



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 de Maintenance en Instrumentation MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie Industriel
Spécialité : Génie Industriel

Thème

Application de la technologie sémantique pour l'optimisation de la maintenance des équipements
hospitaliers

Présenté et soutenu par :

BAROUDI Farid ET BATTOU Lahcene

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
KACIMI Abderahmen	MCD	Université Oran 2	Président
TITAH Mawloud	MCA	Université Oran 2	Encadreur
DJEBLI Yamina	MAA	Université Oran 2	Examinateur

Année 2020/2021

Remerciements

Ce travail est l'aboutissement d'un dur labeur et de beaucoup de sacrifices; nos remerciements vont d'abord au bon DIEU le Créateur de l'univers qui nous a doté d'intelligence, et nous a maintenu en santé pour mener à bien cette année d'étude.

Nous offrons premièrement de sincères et chaleureux remerciements à notre encadreur de recherche **Mr TITAH Mawloud**. La confiance qu'il nous a accordée ainsi que le soutien moral. Nous saluons son amabilité, sa patience, sa disponibilité, sa souplesse d'esprit et son savoir. C'est certes avec joie et fierté que nous déposons aujourd'hui ce mémoire, mais aussi avec un brin de nostalgie que nous terminons ce programme d'études.

Nous adressons aussi des remerciements à **Mr KACIMI Abderahmen**, doctorant au département de MAINTENANCE EN INSTRUMENTATION qui a accepté de présider le jury de soutenance, pour tout ce qu'il a pu nous apprendre ; qu'il trouve ici l'expression de notre profonde et sincère reconnaissance.

Nous dédions un merci particulier à **Mr DJEBLI Yamina** pour nous avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner ce travail.

Enfin, nous ne pouvons passer outre notre reconnaissance envers nos parents, nos sœurs et frères. Leur présence, leur écoute, leur confiance en nous et leur soutien constant nous assurent des bases solides nous permettant de persévérer et de nous surpasser.

Dédicace

Gloire soit rendu au Dieu tout puissant, le très miséricordieux pour tous ses bienfaits dont il m'a comblé et de m'avoir donné le courage et la force pour réaliser ce modeste travail que je dédie à :

Les deux bougies qui s'allument que pour éclaircir mon chemin : Mes très chers parents.

A mes chères frères et amies

A mon binôme BATTOU. L et mes chers amis dont je ne saurais citer car la liste est longue.

FARD.

Dédicace

Gloire soit rendu au Dieu tout puissant, le très miséricordieux pour tous ses bienfaits dont il m'a comblé et de m'avoir donné le courage et la force pour réaliser ce modeste travail que je dédie à :

Les deux bougies qui s'allument que pour éclaircir mon chemin : Mes très chers parents.

A mes chères frères et soeurs et amies

A mon binôme BAROUDI. F et mes chers amis dont je ne saurais citer car la liste est longue.

LAHCENE.

Résumé Général

La maintenance préventive est une action qu'on mène dans le but de prévenir les défaillances d'équipements. Son optimisation dans le milieu hospitalier devient un sujet d'actualité. La qualité des soins, la sécurité, la réglementation et les contraintes budgétaires sont autant d'éléments qui justifient aujourd'hui l'intérêt que les services techniques hospitaliers doivent accorder au préventif.

La pandémie de *Covid-19* est une crise sanitaire majeure et le milieu hospitalier est un milieu sensible et complexe. Les impacts de la crise sanitaire ont été très forts, dès le mois de mars 2020. Toute initiative, comme organiser le préventif, peut donner s'avérer difficile car il faudra tenir compte de plusieurs facteurs qui ne sont pas forcément d'ordre technique, tel que le management du système d'information dans l'hôpital.

Dans ce mémoire, nous avons utilisé la technologie sémantique, l'analyse du système de maintenance existant, la définition de la charge de maintenance et les moyens par l'ontologie *HDO*, nous avons proposé des règles *SWRL* pour l'élaboration de procédures de maintenance et de gestion des interventions, le suivi et l'évaluation par les requêtes *SQWRL* avec des indicateurs simples et pertinents pour faciliter la décision. L'expérience acquise, bien que modeste, montre que l'on peut minimiser les coûts globaux de maintenance par la maintenance préventive. Ensuite, une application de notre méthode pour la gestion de maintenance au niveau de l'EHU d'Oran a été présentée pour démontrer l'importance de notre mémoire.

Mot clé : *Maintenance préventive, ontologie, HDO, SWRL, SQWRL.*

الملخص العام

الصيانة الوقائية هي إجراء يتم اتخاذه من أجل منع أعطال المعدات. أصبح تحسينها في بيئة المستشفى قضية الساعة. إن جودة الرعاية والسلامة واللوائح وقيود الميزانية كلها عناصر تبرز اليوم الاهتمام الذي يجب أن توليه الخدمات الفنية بالمستشفى للتدابير الوقائية

يعتبر جائحة كوفيد-19 أزمة صحية كبيرة وبيئة المستشفى حساسة ومعقدة. كانت آثار الأزمة الصحية قوية جدًا ، اعتبارًا من مارس 2020. أي مبادرة ، مثل تنظيم التدابير الوقائية ، يمكن أن تكون صعبة لأنه سيكون من الضروري مراعاة العديد من العوامل التي ليست بالضرورة تقنية ، مثل إدارة المعلومات نظام في المستشفى

في هذه الأطروحة ، استخدمنا التكنولوجيا الدلالية ، وتحليل نظام الصيانة الحالي ، وتعريف حمل الصيانة والوسائل بواسطة علم SQWRL لتطوير إجراءات الصيانة وإدارة التدخلات والمراقبة والتقييم من خلال تطلب SWRL ، واقترحنا قواعد HDO الوجود بمؤشرات بسيطة وذات صلة لتسهيل اتخاذ القرار. تُظهر الخبرة المكتسبة ، على الرغم من توابعها ، أنه يمكن تقليل تكاليف الصيانة بوهان EHU الإجمالية إلى الحد الأدنى من خلال الصيانة الوقائية. بعد ذلك ، تم تقديم تطبيق لطريقتنا في إدارة الصيانة في وحدة لإثبات أهمية هذا العمل

. الكلمات الرئيسية: الصيانة الوقائية ، علم الوجود ، SQWRL ، SWRL ، HDO

Abstract

Preventive maintenance is an action taken in order to prevent equipment failures. Its optimization in the hospital environment is becoming a topical issue. The quality of care, safety, regulations and budgetary constraints are all elements that today justify the interest that hospital technical services must give to preventive measures. The Covid-19 pandemic is a major health crisis and the hospital environment is a sensitive and complex environment. The impacts of the health crisis were very strong, from March 2020. Any initiative, such as organizing preventive measures, can prove difficult because it will be necessary to take into account several factors which are not necessarily technical, such as the management of the information system in the hospital. In this work, we used semantic technology, the analysis of the existing maintenance system, the definition of the maintenance load and the means by the HDO ontology; we proposed SWRL rules for the development of maintenance procedures and management of interventions, monitoring and evaluation by SQWRL requests with simple and relevant indicators to facilitate the decision. The experience gained, although modest, shows that the overall maintenance costs can be minimized through preventive maintenance. Then, an application of our method for maintenance management at the EHU of Oran was presented to demonstrate the importance of this work.

Keyword: Preventive maintenance, ontology, HDO, SWRL, SQWRL.

Sommaire

Introduction Générale	14
<u>Chapitre.1</u>, la technologie sémantique	
1.1. INTRODUCTION	18
1.2. LE WEB SÉMANTIQUE	18
1.3. L'ARCHITECTURE DE WEB SÉMANTIQUE	21
1.3.1. PREMIÈRE COUCHE :IDENTIFICATION DU RESSOURCES.....	22
1.3.2. DEUXIÈME COUCHE : DESCRIPTION DR CONTENU XML.....	23
1.3.3. TROISIÈME COUCHE : LIER LES DONNÉES ENTRE ELLE EN UTILISANT RDF 23	
1.3.4. QUATRIÈME COUCHE : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES DONNÉES RDFS et OWL	24
1.4. LES CONSTITUANTS DU WE SÉMANTIQUE	26
1.4.1. LES ONTOLOGIES.....	27
1.4.1.1. LES COMPOSANTS D'UNE ONTOLOGIE.....	27
1.4.1.2. UTILISATION DES ONTOLOGIES.....	28
1.4.1.3. TYPOLOGIE DES ONTOLOGIES.....	29
1.4.1.4. CONSTRUCTION D'ONTOLGIE	30
1.4.2. ANNOTATION SÉMANTIQUE.....	31
1.4.2.1. LE PROCESSUS D'ANNOTATION SÉMANTIQUE.....	34
1.4.2.2. CARACTÉRISTIQUES DES ANNOTATION SÉMANTIQUES	34
1.4.2.3. LES OUTILES D'ANNOTATION SÉMANTIQUE.....	35
1.5. CONCLUSION	36
<u>Chapitre.2</u>, la maintenance des équipements hospitaliers	
2.1. INTRODUCTION	37
2.2. LE CONTEXTE HOSPITALIER.....	37
2.3. LA MAINTENANCE DES ÉQUIPEMENTS MÉDICAUX	38
2.3.1. DÉFINITIONS	40
2.3.1.1. TECHNOLOGIE DE LA SANTÉ	40
2.3.1.2. DISPOSITIF MÉDICAL.....	40

2.3.1.3. ÉQUIPEMENT MÉDICAL	40
Sommaire	
2.4.1. RAPPEL SUR LA MAINTENANCE	41
2.4.2. LA STRATÉGIE DE MAINTENANCE	41
2.4.2.1. LA MAINTENANCE CORRECTIVE	42
2.4.2.2. LA MAINTENANCE PRÉVENTIVE	42
2.4.3. LES TACHES DE MAINTENANCE DANS L'HOPITAL	43
2.5. PLANIFICATION DU PROGRAMME DE MAINTENANCE	44
2.5.1. INVENTAIRE	45
2.5.2. MÉTHODOLOGIE	46
2.5.3. RESSOURCES	46
2.5.3.1. RESSOURCES FINANCIÈRES	46
2.5.3.2. RESSOURCES MATÉRIELLES	48
2.5.3.3. RESSOURCES HUMAINS	54
2.6. RELATION ENTRE MAINTENANCE INDUSTRIEL ET MAINTENANCE BIOMÉDICALE	58
2.7. LES OBJECTIFS DE MAINTENANCE BIOMÉDICALE	58
2.8. CONCLUSION	59
<u>Chapitre.3. Optimisation de la maintenance des équipements hospitaliers par l'ontologie du domaine par des règles SWRL</u>	
3.1. INTRODUCTION	60
3.2. LES LEVIERS DE L'OPTIMISATION DE LA MAINTENANCE DES ÉQUIPEMENTS HOSPITALIERS	60
3.2.1. LE REGROUPEMENT DES BESOINS	60
3.2.2. L'OUVERTURE À LA CONCURENCE	61
3.2.3. LE RECOURS À LA TIERCE MAINTENANCE	61
3.2.4. LES PRÉCAUTIONS POUR RECOURIR À LA TIERCE MAINTENANCE	61
3.3. PRIORISATION ET CLASSIFICATION DES ÉQUIPEMENTS HOSPITALIERS	62
3.3.1. LES DÉFINITIONS UTILISÉES POUR CLASSER LES DM	63
3.3.2. LES RÉGLES D'APPLICATION	64
3.3.3. LES RÉGLES DE CLASSIFICATION	64
3.3.4. RÉGLES PARTICULIÈRES	65
3.3.5. EXEMPLE DE CLASSIFICATION DES DISPOSITIFS MÉDICAUX	65
3.3.6. IMPACT DE LA CLASSE SUR LA PROCÉDURE DE MARQUAGE CE	66
3.3.7. CRITICITÉ: Méthode PIEU	66
3.4. LE RÉGISTRE DE SÉCURITÉ, DE QUALITÉ ET DE MAINTENANCE: RSQM	69
3.4.1. CONTENU DU RSQM	69

Sommaire

3.5. CHOIX DE LA POLITIQUE DE LA MAINTENANCE.....	72
3.5.1. AVANTAGE ET ENJEUX DE LA MAINTENANCE PRÉVENTIVE À L'HOPITAL	73
3.5.1.1. LES AVANTAGES.....	73
3.5.1.2. LES ENJEUX ÉCONOMIQUES	73
3.5.2. MÉTHODOLOGIE ET MOYENS.....	75
3.5.2.1. ANALYSE DU SYSTÈME DE MAINTENANCE EXISTANTE.....	75
3.5.2.2. DÉFINITIONS DES PRIORITÉS.....	75
3.5.2.3. ÉLABORATION D'UN PLAN DE MAINTENANCE PRÉVENTIVE	76
3.5.2.4. ESTIMATION ET PROGRAMMATION DE LA CHARGE DE MAINTENANCE	76
3.5.3. CHOIX D'UNE STRATÉGIE DE MAINTENANCE PRÉVENTIVE	76
3.5.3.1. MISE EN ŒUVRE ET SUIVI.....	77
3.6. ANALYSER LE SYSTÈME DE MAINTENANCE EXISTANT PAR L'ONTOLOGIE HDO...79	
3.6.1. CONSTRUCTION DE L'ONTOLOGIE HDO DANS LE DOMAINE HOSPITALIER.....79	
3.6.1.1. DOMAINE D'APPLICATION.....80	
3.6.1.2. UNE CONSULTATION MÉDICALE	80
3.6.1.3 SPÉCIFICATION.....	81
3.6.1.4. CONCEPTUALISATION.....	81
3.6.1.5. CONSTRUCTION DE GLOSSAIRE DE TERMES	82
3.6.1.6. CLASSIFICATION DE CONCEPTS	84
3.6.1.7. DICTIONNAIRE DE CONCEPTS.....	84
3.6.1.8. TABLEAU DES RELATIONS BINAIRES	85
3.6.1.9. TABLEAU DES ATTRIBUTS	86
3.7. SWRL	87
3.7.1. LES RÈGLES SWRL	88
3.7.2. EDITION DES RÉGLES SWRL	89
3.8. SQWRL.....	90
3.8.1. FONCTIONNALITÉS DE BASE DU LANGUAGE: REQUÊTES DE BASE	91
3.8.2. IMPLEMENTATION	92
3.9. ELABORATION DE PROCÉDURES DE MAINTENANCE PAR DES RÉGLES SWRL.....	93
3.9.1. LES RÉGLES DE DÉFINITION DES PRIORITÉS.....	93
3.9.2. SÉLECTION DES MOYENS DE LA MAINTENANCE PRÉVENTIVE PAR LES REQUÊTES SQWRL	95
3.10. CONCLUSION.....	97

Chapitre.4. Application à l'hôpital EHU d'Oran

4.1. PRÉSENTATION DE L'EHU D'ORAN.....	98
4.2. MISSIONS ET VALEURS.....	98
4.3. FORMALISATION DE LA CONNASSANCE D'INFERENCE SWRL.....	100
4.4. Formalisation de la connaissance d'inférence SQWRL	101
Conclusion Générale.....	105

LISTES DES FIGURES

Figure 1.1. Layer cake - [Source :w3c].....	22
Figure 1.2 . Exemple d'un triplet RDF	24
Figure 1.3. Un exemple schématique de RDFS [Source W3C]	25
Figure 1.4. Construction d'une Ontologie opérationnelle.....	31
Figure 2.1. Les différentes stratégies de maintenance	42
Figure 2.2. Facteurs clés à prendre en compte pour planifier un programme de maintenance	44
Figure 2.3. Principaux processus pour remplir les missions et atteindre les objectifs du service biomédical	58
Figure 3.1. Classification des recherches de l'organisation de la maintenance des équipements médicaux de 1989 à 2014	62
Figure 3.2. Procédure générale de suivi de la maintenance preventive	78
Figure 3.3. Processus de mise en place de la maintenance preventive	79
Figure 3.4. Démarche d'une consultation médicale.....	81
Figure 3.5. Conception d'une ontologie dans le domaine hospitalier.....	84
Figure 3.6. Le concept HDO Task et ses sous classes	86
Figure 3.7. exemple sur la relation entre OWL et SWRL.....	89
Figure 3.8 . Interface de logiciel PROTÉGÉ	89
Figure 3.9. SWRLTap interface	90
Figure 3.10. SQWRLTab interface	91
Figure 4.1. Organigramme de l'EHU.....	99
Figure 4.2. object properties.....	102
Figure 4.3. Tableau de propriété de donnée.....	102
Figure 4 .4. Les individuels.....	103
Figure 4 .5. Les Classes.....	103
Figure 4 .6. Les Réglés SWRL.....	104
Figure .4.7. les règles SQWRL.....	104

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 2.1. Ressources financières nécessaires à un programme de maintenance...	47
Tableau 2.2. Classification et rôles du personnel technique	54/55
Tableau 3. 1. Classification des catégories selon le taux de disponibilité	68
Tableau 3.2. Liste des principaux dispositifs médicaux concernés par l'obligation de maintenance	68/69
Tableau 3.3. Modèle de fiche de maintenance préventive d'un équipement	74
Tableau 3.4. exemple d'un Tableau annuel de maintenance du laboratoire du centre hospitalier.....	75
Tableau 3.5. Glossaire de termes	82/83
Tableau 3.6. le dictionnaire des concepts pour l'ontologie	85
Tableau 3.7. Table des relations binaires.....	85
Tableau 3.8 . Table des attributs.....	86
Tableau 3.9. les règles génériques SQWRL pour HDO Ontologie	97

Liste des Abréviations

OWL : Ontology Web Langage.
RDF: Resource Description Framework.
SWRL: Semantic Web Rule Language.
SQWRL: Semantic Query Enhanced Web Rule Language.
XML: eXtensible Markup Langage.
HDO: Hospital Department Ontology.
DL: Description Logic.
W3C: World Wide Web Consortium.
RDF(S): Resource Description Framework Schema.
URI: Uniform Resource Identifiers.
URL: Uniform Resource Locator.
RIF: Rule InterchangeFormat.
RuleML: Rule Markup Language.
SPARQL : Simple Protocol And Rdf Query Language
OCML: Open Configuration and Management Layer
SOAP: Simple Object Access Protocol
UDDI: Universal Description Discovery and Integration
WSDL: Web Services Description Language
B2B: Business-to-business
B2C: Business-to-consumer
HTTP : Hypertext Transfer Protocol
HTML: HyperText Markup Language
SGML: Standard Generalized Markup Language
AFNOR: Association Francaise De Norme

Introduction Générale

Depuis son apparition au début des années 1990, le web a profondément transformé la société contemporaine. Il est désormais omniprésent dans nos vies, que ce soit dans notre façon de communiquer, de travailler, de nous divertir, d'acheter des produits etc. Il est maintenant l'application la plus utilisée de l'Internet pour créer, partager et utiliser de l'information.

Victime de son succès, le web est devenu un gigantesque réservoir d'informations rendant parfois la recherche d'information laborieuse, d'autant plus lorsqu'il s'agit de retrouver des informations fiables et pertinentes. Face à ce problème, l'inventeur du web Tim Berners-Lee a eu l'idée d'ajouter une « sémantique » aux documents du web [Berners-Lee, 1996]. Cette idée s'est concrétisée en 2001 quand Tim Berners Lee a parlé du web sémantique pour désigner une évolution du web qui permettrait aux données disponibles (contenus et liens) d'être plus facilement utilisables et interprétables à la fois par les hommes et par les machines [Berners-Lee et al., 2001]. Par ailleurs, le web a apporté des modifications considérables aux établissements hospitaliers.

De ce fait, aborder la question du web sémantique aux hôpitaux est particulièrement important. Il s'agit, d'une part, de mieux comprendre son contexte d'usage aux hôpitaux algérienne, et d'autre part, de s'interroger sur son influence sur les recherches médicales et l'amélioration de secteur de la santé.

Le thème de recherche que nous abordons dans cette thèse s'intéresse à l'usage et à la mise en place du web sémantique pour maintenir les équipements hospitaliers. Cela nous amène à nous interroger sur les définitions des différents équipements hospitaliers et du web sémantique. Nous nous intéressons plus précisément aux pratiques des professionnels de l'information et à leurs évolutions suite à l'introduction du web sémantique aux hôpitaux.

Dans le cadre de notre travail, nous pensons que les notions d'équipement hospitalier et de web sémantique nécessitent un ancrage conceptuel en sciences de la maintenance des équipements.

Quant au web sémantique, il peut être considéré comme un domaine d'application pour la représentation des connaissances.

Introduction Générale

Dans ce travail de recherche, nous souhaitons tout d'abord comprendre les contextes d'usage du web sémantique en établissements hospitaliers. Il s'agit de s'interroger sur les apports du web sémantique au sein des établissements hospitaliers, ainsi que sur les défis et les obstacles qui accompagnent sa mise en place. Ensuite, nous nous intéressons à la relation qui existe entre les techniques utilisées dans le cadre du web sémantique et les techniques médicales permettant la représentation des connaissances dans le contexte des établissements hospitaliers. Cette thèse s'inscrit dans le champ interdisciplinaire des sciences de l'information et de la communication (SIC) et a pour but d'explorer la question de la mise en place des applications du web sémantique aux établissements hospitaliers.

Considéré comme une nouvelle technique pour la représentation de l'information, le web sémantique amène donc à s'interroger sur les changements qu'il entraîne aux établissements hospitaliers.

Nous nous interrogeons plus particulièrement les changements intervenus sur les pratiques des professionnels de la maintenance. Le développement d'une nouvelle technique de représentation des connaissances (le web sémantique) au sein des établissements hospitaliers entraîne une reconfiguration des maintenances exercées autour des équipements et des usagers.

Dès lors, la problématique est formulée comme suit:

En quoi l'usage du web sémantique en établissements hospitaliers peut affecter les pratiques médicales des professionnels de la santé et quel rôle joue-t-il dans l'évolution de leurs métiers?

Les objectifs de cette recherche peuvent être formulés ainsi:

- Étudier les équipements hospitaliers en tant que dispositifs info communicationnels (dimension technique, sociale, médiation).
- Étudier le web sémantique en tant que nouvelle approche pour la représentation des connaissances.
- Repenser les équipements hospitaliers dans un contexte où le web sémantique est utilisé pour les maintenir.
- Comprendre les enjeux et les intérêts de relier les données des hôpitaux avec d'autres données sur le web.

L'hypothèse principale sur laquelle se base notre recherche est que l'utilisation du web sémantique en milieu hospitalier nécessite une maintenance des équipements médicaux. Une donnée ne peut pas être traitée seulement de façon automatique, c'est-à-dire uniquement par l'utilisation des langages normalisés du web sémantique (XML, RDF, OWL...). La mise en contexte des données nécessite une intelligence sociale. Autrement dit, dans le cadre du web sémantique l'enrichissement des données par des métadonnées doit reposer sur un traitement documentaire dont l'objectif est d'associer les données à des contextes d'usages, précis et non triviaux, qu'un algorithme seul ne peut réaliser. De cette hypothèse principale dérive trois hypothèses secondaires:

Hypothèse H1

Les professionnels de l'information peuvent jouer un rôle dans la mise en œuvre et l'évolution du web sémantique en introduisant leur expertise documentaire relative à la gestion des métadonnées.

Hypothèse H2

La représentation des connaissances ne se fait pas seulement en utilisant les langages informatiques et standardisés du web sémantique, il faut une intervention humaine permettant de fournir à ces langages les données et les modèles conceptuels nécessaires pour représenter les connaissances.

Hypothèse H3

Les établissements hospitaliers peuvent se servir du web sémantique pour proposer de nouveaux services plus adaptés aux usagers du web et pour rendre les hôpitaux plus visibles. Le plan de notre manuscrit s'articule suivant deux parties.

La première partie (chapitres 1, 2 et 3) vise à situer notre recherche par rapport aux domaines des établissements hospitaliers et du web sémantique.

Le premier chapitre est consacré à la présentation du web sémantique. Tout d'abord, un détour historique nous permet de comprendre l'évolution de ce terme. Ensuite, nous mettons l'accent sur certaines approches liées à la représentation de l'information que nous mobilisons tout au long de notre recherche. Cette approche nous conduit à discuter des notions de donnée, d'information, de connaissance ainsi que du document dans le cadre du web sémantique.

Introduction Générale

Dans le second chapitre, nous discutons de la notion de maintenance des équipements hospitaliers. Après une analyse des différentes définitions nous clarifions cette notion. Enfin, dans le chapitre 3, nous analysons les usages et les applications du web sémantique pour l'optimisation de la maintenance des équipements hospitaliers par l'ontologie du domaine par des règles **SWRL**. Nous traitons la question des apports du web sémantique au sein des établissements hospitaliers et nous discutons du rôle des professionnels de la maintenance dans la mise en œuvre et l'évolution du web sémantique.

Dans la deuxième partie, nous présentons la méthodologie de recherche mise en œuvre pour répondre à la problématique de cette étude et nous discutons ensuite des résultats que nous avons obtenus. Dans le chapitre 4, nous présentons les méthodes de recherche que nous avons mobilisées dans notre enquête de terrain **“Application à l’hôpital EHU d’Oran”**.

Nous terminons ce mémoire de thèse par une conclusion générale portant sur les apports et l'intérêt de ce travail de recherche. Ainsi, nous abordons les limites de l'étude effectuée et les perspectives de recherche.

Chapitre.1. la technologie sémantique

1.1. INTRODUCTION

Ces dernières années, la communauté de recherche du web sémantique a connu des progrès significatifs vers la réalisation de la vision architecturale de ce Web. Les progrès ont été sous forme de normalisation des langages et des technologies Web qui permettent cette vision. Le progrès est vu en termes de niveau de maturité atteint dans chaque couche.

L'annotation de documents, et spécialement l'annotation sémantique à base d'ontologies, semble actuellement l'approche la plus prometteuse pour partager et exploiter l'information sur le Web. Le but majeur de cette technique est la désambiguïsation des documents, afin d'assurer leur manipulation automatique dans le cadre du partage et d'échange d'information sur le Web.

Nous présentons dans cette chapitre des généralités sur le web sémantique, et ses différentes couches. ainsi que les deux composants essentiels et importants du Web sémantique: l'ontologie et l'annotation sémantique.

1.2. LE WEB SÉMANTIQUE

L'expression Web sémantique, due à Tim Berners-Lee (Berners-Lee et al., 2001) au sein du W3C "World Wide Web Consortium", fait d'abord référence à la vision du Web de demain comme un vaste espace d'échange de ressources entre êtres humains et machines permettant une exploitation, qualitativement supérieure, de grands volumes d'informations et de services variés. Espace virtuel, il devrait voir, à la différence du Web que nous connaissons aujourd'hui, les utilisateurs déchargés d'une bonne partie de leurs tâches de recherche, de construction et de combinaison des résultats, grâce aux capacités accrues des machines à accéder aux contenus des ressources et à effectuer des raisonnements sur ceux-ci.

Le Web actuel est essentiellement syntaxique, dans le sens que la structure des documents (ou ressources au sens large) est bien définie, mais que son contenu reste quasi inaccessible aux traitements machines. Seuls les humains peuvent interpréter leurs contenus. La nouvelle génération de Web – Le Web sémantique – a pour ambition de lever cette difficulté. Les ressources du Web seront plus

aisément accessibles aussi bien par l'homme que par la machine, grâce à la représentation sémantique de leurs contenus.

Le Web sémantique, concrètement, est d'abord une infrastructure pour permettre l'utilisation de connaissances formalisées en plus du contenu informel actuel du Web, même si aucun consensus n'existe sur jusqu'où cette formalisation doit aller. Cette infrastructure doit permettre d'abord de localiser, d'identifier et de transformer des ressources de manière robuste et saine tout en renforçant l'esprit d'ouverture du Web avec sa diversité d'utilisateurs. Elle doit s'appuyer sur un certain niveau de consensus portant, par exemple, sur les langages de représentation ou sur les ontologies utilisés. Elle doit contribuer à assurer, le plus automatiquement possible, l'interopérabilité et les transformations entre les différents formalismes et les différentes ontologies. Elle doit faciliter la mise en œuvre de calculs et de raisonnements complexes tout en offrant des garanties supérieures sur leur validité. Elle doit offrir des mécanismes de protection (droits d'accès, d'utilisation et de reproduction), ainsi que des mécanismes permettant de qualifier les connaissances afin d'augmenter le niveau de confiance des utilisateurs.

A titre d'illustration évoquons ici quelques applications courantes et soulignons les goulots d'étranglements qui devraient trouver une solution via l'usage des technologies promises du Web sémantique.

- **La recherche d'information (précision et complétude)** : rechercher des documents sur le Web est souvent une tâche laborieuse. Les recherches sont imprécises et requièrent une activité de « tri manuel » des documents retournés pour espérer trouver le(s) document(s) recherché(s) d'ailleurs sans aucune assurance. Ici, le Web sémantique devrait largement faciliter l'appariement sémantique entre la requête de l'utilisateur et les documents indexés (manuellement ou de manière semi-automatique).
- **Maintenance de base documentaire (passage à l'échelle, cohérence)** : créer un site Web est très simple aujourd'hui grâce aux éditeurs très intuitifs du marché, mais mettre à jour ce site et les bases documentaires associés deviennent rapidement une très lourde tâche dès que la taille augmente. Ici le passage à l'échelle du Web (même d'un Intranet) requiert la mise à

disposition d'outils d'assistance assurant des mises à jour (semi-) automatique maintenant la cohérence globale.

- **Le commerce électronique (confiance, passage à l'échelle des services, cohérence, hétérogénéité) :** le commerce de gros (B2B) ou le commerce de détails (B2C) font appel à un assemblage de technologies de base telles la Recherche d'Information ou bien l'intégration de sources de produits d'origine très diversifiée et donc très hétérogène dans leur description. Une intégration aisée se réalise via une couche d'abstraction sémantique (ontologies de domaine) donnant une vue unifiée aux internautes clients.

Enfin dans le domaine des services immatériels (e.g. e.work et e.business) (système de médiation sémantique, confiance et délégation) il y a une forte demande d'intégration et d'automatisation des processus. Ceci n'est pas nouveau mais le Web sémantique fait espérer une véritable orchestration automatisée de processus très courants dans le monde de l'industrie et du commerce. C'est la filière Web Services sémantiques (dont SOAP, UDDI, WSDL ne sont que les briques de bas) qui est ici concernée.

Pour réaliser cette vision les recherches actuellement réalisées s'appuient sur un existant riche venant, d'abord, des recherches en représentation ou en ingénierie des connaissances, mais aussi de bien d'autres domaines comme les bases de données, la démonstration automatique de théorèmes, l'apprentissage automatique, les hypermedia, l'ingénierie linguistique ou bien encore les interactions personne- machine. Mais l'utilisation et l'acceptation de ces recherches à l'échelle du (ou d'une partie du) Web posent de nouveaux problèmes et défis : changement d'échelle dû au contexte de déploiement : le Web sur Internet et ses dérivés (intranet, extranet), la nécessité d'un niveau élevé d'interopérabilité, d'ouverture, de standardisation, diversités des usages, distribution bien sûr et aussi impossibilité d'assurer une cohérence globale. Comme l'écrit, en substance, Tim Berners-Lee, le Web sémantique est ce que nous obtiendrons si nous réalisons le même processus de globalisation sur la représentation des connaissances que celui que le Web fit initialement sur l'hypertexte.

Il est clair que la diversité des recherches relevant aujourd'hui du Web sémantique rend illusoire toute volonté d'exhaustivité pour ce document dont l'objectif est de mettre en évidence les points importants pour la réalisation de la vision du Web sémantique.

Dans la section suivante, nous présentons les standards permettant de définir l'architecture du web sémantique. L'objectif est de comprendre le fonctionnement du web sémantique dont l'intérêt est de décrire les données et de les lier entre elles afin d'offrir une représentation graphique des connaissances.

1.3. L'ARCHITECTURE DE WEB SÉMANTIQUE

Parler de l'architecture du Web c'est se référer aux standards qui définissent l'infrastructure technologique dont il émerge. Il y a trois standards fondamentaux au cœur de l'architecture du web. Le premier est l'URI (Universal Resource Identifier). C'est un format d'identifiants uniques permettant de nommer les ressources sur le Web. Le deuxième est le protocole HTTP assurant une communication client-serveur. Le troisième, le HTML est le langage de balisage utilisé pour représenter, stocker, mettre en forme et publier les pages web. Étant compatible avec l'architecture du web, le web sémantique utilise les mêmes standards pour transférer les données entre les différents ordinateurs et applications au sein du réseau Internet. D'après Jean Michel Salaun, pour comprendre ce qui se passe sur le web nous pouvons nous baser sur « les trois dimensions du document numérique » [Salaun, 2012]. La première dimension concerne le repérage du document, « le document doit être vu » ; la deuxième est celle de la médiation, « le document a une fonction social » ; enfin la troisième met en avant le contenu, « la signification du texte ». Le web 1.0 est le web du document, « Vu », tandis que le web 2.0 est celui des échanges « Su » et enfin le web 3.0 correspond au web de données « Lu ». Ainsi ce qui compte dans la troisième génération du web c'est le contenu, plus exactement c'est le sens des données. De ce fait Stéphane Chaudiron considère que la présentation de l'information est la solution pour créer du sens au sein du désordre informationnel et aider l'utilisateur à s'orienter [Chaudiron, 2007]. Selon Chaudiron, il y a trois approches de la représentation du contenu : l'indexation contrôlée (langage documentaire contrôlé) ; l'indexation libre (web 2.0) ; l'indexation structurée (web

sémantique). Le web sémantique consiste à identifier les données (en utilisant des URI), ensuite à les décrire d'une manière structurée (en utilisant le langage XML) et enfin à les lier en utilisant le triplet (RDF).

Nous allons maintenant présenter les principales couches du web sémantique tel qu'elles étaient décrites par Tim Bernes Lee. La figure 1.1 (Layer cake) regroupe les différents standards et technologies utilisés dans le contexte du web sémantique.

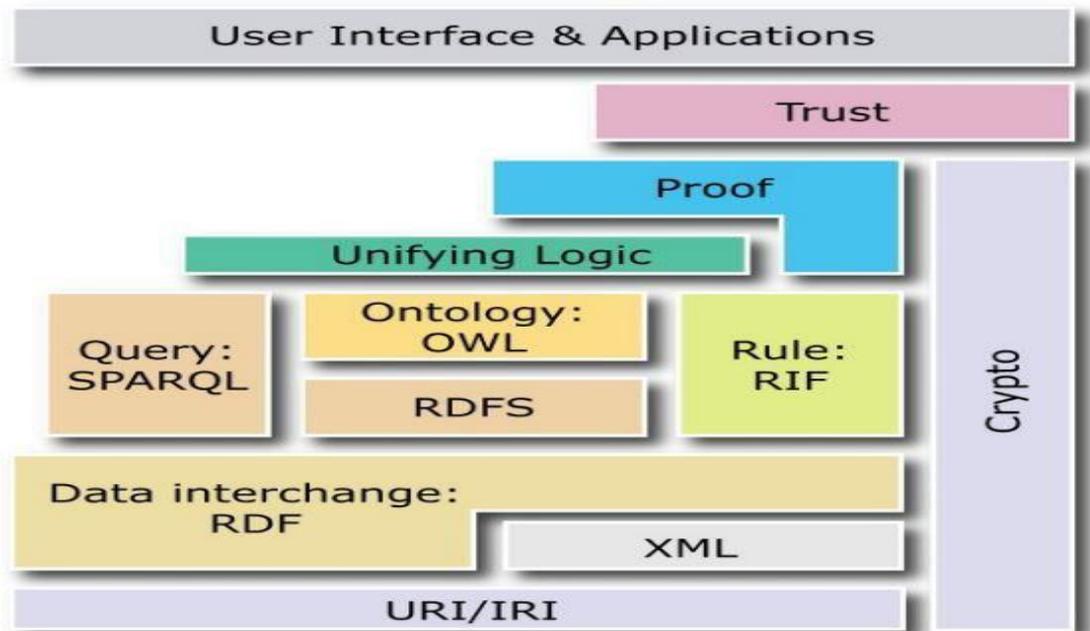


Figure 1.1: Layer cake - [Source :w3c]

1.3.1. PREMIÈRE COUCHE : IDENTIFICATION DU RESSOURCES

Dans le web sémantique, la première couche consiste à identifier les ressources par des identifiants uniques, les URIs. Un objet d'information est "sur le Web" s'il possède un URI. Autrement dit, nous ne pouvons pas trouver un objet sur le web s'il n'a pas d'URI. Par le mot universel, Tim Berners Lee affirme que « le web est sensé pouvoir contenir en principe chaque bit d'information accessible par les réseaux » [Berners Lee, 1996]. Les URIs sont donc des identifiants universels dans le sens où il est possible d'identifier chaque objet sur le web que ce soit des objets réels ou des concepts abstraits. Autrement dit, les URIs peuvent se référer à des éléments tangibles (des personnes, des lieux etc.) ou à des éléments plus abstraits (services, types de relations, concepts etc).

1.3.2. DEUXIÈME COUCHE : DESCRIPTION DE CONTENU XML

Pour décrire le contenu des ressources d'une manière structurée au sein du web sémantique il faut utiliser le langage de balisage XML. XML signifie en anglais 'Extensible Markup Language ' et en français 'langage de balisage extensible'. C'est une recommandation du W3C datant de 1998 inspirée de SGML.

Un document XML est représenté physiquement sous la forme d'un fichier texte structuré en éléments, à l'aide de balises éventuellement imbriquées. Décrire des contenus en XML, permet d'une part, de structurer un document en vue de son traitement informatique, et d'autre part, de rendre l'information facilement réutilisable et diffusable sur le web. Cela facilite les échanges de données entre plusieurs systèmes d'informations. Autrement dit, XML favorise l'interopérabilité et les échanges entre des systèmes d'informations hétérogènes. C'est pourquoi XML constitue un pilier essentiel dans l'architecture du web sémantique. Le web sémantique vise à décrire les ressources d'une manière à les rendre exploitables par l'homme et par la machine, et à faciliter la diffusion, l'échange et la réutilisation des données sur le web.

1.3.3. TROISIÈME COUCHE : LIER LES DONNÉES ENTRE ELLE EN UTILISANT RDF

La troisième couche dans le web sémantique consiste à lier les données entre elles et cela en utilisant RDF (Resource Description Framework). RDF est un langage de représentation de l'information au sein du web. C'est une recommandation du w3c publiée dans sa première version en 1999 et finalisée en 2004. Selon le consortium du web w3c, RDF est un modèle de données simple (simple data model) qui permet de faire des liens entre des ressources identifiées par des URIs et décrites en XML.

Selon Fabien Gandon, RDF :

« est la première brique des standards du web sémantique [..] elle fournit une structure de données standard et un modèle pour encoder des données et des métadonnées sur n'importe quel sujet sur le web ; ces sujets sont appelés des ressources et identifiés par des URI[...]. La plus petite structure de description en RDF est le triplet. Un triplet RDF décrit et relie une ressource en associant celle-ci à une propriété et à la valeur de cette propriété (Sujet, Prédicat, Objet) » [Gandon et al., 2012, p.28]

RDF s'appuie sur le constat simple qu'une métadonnée est un couple (propriété, valeur), l'ensemble de ces couples constituant une description de la ressource à

laquelle ils s'appliquent. La description RDF d'une ressource est donc un ensemble de triplets (sujet, prédicat, objet) où le sujet est la ressource à décrire, le prédicat une propriété applicable à ce sujet et l'objet une valeur de cette propriété.

La puissance de RDF tient au fait que non seulement le sujet, mais aussi le prédicat lui-même, sont obligatoirement des ressources identifiées par des URI. L'objet, valeur de la propriété, peut être une ressource ou une donnée. RDF est donc un modèle ouvert, conçu pour permettre la réutilisation et l'intégration de vocabulaires définis de façon totalement indépendante. Selon Fabien Gandon, RDF est «un modèle sans précédent dans le domaine de la représentation des connaissances. »[Gandon et al., 2012]. Le point fort de RDF réside dans sa capacité d'explicitier la nature de relation entre les deux ressources. Autrement dit, il s'agit non seulement de lier les données mais surtout d'interpréter le lien qui existe entre elles. (voir fig. 1.2 ci-dessous)

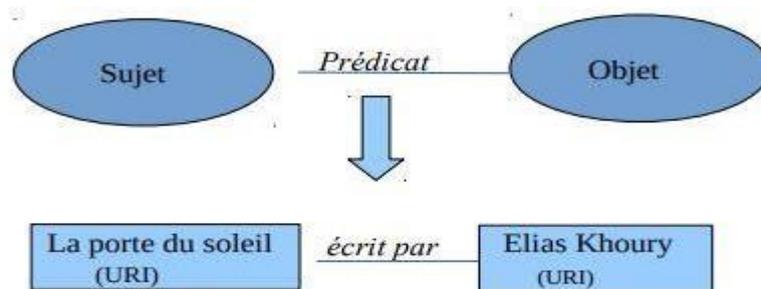


Figure 1.2 : Exemple d'un triplet RDF

1.3.4. QUATRIÈME COUCHE : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES DONNÉES RDFS et OWL

RDFS (Resource Description Framework Schema) est une extension de l'RDF de base. RDFS est le langage de description des vocabulaires associé à RDF, il permet de spécifier des ontologies dites « légères » [Gandon et al., 2012]. Cela consiste à nommer des classes et des propriétés et à les organiser d'une manière hiérarchique [Ibid]. Les classes permettent de définir la nature des ressources et les propriétés correspondent aux prédicats dans les triplets et permettent d'exprimer les relations entre les ressources [Bermès et al., 2013]. Autrement dit, RDFS est un ensemble de triplets RDF dont les données sont liées entre elles pour former un schéma. (voir fig. 1.3 ci-dessous)

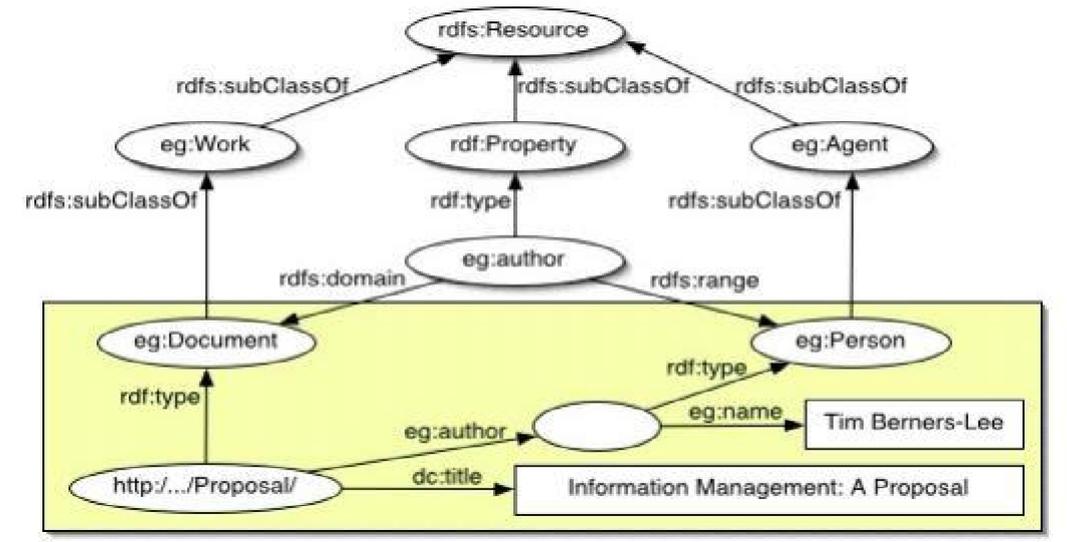


Figure 1.3: Un exemple schématique de RDFS [Source W3C]

RDFS permet de construire un langage primitif de description d'ontologies [Brunet et Xuan, 2010], tandis qu'une définition formelle et plus exhaustive des ressources relève des ontologies recommandées sous l'appellation OWL. Avant de parler du langage OWL défini comme un langage d'ontologie web, nous abordons la notion d'« ontologie » pour comprendre son utilisation dans le contexte du web et dans le domaine des sciences de l'information et de la communication. En sciences de l'information et de la communication, une ontologie est définie comme une «représentation des connaissances terminologiques relatives à un domaine, agréée par une communauté de personnes et sensée en faciliter le partage. Une ontologie a une taxonomie et un ensemble de règles d'inférence (raffinement, décomposition, prédiction, relativité, similarité). Les communautés de l'intelligence artificielle et la communauté de représentation des connaissances ont adopté le terme d'ontologie dans leur domaine pour désigner l'objet issu d'un processus de modélisation de connaissances permettant de représenter d'une façon formelle un domaine donné. La définition la plus consensuelle d'une ontologie est celle introduite par Gruber [Gruber, 1993] et étendue par Borst [Borst, 1997] : une ontologie est une spécification formelle explicite d'une conceptualisation partagée d'un domaine donné. Cette définition s'appuie sur deux dimensions : la conceptualisation qui permet de décrire d'une manière explicite les vocabulaires d'un domaine donné, et la spécification qui consiste à utiliser un langage formel pour cette description. Le

but est de fournir « une compréhension spécifique des définitions de termes et du vocabulaire utilisé dans un domaine ». [Abascal et al., 2005, p.192].

Après avoir présenté la notion d'ontologie, nous passons désormais à la définition du langage OWL. Le langage d'ontologie Web OWL est une recommandation du w3c permettant de définir des ontologies web. Basé sur la syntaxe de RDF/XML, OWL sert à décrire un modèle de données représentatif de l'ensemble des concepts dans un domaine donné. La particularité de ce modèle tient au fait qu'il est exploitable par les machines et les humains. Le langage OWL par opposition à RDF Schema permet de définir un cadre formel et détaillé d'un domaine de connaissances en utilisant des contraintes appliquées aux classes et propriétés [Bermès et al., 2013]. D'une part, les ontologies devraient jouer un rôle majeur pour accéder à l'information. D'autre part, elles permettent de garantir l'interopérabilité et les échanges des données entre différentes applications. Selon le consortium du web w3c, les ontologies Web possèdent les avantages suivants:

- Capacité d'être distribuées au travers de nombreux systems
- Mises à l'échelle pour les besoins du Web
- Compatibles avec les standards Web pour l'accessibilité et l'internationalisation
- Ouvertes et extensibles

1.4. LES CONSTITUANTS DU WEB SÉMANTIQUE

Nous examinons dans cette section les deux composants essentiels et importants du Web sémantique: l'ontologie et l'annotation sémantique. Les ontologies sont la technologie dorsale pour le Web sémantique et plus généralement pour le management des connaissances formalisées décrivant les ressources du Web. Elles fournissent la "sémantique" exploitable par machine des données et des sources d'informations pouvant être communiquées entre différents agents (logiciel et humaines), tandis que les annotations sémantiques décrivent les ressources en utilisant la "sémantique" définie dans l'ontologie. Les ressources annotées par les méta-données faciliteront la recherche, l'extraction, l'interprétation et le traitement de l'information d'une manière plus efficace.

1.4.1. LES ONTOLOGIES

Le besoin de représenter les connaissances dans les systèmes informatiques a conduit certains chercheurs à la naissance des ontologies.

Le terme ontologie est initialement emprunté de la philosophie « Etude de l'être en tant qu'être » signifiant —explication systématique de l'existence]]. Une ontologie est similaire à un dictionnaire ou un glossaire mais avec une structure détaillée et grande qui permet aux machines de traiter son contenu.

Une des définitions les plus célèbres et la plus utilisée est celle de : « Une ontologie est une spécification explicite d'une conceptualisation ».

L'ontologie est une spécification parce qu'elle représente la conceptualisation dans une forme concrète. Elle est explicite parce que tous les concepts et les contraintes utilisés sont explicitement définis. Une conceptualisation est une abstraction du monde que nous souhaitons représenter dans un certain but. La conceptualisation est le résultat d'une analyse ontologique du domaine étudié.

1.4.1.1. LES COMPOSANTS D'UNE ONTOLOGIE

Une ontologie peut être vue comme un ensemble structurée 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.

1.4.1.2. UTILISATION DES ONTOLOGIES

Même si le besoin de développer une ontologie est très varié et dépend du domaine d'application, nous pouvons facilement énumérer un certain nombre d'utilités, notamment:

- **La connaissance du domaine** : Les ontologies permettent la modélisation des connaissances dans un domaine particulier, dans lequel opère le système à développer.
- **La communication**: les ontologies assurent une communication fiable et hétérogène entre personnes et machines (agents logiciels ou organisations) du fait qu'elle permet de mettre en place un langage ou un vocabulaire conceptuel commun.
- **L'interopérabilité** : La représentation explicite des connaissances dans un domaine donné sous forme d'une ontologie, permet à son tour une plus grande réutilisation, un partage plus large et une interopérabilité plus étendue.
- **L'aide à la spécification des systèmes**: La représentation conceptuelle des éléments du domaine, permet aux systèmes de réaliser des raisonnements logiques qu'on appelle inférences, et de sortir avec des conclusions capables d'aider l'utilisateur ou le gestionnaire dans ses décisions.
- **L'indexation et la recherche d'information**: Dans le web sémantique, d'une façon générale, et dans notre application en particulier, les ontologies sont

utilisées pour indexer et décrire les ressources utilisées. Cela permet une plus grande précision dans les résultats des recherches ou d'assignation des ressources.

1.4.1.3. TYPOLOGIE DES ONTOLOGIES

Nous listons ci-dessous les différents types d'ontologies les plus utilisées:

- **Les ontologies de représentation** : N'appartiennent à aucun domaine, mais définissent et organisent les primitives de la théorie logique pour permettre la représentation des ontologies. L'exemple le plus représentatif de ce genre d'ontologie est la Frame Ontologie, qui définit d'une manière formelle, les primitives de représentation (classes, sous classes, attributs, valeurs, relations et axiomes) dans un environnement implémentant les langages de Frame.
- **Les ontologies génériques** : Sont aussi appelée Ontologie de haut niveau ou ontologie Top, elles décrivent des concepts généraux, indépendants d'un domaine ou d'un problème particulier. Elles permettent par exemple de formaliser les aspects temporels ou spatiaux des objets du monde réel. Cyc14 est un exemple d'une ontologie générique portant sur des concepts de haut niveau. Ces dernières décrivent des notions générales comme les notions d'objet, de propriété, d'état, de valeur, de moment, d'évènement, d'action, de cause et d'effet.
- **Les ontologies de domain**: Elles sont construites sur un domaine particulier de la connaissance. Les ontologies de domaine fournissent des vocabulaires au sujet des concepts dans un domaine et leurs relations au sujet des activités qui ont lieu dans ce domaine, et au sujet des théories et des principes élémentaires régissant ce domaine. Plusieurs ontologies de domaines existent déjà, telle que MENELAS dans le domaine médical. Entreprise est un autre exemple décrivant le domaine de l'entreprise.

- **ontologies de tâches** : L'ontologie de tâche décrit les connaissances portant sur tâches et/ou des activités particulières. Ces ontologies fournissent un ensemble de termes au moyen desquels on peut décrire au niveau générique comment résoudre un type de problème. Elles incluent des noms génériques (objectif, contrainte...), des verbes génériques (classer, sélectionner,...), des adjectifs génériques (assigné,..) et autres dans les descriptions de tâches.
- **Ontologies d'application** : Aussi appelée ontologie de domaine-tache : Ce sont les ontologies les plus spécifiques, elles contiennent les connaissances requises pour une application particulière permettant ainsi de modéliser une activité spécifique dans un domaine donné.

1.4.1.4. CONSTRUCTION D'ONTOLGIE

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 » .

Le processus général de construction d'ontologies opérationnelles (Figure 1.4) peut donc être découpé en 3 phases:

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 :

- 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.

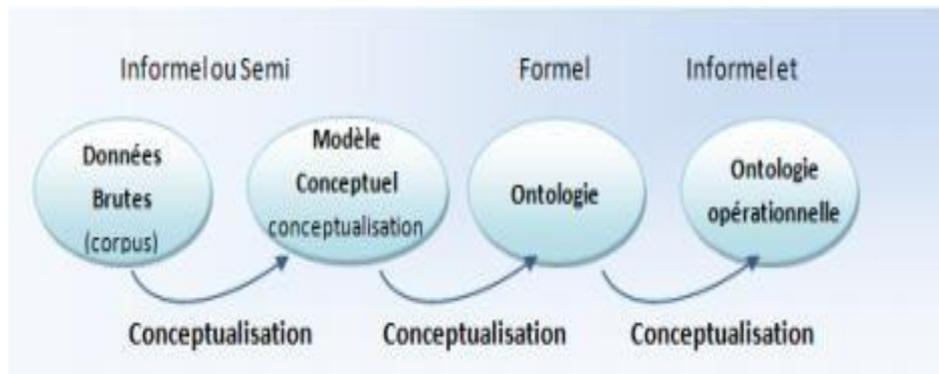


Figure 1.4: Construction d'une Ontologie opérationnelle

Les ontologies sont considérées comme des spécifications partielles et formelles d'une conceptualisation. 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.

1.4.2. ANNOTATION SÉMANTIQUE

Selon le dictionnaire Larousse, l'annotation est l'action de faire des remarques sur un texte pour l'expliquer ou le commenter.

Une annotation est une information graphique ou textuelle attachée à un document et le plus souvent placée dans ce document. Cette place est donnée par une ancre qui peut être un ensemble de documents, un document, un passage, une phrase, un terme, un mot, une image.

On peut aussi choisir une définition de l'annotation réduite à ses éléments les plus significatifs comme suit: « Une annotation est une note particulière attachée à une cible celle-ci peut être une collection de documents, un document, un segment de document (paragraphe, groupe de mots, mot, image ou partie d'image, etc.) ou une autre annotation. À une annotation correspond un contenu matérialisé par une inscription qui est une trace de la représentation mentale que l'annotateur se fait de la cible. Le contenu de l'annotation pourra être interprété à son tour par un autre lecteur. Nous appelons l'ancre ce qui lie l'annotation à la cible (un trait, un passage entouré, etc.). d'où on conclut que les éléments de l'annotation sont : La cible, l'ancre et l'information de l'annotation.

La cible de l'annotation :

C'est l'objet annoté. La cible peut être une collection de documents, un document, une partie du document, une phrase, un terme ou mot, une image ou une partie d'image, un son, une vidéo ou une autre annotation.

L'information de l'annotation :

C'est l'information assignée à l'objet annoté. Elle peut prendre plusieurs formes:

- des icônes (par exemple pour décrire des avis en utilisant des étoiles, des points d'interrogation...),
- des symboles de liens (pour décrire des associations, des relations entre mots, paragraphes ou chapitres),
- des notes textuelles en marge, en bas de page ou en fin de documents repérées dans le texte par des icônes (numéros, étoiles...),
- des mises en forme typographiques (surlignage, soulignage, italique...)
- des redécoupages de texte (à l'aide d'accolades, de numérotation de passages...) des images, des sons...

L'ancre de l'annotation:

C'est le point qui attache l'annotation à l'objet annoté. Elle peut être :

- Multi-cibles (porte sur plusieurs cibles simultanément) ou uni-cible.
- Explicite (L'ancre désigne explicitement sur quoi porte l'annotation) ou tacite.
- Conventionnelle (Le consultant connaît, par convention, grâce à la forme de l'ancre, la cible de l'annotation et l'emplacement de l'information de l'annotation) ou non conventionnelle.

Dans le cadre du web sémantique se trouve un cas très particulier d'annotation: les annotations sémantiques. Elles sont utilisées dans les théories de classification, le résumé automatique de documents est plus généralement pour favoriser l'interopérabilité.

Le Web Sémantique est une infrastructure organisée dans un empilement de couches. L'annotation sémantique se situe au cœur de cet empilement. Elle ne présente pas une couche mais elle fait partie intégrante de la couche ontologie. Elle se concrétise généralement dans la phase d'instanciation de l'ontologie. Les instances produites représentent l'information pertinente dans le document. La tâche d'annotation consiste donc à prendre en entrée une ressource documentaire et fournir en sortie le même contenu enrichi par des annotations sémantiques basées sur des représentations de la connaissance plus ou moins formelles.

Nous définissons l'annotation sémantique comme une représentation formelle d'un contenu exprimée à l'aide de concepts, de relations et d'instances décrits dans une ontologie.

Elles sont le plus souvent reliées à la ressource documentaire source et ne possèdent pas d'ancrage particulier. Elles sont des annotations opérationnelles car elles sont destinées à être traitées par des machines (par opposition aux annotations libres en langage naturel ou composées de symboles souvent tacites). Les annotations sont aussi potentiellement intéressantes dans la recherche d'information. Les annotations des documents et la requête sont exprimées en utilisant le vocabulaire de l'ontologie; le moteur de raisonnement recherche dans les annotations les résultats correspondant à la requête en exploitant les inférences contenues dans l'ontologie.

Les annotations sémantiques ont donc pour objectif d'exprimer la « sémantique » du contenu d'une ressource pour:

- Désambiguïser le document pour un traitement automatique,

- Améliorer sa compréhension, sa recherche et donc sa réutilisation par des utilisateurs finaux .

1.4.2.1. LE PROCESSUS D'ANNOTATION SÉMANTIQUE

Derrière le processus général d'annotation sémantique de documents par des ontologies se cachent plusieurs phases qui font référence à des annotations de natures un peu différentes. Ces phases sont au nombre de trois:

- Repérer: processus manuel ou automatique qui consiste à placer dans le document des références aux concepts de l'ontologie. Ces éléments sont considérés comme des méta-données.
- Instancier: processus manuel ou automatique permettant de valuer les attributs des concepts à l'aide des informations présentes dans le document (là encore, ce sont des méta-données).
- Enrichir: processus manuel visant à ajouter des informations par l'intermédiaire des attributs de concepts qui n'ont pas pu être valués à la phase précédente.

Les deux premières étapes sont des étapes d'insertion de méta-données: il n'y a pas ajout d'information mais plutôt localisation et caractérisation de l'information déjà présente de manière intrinsèque. Par contre, la dernière est plutôt une étape d'annotation plus classique car il y a ajout d'information : le document est enrichi d'information qui n'est pas explicitement présente dans le document. Cette annotation est directement "formalisée" par des méta-données

1.4.2.2. CARACTÉRISTIQUES DES ANNOTATION SÉMANTIQUES

la cible est une région de l'image spécifiée par l'utilisateur.

- Ancre: URI de l'image, et les coordonnées de la région annotée.
- L'information de l'annotation: données textuelles liées par des relations sémantiques.
- Emplacement de l'annotation: document externe.
- Objectif: recherche d'images, partage de l'information, indexation.

- Droit d'accès: les annotations qui référencient une ressource sont considérées comme privées, et celles attachées aux documents sont de nature publique pour favoriser la réutilisation et l'enrichissement des annotations.
- Niveau de formalisation: formelle.
- Signification de l'annotation: explicite.
- Fonctions de l'annotation: opérationnalisation de l'information.
- Durée de vie de l'annotation: permanente.

1.4.2.3. LES OUTILES D'ANNOTATION SÉMANTIQUE

Un outil d'annotation sémantique est un logiciel qui permet d'insérer et de gérer des annotations sémantiques liées au moins à une ressource documentaires donnée. Un nombre important d'outils d'annotations sémantiques ont été développés. Leurs fonctions sont la génération de méta-données pour les ressources Web. Les outils d'annotations classiques existant permettent à l'utilisateur d'annoter seulement avec du texte. D'autres outils plus prometteurs ont été développés dans le cadre de l'annotation sémantique pour alléger le fardeau de l'annotation manuelle dans les pages Web. Les outils d'annotations sémantiques utilisent une ontologie qui formalise et structure les annotations produites en fonction des concepts et des contraintes définies dans cette ontologie. L'évolution de ces outils d'annotations suit les recommandations formulées par le W3C aux niveaux des langages utilisés pour l'annotation. Les premiers outils comme SHOEKA, OntoAnnotate ou MnM utilisent des langages non standardisés, respectivement SHOE, HTML-A et OCML. Puis avec l'arrivée de RDF et de DAML+OIL, ces formats sont abandonnées. Enfin, on constate récemment l'arrivée d'annotations générées en OWL. Mais RDF reste pourtant un standard en matière d'annotations documentaire, OWL étant plutôt utilisé pour l'enrichissement des bases de connaissances. Pour annoter les images, il existe plusieurs outils d'annotation sémantique tels que Ontomat et Photostuff . L'inconvénient de ces outils est qu'ils permettent des modifications structurelles de l'ontologie et par conséquent, les annotations

insérées ne respectent plus les contraintes spécifiées, ce qui rompt toute liaison sémantique entre le document d'annotations et l'ontologie.

1-5 CONCLUSION

Ce chapitre a été consacré à la présentation du web sémantique en tant que nouvelle approche pour la représentation des connaissances. En s'appuyant sur les publications de Tim Berners Lee, nous avons pu suivre l'évolution de cette expression.

Le web sémantique peut être considéré comme une nouvelle approche de la représentation des connaissances. Il s'agit d'identifier et de relier les données dans le but de former un graphe conceptuel et formel appelé ontologie. Ce graphe est composé de données identifiées grâce à des URI et de liens explicites entre ces données. Ce qui compte dans le web sémantique n'est pas la donnée elle-même mais les métadonnées utilisées pour décrire les données et ensuite les rendre exploitables par les machines.

Chapitre.2. la maintenance des équipements hospitaliers

2.1. INTRODUCTION

Les équipements médicaux sont utilisés pour le diagnostic, le traitement et le suivi des patients, ce sont des éléments indispensables aux hôpitaux. Ils se sont progressivement développés afin d'augmenter les capacités des services de production de soins. Face à la croissance continue de leur nombre et de leur fréquence d'utilisations, il est devenu nécessaire de disposer de méthodes pratiques et des stratégies de management efficaces. Cependant, dans la plupart des pays en voie de développement, la capacité de gérer et de maintenir ces équipements reste assez limitée, (WHO, 1998). Ainsi, l'objectif de ce travail est, tout d'abord, de caractériser les équipements médicaux et les politiques de maintenance déployés dans la littérature.

2.2. LE CONTEXTE HOSPITALIER

Le milieu hospitalier est un monde à la fois sensible et complexe : sensible, parce que ses activités concernent la santé et la vie humaine qu'on tente de préserver. La sécurité et la qualité des soins sont donc des exigences fondamentales. Complexe, parce que son organisation et son fonctionnement confrontent plusieurs pouvoirs: le pouvoir politique avec le conseil d'administration, le pouvoir administratif avec la direction de l'hôpital, le pouvoir médical avec le comité médical d'établissement et le pouvoir paramédical avec la direction du service des soins infirmiers.

Durant ces dernières années, les établissements de soins ont connu une évolution importante. Elles doivent satisfaire aux besoins de santé des patients qui évoluent sans cesse. Une montée de la concurrence entre les hôpitaux est alors apparue. En effet, le patient a le choix entre les différents établissements de soins pour se faire soigner. Il exige d'être informé sur le coût, les délais, l'efficacité ou l'efficience et le niveau de la qualité atteints par les différents établissements. D'après Jlassi (2011), le système de santé est entré dans un contexte de compétition nationale et même internationale. Chaque établissement est un des agents du ce système quel que soit son activité qu'il assure. Alors, la concurrence s'exprime par des établissements voisins, de statuts identiques ou différents, de tailles identiques ou différentes, par les alternatives à l'hospitalisation (médecine de ville, hospitalisation à domicile).

Les missions de l'hôpital ont évolué suivant l'évolution rapide et la diversité des technologies des équipements médicaux. Ces derniers sont indispensables pour la prévention, le diagnostic et le traitement des maladies des patients. Les équipements médicaux contribuent aux progrès de la médecine et à l'amélioration de la prise en charge des patients, jouant un rôle dans l'augmentation de l'espérance de vie et la diminution du taux de mortalité. Les soucis pour la sécurité et la qualité des soins produits par les hôpitaux ont conduit à l'élaboration d'un ensemble des textes législatifs relatifs aux équipements médicaux, à leur exploitation et à leur maintenance, (Coulibaly et al. 2001). La pratique de la maintenance préventive fait le sujet de certains de ces textes.

Les équipements médicaux sont des ressources qui affectent directement la vie humaine. Ils sont conçus pour être implantés en totalité ou en partie dans le corps humain ou dans un orifice naturel et qui nécessitent une source d'énergie électrique ou autre pour le bon fonctionnement. Des efforts d'investissements en ces équipements sont aujourd'hui considérables, mais les ressources financiers et humaines sont limitées. Désormais, pour survivre dans un environnement de plus en plus concurrentiel et un contexte de limitation des ressources, les coûts d'exploitation et de maintenance doivent être contrôlés. Un programme de maintenance planifié et géré avec soin s'est avéré nécessaire pour garantir la fiabilité, la sécurité et la disponibilité de l'équipement médical lorsque celui-ci doit être utilisé dans les méthodes de diagnostic, une thérapie, les traitements ou surveillance des patients. Ces différents éléments sont le signe que la mise en place de la maintenance préventive dans un tel contexte peut être une tâche délicate et difficile.

2.3. LA MAINTENANCE DES ÉQUIPEMENTS MÉDICAUX

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, (Walraeve et Vigneau, 2005). 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:

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.

2.3.1. DÉFINITIONS

Compte tenu des différentes interprétations auxquelles peuvent se prêter les expressions ci-après, elles sont définies comme suit aux fins de la présente série technique.

2.3.1.1. TECHNOLOGIE DE LA SANTÉ

l'application de connaissances et de compétences organisées sous la forme de dispositifs, de médicaments, de vaccins, de procédés et de systèmes mis au point pour résoudre un problème de santé et améliorer la qualité de la vie. Les expressions technologies de la santé et technologies des soins de santé sont interchangeables.

2.3.1.2. DISPOSITIF MÉDICAL

Tout article, instrument, appareil ou équipement utilisé pour prévenir, diagnostiquer ou traiter une affection ou une maladie, ou détecter, mesurer, rétablir, corriger ou modifier la structure ou la fonction de l'organisme à des fins de santé. En théorie, l'action d'un dispositif médical n'est pas obtenue par des moyens pharmacologiques ou immunologiques, ni par métabolisme.

2.3.1.3. ÉQUIPEMENT MÉDICAL

Dispositifs médicaux nécessitant des activités d'étalonnage, maintenance préventive et corrective, de formation des utilisateurs, et de mise hors service – activités qui relèvent d'ordinaire ingénieurs biomédicaux. L'équipement médical est utilisé aux fins spécifiques du diagnostic et du traitement de maladies ou de traumatismes, ou de la réadaptation des patients, et il peut être employé seul ou en association avec du matériel auxiliaire ou consommable, ou d'autres dispositifs. L'équipement

médical n'inclut pas les dispositifs médicaux implantables, jetables ou à usage unique.

2.4.1. RAPPEL SUR LA MAINTENANCE

D'après la norme AFNOR X60-010, la maintenance est définie comme " l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ". Maintenir c'est donc effectuer des opérations (de nettoyage, graissage, visite, réparation, révision, amélioration...etc.) qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de production. Ainsi que choisir les moyens de prévenir, de corriger ou de rénover suivant l'utilisation du matériel. L'état d'esprit de la maintenance est de maîtriser les interventions.

2.4.2. LA STRATÉGIE DE MAINTENANCE

Une stratégie de maintenance comprend des procédures d'inspection et des opérations de maintenance préventive et corrective. Les inspections de performance visent à garantir le bon fonctionnement du matériel ; les inspections de sécurité visent à garantir que le matériel est sans risque pour les patients et les opérateurs ; et la maintenance préventive vise à prolonger la durée de vie de chaque équipement et à réduire les taux de défaillance. De plus, certains problèmes latents peuvent être identifiés au cours d'une inspection programmée. Cependant, l'inspection du matériel garantit que le dispositif est en bon état de fonctionnement uniquement au moment où elle est effectuée, mais ne peut éliminer le risque de défaillance lors d'une utilisation ultérieure ; par nature, la plupart des composants électriques et mécaniques peuvent à tout moment présenter une défaillance. La maintenance corrective consiste à restaurer le fonctionnement d'un dispositif défaillant pour permettre sa remise en service

La figure ci-dessous présente les différentes stratégies relatives à ces deux types d'activités :

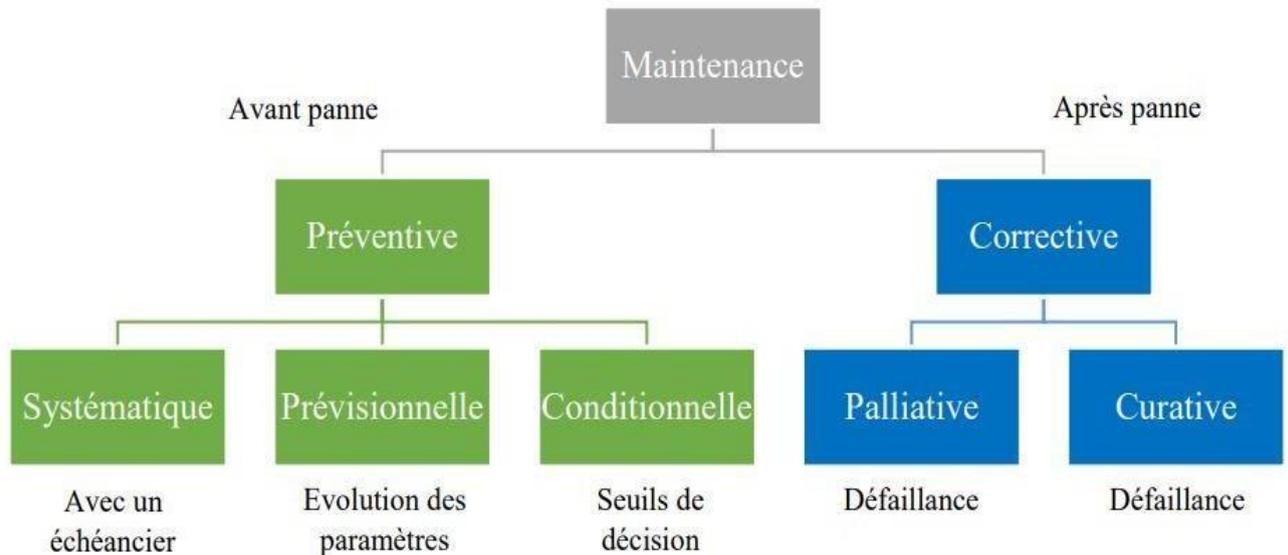


Figure 2.1. Les différentes stratégies de maintenance

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

2.4.2.1. LA 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.

2.4.2.2. LA 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 ». Cette politique de maintenance s'applique à des équipements : soumis à une réglementation sécuritaire (ponts roulants, matériels d'incendie, etc.), présentant des coûts de défaillance très élevés (système avec processus de production continu, lignes de fabrication automatisée, etc.) pour lesquels une défaillance peut entraîner des accidents graves (matériels de transport en commun des personnes, appareils médicaux, etc.).
- **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.

2.4.3. LES TACHES DE MAINTENANCE DANS L'HOPITAL

- participation au choix du matériel si sa maintenance nécessite une assistance technique
- inspection, nettoyage et remplacement périodique des filtres de tous les appareils de ventilation et des humidificateurs.

- contrôle des autoclaves (température, pression, vide, mécanisme d'enregistrement) et entretien régulier (nettoyage de la cuve, vidange des tuyaux), objet de notre cas de cette étude.
- contrôle du fonctionnement des thermomètres enregistreurs des réfrigérateurs dans l'entrepôt de la pharmacie, les laboratoires, la banque de sang et les cuisines.
- inspection régulière de toutes les surfaces. murs, sols, plafonds – pour assurer qu'elles restent lisses et lavables.
- réparation de toute brèche ou fissure dans les parois ou les cadres de fenêtres.
- entretien des appareils d'hydrothérapie.
- notification à l'équipe de lutte contre l'infection de toute interruption prévue des services tels que plomberie ou climatisation.

2.5. PLANIFICATION DU PROGRAMME DE MAINTENANCE

La planification d'un programme de maintenances'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 2.2. 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.

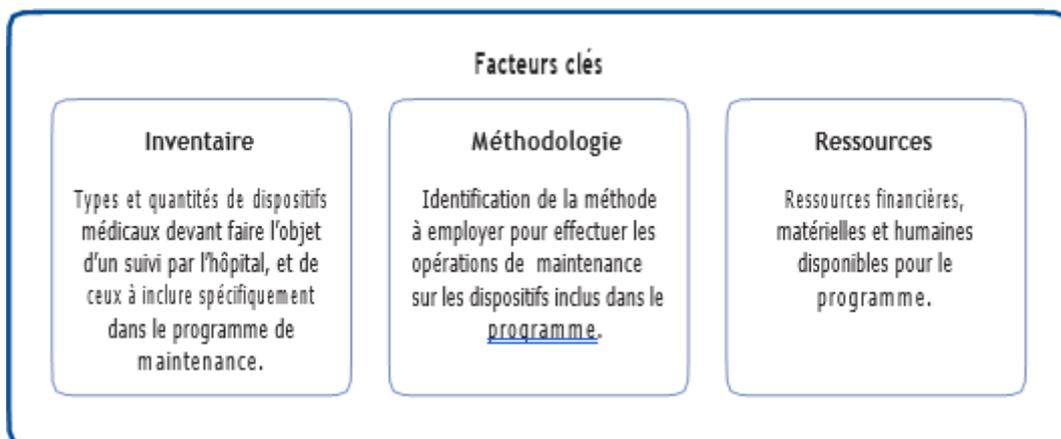


Figure 2 . 2. Facteurs clés à prendre en compte pour planifier un programme de maintenance

2.5.1. INVENTAIRE

Les dispositifs médicaux peuvent être relativement simples mais aussi très complexes. Par exemple, les dispositifs manuels utilisés pour mesurer la tension artérielle (sphygmomanomètres) comprennent peu de composants et sont faciles à réparer, à condition de disposer des pièces, des instruments d'étalonnage et des outils manuels de base nécessaires. 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. Entre ces deux extrêmes se trouvent par exemple les pompes à perfusion, les défibrillateurs, les ECG (électrocardiographes) et des centaines d'autres types de dispositifs médicaux présentant un degré de complexité variable. 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. Cela va dépendre des types d'établissements couverts par le programme—allant des dispensaires de soins primaires aux hôpitaux de soins tertiaires—et de la diversité des dispositifs dont sont équipés ces établissements.

Le département de génie biomédical doit identifier et sélectionner les dispositifs à inclure dans l'inventaire et déterminer, parmi ceux-ci, lesquels doivent être inclus dans le programme de maintenance. Bien que certains préfèrent peut-être consigner l'ensemble du matériel médical de l'établissement (ce qui est parfois imposé par les organisations gouvernementales), des études ont montré qu'il n'était pas nécessaire d'inventorier, d'inspecter ou d'entretenir la totalité du matériel, et que les hôpitaux ou organismes de soins de santé disposant des ressources humaines suffisantes pour accomplir ce travail étaient très rares. Les stratégies de sélection du matériel à inclure dans un inventaire et dans un programme de maintenance sont importantes.

Le département de génie biomédical a pour mission d'élaborer et de tenir à jour l'inventaire. Il est chargé de vérifier régulièrement que tout le matériel faisant l'objet d'un suivi dans un établissement de santé figure sur l'inventaire et que tout le matériel inventorié peut être localisé. Il peut être pratique de réaliser un inventaire au moment d'effectuer les inspections de routine ou les activités de maintenance préventive. De plus, lorsque l'établissement reçoit du nouveau matériel, celui-ci doit être inspecté puis ajouté à l'inventaire.

2.5.2. MÉTHODOLOGIE

Un programme de maintenance peut être mis en œuvre de différentes façons ; il est donc important d'avoir connaissance des diverses options existantes. Par exemple, un organisme de soins de santé peut conclure des contrats de services avec des fabricants de dispositifs, des sociétés de services indépendantes, ou les deux. Il est alors essentiel que l'organisme de soins de santé dispose de personnel pour suivre et gérer les activités de ces sous-traitants. En pratique, l'approche classique consiste à mettre en place un certain degré de capacités techniques et de gestion au sein de l'organisme de soins de santé. Une partie des activités de maintenance peut également être assurée par les personnels de l'organisme de soins de santé. Les autres activités de maintenance peuvent être effectuées par des sous-traitants ou autres prestataires de services externes. L'une des activités les plus importantes consiste à déterminer, pour chaque service, le juste équilibre entre gestion en interne et recours à des prestataires de services extérieurs, en tenant compte des capacités de l'établissement et de son personnel.

2.5.3. 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.

2.5.3.1. 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 œuvre du programme. Les coûts d'exploitation correspondent aux charges récurrentes liées à la mise en œuvre du programme. Le Tableau 2.1 récapitule les principaux éléments dans chaque catégorie.

	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 2. 1. Ressources financières nécessaires à un programme de maintenance

La première étape, pour calculer les coûts, consiste à spécifier les ressources matérielles et humaines nécessaires, en fonction de la quantité et des types de matériel médical figurant dans l'inventaire, mais aussi du niveau et du type de méthode de maintenance choisie. Les coûts initiaux et les coûts d'exploitation sont ensuite calculés à l'aide des tarifs applicables dans le pays ou la région. En ce qui concerne la composante Inspection et maintenance préventive en particulier, il peut être utile d'estimer la charge de travail requise par le programme. C'est une procédure relativement simple si l'on connaît la durée estimée des inspections. En comptant le nombre de dispositifs de chaque type (en d'autres termes chaque catégorie de la nomenclature commune) et en multipliant ce nombre par la durée estimée, il est possible d'obtenir une estimation de la charge de travail totale nécessaire au programme d'inspection et maintenance préventive. La création administrative des formulaires d'inspection et maintenance préventive, la préparation des inspections, l'obtention du matériel à inspecter (transport du matériel vers une zone de travail centrale ou déplacement jusqu'à l'emplacement du matériel), l'établissement d'un compte rendu des activités réalisées et la commande de nouvelles

pièces suite à leur utilisation pour la maintenance préventive, sont autant d'activités dont la durée doit être intégrée au calcul de la charge de travail totale.

Dans un premier temps, l'estimation des coûts de maintenance directe peut être difficile, mais elle s'améliore avec le temps et l'expérience. Le coût des contrats de services peut cependant être fixé dans le cadre de négociations avec des prestataires de services extérieurs. L'acquisition de ces types de services peut s'effectuer soit selon le principe pièce et main d'œuvre, soit par contrat stipulant une durée déterminée et un tarif fixé. Dans les deux cas, le coût doit être planifié et inclus dans les budgets correspondants. Le ratio de coût de maintenance est un indicateur utile pour déterminer la rentabilité d'un programme de maintenance. Ce ratio est calculé en divisant le coût total annuel de l'exécution d'un programme de maintenance du matériel médical par la valeur (coût d'acquisition) du matériel médical figurant dans l'inventaire. Aux États-Unis, par exemple, le coût de maintenance se situe entre 5 % et 10 % (1). Ce ratio ne peut être atteint qu'à condition de disposer de ressources importantes et après une période prolongée d'amélioration de la performance. Dans le cadre de la planification dans les pays en développement, ce ratio peut être bien plus élevé, notamment pour les nouveaux programmes menés dans un contexte de ressources limitées. Le coût de maintenance doit néanmoins faire l'objet d'un suivi constant et être utilisé pour orienter les efforts d'amélioration de la performance.

Au fil du temps, il sera possible de réaliser des investissements supplémentaires dans le programme de maintenance. Il est par exemple envisageable d'assurer l'entretien d'un type de matériel particulier en mobilisant les ressources et le personnel internes, plutôt que par sous-traitance. À chaque fois qu'une telle opportunité se présente, il convient d'élaborer un plan d'activité simple indiquant le coût initial et le coût d'exploitation du projet. On peut ensuite comparer les coûts et bénéfices de la situation actuelle par rapport à ceux de la nouvelle proposition. En matière de nouveaux investissements, ce processus décisionnel est particulièrement utile lorsqu'il est étayé par les données obtenues à partir du programme lui-même.

2.5.3.2. 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.

- Espace de travail :

Le lieu dans lequel s'effectuera la maintenance doit être pris en compte au moment de planifier le programme. La première option consiste à effectuer la maintenance là où le matériel est habituellement installé. Pour certains types de matériel tels que les appareils de radiographie, les analyseurs de laboratoire, les stérilisateurs et les lampes chirurgicales, la seule option consiste à se déplacer jusqu'au matériel. Il faut alors prévoir d'apporter sur le site les outils et les appareils de tests essentiels, ou d'en équiper un espace situé à proximité.

La seconde option consiste à transporter le matériel jusqu'à l'atelier de réparation du département de génie biomédical pour effectuer les opérations d'inspection et maintenance préventive ou de maintenance corrective. Cela peut prendre beaucoup de temps, mais le département de génie biomédical est parfois le seul endroit où peuvent être effectuées certaines opérations de maintenance. 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. De plus, l'accès à Internet peut être une ressource utile. Un grand nombre de ressources techniques sont disponibles en ligne gratuitement ou à un coût très faible, et les modules éducatifs en ligne peuvent être un moyen d'approfondir les connaissances Techniques et de faciliter la formation.¹ Par ailleurs, outre leur coût très faible, les

échanges par téléphone ou courrier électronique permettent une collaboration efficace à distance. Cependant, là où la connexion à Internet n'est pas fiable, les échanges par téléphone mobile peuvent être une alternative utile.

L'atelier de génie biomédical se situe généralement à l'intérieur même de l'établissement de soins de santé, mais si le programme englobe plusieurs établissements, il peut être plus économique de mettre en place un atelier de réparation centralisé.

- 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. Si l'achat et la

maintenances de certains appareils de test sont impossibles, mieux vaut sans doute ne pas prendre la responsabilité d'entretenir soi-même les dispositifs en question.

À condition d'être entretenus avec soin, les outils et appareils de test peuvent avoir une durée de vie supérieure à dix ans. En règle générale, les appareils de test peuvent être utilisés pendant environ sept ans. Les appareils hautement spécialisés, tels que les logiciels de dépannage et les ordinateurs portables à connecter à du matériel de laboratoire ou d'imagerie informatisé, peuvent avoir une durée de vie utile plus courte, en raison de l'évolution rapide des technologies de laboratoire et d'imagerie. Les outils et, en particulier, les appareils de test, doivent eux-mêmes faire l'objet d'une maintenance adéquate. Ils doivent être conservés en bon état, étalonnés à intervalles réguliers et réparés si nécessaire.

Lorsque les ressources sont limitées, il faut faire preuve de créativité ; la constitution d'un réseau de techniciens et d'ingénieurs permet de mettre en commun les outils. Les établissements aux ressources financières limitées peuvent envisager de louer ou de partager avec d'autres hôpitaux voisins les appareils de test et les outils coûteux.

L'ouvrage *Médical instrumentation in the developing world* (L'instrumentation médicale dans les pays en développement) recommande un ensemble minimal d'outils et d'appareils de test en situation de ressources limitées. Ces recommandations représentent le niveau minimal d'investissement dans les outils et appareils de test permettant un entretien adéquat des dispositifs médicaux.

Un financement initial est nécessaire au moment de déployer un programme de maintenance ; mais il faut également financer en permanence l'achat, l'étalonnage et l'entretien des appareils de test destinés au nouveau matériel médical que l'hôpital pourrait acquérir, ou nécessaires pour élargir la portée du programme de maintenance.

- 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.

- 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.

Dans de nombreux pays, l'obtention de pièces de rechange à un coût raisonnable et en temps voulu peut poser de nombreux problèmes. Connaître les besoins ainsi que les coûts associés facilite néanmoins la planification de la maintenance et l'obtention des données nécessaires à la gestion. Cela permet parfois de réaffecter des fonds à des postes essentiels. L'utilisation de pièces génériques plutôt que de pièces du fabricant est envisageable, à condition de vérifier soigneusement la qualité et les caractéristiques de chaque pièce. 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).

- 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. À cet effet, les responsables du département de génie biomédical doivent, si possible, avoir accès à l'Internet haut-débit. Des manuels ou des recommandations peuvent être obtenu(e)s auprès de la communauté élargie de gestion des technologies de la santé.

En cas d'acquisition de nouveau matériel, il faut veiller à ce que les manuels soient inclus dans le contrat d'achat. Tous les fabricants qui vendent du matériel sont tenus de fournir à leurs acheteurs des procédures d'inspection et maintenance préventive détaillées. Ces procédures sont généralement rédigées de façon très claire et souvent accompagnées d'illustrations indiquant comment effectuer une inspection et maintenance préventive complète et adéquate. Il arrive cependant que les fabricants ne fournissent pas de procédures d'inspection et maintenance préventive détaillées, de manuels de maintenance et d'entretien, d'instructions de dépannage, de listes de pièces ni de schémas, sauf si le propriétaire du matériel l'exige au moment de l'achat. Même si le personnel de l'hôpital ne prévoit pas d'assurer lui-même la maintenance d'un matériel médical donné, avoir à disposition les manuels de maintenance et d'entretien permet à l'établissement de fournir ces manuels aux prestataires de services extérieurs chargés de la maintenance ou d'effectuer lui-même les réparations le jour où cela s'avèrera nécessaire.

En cas de don de matériel, lorsque les manuels n'ont pas été fournis et ne peuvent être consultés en raison de l'ancienneté ou du modèle du matériel, l'expérience et le savoir-faire du personnel constituent la principale ressource. Il est néanmoins recommandé que le département de génie biomédical élabore ses propres instructions et souligne la nécessité de fournir des manuels d'utilisation et d'entretien au moment de chaque don. Les pays en développement doivent collaborer avec les organismes donateurs concernés et insister sur la nécessité de respecter les directives applicables. Pour plus d'informations, le lecteur est invité à se reporter à l'ouvrage de la présente série technique intitulé Dons de dispositifs médicaux : considérations relatives à leur demande et à leur attribution.

En tout état de cause, il convient de s'assurer auprès du fournisseur que les manuels sont disponibles en langue locale, ou peuvent l'être, moyennant éventuellement un coût supplémentaire.

2.5.3.3. RESSOURCES HUMAINS

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.

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 2.2. 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 post-secondaire de deux ans, au terme de laquelle ils obtiennent un diplôme ou certificat d'électronique biomédicale ou de technologie du matériel biomédical.

Il arrive également - notamment dans les pays où les programmes de formation spécialisés sont plus rares - que les ingénieurs et les techniciens aient été formés dans un domaine apparenté (tel que le génie industriel ou les technologies électriques) et aient suivi un cursus certifiant, reçu une formation ou effectué un apprentissage qui leur permet de travailler dans le domaine du matériel médical. Les ingénieurs ou les techniciens doivent avoir suivi ce complément de formation car le matériel médical est hautement spécialisé et une maintenance ou une réparation inadéquate(e) peut mettre la vie humaine en danger. Ce type d'ingénieur ou de technicien est souvent plus facile à recruter sur le marché de l'emploi, mais nécessite davantage de supervision et de formation pour mener à bien les tâches qui lui seront confiées. Avec le temps et l'expérience, un technicien peut prétendre à un poste de technicien en matériel biomédical. En revanche, pour pouvoir prétendre à un poste d'ingénieur biomédical, un ingénieur doit suivre un cursus d'enseignement supérieur spécialisé et obtenir le diplôme correspondant. Le Tableau 2.2 présente une classification du personnel technique ainsi que les fonctions généralement assurées par chaque type de personnel. De nombreux pays sont confrontés à une pénurie d'ingénieurs biomédicaux et de techniciens en

matériel biomédical qualifiés. Une solution à long terme consiste à développer les infrastructures éducatives de façon à pouvoir constituer un réservoir de personnel technique qualifié dans le pays ou la région. Il peut être utile d'inclure dans la planification des ressources humaines les universités nationales ou régionales, car celles-ci peuvent mettre en place des programmes diplômants formels et assurer la formation continue du personnel technique. À court terme, comme nous l'avons mentionné plus haut, il est nécessaire de recruter des ingénieurs et des techniciens issus d'autres disciplines et de leur dispenser une formation en rapport avec les technologies médicales.

La taille d'un organisme de soins de santé, la quantité et le type de matériel médical inclus dans le programme de maintenance, les compétences présentes sur le marché de l'emploi local et les capacités financières de l'organisme sont des paramètres clés à prendre en compte pour déterminer le juste équilibre entre ingénieurs et techniciens. Pour la quasi-totalité des programmes de maintenance, il sera nécessaire de compléter les ressources humaines internes en faisant appel à des prestataires de services extérieurs (agents de maintenance du fournisseur/fabricant ou d'un tiers). Ces prestataires peuvent assurer l'inspection et maintenance préventive et la maintenance corrective du matériel sur lequel le personnel interne ne peut intervenir. De plus, les travaux de réparation nécessaires sur le matériel médical hautement sophistiqué ne peuvent être effectués que par des experts ayant reçu une formation ciblée et spécialisée dans une seule technologie ou un petit nombre de technologies. Il est recommandé que l'intervention de ces prestataires extérieurs s'effectue sous la supervision des techniciens en matériel biomédical qui travaillent en interne, aux fins de gestion de la maintenance et de réduction des coûts; cela permet également au personnel interne de se familiariser avec d'autres types de matériel.

Il est possible de confier certaines opérations moins techniques au personnel général peu qualifié, mais la majeure partie du personnel de maintenance doit avoir suivi une formation en électronique et comprendre le fonctionnement des appareils de test, les notions d'étalonnage électronique et les principes de fonctionnement du matériel médical pour assurer ses fonctions de façon satisfaisante. De plus, investir dans le recrutement de techniciens hautement qualifiés peut permettre au département de génie biomédical d'assurer, à terme, en interne la maintenance du matériel de

laboratoire, chirurgical et d'imagerie même le plus sophistiqué. En général, assurer le maximum d'opérations en interne permet de limiter le coût de maintenance total du matériel médical de l'hôpital. Le recrutement de techniciens en matériel biomédical ayant reçu une solide formation, hautement qualifiés et capables d'assumer davantage de responsabilités réduit le coût de maintenance du matériel de l'établissement. Lorsque d'importantes ressources sont disponibles pour appuyer le travail du personnel technique, il n'est pas rare qu'un seul technicien soit chargé de la maintenance de plusieurs centaines de dispositifs médicaux. Cependant, dans les pays qui ne disposent pas de telles ressources, il convient de limiter considérablement le nombre de dispositifs par technicien. Cela vaut notamment lors des phases initiales de mise en œuvre d'un programme de gestion des technologies de la santé. Au fil du temps, les efforts d'amélioration de la performance vont accroître la productivité de chaque employé. Il faut toutefois veiller à ne pas surcharger de travail le personnel technique dès le lancement de nouveaux programmes.

- 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. Les effectifs de personnel de gestion nécessaires au sein d'une équipe de génie biomédical dépendent de la taille et de la structure de celle-ci, l'essentiel étant de conserver un « périmètre de contrôle » raisonnable pour chaque superviseur et responsable.

2.6. RELATION ENTRE MAINTENANCE INDUSTRIEL ET MAINTENANCE BIOMÉDICALE

Les services biomédicaux peuvent donner s'inspirer des méthodes de maintenance industrielle pour initier de nouvelles stratégies de maintenance. Néanmoins, il convient de développer une méthodologie d'application et de prioriser les actions de maintenance en fonction des réalités du terrain.

Maintenance biomédicale / maintenance industrielle sont stratégiques responsables de maintenance conservent, développent et structurent en intime des compétences techniques et d'analyses très fortes.

2.7. LES OBJECTIFS DE MAINTENANCE BIOMÉDICALE

Les Bonnes Pratiques Opérationnelles axées sur la mise en œuvre pragmatique des objectifs fixés par les Bonnes Pratiques Fonctionnelles ces objets sont traduit dans le diagramme d'Ichikawa ci-dessous qui donne une place importante pour la maintenance sur les différents aspects.

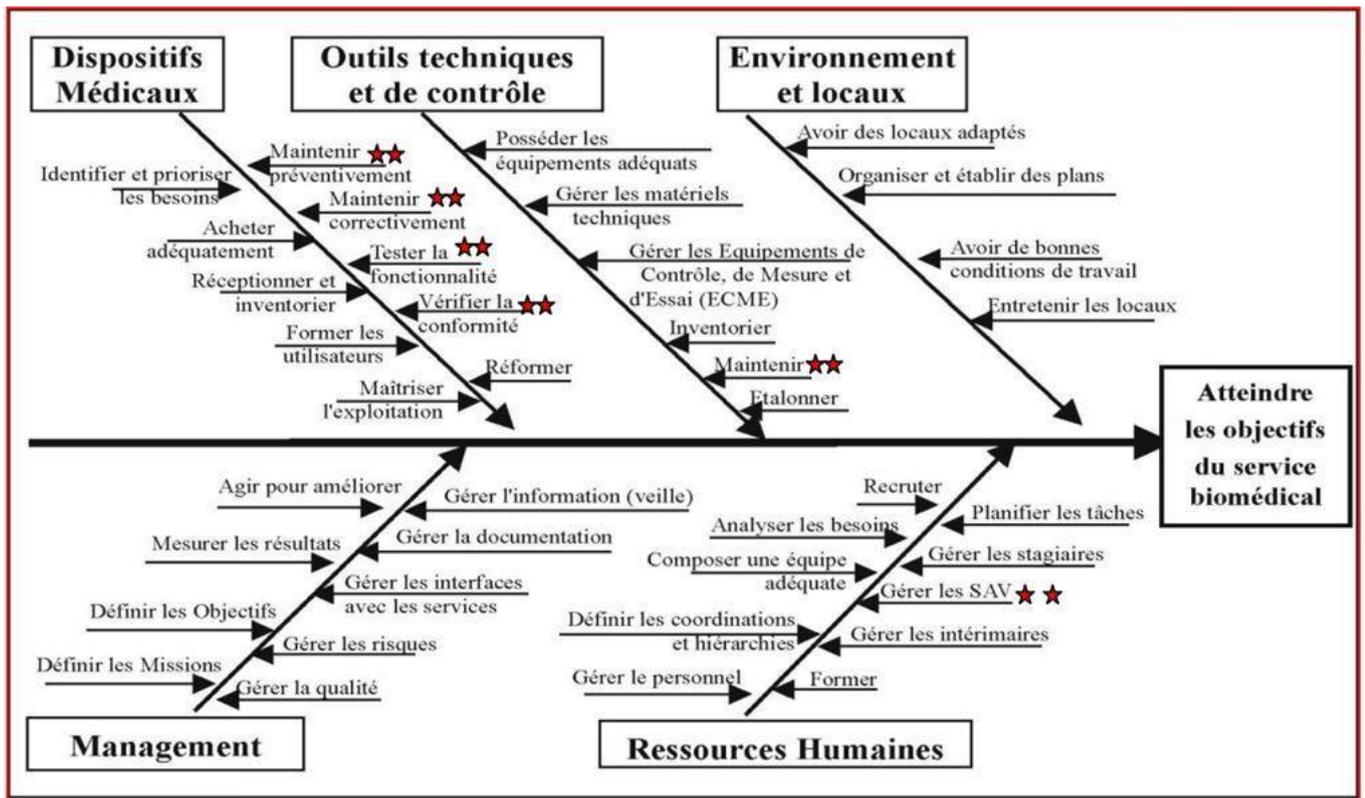


Figure 2.3. Principaux processus pour remplir les missions et atteindre les objectifs du service biomédical.

2.8. CONCLUSION

Les hôpitaux continuent de connaître, dans un contexte réglementaire fort, des évolutions importantes en matière de technologie, de sécurité, de qualité et de maîtrise des budgets. Ainsi la fonction de maintenance à l'hôpital prend de plus en plus d'importance, obligeant tout service biomédical à s'interroger sur sa stratégie de maintenance. L'étude de la maintenance industrielle montre que la quasi-totalité de ses concepts et de ses pratiques, tant opérationnels qu'organisationnels, sont sous certaines conditions transférables de façon bénéfique à la maintenance biomédicale.

Chapitre.3. Optimisation de la maintenance des équipements hospitaliers par l'ontologie du domaine par des règles SWRL

3.1 INTRODUCTION

Les équipements médicaux sont devenus aujourd'hui de plus en plus sophistiqués et complexes et les hôpitaux doivent veiller à ce que leurs dispositifs critiques soient sûrs, précis, fiables et opérationnels à un niveau de performance requis. Pendant des décennies, les techniques d'ingénierie de sûreté de fonctionnement ont été appliquées avec succès dans de nombreuses industries pour améliorer la performance de la maintenance des équipements. De nombreux modèles d'optimisation sont développés et largement utilisés pour atteindre l'excellence d'entretien, à savoir l'équilibre de performance, risques, ressources et coût. Toutefois, l'application de toutes ces techniques et modèles pour les dispositifs médicaux reste limitée. Cette étude vise à analyser l'efficacité de la gestion de la maintenance dans l'industrie hospitalière. Le cadre conceptuel a été conçu pour examiner l'importance de la relation entre ces variables : types de stratégies de maintenance, les critères de sûreté de fonctionnement de l'équipement médical, les coûts de maintenance et risques. Ce travail a pour objectif de repérer les points critiques et relever les insuffisances des stratégies de maintenance par l'ontologie de domaine (SWRL) en vigueur dans l'industrie de la santé.

3.2. LES LEVIERS DE L'OPTIMISATION DE LA MAINTENANCE DES ÉQUIPEMENTS HOSPITALIERS

Il existe plusieurs leviers permettant d'optimiser les contrats de maintenance, notamment la mutualisation des besoins, l'ouverture à la concurrence, la délégation globale d'un parc et le recours à la maintenance multimarques.

3.2.1. LE REGROUPEMENT DES BESOINS

Plusieurs techniques permettent d'obtenir des gains achats. La première d'entre elles consiste à regrouper les besoins, ce qui permet d'avoir un effet volume capable d'agir sur les prix.

Cette mutualisation peut s'effectuer à l'échelle d'un établissement ou d'un GHT.

Elle peut être aussi nationale grâce au recours à une centrale d'achat, dont les équipes auront calibré le juste besoin et obtenu le meilleur tarif auprès des fournisseurs (constructeurs, prestataires multimarques).

3.2.2. L'OUVERTURE À LA CONCURENCE

Exploiter un parc important de matériel varié et d'origine hétérogène n'est pas aisé.

Un CHU comme celui de ORAN possède par exemple certaines appareils avec une équipe biomédicale de plusieurs personnes, ingénieurs et techniciens.

Dans un tel cas de figure, l'établissement de santé risque de se retrouver à devoir conclure et superviser une profusion de contrats de maintenance, selon la marque, le type de matériel...

Cette abondance complexifie le bon suivi de l'entretien et des réparations, en le rendant chronophage avec une démultiplication des relances éventuelles auprès des différents intervenants. Elle rend difficile le partage d'informations avec les différents services de l'hôpital, lorsqu'il s'agit de planifier les interventions.

Elle débouche sur une absence de visibilité du contenu exact des contrats, leurs dates d'échéance, avec le risque de voir certaines machines échapper aux opérations de maintenance.

Un établissement pourra donc avoir intérêt à passer d'une maintenance « marque » à une gestion multi- marques, particulièrement pour les équipements en grand nombre (moniteurs, respirateurs, endoscopes...).

3.2.3. LE RECOURS À LA TIERCE MAINTENANCE

Les fabricants n'ont pas le monopole de la maintenance sur leurs machines et l'ouverture à la concurrence, quand elle fait sens, a d'indéniables attraits.

D'autres sociétés, appelées « tiers mainteneurs », sont capables d'intervenir sur la plupart des appareils, même s'ils ne peuvent maintenir et réparer 100% d'entre eux.

3.2.4. LES PRÉCAUTIONS POUR RECOURIR À LA TIERCE MAINTENANCE

Avant de choisir entre un constructeur et une société de tierce maintenance, l'établissement fera un état des lieux des équipements concernés en analysant leur criticité, le niveau de prestation exigé et le taux de disponibilité souhaité par les utilisateurs.

Le prestataire devra naturellement prouver ses capacités, notamment via :

- la qualification des salariés (diplômes, expériences sur certaines machines...); les moyens déployés pour perfectionner le personnel; le matériel utilisé
- la solidité de ses sources en pièces détachées (accord avec des constructeurs pour des pièces d'origine, recours à des brokers spécialisés ou des distributeurs pour des pièces compatibles...)
- la documentation et le matériel nécessaires à la maintenance préventive et curative
- l'organisation (certification, système qualité)
- la réactivité (délais d'intervention sur site, délais de réparation en atelier).

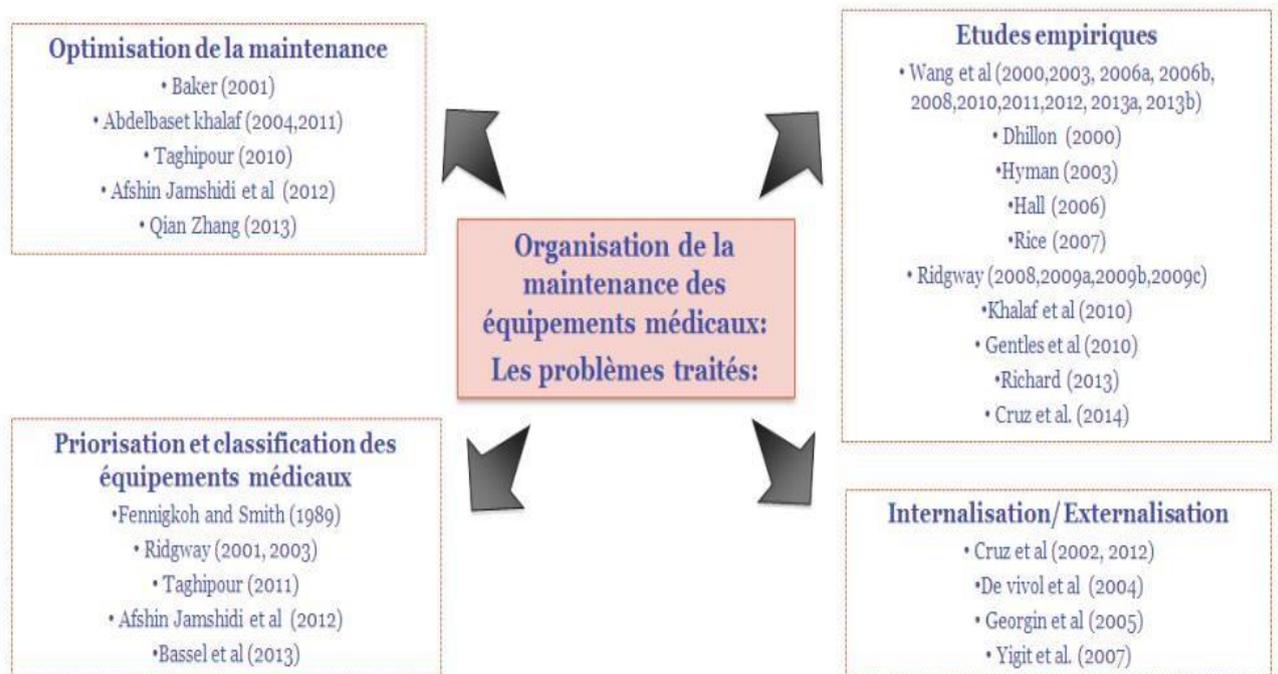


Figure 3.1. Classification des recherches de l'organisation de la maintenance des équipements médicaux de 1989 à 2014

3.3 PRIORISATION ET CLASSIFICATION DES ÉQUIPEMENTS HOSPITALIERS

Définir la classe d'un dispositif médical (DM) est une nécessité pour tout fabricant, en Europe c'est cette classe qui va permettre de définir les contraintes pour établir la conformité du produit aux exigences réglementaires.

Il existe quatre classes pour les DM, par ordre de criticité: I, IIa, IIb et III.

La criticité est fonction du risque potentiel pour le patient, le personnel soignant ou toute autre personne intervenant lors de l'utilisation du dispositif.

3.3.1 LES DÉFINITIONS UTILISÉES POUR CLASSER LES DM

Reportez vous à la directive pour les définitions complètes, chaque mot compte !

Durée d'utilisation du dispositif:

Il s'agit de quantifier la durée maximale durant laquelle le DM est susceptible d'être utilisé en continu*, il existe 3 niveaux:

- temporaire si < 1 heure
- court terme si comprise en 1 heure et 1 mois
- long terme au delà

Évidemment, la criticité augmente avec la durée.

(*) en continu: applicable même si l'on remplace le DM durant l'acte.

Dispositif invasif, dispositif implantable:

Les dispositifs invasifs pénètrent le corps, par un orifice naturel ou suite à un acte chirurgical auquel cas on parle de dispositif invasif de type chirurgical.

Un dispositif implantable est lui invasif et destiné à rester dans le corps.

Là aussi la criticité est croissante: l'acte chirurgical introduit de nouveaux risques, tout comme le fait de laisser le DM dans le patient.

Dispositif chirurgical:

Tout est dans le nom: il est destiné à accomplir un acte... chirurgical.

Dispositif actif, thérapeutique, destiné au diagnostic:

Le nom est trompeur: il s'agit essentiellement des dispositifs médicaux électriques et plus généralement des DM qui utilisent une énergie non fournie par un humain ou la pesanteur (un pèse patient électrique et actif, un pèse patient mécanique ne l'est pas).

Ainsi un DM utilisé pour faire du monitoring est passif vis à vis du patient (il ne fait que mesurer) mais actif au sens de la directive.

Précision importante: les logiciels sont considérés comme actifs:

C'est donc la source d'énergie qui ajoute de la criticité, le DM étant susceptible de vous électrocuter, de vous écraser, de vous irradier.

Ces dispositifs actifs peuvent également être thérapeutiques (pour soulager blessures et autres handicaps) ou destiné au diagnostic.

Sites critiques: Système circulatoire central et Système nerveux central:

Ces sites anatomiques étant particulièrement critiques l'annexe définit clairement les parties du corps concernées: le système nerveux central inclut l'encéphale, la moelle épinière, les méninges; la liste des vaisseaux constituant le système circulatoire est précisée.

3.3.2 LES RÉGLES D'APPLICATION

Quelques règles pour comprendre comment aborder la classification.

- Les dispositifs utilisés en combinaison sont à classer séparément.
- Un logiciel lié à un dispositif hérite de sa classe.
- C'est le cas d'utilisation le plus critique qui doit être envisagé pour la classification (ce qui reprend la philosophie appliquée pour la gestion des risques).
- Si plusieurs règles s'appliquent alors c'est la plus sévère qui sera appliquée.

La classe du DM, la (les) règle(s) appliquée(s) ainsi que les justifications sont à reporter dans la documentation technique construite en vue du marquage CE, par exemple dans le dossier de gestion des risques puisque c'est la notion de risque qui est analysée ici.

3.3.3 LES RÉGLES DE CLASSIFICATION

C'est via 18 règles que la classe va être déterminée, règles qui in-fine établissent une cinquantaine de critères.

Les 4 familles de dispositifs:

Le système de classification regroupe les dispositifs médicaux selon quatre familles:

- Règles pour les dispositifs **non invasifs**
- Règles pour les dispositifs **invasifs**
- Règles pour les dispositifs **actifs**
- Règles **spéciales**

Hormis les 2 premières, les familles peuvent se recouper, par exemple un dispositif invasif peut être actif.

Il vous faudra donc balayer toutes les règles pour être sûr de ne rien rater, c'est assez laborieux du fait de la construction incrémentale de la directive (nous en sommes à la 5^e mise à jour) les règles n'ont pas une forme très homogène et sont parsemées de cas particuliers.

3.3.4 RÉGLES PARTICULIÈRES

Certaines règles sont très ciblées, la directive a une attention particulière pour les dispositifs destinés à:

- visualiser la distribution de produits radiopharmaceutiques in vivo
- enregistrer les images de radiodiagnostic
- désinfecter les dispositifs invasifs
- désinfecter, nettoyer,(...) des lentilles de contact être une poche de sang

3.3.5. EXEMPLE DE CLASSIFICATION DES DISPOSITIFS MÉDICAUX

Pour vous familiariser avec ces différentes classe, voici une série d'exemples autour de DM courants:

- Classe I: Lèves-personne, Seringues (sans aiguille), Scalpels, Électrodes pour ECG, Gants d'examen.
- Classe IIa: Tubes utilisés en anesthésie, Tubes de trachéotomie, Aiguilles pour seringue, Pansements hémostatiques, Tensiomètres, Thermomètres.

- Classe IIb: Machines de dialyse, Couveuses pour nouveaux nés, Oxymètres, Respirateurs, Préservatifs masculins, Trocarts stériles, Moniteurs de signes vitaux, Implants dentaires.
- Classe III: Cathéters destinés au cœur, Spermicides, Neuro-endoscopes, Aiguilles trans-septales, Appicateurs d'agrafe chirurgicale, Pincés souples à biopsie, Pompes cardiaques, Prothèses articulaires de la hanche.

3.3.6. IMPACT DE LA CLASSE SUR LA PROCÉDURE DE MARQUAGE CE

Le choix de la procédure de marquage CE dépend de la classe du dispositif, naturellement: les contraintes seront plus importantes lorsque la classe est plus critique.

Vous pouvez consulter l'article sur les différentes procédures de marquage CE d'un DM, un découpage est fait en fonction de la classe.

On retiendra que:

- Le marquage CE des DM de classe I se fait en "auto-certification", sans recours à un organisme notifié
- Les classes 1 avec fonction de mesurage ou stérile nécessite une assurance qualité (AQ) de la production (uniquement pour les aspects mesure / stérile)
- Un organisme notifié intervient dès la classe 2a pour, selon les cas, certifier l'AQ complète, certifier l'AQ partielle, effectuer un examen du produit ou réaliser le contrôle final

3.3.7. CRITICITÉ: Méthode PIEU

La méthode Pieu permet de classer les Dispositifs Médicaux en fonction de leur criticité.

Pour chaque équipement ou modèle d'équipement il faut déterminer les critères suivants :

- Critère P : Incidence des pannes en cas d'arrêt du système

0.01 : répercussions graves

1 : répercussions sur qualité des soins

2 : corrections des soins possibles

3 : aucune incidence sur la qualité des soins

- Critère I : Importance des équipements

0.01 : équipement stratégique

1 : Important

2 : secondaire

3 : équipement de secours

- Critère E : État du dispositif

0.01 : à rénover ou à réformer

1 : à réviser

2 : à surveiller

3 : à l'état spécifié

- Critère U : Taux d'utilisation

0.01 : Saturé

1 : élevé

2 : moyen

3 : faible

Ensuite on calcule le critère **PIEU = P x I x E x U**

En fonction de ce critère, il est possible de classer les DM

PIEU < 1 : très critique

1 < PIEU < 10 : Moyennement critique

PIEU > 10 : moins critique

D'après Tarawneh et El-Sharo (2009), l'état de l'équipement médical peut être évalué en respectant certains facteurs : les performances de fonctionnement, l'âge, la sécurité, le coût de maintenance, les temps d'arrêt, la disponibilité des pièces de rechange, la possibilité de mise à niveau, la disponibilité de nouvelles technologies, etc. Ainsi, Tarawneh et El-Sharo (2009) ont classifié les équipements médicaux en six catégories selon leur taux de disponibilité annuel (voir tableau 3-1) :

<i>Taux de disponibilité d'un équipements</i>	<i>Classification des équipements en six catégories selon le taux de disponibilité</i>
95% - 100%	Elevé
90% - 94.9%	Très bonne
80% - 89.9%	Bonne
70% - 79.9%	Moyenne
60% - 69.9%	Faible
< 60%	Pauvre

Tableau 3. 1. Classification des catégories selon le taux de disponibilité

<i>DOMAINE</i>	<i>DISPOSITIFS MEDICAUX</i>
<i>Radiodiagnostic</i>	<i>Production d'images : Radiographie ou Radioscopie (fixe ou mobile, conventionnelle ou numérisée), Scanner, Mammographe, Ostéodensitomètre, Injecteur de produit de contraste Interprétation des images : Négatoscope, Chaîne numérique</i>
<i>Radiothérapie</i>	<i>Délivrance des traitements : Radiothérapie, Curiothérapie Console de dosimétrie opérationnelle</i>
<i>Médecine Nucléaire</i>	<i>Réalisation des actes : Gamma Caméra, PET Scan</i>
<i>Imagerie</i>	<i>Finalité Diagnostique : IRM Finalité Thérapeutique : Lithotripteur</i>
<i>Suppléance fonctionnelle</i>	<i>Rénale : Hémodialyse, Hémofiltration, Dispositif de traitement et boucle de traitement de l'eau de dialyse Cardiaque : Circulation extra-corporelle, Appareil de contrepulsion, Stimulateur temporaire, Défibrillateur</i>
<i>Réchauffement patient</i>	<i>Table de réanimation Néonatale, Rampe chauffante, Incubateur Générateur pour couvertures soufflantes. Couverture électrique</i>
<i>Chirurgie</i>	<i>Instrumentation électro-chirurgicale : Bistouri, Coelio chirurgie Ophtalmologie : Laser thérapeutique, Phaco émulsificateur</i>
<i>Perfusion</i>	<i>Pousse-seringue, Pompe à perfusion, PCA</i>
<i>Monitoring</i>	<i>Moniteurs de suivi patient pour les paramètres vitaux : Cardiaque, Ventilatoire, Système nerveux central</i>
<i>Ventilation Artificielle</i>	<i>Ventilateur d'anesthésie et de réanimation Humidificateur chauffant</i>
<i>Désinfection</i>	<i>Laveur-désinfecteur d'endoscopes</i>
<i>Stérilisation</i>	<i>Autoclaves</i>

<i>Poids et mesure</i>	<i>Systèmes de pesée à visée thérapeutique : Pèse-bébé, Pèse-personne, Pèse-lit, Système de pesée sur lève-malade Balances de précision des laboratoires. Instruments de pesée des pharmacies à usage intérieur (PUI)</i>
<i>Laboratoires (GBEA)</i>	<i>Centrifugeuses, pipettes, automates, biologie délocalisée(gaz du sang...), lecteurs de glycémie...</i>
<i>Support Patient</i>	<i>Table d'opération, Lit médicalisé au domicile du patient, Lève-patient</i>
<i>Divers</i>	<i>Fluides médicaux : Centrales, accessoires</i>

Tableau 3.2. Liste des principaux dispositifs médicaux concernés par l'obligation de maintenance

3.4. LE RÉGISTRE DE SÉCURITÉ, DE QUALITÉ ET DE MAINTENANCE : RSQM

Il est recommandé d'utiliser le principe du RSQM, sans distinction de classe CE, sur tous les dispositifs médicaux qui nécessitent des opérations de maintenance préventive ou curative, de contrôle qualité, de contrôle de sécurité. Cette uniformisation des pratiques au sein d'un même établissement doit permettre de simplifier l'organisation à mettre en place.

La qualité du RSQM est liée à l'exhaustivité et à la fiabilité des données d'une part, mais aussi et avant tout à la qualité de l'organisation, en amont et en aval de la fonction Maintenance

Le RSQM peut être indifféremment sous forme :

- papier (classeurs, dossiers ou chemises)
- informatique (GMAO: Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur, enregistrements informatiques sur logiciels spécifiques).

L'objectif étant l'exhaustivité et l'accessibilité des données.

3.4.1. CONTENU DU RSQM (Selon Norme XP S 99-171)

Le RSQM (papier ou informatique) doit être composé de trois fiches obligatoires et d'une fiche optionnelle.

FICHE 1 : DESCRIPTION DU DISPOSITIF MEDICAL

F1	Description du Dispositif Médical	Commentaires	Exemple
	NOM	Utiliser les codifications type CNEH (Centre National d'Expertise Hospitalière)	Moniteur de surveillance multiparamétrique
	N° D'identification dans l'établissement	Spécifique à chaque établissement, possibilité d'utiliser l'inventaire des services économiques. N° UNIQUE	0050100

TYPE		VIRIDIA
SERIE	Numéro étiqueté (ou gravé) par le fabricant	DE85011367
Classe CE	I, IIa, IIb, III vérifiable sur les déclarations de conformité CE	IIb
FABRICANT Nom Coordonnées	Zone à relier au fichier fournisseur	AGILENT
FOURNISSEUR Nom Coordonnées	Zone à relier au fichier fournisseur	PHILIPS
EXPLOITANT	Cette zone permet de définir qui est le responsable du DM. Par exemple dans le cas des Mises à Disposition, des prêts ou des locations	CH PYRENEES
Date de réception Responsable de la réception Statut de la réception: Conforme à la commande Non Conforme à la commande	La phase réception peut permettre d'étiqueter le DM	05/01/2004 M. DUPONT Technicien Sup Biomédical Statut de la réception: Conforme à la commande
Date de mise en service Responsable(s)	Date de départ de la garantie ; l'utilisateur devient l'exploitant	12/01/2004 M. DUPONT Technicien Sup Biomédical M ^{me} DURAND Cadre de Santé M. GRAND Société Philips
Durée de garantie		1 an
Durée d'exploitation	Soit définie ou estimée par l'exploitant, soit par des textes (générateurs de radiologie, 25 ans). Différent de la durée d'amortissement	10 ans
LOCALISATION Site Service		Vignemale néonatalogie
Référentiels	Textes réglementaires (décrets, arrêtés) de référence (Voir tableau p 6)	Décret 2001-1154
DM rattachés	Modules, accessoires,	Module Multiparamétrique 0050101
Coûts Acquisition Installation Formation	Indiquer les prix obtenus à l'achat	12190 €
Contrats de maintenance	Cette information peut faire l'objet d'une fiche spécifique	Non
Versions logicielles	De nombreux DM ayant une partie informatique, il est judicieux de suivre cette information	
Déclaration CNIL	Pour les DM utilisant des bases de données patient	Non
Commentaires	Zone libre	

FICHE 2 : DESCRIPTION DES OPERATIONS

Permet de décrire les textes, opérations, références applicables à ce dispositif médical ;

On peut avoir plusieurs opérations décrites par dispositif médical, ces fiches peuvent donc être numérotées

F2	Description des opérations	Commentaires	Exemple
	Description de l'opération	Description rapide de l'opération	Contrôle Qualité annuel
	Type d'opération	Contrôle Qualité Interne Contrôle Qualité Externe Maintenance Préventive Maintenance corrective Calibration Contrôle Sécurité Réforme ou rebut	Contrôle Qualité Interne
	Élément déclencheur	Bons de travaux, planning préventif, compteur horaire, mesure...	Planning préventif
	Compétences requises de l'intervenant	Définition des formations, savoir-faire, habilitation requis pour effectuer l'opération.	Technicien biomédical
	Mode opératoire	Le mode opératoire est décrit dans cette zone s'il est court ou bien fait l'objet d'une fiche optionnelle (F3). FICHE 3: RÉALISATION DES OPÉRATIONS	

FICHE 4 : RESULTAT DES OPERATIONS

Une fiche par opération (par ex. à chaque préventif ou curatif)

F4	Description des opérations	Commentaires	Exemple
	Référence du type d'action	Se reporter à la fiche F2 pour renseigner ce champ	Contrôle Qualité Interne
	Intervenant(s)	Nom du technicien biomédical, du sous-traitant, du personnel soignant...	M. DUPONT Technicien Sup Biomédical
	Résultat Conforme Non Conforme Description des résultats Pas de description Fiche d'enregistrement Rapport	Champ obligatoire et très important qui permet de valider la conformité	Résultat Conforme Description des résultats Fiche d'enregistrement CQ appareils de monitoring du 18/12/03
	Date de début		03/01/2005
	Date de fin d'opération	Fin de l'opération en cours	05/01/2005
	Suites données Sans suite	Décret 2001-1154 A renseigner obligatoirement, au minimum	Sans suite

	Contrôle Qualité Déclaration Matériorvigilance Restriction d'utilisation Maintenance Contrôle de Sécurité Action de formation Dérogation d'emploi Réforme Mise hors service	"sans suite" Si non conforme, renvoi obligatoire à une nouvelle opération	
	Cause de l'opération	Élément déclencheur, description du défaut	

3.5. CHOIX DE LA POLITIQUE DE LA MAINTENANCE

Une stratégie de maintenance comprend des procédures d'inspection et des opérations de maintenance préventive et corrective. Les inspections de performance visent à garantir le bon fonctionnement du matériel ; les inspections de sécurité visent à garantir que le matériel est sans risque pour les patients et les opérateurs ; et la maintenance préventive (PM) vise à prolonger la durée de vie de chaque équipement et à réduire les taux de défaillance. De plus, certains problèmes latents peuvent être identifiés au cours d'une inspection programmée. Cependant, l'inspection du matériel garantit que le dispositif est en bon état de fonctionnement uniquement au moment où elle est effectuée, mais ne peut éliminer le risque de défaillance lors d'une utilisation ultérieure ; par nature, la plupart des composants électriques et mécaniques peuvent à tout moment présenter une défaillance. La maintenance corrective (CM) consiste à restaurer le fonctionnement d'un dispositif défaillant pour permettre sa remise en service.

Pour être utile, un programme de maintenance de l'équipement médical doit comprendre une planification, une gestion et une mise en œuvre appropriées. La planification se rapporte aux ressources financières, matérielles et humaines nécessaires à une mise en œuvre adéquate des activités de maintenance. Une fois que le programme a été défini, les aspects financiers, humains et opérationnels font l'objet d'un suivi et d'une gestion constants pour garantir la continuité du programme et, si nécessaire, son amélioration. Enfin, une mise en œuvre adéquate du programme est essentielle pour garantir le fonctionnement optimal du matériel.

3.5.1. AVANTAGE ET ENJEUX DE LA MAINTENANCE PRÉVENTIVE À L'HOPITAL

3.5.1.1. LES AVANTAGES

La maintenance préventive permet d'une manière Générale d'améliorer la disponibilité des équipements et de prolonger leur durée de vie. Elle peut également contribuer à l'amélioration des conditions de sécurité et de la qualité de la production.

Le préventive systématique permet particulièrement de programmer de façon rigoureuse les opérations de maintenance et les couts de maintenance bien à l'avance. En revanche, si la periodicite des interventions n'est pas adaptée, le préventive systématique peut occasionner des démontages inutiles et devenir couteux car les pieces de rechange sont remplacées avec des valeurs residuelles non negligables.

Le preventif conditionnel, permet particulièrement d'une utilisation optimale des pieces de rechange ; on ne les remplace que lorsqu'elles sont vraiment usées. Il permet egalement un meilleur suivi de l'état de fonctionnement de l'équipement et évite les demontages parfois inutiles de la maintenance systematique. En revanche, le conditionnel ne peut être efficace que si les parametres d'usure et de fonctionnement sont mesurables et rendent bien compte de l'état de fonctionnement de l'équipement.

3.5.1.2. LES ENJEUX ÉCONOMIQUES

Outre les exigences en matières de sécurité et de qualité de soins, les moyens financiers constituent une autre contrainte dans le fonctionnement des hôpitaux. Aujourd'hui, très peu d'études font état des retombées économiques de la maintenance préventive dans les hôpitaux. Et ceci pour la simple raison que sa pratique n'est pas encore courante.

Pourtant, de l'avis d'experts , les coûts générés par les différentes formes de maintenance peuvent varier considérablement selon que l'on ne pratique pas de maintenance, que l'on pratique la maintenance au coup par coup ou que l'on pratique une maintenance préventive systématique.

Les données empiriques relevées dans différents situation montrent que :

- 30 % des équipements sont hors-service dès la fin de la première année de leur mise en service s'il n'ya aucune forme de maintenance. Ce qui représente environ une durée moyenne de vie de trois ans
- une maintenance au coup par coup (curative) permet d'obtenir une durée de vie moyenne de sept ans pour un équipement donné. Les coûts de maintenance peuvent s'élever dans ce cas à 7 % du coût d'investissement initial par an
- l'expérience de certains pays développés (Allemagne) où la maintenance préventive est une pratique plus courante, montre que l'on peut prolonger la durée de vie moyenne des équipements à dix ans avec des coûts annuels de maintenance réduits à 5 % par un programme rigoureux de maintenance préventive.

PIN DE MAINTENANCE / FICHE D'INTERVENTION PREVENTIVE					
EQUIPEMENT: xx		MARQUE:xx		MODELE xx	CODE:xx
LOCALISATION: xxx				SERVICE: xxx	
FREOUENCES VISITES			DESCRIPTIF DES TACHES	COCHER	OBSERVATIONS
Tous les ans	Tous les 6 mois	Tous les 3 mois			
			Entretien		
	x		Sous ensemble fonctionnel 1		
			opération t1.1		
			opération 1.2		
	x		Sous esemble fondionnal 2		
			opération 2.1		
			opération 2.2		
			opération 2.3		
x			Sous ensemble fonctionnel z		
			opération 3.2		
			Test de sécurité électrique		
			Contrôle des performances		

Remarque: Ces taches de maintenance preventive sont données seulement à titre indicatif,, se référer à la documentation constructeur pour les cas spécifiques

Date de prochaine maintenance: xx / xx / xx

Fait le xx / xx / xx Par ____, Organôme _

Tableau 3.3. Modèle de fiche de maintenance préventive d'un équipement.

Sur la base de ces indications, un pays en développement comme l'Algérie peut réaliser une économie annuel de centaines de million de DA(dinar Algérien) si la maintenance préventive systématique est organisée dans l'ensemble des hôpitaux. Ce qui représente environ 6 % des investissements annuels en équipement (*tableau 3.3*)

DESIGNATION	MARQUE	MODELE	QTE	PERIODICITE MAIN	MTPS/INTRV	TTPS/AN	COUT(DA)	ACTEUR

MTPS/INTERV: Moyenne des temps par intervention

TTPS / AN: Total annuel des temps d'interventions

Tableau 3.4. exemple d'un Tableau annuel de maintcnonce du laboratoire du centre hospitalier

3.5.2. MÉTHODOLOGIE ET MOYENS

La méthodologie comporte plusieurs étapes :

3.5.2.1. ANALYSE DU SYSTÈME DE MAINTENANCE EXISTANTE

Analyser le système de maintenance existant, c'est identifier les acteurs potentiels et le rôle qu'ils peuvent jouer dans la mise en place et le fonctionnement de la maintenance préventive. C'est aussi connaître la configuration du parc des équipements à prendre en charge. On peut aussi chercher à connaître les outils existants sur lesquels on peut s'appuyer pour développer de nouvelles actions. Ces outils sont essentiellement l'inventaire, la GMAO, la documentation, les procédures si elles existent, etc.

3.5.2.2. DÉFINITIONS DES PRIORITÉS

Il faut définir les équipements sur lesquels sera réalisée en priorité la maintenance préventive. Il arrive souvent qu'on ne puisse pas cerner de prime abord la maintenance préventive de tout le parc des équipements, alors on peut adopter une stratégie de maintenance sélective ; c'est-à-dire identifier et classer par ordre de priorité les

équipements. Pour la classification, on peut tenir compte de trois critères (la sécurité, la réglementation et le fonctionnement du service) (*tableau 3.4*).

3.5.2.3. ÉLABORATION D'UN PLAN DE MAINTENANCE PRÉVENTIVE

Élaboration de plan de maintenance préventive pour les principaux équipements, cela consiste à définir les opérations de maintenance préventive, leur périodicité, et à indiquer toute information technique relative à l'exploitation et à la maintenance de l'équipement. Pour l'élaboration des plans de maintenance, on dispose de divers outils tels que la démarche MFD (maîtrise du fonctionnement et du dysfonctionnement), l'AMDEC—Maintenance. Le plan de maintenance peut se limiter à une fiche simplifiée de maintenance préventive dont la présentation peut correspondre au modèle présenté en Tableau 3.3.

3.5.2.4. ESTIMATION ET PROGRAMMATION DE LA CHARGE DE MAINTENANCE

La liste des équipements et les plans de maintenance préventive déjà élaborés, permettent d'avoir une idée exacte de la charge de préventif. Ces informations peuvent être traduites de façon synthétique dans un tableau qui donnera par groupe d'équipements, le nombre d'interventions et le volume horaire estimé, les imputations en interne ou externe, éventuellement les moyens financiers correspondants (*Tableau 3.4*). Un planning annuel de maintenance peut être élaboré pour répartir la charge de maintenance sur toute l'année. Ce planning se fait sur la base des périodicités de maintenance de chaque type d'équipements.

3.5.3. CHOIX D'UNE STRATÉGIE DE MAINTENANCE PRÉVENTIVE

Après analyse du système de maintenance et estimation de la charge de préventif, on peut décider d'une stratégie de maintenance préventive. Cette stratégie consiste à déterminer la part de maintenance qui doit être sous-traitée. Elle consiste également à choisir quel type de maintenance préventive (systématique ou conditionnelle) doit être faite pour chaque groupe d'équipements. le choix de la stratégie peut être guidé par les remarques suivantes :

- la maintenance sous-traitée coûte plus chère que la maintenance en interne .
Des études de couts effectuées au centre hospitalier universitaire de Nîmes

en 1985, ont montré que le coût horaire d'une intervention de maintenance en interne était de 625 FF, alors qu'en externe cela revenait à 2,638 FF. De même une étude plus récente faite à l'hôpital Lariboisière de Paris montre que l'entretien et le contrôle des pipettes de laboratoire revenaient deux fois plus chers s'ils sont sous-traités .

- le recours à la sous-traitance est nécessaire dans les conditions suivantes : équipements spécifiques, maintenabilité faible, technologie de pointe, âge récent, budget de maintenance élevé, coût d'acquisition élevé, ressources internes en personnel réduits, etc.
- le recours à la maintenance systématique est nécessaire dans les conditions suivantes : parc d'équipements important, mise en œuvre de contrats de maintenance, cadence d'utilisation des équipements élevée, ressources internes en personnel limitées.

3.5.3.1. MISE EN ŒUVRE ET SUIVI

On définit et on applique une procédure générale de maintenance préventive . Le suivi de l'état de réalisation des interventions préventives programmées suivant le planning annuel peut être mis en œuvre par la GMAO et par l'organisation régulière de réunions ayant pour objet de faire le bilan des activités. La matérialisation de ce suivi sera un tableau de bord avec quelques indicateurs de suivi pertinents.

Nous en donnons ici quelques exemples. nombre de d'interventions correctives sur total des interventions de maintenance :

$$\%C = 100x \frac{N_{correctif}}{N_{tot_int_erv}}$$

nombre d'interventions préventives sur total des interventions de maintenance :

$$\%P = 100x \frac{N_{préventif}}{N_{tot_int_erv}}$$

nombre d'interventions correctives pour 100 préventives '

$$R_{C/P} = 100x \frac{N_{correctif}}{N_{préventif}}$$

nombre d'interventions préventives exécutées sur 100 de prévues

$$\%E = 100x \frac{N_{préventif_exécuté}}{N_{préventif_prévu}}$$

depenses annuelles de maintenance par rapport à la valeur actuelle du parc :

$$T_{DM/V} = \frac{D_{mainienance}}{V_{actuelle_parc}}$$

Les trois premiers indicateurs %C , %P et Rc/p, donnent un aperçu de l'impact de la maintenance préventive sur le taux de panne de l'ensemble du parc équipement. Leur évolution dans le temps peut être appréciée par rapport aux allures des courbes de tendance présentées dans la figure 3.2.

L'indicateur %E permet de suivre l'état d'exécution de la maintenance préventive et l'indicateur T_D/y permet d'apprécier le coût de la maintenance par rapport à la valeur actuelle des équipements.

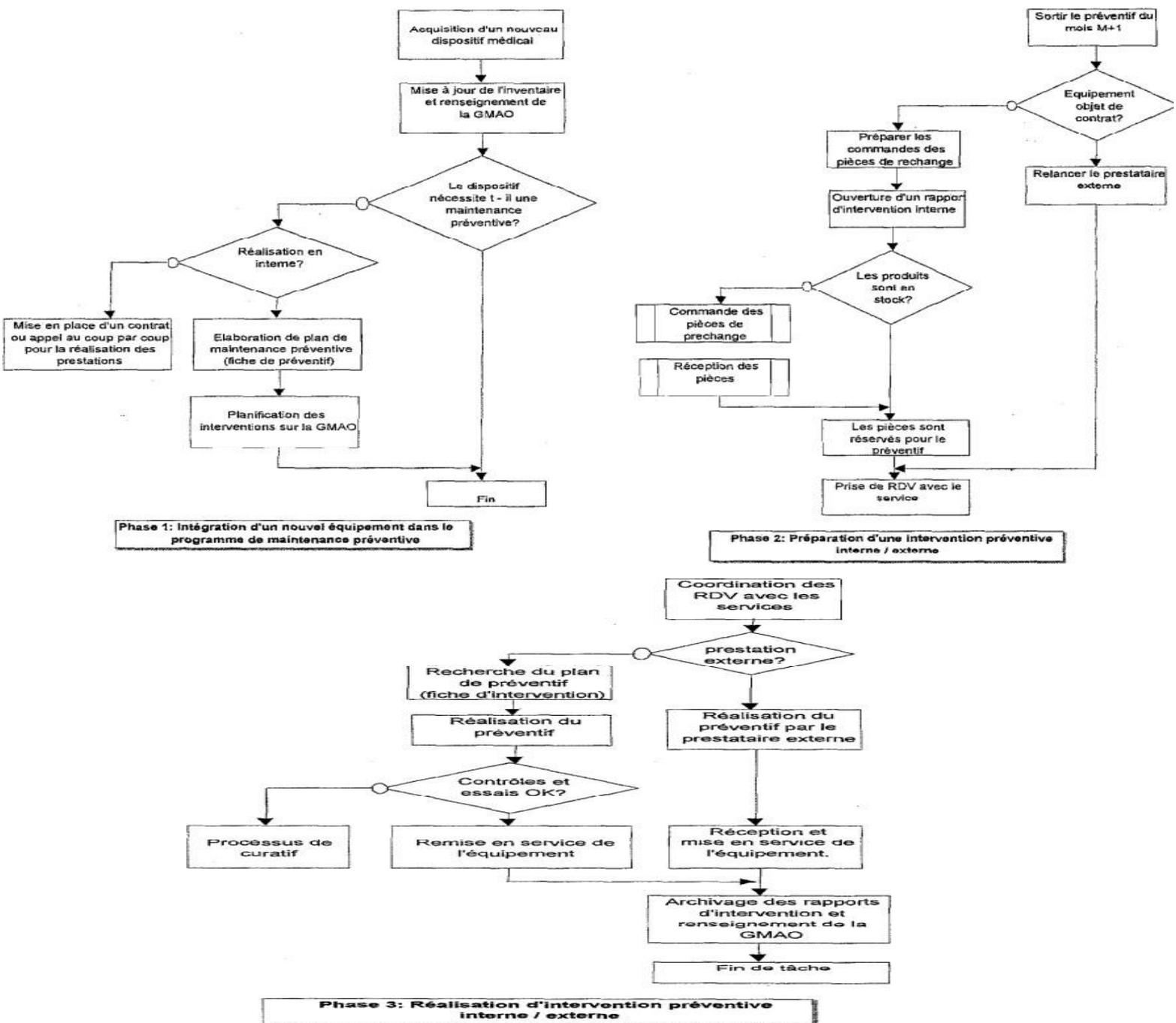


Figure 3.2. Procédure générale de suivi de la maintenance préventive.

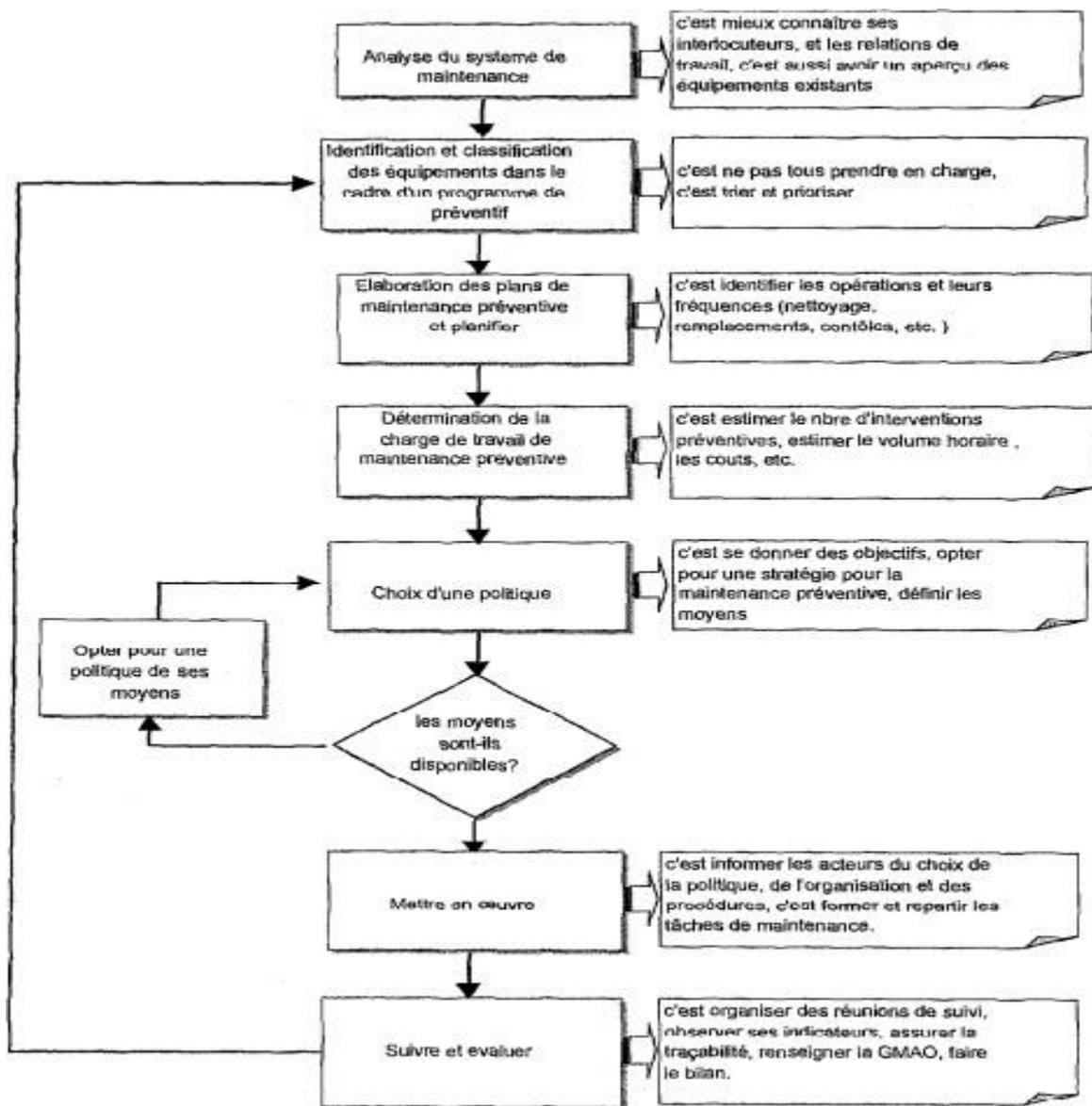


Figure 3.3. Processus de mise en place de la maintenance préventive.

3.6. ANALYSER LE SYSTÈME DE MAINTENANCE EXISTANT PAR L'ONTOLOGIE HDO

3.6.1. CONSTRUCTION DE L'ONTOLOGIE HDO DANS LE DOMAINE HOSPITALIER

Dans cette section, nous construisons notre ontologie qui concerne le domaine médical. Nous allons d'abord cerner le domaine d'application qui le domaine hospitalier. Après, nous suivrons les étapes du processus de construction d'ontologie développé dans la section précédente.

3.6.1.1 DOMAINE D'APPLICATION

Un hôpital est un établissement de soins où un personnel soignant peut prendre en charge des personnes malades ou victimes de traumatismes trop complexes pour être traités à domicile ou dans le cabinet de médecin. Dans la plupart des pays développés, par rapport au domicile et au cabinet du médecin, le centre hospitalier présente l'avantage d'avoir :

- une hygiène assurée par un personnel de nettoyage formé.
- un accueil permanent et une surveillance continue par du personnel hospitalier médical et paramédical (infirmier ou infirmières, aide-soignant) .
- des équipes de soignants, disposant de compétences particulières (médecins spécialistes) et du matériel (plateau technique) nécessaire à des examens et soins plus poussés qu'au cabinet du médecin (dont en général des blocs opératoires) .
- d'une Pharmacie à Usage Intérieur ayant des dispositifs médicaux et des spécialités pharmaceutiques spécifiques.

En revanche, la présence et le passage de patients porteurs de nombreuses pathologies, et l'usage chronique de médicaments et biocides expose à un risque d'infection nosocomiale.

Certains hôpitaux ont un service des urgences, voire un service mobile d'urgence et de réanimation (SMUR)

3.6.1.2. UNE CONSULTATION MÉDICALE

L'examen médical obéit à des règles simples qui doivent être toujours appliquées, pour élaborer un diagnostic et remettre un traitement si nécessaire.

L'examen se déroule comme suit, figure 3.4:

- L'interrogatoire
- examenclinique
- Diagnosticclinique
- Examen paraclinique
- Diagnosticpositif

- Traitement
- Evolution et surveillance

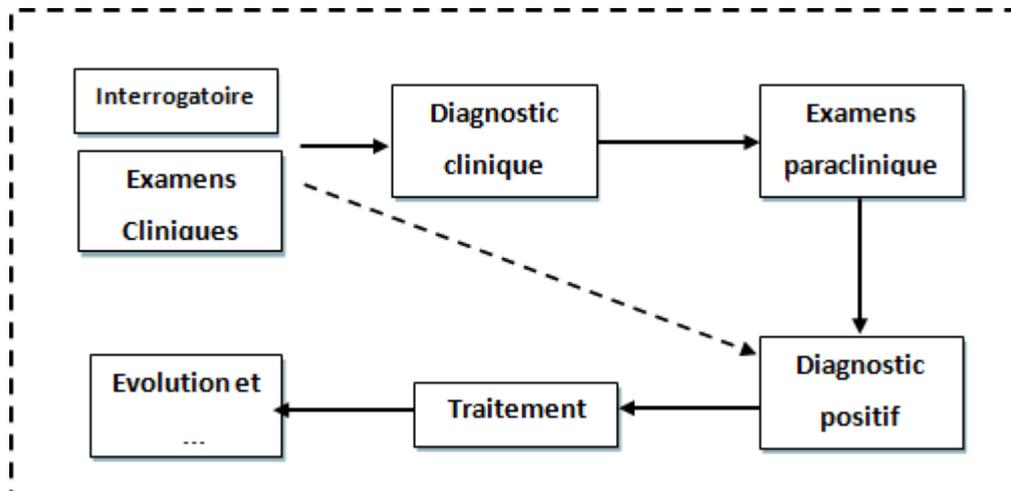


Figure 3.4. Démarche d'une consultation médicale

3.6.1.3. SPÉCIFICATION

Pour commencer le développement de l'ontologie, nous entamons d'abord la phase de spécification qui consiste à établir un document de spécification des besoins.

Nous dériverons l'ontologie à construire à travers les cinq aspects suivants:

- Le domaine de connaissance : domaine hospitalier
- Les utilisateurs : médecins et agents de la santé et ces différents services
- Les sources d'informations : les sources d'informations sur lesquelles nous sommes basés pour arriver à Conception de l'ontologie en premier lieu les experts du Domaine, mais aussi d'après des livres de médecine, et des encyclopédies médicales .
- La portée de l'ontologie : Cet aspect consiste à déterminer à priori la liste des termes de l'ontologie d'application (les plus importants), parmi ces termes, nous pouvons citer : structure-santé, maladie, personne, Traitement..etc

3.6.1.4. CONCEPTUALISATION

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

- Construction du glossaire de termes

- Construction du diagramme de relations binaires
- Dictionnaire de concepts
- Tableaux des relations binaires
- Tableaux des attributs
- Tableaux des instances

3.6.1.5. CONSTRUCTION DE GLOSSAIRE DE TERMES

Ce glossaire recueille et décrit tous les termes qui sont utiles et potentiellement utilisables dans l'ontologie finale. Le tableau ci-dessous (Tableau 3.5) fournit une liste détaillée des différents termes utilisés dans l'ontologie :

Terme	Définition
Tests de réception	Inspection initiale d'un équipement médicale effectuée avant sa mise en service. Lorsqu'il est livré à l'établissement de santé, le dispositif est vérifié pour s'assurer qu'il correspond bien au bon de commande, que son fonctionnement répond aux spécifications, qu'une formation des utilisateurs est prévue et qu'il est correctement installé. Si l'établissement dispose d'un système de gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO), le dispositif y est référencé.
Étalonnage	Certains dispositifs médicaux, notamment les dispositifs générateurs d'énergie thérapeutique (défibrillateurs, bistouris électriques, stimulateurs de physiothérapie, etc.), doivent être régulièrement étalonnés. Cela consiste à mesurer les niveaux d'énergie et, en cas d'écart par rapport aux niveaux indiqués, à procéder à des ajustements jusqu'à ce que le dispositif fonctionne conformément aux spécifications. Les dispositifs de mesure (par exemple électrocardiographes, équipements de laboratoire, pese-personne, appareils d'exploration fonctionnelle respiratoire, etc.) nécessitent également un <i>étalonnage</i> régulier pour garantir leur précision par rapport à des normes reconnues.
Ingénieur biomédical	Professionnel qui contribue au progrès des soins aux patients en appliquant aux technologies de la santé ses compétences en ingénierie et en management (American College of Clinical Engineering). Bien qu'un <i>ingénieur biomédical</i> soit un ingénieur biomédical spécialisé, ces deux termes sont souvent employés de façon interchangeable.
Département/équipe de génie biomédical	Ingénieur/technicien ou équipe d'ingénieurs/de techniciens chargé(e) de la gestion et de la maintenance du matériel médical. En fonction du contexte et du pays, ce département ou cette équipe peut être désigné(e) par un grand nombre d'appellations, parmi lesquelles : « département de génie biomédical », « département de maintenance du matériel médical », « unité de gestion du matériel médical », etc. Dans ce document, nous parlons le plus souvent de « <i>département de génie biomédical</i> ».
Nomenclature descriptive commune	Terminologie employée pour décrire un dispositif. L'utilisation de noms descriptifs universels, issus d'une seule et unique source internationalement reconnue ¹ , est essentielle pour comparer d'un établissement à l'autre les procédures d'inspection, les durées d'inspection, les taux de défaillance, les coûts d'entretien et les autres données clés relatives à la gestion de la maintenance. Bien que chaque fabricant adopte un nom spécifique pour ses dispositifs, il est important de consigner le nom universel de chaque dispositif, tel qu'inscrit dans le système de nomenclature (par exemple : nom dans la nomenclature : système électro-chirurgical, monopolaire/bipolaire ; nom commercial du dispositif : générateur électro-chirurgical ; nom commercial du modèle : Radiolase).
Maintenance corrective (CM)	Procédure utilisée pour restaurer l'intégrité physique, la sécurité et/ou la performance d'un dispositif suite à une défaillance. Les termes « <i>maintenance corrective</i> » et « <i>maintenance non-programmée</i> » sont considérés comme des équivalents de celui de « <i>réparation</i> ». Ce document emploie ces termes de façon interchangeable.

Défaillance	État d'un dispositif qui ne satisfait pas aux exigences définies en termes de performance ou de sécurité, et/ou atteinte à son intégrité physique. Une <i>défaillance</i> est corrigée par <i>réparation et/ou étalonnage</i> .
Inspection	L'inspection désigne les activités programmées nécessaires pour garantir le bon fonctionnement d'un matériel médical. Elle comprend à la fois des <i>inspections de performance</i> et des <i>inspections de sécurité</i> . Celles-ci sont réalisées parallèlement à des opérations de maintenance préventive, de maintenance corrective ou d'étalonnage, mais peuvent également être effectuées à titre d'activité distincte programmée à intervalles réguliers.
Inspection et maintenance préventive (IPM)	L'inspection et maintenance préventive désigne toutes les activités programmées nécessaires pour garantir le bon fonctionnement et la maintenance adéquate d'un dispositif médical. L'inspection et maintenance préventive comprend par conséquent l'inspection et la maintenance préventive (PM).
Inspections de performance	Ces activités ont pour objectif d'évaluer l'état de fonctionnement d'un dispositif médical. Les tests comparent la performance du dispositif aux spécifications techniques définies par le fabricant dans son manuel de maintenance ou d'entretien. Ces inspections n'ont pas pour objectif de prolonger la durée de vie du matériel, mais simplement d'évaluer son état actuel. Les inspections de performance sont parfois appelées « inspections aux fins des garanties de performance ».
Maintenance prédictive	Cette activité comprend une technique de prévision visant à déterminer le taux de défaillance de certains types de composants remplaçables (par exemple piles, soupapes, pompes, joints d'étanchéité). L'intervalle de maintenance est ensuite défini de façon à ce que les composants soient remplacés avant de présenter une défaillance, ce qui garantit que le matériel pourra continuer à fonctionner de façon fiable. Dans le domaine des soins de santé, la maintenance prédictive concerne essentiellement les établissements équipés d'un grand nombre de dispositifs médicaux d'un même fabricant ou d'un même modèle.
Maintenance préventive (PM)	La maintenance préventive regroupe les activités de maintenance ayant pour objectif de prolonger la durée de vie du dispositif et d'empêcher sa défaillance. La maintenance préventive est généralement programmée à intervalles réguliers et comprend des activités de maintenance spécifiques telles qu'une lubrification, un nettoyage (filtres, par exemple), ou un remplacement des pièces susceptibles de s'user (roulements, par exemple) ou qui présentent une durée de vie limitée (tuyaux, par exemple). Les procédures et intervalles sont généralement définis par le fabricant. Dans certains cas particuliers, l'utilisateur peut en modifier la fréquence en réponse aux conditions environnementales locales. La maintenance préventive est parfois appelée « maintenance planifiée » ou « maintenance programmée ». Ce document emploie ces termes de façon interchangeable.
Réparation	Procédure utilisée pour restaurer l'intégrité physique, la sécurité et/ou la performance d'un dispositif suite à une défaillance. Ce terme est utilisé de façon interchangeable avec « maintenance corrective ».
Inspections de sécurité	Ces inspections visent à garantir que le dispositif ne présente pas de risque électrique ni mécanique. Elles peuvent également comprendre des vérifications axées sur la sûreté radiologique, les gaz dangereux ou les polluants chimiques. Les résultats de ces inspections sont comparés aux normes nationales ou régionales ainsi qu'aux spécifications du fabricant. La fréquence des inspections de sécurité peut être différente de celle de la maintenance planifiée et des inspections de performance et obéit généralement à des exigences réglementaires.

Tableau 3.5. Glossaire de termes

3.6.1.6. CLASSIFICATION DE CONCEPTS

La hiérarchie de classification de concepts démontre l'organisation des Concepts de l'ontologie en un ordre hiérarchique qui exprime les relations sous classe – super classe. En utilisant la relation « Sous classe de » entre les classes pour définir leurs classifications, la classe C1 est une sous classe de la classe C2 si et seulement si toute instance de la classe C1 est une instance de la classe C2, par exemple la classe (Equipment) est une sous classe de la classe(ressources).

Conception d'une ontologie dans le domaine Hospitaliere:

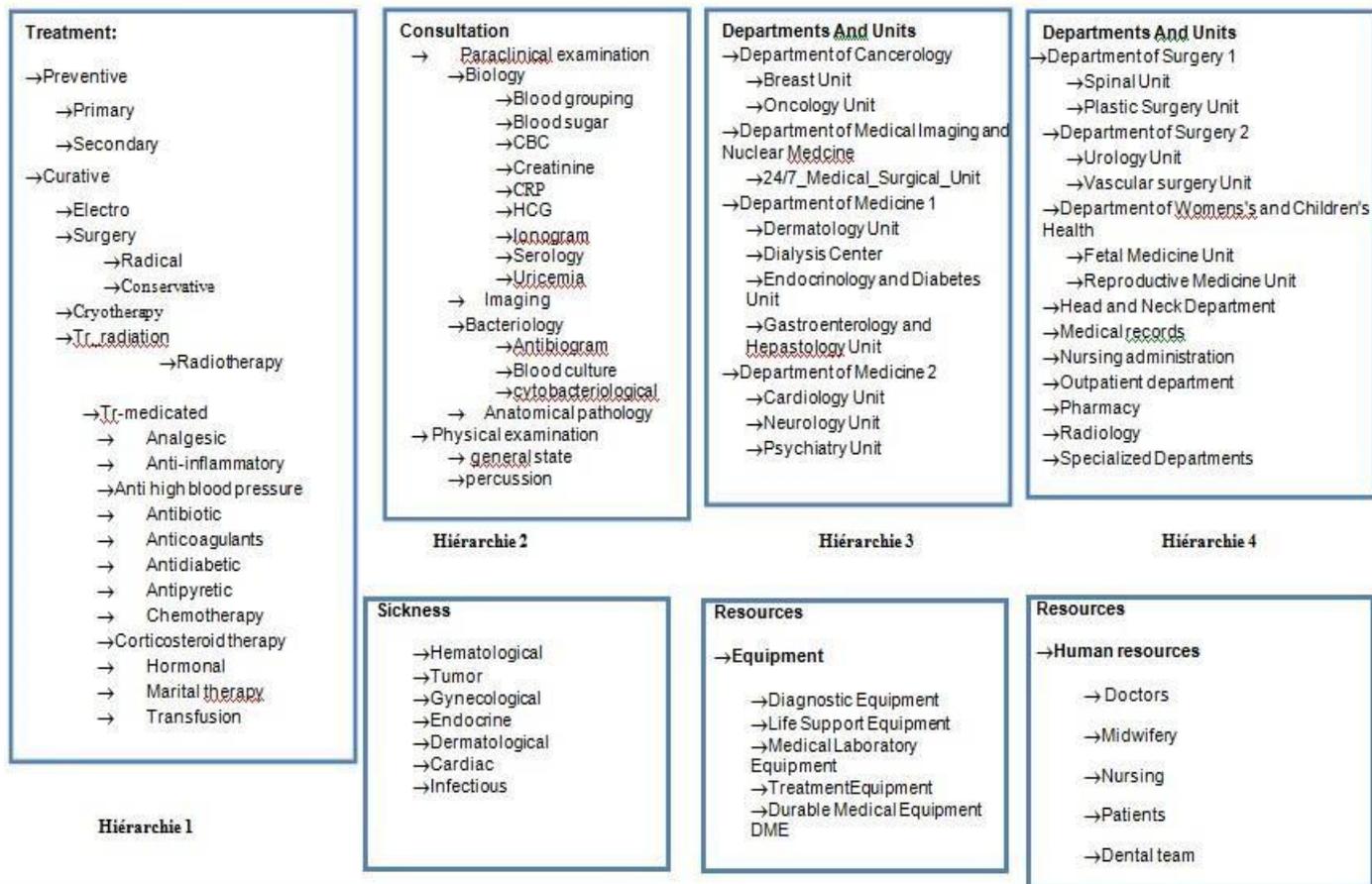


Figure 3.5. Conception d'une ontologie dans le domaine hospitalier

3.6.1.7. DICTIONNAIRE DE CONCEPTS

Dans cette étape nous allons donner une description formelle des concepts qui ont été présentés dans la hiérarchie des classes. Ce processus correspond à la création du dictionnaire de concepts accordé à METHONTOLOGY. Dans ce dictionnaire, nous définissons pour chaque concept : les instances, les attributs, les relations dont la source est ce concept, le tableau 3.6 représente le dictionnaire des concepts pour l'ontologie définie par la hiérarchie précédente.

concepts	Description	attributs	Instances
Biomédicale_équipements		Dénomination Référence Type Classe Durabilité	IRM SCANNER RADIOGRAPHIE DEFIBRILLATEUR
DepartmentsAndUnits	Services hospitalier	Denomination Adresse Tel Fax	Department_of_Cancerology Department_of_Medicine_1 Department_of_Womens's_and_Children's_Health
Human_Resources		Nom ID Adresse Grade	Technicien de maintenance Médecin Infirmier
MAINTENANCE_PREVENTIVE		Type Priorités	Systematique Conditionnel

Tableau 3.6. le dictionnaire des concepts pour l'ontologie

3.6.1.8 TABLEAU DES RELATIONS BINAIRES

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

Pour chaque relation dont la source est dans l'arbre de classification de concepts, nous définissons : son nom, le nom du concept source, le nom du concept cible, la cardinalité et le nom de la relation inverse; le tableau 3.7 illustre la spécification des relations binaires entre les différentes hiérarchies pour notre ontologie.

Nom de relation	Concepts source	conceptible	cardinalité
Countains	DepartmentsAndUnits	Biomédicale_équipements	(1,n)
hadFeature	Biomédicale_équipements	DepartmentsAndUnits	(1,n)
hasProblem	Biomédicale_équipements	MAINTENANCE_PREVENTIVE	(1,n)
hasType	MAINTENANCE_PREVENTIVE	Biomédicale_équipements	(1,1)
Includes	Biomédicale_équipements	DepartmentsAndUnits	(n,n)
isLocatedIn	DepartmentsAndUnits	Biomédicale_équipements	(1,n)
UsedBy	Human_Resources	Biomédicale_équipements	(n,n)

Tableau 3.7. Table des relations binaires.

3.6.1.9. TABLEAU DES ATTRIBUTS

Les attributs sont des propriétés qui prennent leurs valeurs dans les types prédéfinis (String, Integer, Boolean, Date...). Par exemple le concept patienta comme attributs : Name, Age, Adress...

Pour chaque attribut apparaissant dans le dictionnaire de concepts nous spécifions: son nom et son type Le tableau 3.8 spécifie ces informations pour chaque attribut.

Nom de l'attribut	Type
Classe	NMTOKEN
Fabricant	string
Date de fabrication	Date-time
Famille	NMTOKEN
Operateur	string
Provider	string
Type	string

Tableau 3.8 . Table des attribut

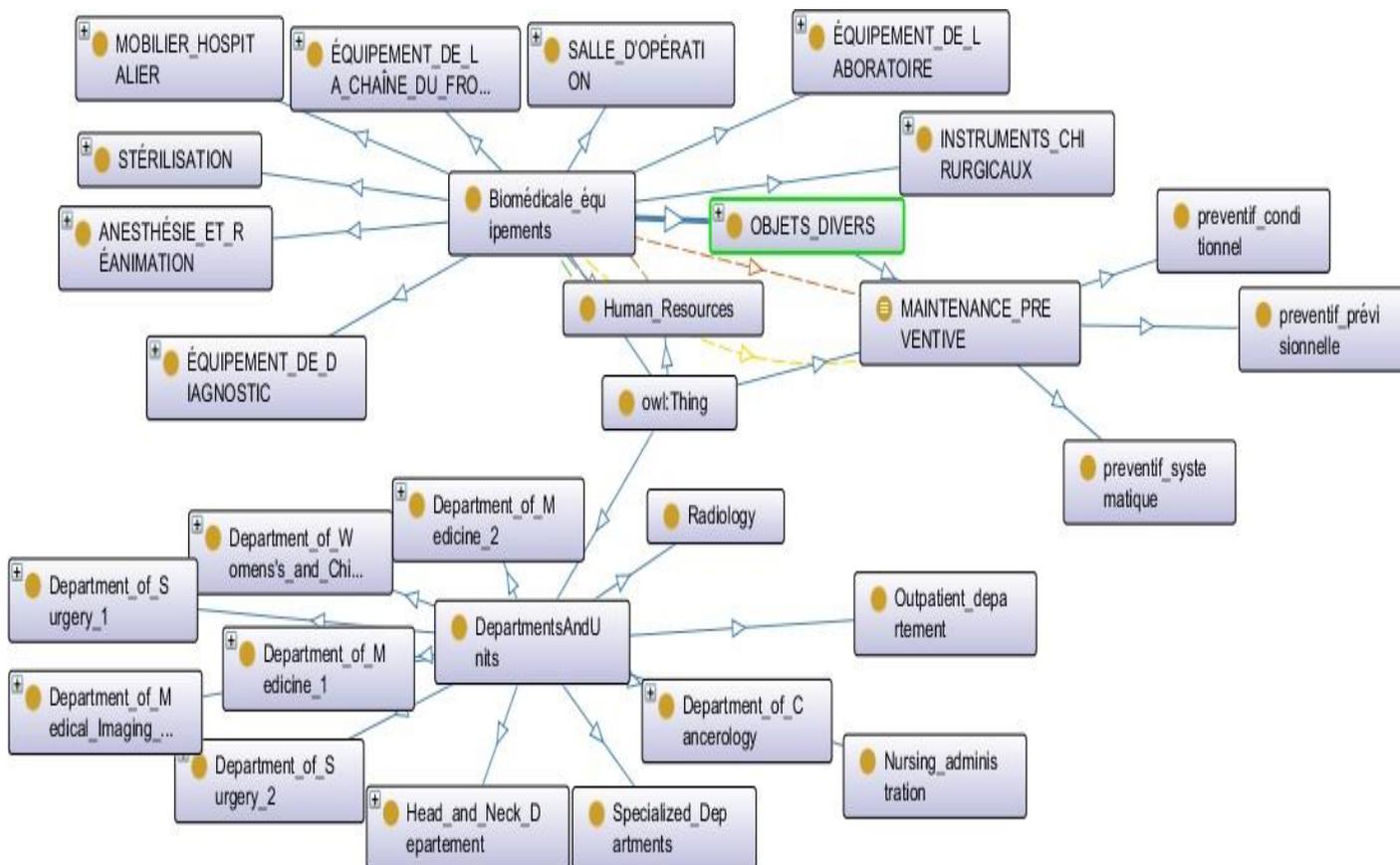


Figure 3.6. Le concept HDO Task et ses sous classes

3.7. SWRL

Semantic Web Rule Language (SWRL) [SWR] est un langage pour le web sémantique qui peut être utilisé pour représenter des règles ainsi que la logique, SWRL est un combinaison du langage OWL DL et le langage Rule ML (Rule Markup Language).

OWL est proposé comme langage d'ontologie pour les définitions, un langage d'ontologie à usage général défini pour le Web sémantique qui contient tous les constructeurs nécessaires pour décrire formellement la plupart des définitions de gestion de l'information : classes et propriétés, avec des hiérarchies, et les restrictions de plage et de domaine. SWRL étend l'ensemble des axiomes OWL afin d'inclure des règles conditionnelles (clauses de Horn), de la forme "if... then..."

Les étiquettes XML utilisées pour définir les règles incluent :

- <ruleml:imp> : c'est l'élément qui relie le corps de la règle à l'en-tête (le label de la relation).
- <ruleml:_body> : c'est l'élément qui contient les atomes qui forment le corps de la règle.
- <ruleml:_head> : c'est l'élément qui contient les atomes qui forment la tête de la règle.
- <ruleml:var> : il permet la définition des variables utilisées dans l'évaluation des règles.
- <swrlx:individualPropertyAtom> : il permet la définition d'atomes faisant référence à des propriétés spécifiques. Il est également possible de définir des atomes qui font référence à des classes, des plages de données, des propriétés valorisées ou des fonctions typées telles que mathématiques, dates et chaînes.

Comme indiqué, beaucoup de ces étiquettes ne sont pas définies dans l'espace de noms SWRL, mais dans RuleML, un langage de règles précédemment défini qui a été pris comme base pour la définition de SWRL. SWRL apporte principalement la définition des atomes et l'intégration de ces règles dans une ontologie écrite en OWL.

SWRL permet aux utilisateurs d'écrire des règles pour raisonner sur les individus et pour en déduire de nouvelles connaissances sur ces individus.

3.7.1. LES RÈGLES SWRL

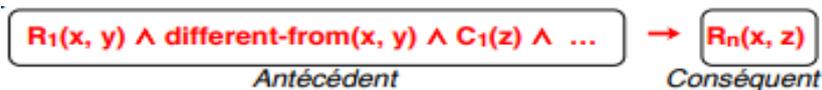
- Permet la manipulation d'instances par des variables (?x, ?y, ?z)
- Ne permet pas de créer des concepts et des relations
- Permet seulement d'ajouter des relations selon les valeurs des variables (individus) et la satisfaction de règles
- Les règles SWRL sont construites selon le schéma suivant :

Antécédent \rightarrow Conséquent
Antécédent = atomes conjonctions (\wedge)
Conséquent = seulement un atome

Un atome peut être :

- Soit une instance de concept : $C_i(z)$ = unary predicat
- Soit une relation OWL : $R_i(x, y)$ = binary predicat
- Soit des relations SWRL: same-as(?x, ?y) ou different-from (?x, ?y)

Exemple:



Une règle SWRL fonctionne selon le principe de satisfaction de l'Antécédent ou du Conséquent :

- Si l'Antécédent et le Conséquent sont définis :
-> SI l'Antécédent est satisfait ALORS le Conséquent est aussi satisfait
- Si l'Antécédent est vide, cela correspond à un Antécédent satisfait :
-> Permet de définir des faits
- Si le Conséquent est vide, cela correspond à un Conséquent satisfait :
-> L'Antécédent ne doit pas être satisfait

Exemple :

- Soit en OWL le concept de Uncle définit ainsi:
 $\text{intersectionOf}(\text{SubClassOf}(\text{Man}), \text{isBrotherOf}(\text{Father}))$ et la relation isUncleOf

- Nous savons définir qu'une personne est un oncle, mais OWL ne permet pas de définir la relation isUncleOf représentant le fait d'être un oncle d'une personne donnée
- SWRL permet de définir cette relation isUncleOf en la reliant aux instances concernées :

```
aChild(?x,?y)  $\wedge$  isBrotherOf(?z,?x) -> isUncleOf(?z,?y)
```

Dans cette syntaxe, les relations intégrées fonctionnelles peuvent être écrites en notation fonctionnelle, c'est-à-dire, op: numeric-add (?X, 3,?z) peut être écrit plutôt que: x = op: numeric-add (3,?z)

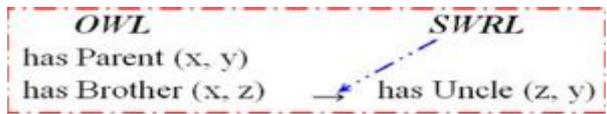


Figure 3.7. exemple sur la relation entre OWL et SWRL

3.7.2 EDITION DES RÉGLES SWRL

SWRLTab est une extension de Protégé-OWL, qui prend en charge l'édition et l'exécution des règles SWRL. Il fournit un éditeur graphique pour créer et modifier des règles SWRL. Il dispense également des mécanismes pour faciliter l'exécution des règles SWRL avec une variété de moteurs de règles ainsi que des mécanismes pour implementer les SWRL built-ins et de les executer

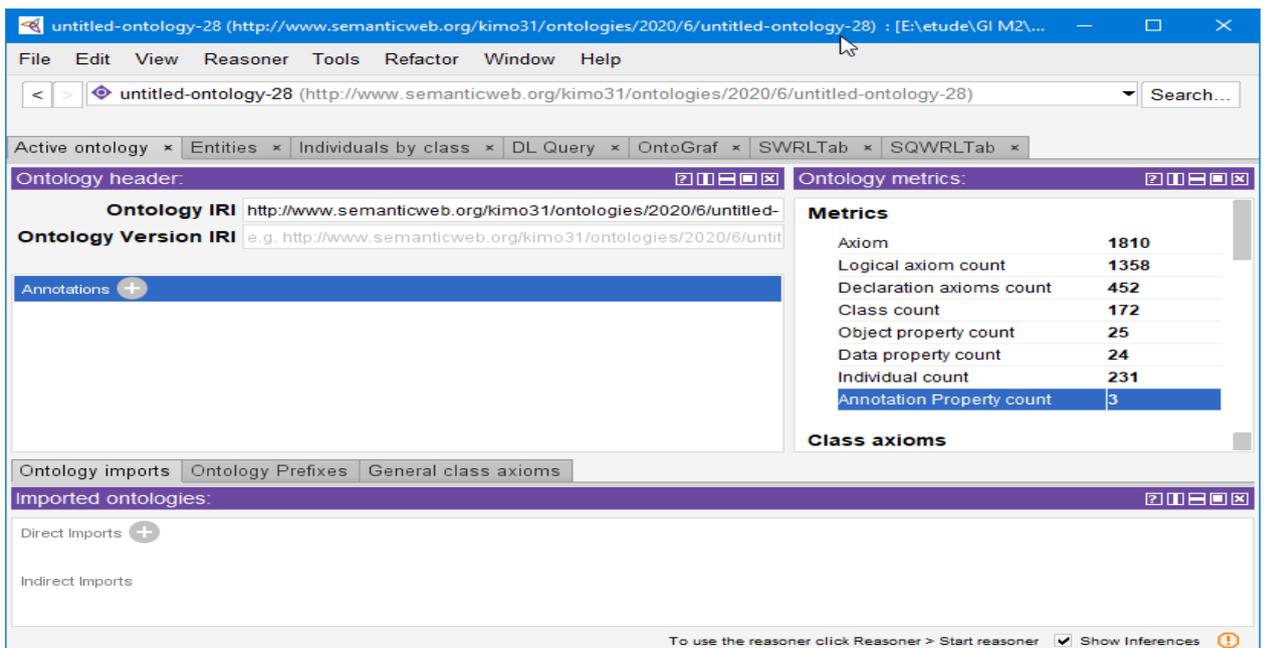


Figure 3.8. Interface de logiciel PROTÉGÉ

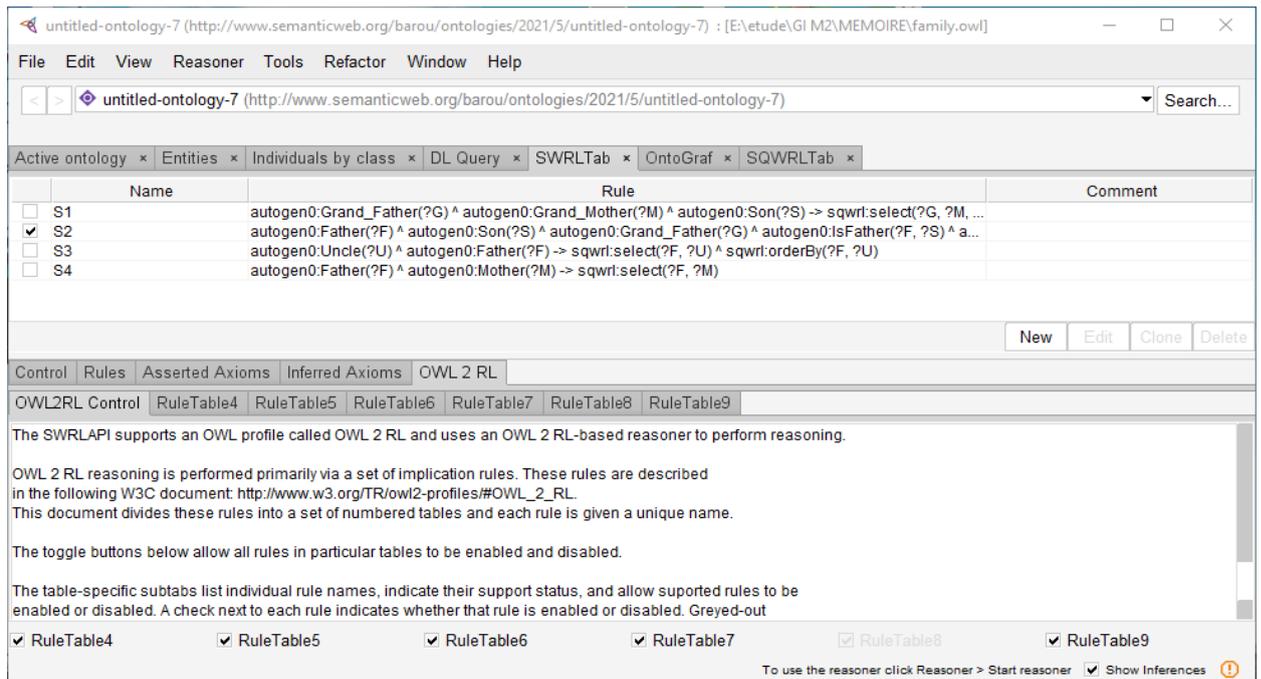


Figure 3.9. SWRLTap interface

3.8 SQWRL

SQWRL (Semantic Query-Enhanced Web Rule Language) est basé sur le langage de requête d'ontologie SWRL, avec un thésaurus de prédicats intégré comme point d'expansion ; utilisez build-in pour créer la règle de recherche . SQWRL comprend les opérateurs de base et les opérateurs de collection en deux parties, les opérateurs de base interrogent via sqwrl : select, les opérateurs de collection prennent en charge des fonctions de recherche plus avancées, pour fournir une fonction de regroupement et d'agrégation avancée. Parce que SQWRL utilise la syntaxe SWRL standard, ne change pas la sémantique de SWRL, donc dans l'éditeur SWRL, les règles SQWRL peuvent être ajoutées et modifiées, via l'onglet de requête SQWRL, convertissez efficacement le SWRL en requête. SQWRL prend en charge la description de classe OWL, par inférence peut être des exemples contraints, peut être utilisé pour récupérer l'ontologie contient les informations implicites et a étendu le lexique de prédicat intégré, enrichi le prédicat de comparaison logique et les fonctions statistiques, très pratique à utiliser.

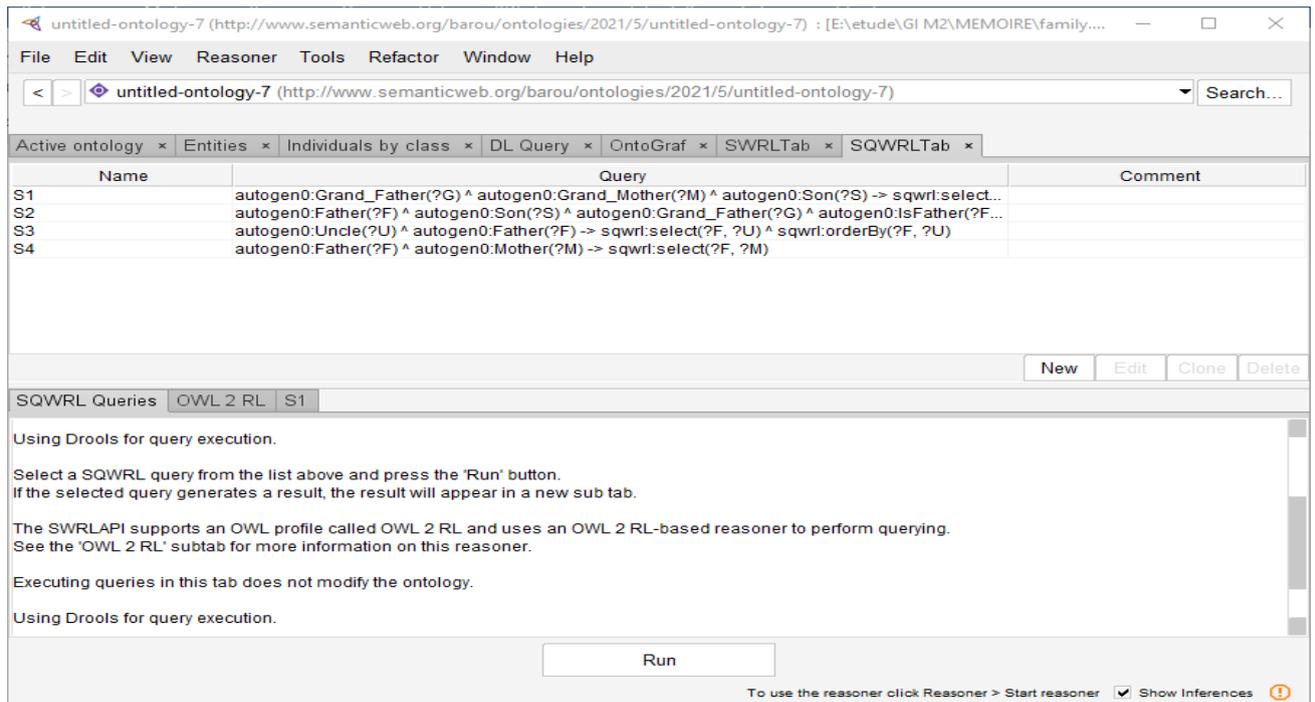


Figure 3.10. SQWRLTab interface

3.8.1. FONCTIONNALITÉS DE BASE DU LANGUAGE: REQUÊTES DE BASE

l'opérateur principal SQWRL est sqwrl:select. il prend un ou plusieurs arguments, qui sont généralement des variables utilisées dans la spécification du modèle de la requête, et construit une table en utilisant les arguments comme colonnes de la table. Par exemple, la requête suivante récupère toutes les personnes d'une ontologie avec un âge connu qui est inférieur à 9 ans, ainsi que leurs âges :

Person(?p)^hasAge(?p,?a)^swrlb:lessThan(?a,9) -> sqwrl:select(?p,?a)

cette requête renverra des paires d'individus et d'âges avec une ligne pour chaque paire.

Les résultats peuvent être classés à l'aide des fonctions intégrées orderBy et orderByDescendind. Par exemple, une requête pour renvoyer une liste de personnes classées par âge peut être écrite :

Person(?p)^hasAge(?p,?a)-> sqwrl:select(?p,?a)^sqwrl:orderBy(?a)

le côté gauche d'une requête SQWRL fonctionne comme un antécédent de règle SWRL standard avec sa sémantique associée. Ainsi, par exemple, l'atome person (?p) correspondra non seulement à tous les individus OWL qui sont directement de la classe person, mais correspondra également aux individus qui sont impliqués par l'ontologie comme étant des individus de cette classe. en effet, toutes les variables

qui seraient liées dans un antécédent de règles SWRL seront également liées dans une spécification de modèle SQWRL.

SWQRL n'impose aucune restriction sur le côté gauche d'une requête - tout antécédent SWRL valide est une spécification de modèle SQWRL valide.

Le comptage de base est également pris en charge par SQWRL , fourni par un composant intégré appelé sqwrl:count Une requête pour, disons, compter le nombre de personnes connues dans une ontologie peut être écrite

```
person(?p)->sqwrl:count(?p)
```

Les requêtes SQWRL peuvent également fonctionner en conjonction avec des règles SWRL dans une ontologie et peuvent être utilisées pour récupérer des connaissances déduites de ces règles. Supposons, par exemple, qu'une ontologie contienne la règle suivante pour classer les personnes comme adultes si elles ont plus de 17 ans :

```
person(?p)^hasAge(?p,?age)^swrlb:greaterThan(?age,17)->Adult(?p)
```

Une requête pour lister tous les adultes dans une ontologie peut alors être écrite :

```
Adult(?p)->sqwrl:select(?p)
```

L'utilisation des inférences intermédiaires faites par les règles SQWRL fournit un mécanisme pour décomposer des requêtes très complexes. Bien que les sous-requêtes ne soient pas possibles dans SQWRL, l'utilisation de ces inférences intermédiaires fournit un équivalent efficace. Ces inférences peuvent également être utilisées par d'autres règles et requêtes

3.8.2. IMPLEMENTATION

Une implémentation de SQWRL a été développée dans le plugin SWRLTab(7) dans Protégé-OWL. L'implémentation fournit une interface graphique pour éditer et exécuter des requêtes SQWRL et fournit également une interface Java de type JDBC pour exécuter des requêtes SQWRL dans des applications Java. Les requêtes SQWRL ont également accès à toutes les bibliothèques intégrées SWRL disponibles, ce qui permet d'étendre en permanence le puissance du langage de requête. Une bibliothèque intégrée TBox, par exemple, a été développée et permet d'interroger directement les classes et propriétés OWL. Les bibliothèques intégrées personnalisées peuvent également fournir des fonctionnalités adaptées à l'interrogation de sources d'informations non-OWL. Par exemple, une bibliothèque

XML intégrée a été développée pour interroger une représentation OWL de documents XML. des bibliothèques intégrées pour interroger des feuilles de calcul et des ontologies RDF sont également disponibles dans SWRLTab.

Les requêtes SQWRL peuvent être sérialisées à l'aide du mécanisme de sérialisation SWRL standard. à l'exception du séparateur d'antécédent set °, il adopte également une syntaxe de présentation relativement conventionnelle. Les outils d'édition standard peuvent donc fonctionner avec et peuvent rendre le séparateur ° comme symbole de conjonction standard. avec des modifications mineures, les outils peuvent facilement prendre en charge ce séparateur et peuvent également garantir que les built-ins et les opérateurs définis sur eux ne se produisent qu'après dans une requête SQWRL

3.9. ELABORATION DE PROCÉDURES DE MAINTENANCE PAR DES RÉGLES SWRL

3.9.1. LES RÉGLES DE DÉFINITION DES PRIORITÉS

- **Règle.1** : la règle 1 est utilisée pour la configuration initiale du problème de fabrication à partir des instances du processus de fabrication, la tâche de fabrication et le problème lié à la tâche, utilise la propriété hasProblem.
- **Règle.Gén1** : $\text{Emergency_concept} (? P) \wedge \text{Emergency_operation} (? T) \wedge \text{Material_resource} (? Pr) \wedge \text{hasSymmetry} (? P, ? T) \rightarrow \text{hasSymmetry} (?T, ?Pr)$

Identification des caractéristiques du problème

- **Règle.2** : la règle 2 est utilisée pour identifier les caractéristiques, les problèmes des équipements et des agents intervenants à ce problème, à partir des instances du problème de fabrication, des équipements et des agents, utilise la propriété hasFeature pour l'identification des caractéristiques des problèmes, des équipements et des agents.
- **Règle.Gén.2** : $\text{Emergency_problem} (?Pr) \wedge \text{EmergencyFeature} (?F) \wedge \text{Material_resource} (?E) \wedge \text{hasProblem} (?E, ?Pr) \wedge \text{Human_operation} (?A) \rightarrow \text{hasFeature} (?Pr, ?F)$

Identification les causes possibles de problèmes

- **Règle.3** : Cette règle de configuration détermine l'identification de la cause de problèmes associés aux instances des équipements, sur la base des exigences d'instances de problèmes et des équipements.
- **Règle.Gén.3** : équipement problem(?Pr) ^ Material resource(?E)^ hasProblem(?E, ?Pr) -> isMadeOf(?E, ?Pr)
- **Règle.4** : Cette règle est appliquée pour gérer la configuration des agents de fabrication qui sont capables d'intervenir aux problèmes de fabrication. Ceci est réalisé par l'identification des problèmes puis par l'identification des instances des agents.
- **Règle.Gén.4**: équipement_problem(?Pr) ^ Human_operation(?A) -> becomes(?A, ?Pr)

Proposer la solution liée au problème

- **Règle.5** : cette règle est appliquée pour gérer la configuration des agents de fabrication qui sont capables d'intervenir aux problèmes de fabrication. Ceci est réalisé par l'identification des problèmes puis par l'identification des instances des agents.
- **Règle.Gén.5** : Problem(?Pr)^Material_resource(?E)^OperationSolution(?Sol)^ hasProblem(?E, ?Pr) ^ isMadeOf(?E, ?Pr) -> HasSolution(?Pr, ?Sol)

Identifier la procédure de la solution

- **Règle.Gén.6**: Problem(?Pr)^isMadeOf(?E, ?Pr) ^OperationSolution(?Sol)^ HasSolution(?Pr,?Sol) ^Scheduling(?IT)->HasSchedule(?Sol, ?IT)

Identifier la procédure de la solution

- **Règle.7** : La règle 7, les procédures de la solution à partir de la solution proposée au problème.
- **Règle.Gén.7** : Problem(?Pr) ^ isMadeOf(?E, ?Pr) ^OperationSolution(?Sol)^HasSolution(?Pr, ?Sol)^Procedures_expert(?PS)->HasProcedure(?Sol, ?PS)

Identification des agents intervenants à la solution

- **Règle.8** : La règle 8 propose les solutions des problèmes de fabrication par les agents manufacturiers.
- **Règle.Gén.8** : $\text{équipement_problem}(?Pr) \wedge \text{Human_operation}(?A) \wedge \text{OperationSolution}(?Sol) \rightarrow \text{requiresTool}(?A, ?Sol)$
- **Règle.9** : On peut aussi appliquer la règle inverse de la règle 9 par l'utilisation de la relation inverse `isProposedBy`.
- **Règle.Gén.9**: $\text{équipement_problem}(?Pr \wedge \text{Human_operation}(?A) \wedge \text{OperationSolution}(?Sol) \rightarrow \text{isInducedBy}(?Sol, ?A)$
- **Règle.10** : Cette règle est une combinaison entre la règle 4 et la règle 8.
- **Règle.Gén.10**: $\text{équipement_problem}(?Pr) \wedge \text{Human_operation}(?A) \wedge \text{OperationSolution}(?Sol) \wedge \text{allowedProcessFor}(?A, ?A) \rightarrow \text{isLocatedIn}(?A, ?Pr) \wedge \text{assembles}(?A, ?Sol)$

3.9.2. SÉLECTION LES MOYENS DE LA MAINTENANCE PRÉVENTIVE PAR LES REQUÊTES SQWRL

La sélection des moyens de la maintenance préventive concernent essentiellement le personnel, le matériel d'intervention et le budget de maintenance. Ils dépendent de la stratégie de préventive adoptée, mais s'ils font défaut la stratégie doit être revue et adaptée aux moyens existants. Le suivi et l'évaluation par les requêtes SQWRL avec des indicateurs simples et pertinents pour faciliter la décision.

La requête `sqwrl.Pr` permet de sélectionner les connaissances liée aux problèmes manufacturiers, les connaissances sur le problème, l'identification du problème, le type de problème et sa fréquence. Ces connaissances utilisent le vocabulaire de ce domaine, peuvent contenir des informations intéressantes permettant aux agents manufacturiers de raisonner avec les connaissances de ce domaine et faciliter la tâche d'identification du problème.

$\text{Problem}(?Pr) \wedge \text{ProblemID}(?Pr, ?ID) \wedge \text{ProblemRange}(?Pr, ?Tp) \wedge \text{ProblemCharacteristic}(?Pr, ?Ds) \wedge \text{ProblemRate}(?Pr, ?Fr) \rightarrow \text{sqwrl:select}(?Pr, ?ID, ?Ds, ?Tp, ?Fr)$

La sélection et réutilisation des connaissances sur les caractéristiques de problème manufacturier :

D'après la sélection des connaissances sur le problème par la requête sqwrl.Pr , pour ce faire, il faut interroger aussi l'ontologie par la requête Sqwrl.PrF qui permet de sélectionner des connaissances sur les caractéristiques physiques et informationnelles du problème manufacturier, la partie antécédente de cette requête utilise les classes : Problem(?Pr) , ProblemFeature(?PF), et les relations hasFeature(?Pr,?PF) , Features(?PF,?If), P-Features(?PF,?Pf).

Sqwrl.PrF : Problem(?Pr) ^ ProblemProperties(?PF) ^ hasFeature(?Pr, ?PF) ^ Properties(?PF, ?If) ^ P-Properties(?PF, ?Pf) -> sqwrl:select(?Pr, ?PF, ?If, ?Pf)

Toutes les requêtes proposées pour interroger notre ontologie sont illustrées dans le tableau 3.9

sqwrl.Pr	Sélection la connaissance sur la tâche
	Preparation_operator(? T) ^ isUsedBy (? T? ID) ^ induces (? T, ? N) ^ includes(?T, ?SID) ^ Contains(?T, ?Tp) ^ becomes (? T,? Tm) -> sqwrl:select(?T, ?ID, ?N, ?SID, ?Tp, ?Tm)
Sqwrl.Pr F	Sélection de la connaissance sur les caractéristiques de problème
	: Problem(?Pr) ^ ProblemProperties(?PF) ^ hasFeature(?Pr, ?PF) ^ I-Properties(?PF, ?If) ^ Properties(?PF, ?Pf) -> sqwrl:select(?Pr, ?PF, ?If, ?Pf)
sqwrl.Ts	Sélection la connaissance sur la tâche
	Preparation_operator(? T) ^ isUsedBy (? T, ? ID) ^ induces(?T, ?N) ^ includes(?T, ?SID) ^ Contains(?T, ?Tp) ^becomes (? T,? Tm) -> sqwrl:select(?T, ?ID, ?N, ?SID, ?Tp, ?Tm)
Sqwrl.So I F	Sélection de la connaissance sur les caractéristiques de Solution
	Set (? Sol) ^ ProblemProperties(? PF) ^ HasProperties(?Sol, ?SF) ^ PProperties(?SF, ?Pf) - >sqwrl:select(?Sol, ?SF, ?Pf)
Sqwrl.Eq u	pFSélection la connaissance sur les caractéristiques des équipements sélectionner
	Material_resource(?E) ^ EquipementProperties(?EF) ^ hasFeature(?E, ?EF) ^ PProperties (?EF, ?Pf) ->sqwrl:select(?E, ?EF, ?Pf)

Sqwrl.A	Sélection de la connaissance sur l'agent
ge	Human_resource(?A)^operatorAge(?A,?Ag)^operatorDiploma(?A,?AD)^operator Experience(?A,?Exp)^operatorFunction(?A,?F)^operatorID(?A,?ID)^operatorName(?A,?N)
Sqwrl.S	Sélection l'information sur l'agent software
of	Programming operator(?SA)^assembles(?SA,?InD)^hasTask(?SA,?V)^operatorFunction(?SA,?AF) ^ operatorID(?A,?ID)^operator Name(?SA,?N)

Tableau 3.9. les règles génériques SQWRL pour HDO Ontologie

3.10 CONCLUSION

Nous avons donné un processus de construction de l'ontologie médical HDO qui est basé sur la méthodologie « METHONTOLOGY ». Cette dernière est constituée de cinq phases successives. La spécification, première phase de ce processus, a permis l'analyse des différentes sources de données concernant le domaine de l'ontologie à construire, et d'établir un document de spécification pour celle-ci, exprimé en langage naturel. Ce document décrit le domaine, la portée, les utilisateurs et les caractéristiques de l'ontologie.

Nous avons abouti à un ensemble de représentations intermédiaires semi- formelles, et nous avons obtenu une ontologie conceptuelle. Les résultats de l'étape de conception vont servir pour l'opérationnalisation de cette ontologie.

Chapitre.4. Application à l'hôpital EHU d'Oran

4.1. PRÉSENTATION DE L'EHU D'ORAN

L'Établissement hospitalier universitaire d'Oran, ci-après désignée par le sigle « EHU », est un établissement public désigné, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière, placé sous la tutelle administrative du Ministre chargé de la Santé. L'Hôpital et l'Université (E.H.U) sont organisés en structures hospitalières universitaires créées par arrêté conjoint des ministres chargés de la santé, de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique. L'enseignement universitaire est placé sous la tutelle du ministre chargé de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique.

4.2. MISSIONS ET VALEURS

L'établissement hospitalier et universitaire (E.H.U) est un instrument de mise en œuvre de la politique nationale de santé dans le domaine des soins de haut niveau et de la politique nationale de formation supérieur et de recherche médicale.

Dans ce cadre, l'établissement hospitalier et universitaire (E.H.U) a notamment pour missions :

En matière de santé:

D'assurer des activités de haut niveau dans les domaines du diagnostic, de l'exploration, des soins, de la prévention et de toute activité concourant à la protection et à la promotion de la santé; D'appliquer les programmes nationaux, régionaux et locaux de la santé; De participer à l'élaboration de normes d'équipement sanitaire scientifique et pédagogique des structures de la santé ; De contribuer à la protection et à la promotion de l'environnement dans les domaines relevant de la prévention, de l'hygiène, de la salubrité et de la lutte contre les nuisances et fléaux sociaux ; De développer toutes actions, méthodes, procédés et outils visant à promouvoir une gestion moderne et efficace de ses ressources humaines et matérielles ; De développer, en son sein, des pôles d'excellence dans les domaines précités.

En matière de formation :

D'assurer, en liaison avec les institutions de formation supérieur en sciences médicales, la formation graduée et post-graduée en sciences médicales et de participer à l'élaboration et à la mise en œuvre des programmes y afférents ; D'initier toutes actions de perfectionnement et de recyclage des personnels.

En matière de recherche :

D'effectuer tous travaux de recherche en sciences de la santé et dans tous les domaines en rapport avec ses missions ; D'organiser des séminaires, colloques, journées d'études et autres manifestations techniques et scientifiques en vue De promouvoir les activités de soins de formation supérieur et de recherche en sciences médicales

L'établissement hospitalier et universitaire (E.H.U) est également chargé de participer en relation avec les autorités concernées à la mise en synergie des institutions de santé pour assurer la cohérence et la hiérarchisation des soins dans la zone sanitaire couverte.

Pour l'accomplissement de ses missions et le développement de ses activités l'établissement hospitalier et universitaire (E.H.U) peut conclure tout marché convention contrat ou accord avec tout organisme public ou privé national ou étranger.

Le projet d'établissement fixe les objectifs généraux annuels et pluriannuels et les stratégies de développement de ses activités, notamment dans les domaines des soins, de formation supérieure, de la recherche, de la démarche sociale, de la communication interne et externe et de la gestion du système d'information. Le projet qualité fixe la politique de l'établissement en matière de qualité totale et de soins en particulier.

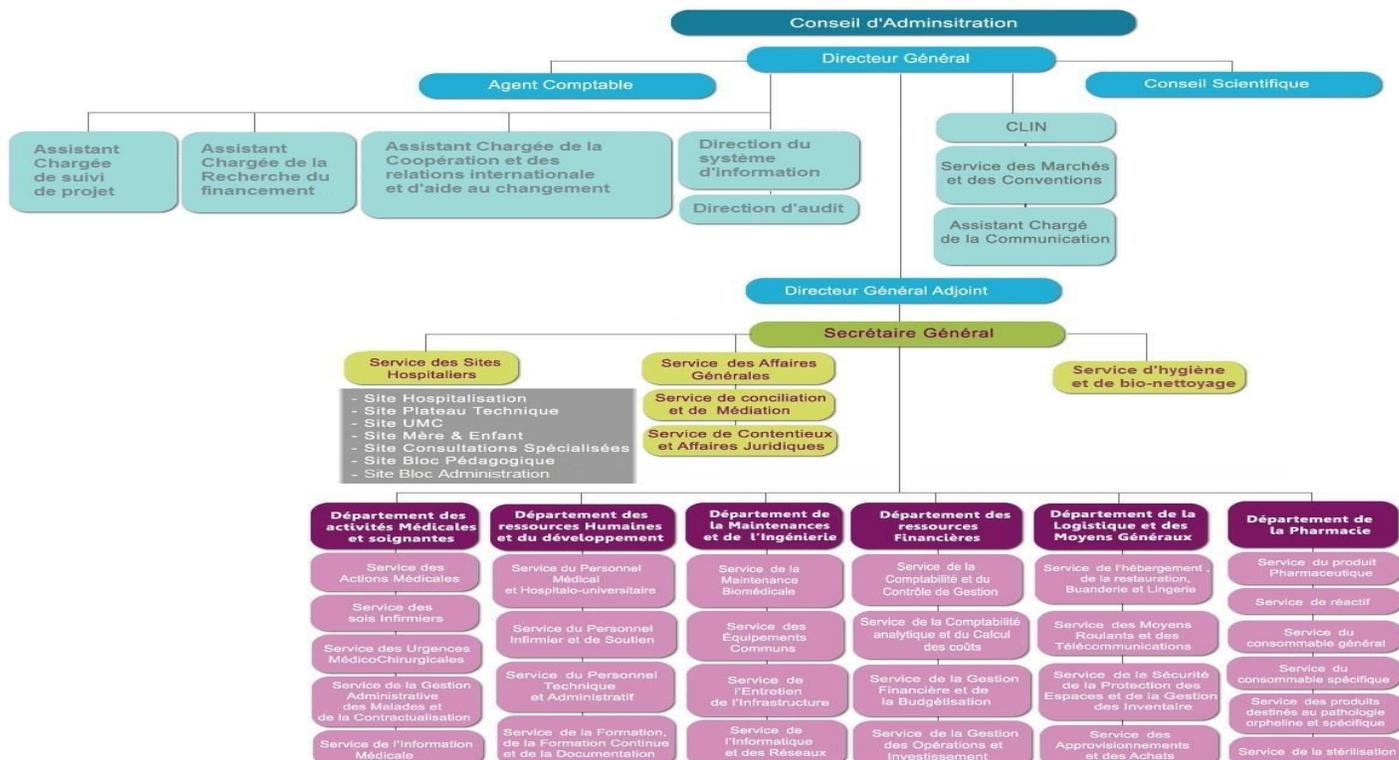


Figure 4.1. Organigramme de l'EHU

4.3. FORMALISATION DE LA CONNASSANCE D'INFERENCE SWRL

Règle.1 la règle 1 est utilisée pour la configuration initiale du problème de Maintenance à partir des instances du processus de fabrication, la tâche de fabrication et le problème lié à la tâche, utilise la propriété *hasProblem*.

Règle.Gén.1: $\text{ÉQUIPEMENT_DE_DIAGNOSTIC(?Pr)} \wedge \text{Specialized_Departments(?E)} \wedge \text{preventif_conditionnel(?Sol)} \wedge \text{hasProblem(?E, ?Pr)} \wedge \text{isMadeOf(?E, ?Pr)} \rightarrow \text{requiredTool(?Pr, ?Sol)}$

Règle.2 La règle 2 identifie les caractéristiques de la panne, utilise la propriété *hasFeature* associé à chaque instance de la définition de panne et agrège ces instances au sein des instances de la classe caractéristique de la maintenance.

Règle.Gén.2: $\text{Radiology(?Pr)} \wedge \text{contains(?Pr, ?F)} \wedge \text{INSTRUMENTS_CHIRURGICAUX(?E)} \wedge \text{hasProblem(?E, ?Pr)} \wedge \text{MAINTENANCE_PREVENTIVE(?A)} \rightarrow \text{hasFeature(?Pr, ?F)}$

Règle.3 Cette règle de configuration détermine l'identification de la cause de panne associés aux instances des équipements déclaré dans la base de données, sur la base des exigences d'instances de problèmes et des équipements.

Règle.Gén.3 : $\text{MOBILIER_HOSPITALIER(?Pr)} \wedge \text{Radiology(?E)} \wedge \text{hasProblem(?E, ?Pr)} \rightarrow \text{isMadeOf(?Pr, ?E)}$

Règle.4 cette règle est appliquée pour gérer la configuration des agents de Maintenance qui sont capables d'intervenir aux problèmes de fabrication. Ceci est réalisé par l'identification des problèmes puis par l'identification des instances des agents.

Règle.Gén.4: $\text{DiagnosOnline(?Ds)} \wedge \text{SoftwareManagement(?Sf)} \rightarrow \text{execute (?Ds, ?Sf)}$.

Règle.5 La règle 5, les procédures de la solution à partir de la solution proposée au problème dans la base de donnée.

Règle.Gén.5 : $\text{ArmoireManagement(?Ar)} \wedge \text{TransfoReparation(?Tr)} \wedge \text{Electricien(?Elc)} \rightarrow \text{becomes(?Tr, ?Elc)}$.

Règle.6 La règle 6 suggère les solutions des problèmes de Maintenance par les Automaticien du département de Maintenance.

Règle.Gén.6 : *Radiologie(?Ar) ^STERILISATION (?Tr) ^ technicien(?Elc) -> autogen0:Uses(?Tr, ?Elc).*

4.4. Formalisation de la connaissance d'inférence SQWRL

sqwrl.Pr	Sélection de la connaissance sur le problème
	<i>DiagnosOnline(?Do) ^ HDO:ProblemID(?Do, ?ID) ^ HDO:hasProblem(?Do, ?Hp) > sqwrl:select(?Do, ?ID, ?Hp)</i>
Sqwrl.PrF	Sélection de la connaissance sur les caractéristiques de problème
	<i>OBJETS_DIVERS(?E) ^ Nursing_administration(?EF) ^ hasFeature(?E, ?EF) ^ isLocatedIn(?EF, ?Pf) -> sqwrl:select(?E, ?EF, ?Pf)</i>
Sqwrl.CsPr	Sélection de la connaissance sur les causes de problème
	<i>ANESTHÉSIE_ET_RÉANIMATION (?AM) ^ technicien(?E) ^ HDO:hasFeature(?AM, ?E) ^ HDO:hasTask(?AM, ?HT) ^ Contains(?AM, ?C) -> sqwrl:select(?AM, ?E, ?HT, ?C)</i>
sqwrl.Ts	Sélection la connaissance sur la tâche
	<i>Calibration(?Cal) ^ technicien(?Ins) ^ HDO:hasFeature(?Cal, ?HF) ^ HDO:HasProcedure(?Cal, ?HP) -> sqwrl:select(?Cal, ?Ins, ?HP)</i>
sqwrl.Sol	Sélection de la connaissance sur la solution
	<i>STÉRILISATION(?T) ^ UsedBy(?T, ?ID) ^ includes(?T, ?N) ^ includes(?T, ?SID) ^ contains(?T, ?Tp) ^ hasType(?T, ?Tm) -> sqwrl:select(?T, ?ID, ?N, ?SID, ?Tp, ?Tm)</i>

Tableau 4.1. les règles génériques SQWRL pour HDO Ontologie

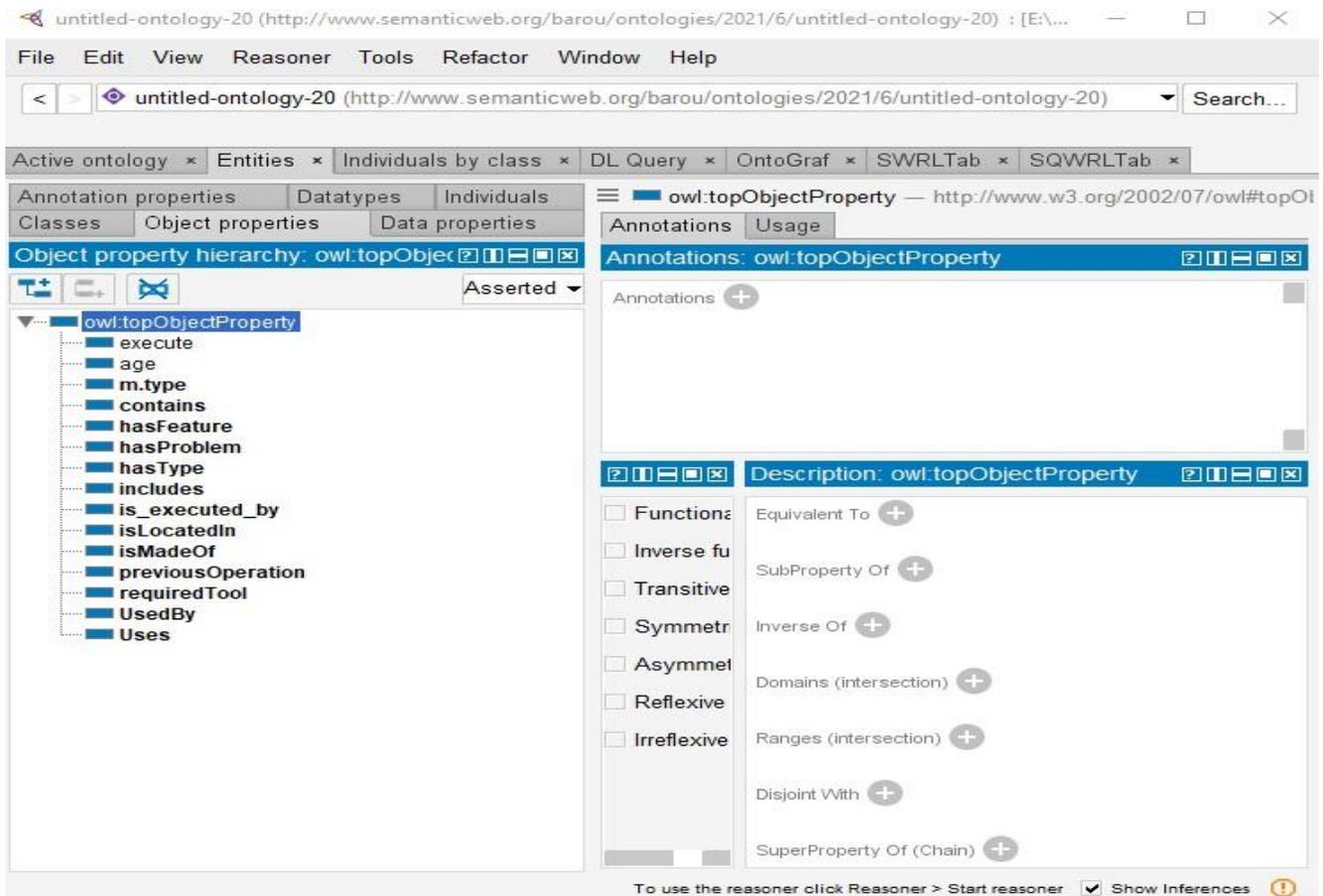


Figure 4.2. object properties

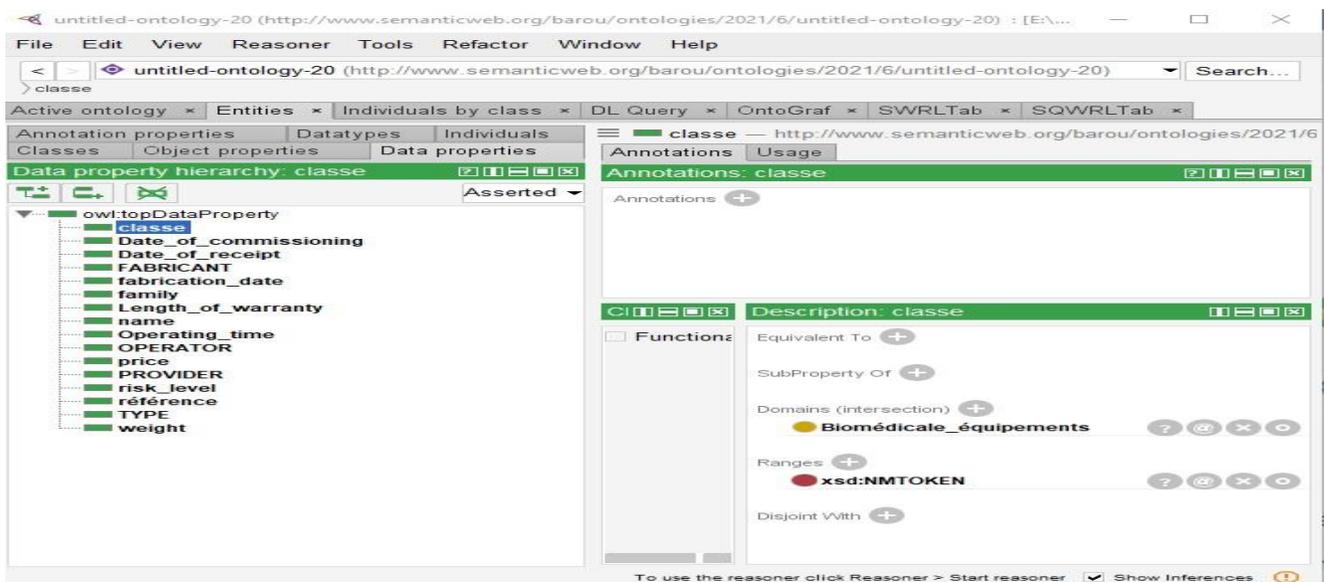


Figure 4.3. Tableau de propreté de donnée

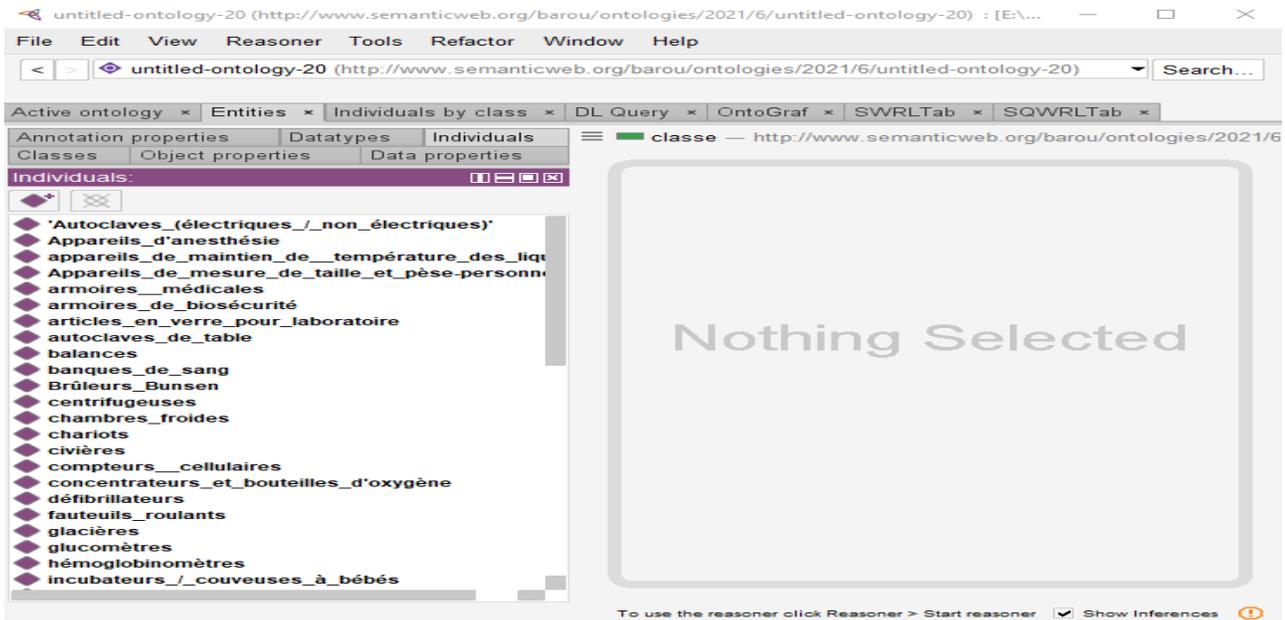


Figure 4 .4. Les individus

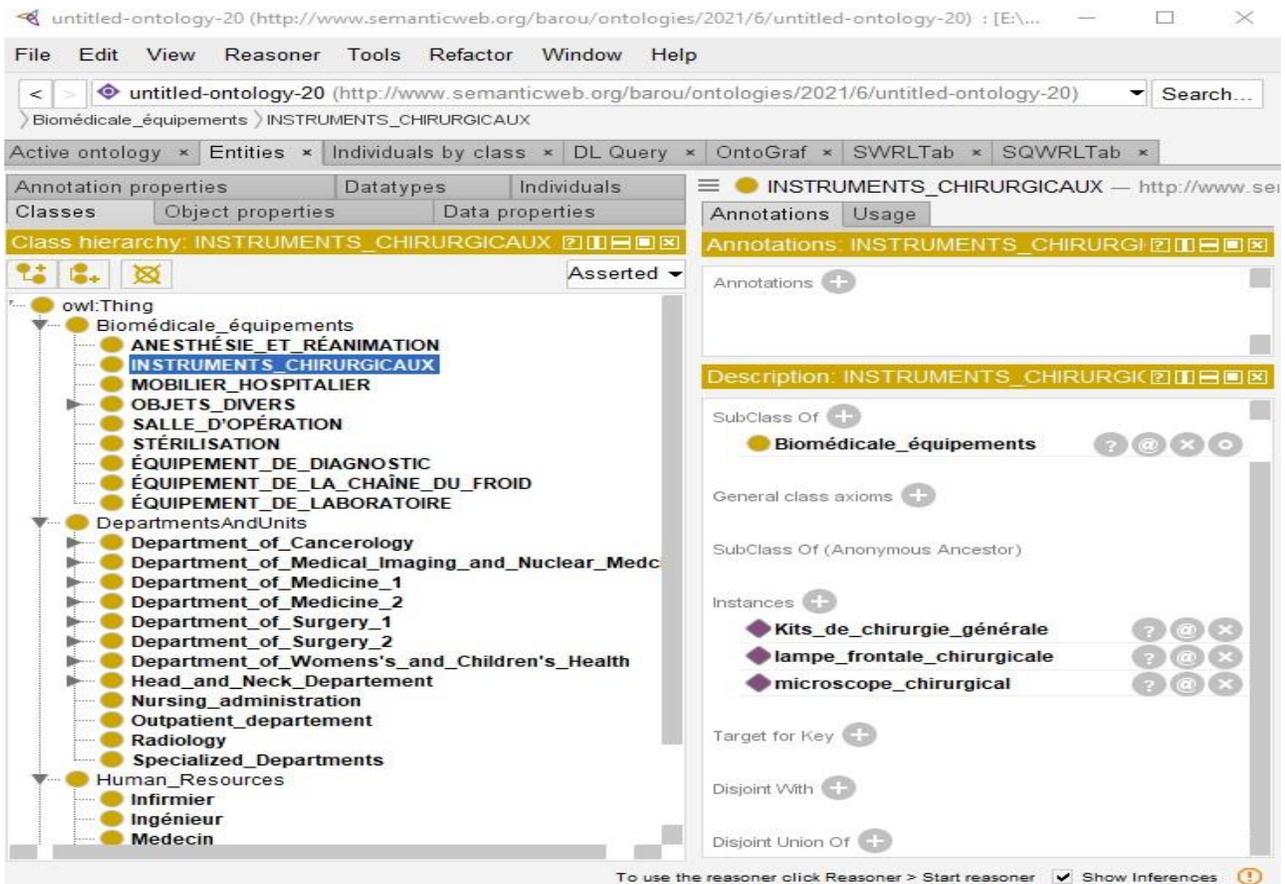


Figure 4 .5. Les Classes

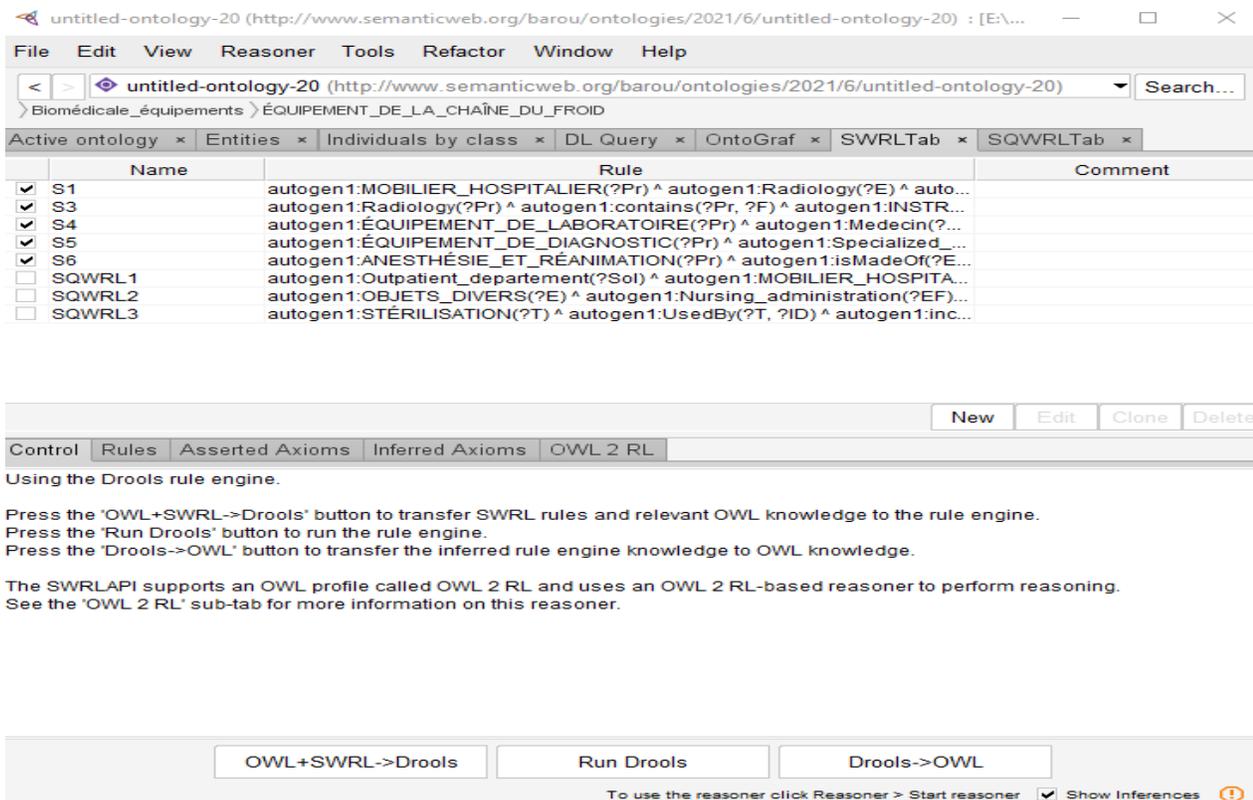


Figure 4 .6. Les Régles SWRL

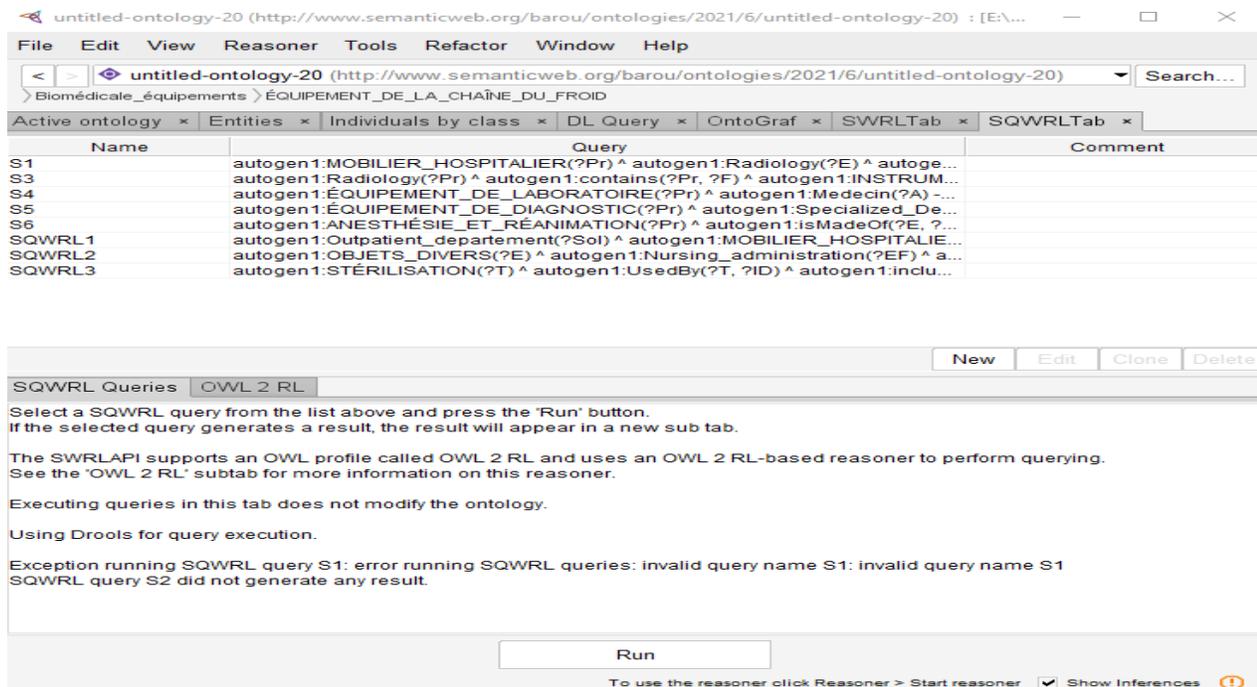


Figure .4.7.les règles SQWRL

Conclusion générale

Un langage d'ontologie ayant une sémantique formelle est requis pour aller vers un Web sémantique. Ce langage doit offrir d'une part un pouvoir d'expression suffisant pour Représenter finement de vastes quantités de connaissances, et d'autre part des mécanismes efficaces pour raisonner sur ces ontologies : classification automatique, vérification formelle de cohérence, services de réponse à des requêtes, ...etc. De ce fait, OWL est donc un bon candidat, mais à condition d'être renforcé par une couche de règles.

SWRL est un langage qui enrichit la sémantique d'une ontologie définie en OWL. Il

Est issu de la combinaison du langage OWL DL et du langage Rule-ML. Il offre une très haute Expressivité au langage OWL, et assure l'expression des entités qu'OWL échoue de le faire.

Dans ce mémoire, nous avons développé une ontologie hybride dans le domaine

De maintenance Biomédicale. Nous avons proposé un processus de construction d'une ontologie, inspirés des différentes phases proposées par la méthode METHONTOLOGIE, afin d'atteindre un ensemble de représentations intermédiaires qui facilite sa formalisation ultérieure et cela en adoptant l'approche de la logique de descriptions. L'intérêt de ce formalisme est qu'il est d'une part suffisamment simple pour que des non-spécialistes puissent l'utiliser et, d'autre part, qu'il est plus expressif que les graphes conceptuels et les frames. Basé sur cette formalisation, nous avons choisi le langage OWL pour codifier l'ontologie formelle (HDO) et utiliser l'éditeur graphique PROTÉGÉ-OWL, afin de guider l'implémentation et de produire un document OWL. Par ailleurs, pour vérifier et raffiner l'ontologie OWL au cours du processus de développement, nous utilisons le système Pellet. Ce dernier, fournit un support de raisonnement en translatant des expressions OWL à des expressions de la logique de description. Les services d'inférence fournis par pellet incluent le test de satisfiabilité d'un concept et le test de subsumption.

Le plugin SWRL Tab était utilisé pour éditer les règles SWRL ou les requêtes SQWRL.

SWRLTab assurant la liaison entre PROTÉGÉ-OWL et le moteur de règles Jess, permet l'exécution des règles, et l'affichage des données inférées, et SQuery Tab pour l'exécution des Requête SQWRL.

Nous avons vu que les deux formalismes de représentations des connaissances sur lesquels nous comptons faire reposer notre système offrent des garanties quant à la validité des inférences rendus possibles.

En perspectives, nous pensons que ce type d'architecture est très ouvert car les technologies du Web sémantique sont en perpétuelles évolutions et les techniques de représentation des connaissances et de raisonnement sont de plus en plus complexes et performantes.

BIBLIOGRAPHIE

- BERNERS-LEE Tim, HENDLER James & LASILLA Ora (2001). The Semantic Web , Scientific American,.
- BECKETT Dave, Ed. (2003). RDF/XML Syntax Specification (Revised). W3C Working Draft. <http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar>
- BERNERS-LEE Tim, FIELDING Roy & MASINTER Larry (1998). Uniform Resource Identifiers (URI): Generic Syntax. Request for Comments 2396, IETF. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2396.txt>
- BIEZUNSKI Michel, BRYAN Martin & NEWCOMB Steven, Eds. (1999). ISO/IEC 13250:2000 Topic Maps: Information Technology — Document Description and Markup Languages. <http://www.y12.doe.gov/sgml/sc34/document/0129.pdf>
- BRICKLEY Dan & GUHA Ramanathan, Eds. (1999). Resource description framework schema specification. Proposed recommendation, W3C. <http://www.w3.org/TR/PR-rdf-schema>
- Tim Berners-Lee et Mark Fischetti, Weaving the Web. The original design and ultimate destiny of the World Wide Web, by its inventor, San Francisco, Harper, 1999, p. 13.
- Barry Smith et Christopher Welty, Ontology: Towards a New Synthesis, dans : “Proceedings of the international conference on Formal Ontology in Information Systems”, New York, 2001, p. 4.
- Walraeve, B. Vigneau, P. (2005). Guide pratique, Maintenance des dispositifs médicaux, obligations et recommandations, Direction régionale des affaires sanitaires et sociales de Midi-Pyrénées
- BERNSTEIN & M. KLEIN (2002). Discovering Services: Towards High Precision Service Retrieval. In CaiSE workshop on Web Services, e-Business, and the Semantic Web: Foundations, Models, Architecture, Engineering and Applications. Toronto, Canada.
- T. BULTAN, X. FU, R. HULL & J. SU (2003). Conversation specification: a new approach to design and analysis of e-service composition. WWW 2003: 403-410.
- C. BUSSLER (1996). Workflow-Management-Systems as enterprise engineering tools, in Modelling and methodologies for enterprise integration, Edited by Bernus, P. and Nemes, L., 234-247, Chapman & Hall.
- J. CARDOSO (2002a). Stochastic Workflow Reduction Algorithm. LSDIS Lab, Department of Computer Science, University of Georgia.
- J. CARDOSO (2002b). Workflow Quality of Service and Semantic Workflow Composition. Ph.D. Dissertation. Department of Computer Science, University of Georgia, Athens, GA.
- S. NARAYANAN & S. MCILRAITH (2002). Simulation, Verification and Automated Composition of Web Services, Eleventh International World Wide Web Conference (WWW2002), Honolulu.

- J. O'SULLIVAN, D. EDMOND & A. TER HOFSTEDÉ (2002). What's in a Service? Distributed and Parallel Databases, 12(2-3), p. 117-133.
- M. PAOLUCCI, T. KAWAMURA, T.R. PAYNE, & K.P. SYCARA (2002). Semantic Matching of Web Services Capabilities. In Int. Semantic Web Conference, Sardinia, Italy, pages 333–347.
- Cohen T. AAMI's Benchmarking solution : analysis of cost of service ratio and other metrics. Biomedical Instrumentation & Technology, 2010, 4(4):346-349.
- Malkin R. Medical instrumentation in the developing world. Memphis, Engineering World Health, 2006.
- Accreditation manual for hospitals, volume I - Standards. Oakbrook Terrace, Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations, 2002.
- 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.
- Ridgeway M. Classifying medical devices according to their maintenance sensitivity : a practical, risk-based approach to PM program management. Biomedical Instrumentation and Technology,
- AAMI benchmarking solution (www.aami.org/abs)
- Electrical safety manual (www.aami.org/publications/books/esm.html)
- Computerized maintenance management systems (www.aami.org/publications/books/cmms.html)
- Medical equipment management manual (www.aami.org/publications/books/mem.html)
- Medical electrical equipment standard 60601-1 (www.aami.org/publications/standards/60601.html)
- ECRI Institute (www.ecri.org) : Health devices system (www.ecri.org/Products/Pages/Health_Devices_System.aspx)
- Biomedical benchmark (www.ecri.org/Products/Pages/BiomedicalBenchmark.aspx)
- W3C Workshop for Rule Languages for Interoperability: <http://www.w3.org/2004/12/rules-ws/cfp>
- SWRL: <http://www.daml.org/rules/proposal/>
- Ontology Web Language: <http://www.w3.org/TR/owl-features/>
- RuleML: <http://www.ruleml.org/>
- SWRL Specification: <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>
- SweetRules: <http://sweetrules.projects.semwebcentral.org/>
- Jena-2: <http://www.hpl.hp.com/semweb/jena.htm>
- SWRL Built-in Specification: <http://www.daml.org/rules/proposal/builtins.html>
- SWRL Built-in Ontology: <http://www.w3.org/2003/11/swrlb.owl>
- Jess Rule Engine: <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/>
- SWRL Editor FAQ: <http://protege.stanford.edu/plugins/owl/swrl/>

- SWRL Ontology: <http://www.daml.org/rules/proposal/swrl.owl>
- SWRL Ontology: <http://www.daml.org/rules/proposal/swrl.owl>
- SWRL Factory FAQ: <http://protege.stanford.edu/plugins/owl/swrl/SWRLFactory.html>