ranwez, S. (2000). Composition automatique de documents hypermédia adaptatifs à partir d'ontologies et de requêtes intentionnelles de l'utilisateur (Doctoral dissertation, Université Montpellier II-Sciences et Techniques du Languedoc).
- [28] Uschold M. (1996) Converting an Informal Ontology into Ontolingua : Some Experiences. A slightly abridged version of this paper appears in the Proceedings of the Workshop on Ontological Engineering held in conjunction with ECAI 96, Budapest
- [29] M. Uschold, M. King. Towards a methodology for building ontologies, in Proceedings of the Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, IJCAI'95, 1995.
- [30] Guarino, N. (Ed.). (1998). Formal ontology in information systems: Proceedings of the first international conference (FOIS'98), June 6-8, Trento, Italy (Vol. 46). IOS press.
- [31] Bernard E., Introduction aux Ontologies. Professeur à l'Université d'Aix-Marseille, 2010
- [32] Jin, L., Chen, W., Hayashi, Y., Ikeda, M., Mizoguchi, R., Takaoka, Y., & Ohta, M. (1999). An ontology-aware authoring tool-Functional structure and guidance generation. In *Proc. of AI-ED 99, Le Mans*.
- [33] Inaba, A., Supnithi, T., Ikeda, M., Mizoguchi, R., & Toyoda, J. I. (2000, June). How can we form effective collaborative learning groups? In *International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (pp. 282-291). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [34] Maedche, A., & Staab, S. (2001). Ontology learning for the semantic web. *IEEE Intelligent systems*, 16(2), 72-79.
- [35] G. V. Heijst, A. Th. Schreiber, B.J. Wielinga, Using explicit ontologies in KBS development. *Int. J. Human. -Computer. Studies*. 46(2): (pp.183-292), (1997)

- [36] T. Gruber, A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge Acquisition, (pp 199-220), (1993).
- [37] F. Furst, L'ingénierie ontologique. Rapport de recherche IRIN N° 02-07, (2002).
- [38] Horrocks, I., Parsia, B., Patel-Schneider, P., & Hendler, J. (2005, September). Semantic web architecture: Stack or two towers? In International Workshop on Principles and Practice of Semantic Web Reasoning (pp. 37-41). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [39] Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The semantic web. Scientific american, 284(5), 34-43.
- [40] Bak, J., Jedrzejek, C., & Falkowski, M. (2009, November). Usage of the Jess engine, rules and ontology to query a relational database. In International Workshop on Rules and Rule Markup Languages for the Semantic Web (pp. 216-230). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [41] <http://protege.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?SQWRL>
- [42] <https://fr.wikipedia.org/wiki/SPARQL#Caract%C3%A9ristiques>
- [43] <http://protege.stanford.edu/>
- [44] Bechhofer, I. Horrocks, C. Goble, R. Stevens, OilEd: a reasonable Ontology Editor for the Semantic Web. German/Austrian Conference on Artificial Intelligence (KI01) LNAI Springer-Verlag, (2001)
- [45] J. Dominique, Tadzebao, WebOnto: discussing, browsing, and editing ontologies on the Management, KAW 98, Banff, Canada. (1998).
- [46] Marquet, G. et al., 2007. Grading glioma tumors using OWL-DL and NCI Thesaurus. In AMIA ... Annual Symposium proceedings / AMIA Symposium. AMIA Symposium. pp.508-12.
- [47] M. Uschold, M. Grüninger; ONTOLOGIES: Principles, Methods and Applications. Knowledge Engineering Review, (1996).
- [48] Masmoudi, M., Houria, Z. B., Al Hanbali, A., & Masmoudi, F. (2016). Decision support procedure for medical equipment maintenance management. *Journal of clinical engineering*, 41(1), 19-29.
- [49] Fennigkoh L, Smith B. Clinical equipment management. JCAHO Ptsm Ser. 1989; 2:5-14.- Taghipour S, Banjevic D, Jardine AKS. Prioritization of medical equipment for maintenance decisions. J Oper Res Soc. 2011;62(9):1666-1687.