



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم 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

**Développement d'un système à base de Connaissance
pour l'aide à la décision : application à la
maintenance industrielle**

Présenté et soutenu par :

Benzerga Djilali ET Allouche Oussama

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
KACIMI Abderahmen	MCB	Université Oran 2	Président
TITAH Mawloud	MAA	Université Oran 2	Encadreur
DJEBLI Yamina	MAA	Université Oran 2	Examineur

Année 2020/2021



Remerciements



En premier lieu je tiens à remercier ﷻ le tout puissant qui m'a guidé et facilité le chemin de réussite de ce travail.

Je remercie et j'exprime toute ma gratitude au rapporteur de ce mémoire l'encadreur Mr. Titah MaNloud. Je le remercie pour toutes les orientations et les conseils utiles qu'il a su me prodiguer pour la réussite de mon travail.

Je tiens à remercier les membres du jury, plus précisément Professeur Docteur Kacimi Abderrahmene, Professeur à l'Université d'Oran 2 à L'institut de Maintenance et Sécurité Industrielle, de m'avoir fait l'honneur d'accepter de juger ce travail en tant que président de jury.

Je remercie Dr Djebli Yamina, maitres de conférence à l'Université d'Oran 2, à L'institut de Maintenance et Sécurité Industrielle pour l'intérêt qu'ils portent à mon projet, et pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.

Je tiens à remercier plus particulièrement eLe Team de L'adminstration ainsi que la direction Maintenance de POLYMA INDUSTRY de m'avoir aidé et encouragé à effectuer ce travail.

Un grand Merci à tous les enseignants de la post-graduation, option : " Génie Industrielle "

Je tiens à exprimer mon immense gratitude à ma très chère famille et belle famille ainsi que mes amis pour m'avoir soutenu durant toutes les années d'étude.

Tous mes remerciements et ma reconnaissance à toute personne ayant participé de près ou de loin à ma formation, ainsi qu'à toute personne qui m'a inculqué le savoir quel qu'il soit.

Dédicaces

Ce présent mémoire est le fruit de dur labeur et de plusieurs années de travail

que j'aimerais dédier En premier lieu, à ces personnes là à :

*Mes très chers parents qui se sont énormément sacrifié pour mon
éducation et que je n'arriverai jamais à remercier suffisamment*

Mon mari qui m'a abondamment aidé

Ma Douce Mère qui compte le plus pour moi, merci d'être Ma Mère.

Mon frère et à ma sœur :

*AZZEDDINE et FATIMA ZOHRÀ pour leur soutien démesuré et leur présence
pendant tout mon cursus, à qui je souhaite beaucoup de réussites dans leurs vies.*

Ma belle sœur Nadia et à mes deux nièces Yusra et Norhane.

Que dieux me les garde.

Mes collègues et amis

Que dieux vous protège tous.

A tous ceux que j'aime

A tous ceux qui m'aiment

A tous ceux qu'ils méritent...

Djallal

Dédicaces

Ce présent mémoire est le fruit de dur labeur et de plusieurs années de travail

que j'aimerais dédier En premier lieu, à ces personnes là à :

*Mes très chers parents qui se sont énormément sacrifié pour mon
éducation et que je n'arriverai jamais à remercier suffisamment*

Ma Douce Mère qui compte le plus pour moi, merci d'être Ma Mère.

Mes frères et à mes sœurs :

*M'hamed, Djamel, Zin EL Abidine; Habiba et Youssra pour leur soutien
démesuré et leur présence pendant tout mon cursus, à qui je souhaite beaucoup de
réussites dans leurs vies.*

Mes collègues et amis

Que dieux vous protège tous.

A tous ceux que j'aime

A tous ceux qui m'aiment

A tous ceux qu'ils méritent...

OUSSAMA

ABSTRACT

Industrial maintenance is the keystone in any production system and represents the activity requiring good organization, the contribution of expertise and knowledge capitalized by practitioners. In this perspective, it seemed interesting to develop the model (MTIC).

MTIC is a model of maintenance aid based principally on the IC module required to ensure the identification and modelling of critical knowledge. This capital of expertise will optimize resources by reducing the cost and time of interventions.

Among the methods of engineering knowledge, we have opted for the method CommonKADS to build a knowledge-based system (KBS).

Keywords: industrial maintenance, MTIC, maintenance assistance, knowledge engineering (IC), CommonKADS, knowledge modeling, knowledge based system (CBS)

RÉSUMÉ

La Maintenance industrielle est la clé de voûte dans tout système de production et représente l'activité nécessitant une bonne organisation ainsi que l'apport des expertises et des connaissances capitalisées par les maintenanciers. Dans cette perspective, il nous a semblé intéressant de concevoir le modèle (MTIC).

MTIC est un modèle d'aide à la maintenance basé principalement sur le module IC permettant d'assurer l'identification et la modélisation des connaissances critiques dont le but d'optimiser les ressources nécessaires en réduisant le coût et le temps des interventions.

Parmi les méthodes d'ingénierie de connaissances, Nous avons opté pour la méthode CommonKADS en vue de construire un Système à Base de Connaissance (SBC).

Mots clés : Maintenance industrielle, MTIC, aide à la maintenance, Ingénierie de Connaissance (IC), CommonKADS, modélisation des connaissances, Système à Base de Connaissance (SBC),

TABLE DES MATIERES.

REMERCIEMENTS.....	1
ABSTRACT.....	4
RESUME.....	5
TABLE DES MATIERES.....	6
LISTE DES FIGURES	7
INTRODUCTION GENERALE.....	8
Chapitre 1: L'ingénierie des connaissances dans l'intelligence artificielle.	
1.1 Introduction.....	11
1.2 Gestion des connaissances dans l'entreprise.....	12
1.2.1 Donnée, Information et Connaissance.....	12
1.2.2 Connaissance tacite et explicite.....	14
1.2.3 Management des connaissances.....	14
1.3 Techniques d'acquisition des Connaissances.....	15
1.3.1 Interviews.....	15
1.3.2 Classification des concepts (card sorting).....	15
1.3.3 Techniques d'observation (observation technique).....	16
1.3.4 Information limitée (limited information).....	17
1.3.5 Analyse du protocole (Protocol analysis).....	17
1.4 Système à Base de Connaissance.....	19
1.5 Ingénierie des connaissances.....	20
1.5.1 Méthode KADS.....	21
1.5.2 Méthodologie CommonKADS.....	21
1.6 Techniques et outils de modélisation d'une Base de connaissances.....	22

TABLE DES MATIERES.

1.6.1	Systèmes experts.....	24
1.6.2	Systèmes linguistiques.....	25
1.6.3	Ontologies.....	27
1.6.4	Systèmes cognitifs.....	28
1.7	Conclusion.....	30

Chapitre 2 : La technologie sémantique pour la maintenance industrielle.

2.1	Introduction.....	33
2.2	la technologie sémantique	34
2.3	les ontologies.....	34
2.3.1	Notion d'ontologie.....	34
2.3.2	Composants d'ontologie.....	36
2.3.2	Classification d'ontologies.....	37
2.3.3	Ingénierie des ontologies.....	38
2.3.4	Ontologies et raisonnement.....	39
2.3.5	Formalisme d'ontologies.....	43
2.3.5.1	Langage RDF.....	44
2.3.5.2	Langage OWL.....	44
2.3.5.3	Langage SWRL.....	45
2.3.6	Outils d'ontologie.....	46
2.4	Interrogation de l'ontologie.....	47
2.4.1	Requêtes SQWRL.....	47
2.4.2	Requêtes SPARQL.....	48
2.6	Conclusion.....	49

TABLE DES MATIERES.

Chapitre 3 : Développement de système à base de connaissance par la technologie sémantique.

3.1	Introduction.....	51
3.2	Architecture de système à base de connaissance.....	52
3.2.1	Positionnement vis-à-vis de l'état de l'art.....	52
3.2.2	Conception ET architecture de KBS.....	52
3.3	Construction des ontologies	54
3.3.1	Critères d'évaluation d'une ontologie	55
3.3.2	Le processus de construction d'une ontologie	55
3.3.3	Cycle de vie d'une ontologie	55
3.3.4	Conception	56
3.3.5	Conceptualisation	57
3.4	Développement d'un système à base de connaissance basé sur une ontologie de maintenance	57
3.4.1	Exigences d'une ontologie de maintenance industrielle.....	57
3.4.2	Définition des concepts principaux de l'ontologie MASSON et leurs relations.....	58
3.4.4	Formalisation de l'ontologie MASSON.....	58
3.5	OWL : (Web Ontologie Language) :.....	61
3.5.1	Formalisation de la connaissance d'inférence.....	62
3.6	Interrogation de l'ontologie de MASSON par les requêtes SQWRL.....	65
3.7	Synthèse de modèle proposé.....	67
3.8	conclusion.....	69

Chapitre 04 : Mise en œuvre : La Maintenance Industrielle au sein de POLYMA Industry.

TABLE DES MATIERES.

4.1	PRESENTATION DE L'ENTREPRISE POLYMA	71
4.2	Historique	71
4.2.2	Introduction	72
4.3	Principe de base	73
	4.3.1 <i>L'ingénierie des connaissances</i>	73
	4.3.2 Les niveaux de maintenance	74
4.4	La presse a injecté	74
4.5	Instrumentation et régulation	75
4.6	Manipulation sur l'logiciel protege.....	78
	4.6.1 Remplir La base Des classes.....	78
4.7	Déroulement du logiciel.....	79
	4.7.1 Le langage de règles du web sémantique (SWRL).....	84
	4.7.2 Le langage de règles du web sémantique (SQWRL)	85
4.8	Conclusion générale.....	87

Liste des Figures :

Figure 1.1 : Schéma Explicative de la connaissance, Information, Donnée.

Figure 1.2 - Schéma simplifié d'un système à bases de connaissances

Figure 1.1 : Schéma Explicative de la connaissance, Information, Donnée.

Figure 1.2 - Schéma simplifié d'un système à bases de connaissances

Figure 3.2 : Le modèle d'externalisation des connaissances CommonKADS.

Figure 3.1 Le cycle de vie d'une ontologie [24].

Figure 3.3 : Le concept ManufacturingTask et ses sous classes.

Figure 3.4 : La méthodologie de développement de l'ontologie.

Figure 3.5 les concepts principaux de l'ontologie MASON par OntoGraf.

Figure 3.6 : Un Flux du travail de MASSON

Figure 4.1: L'interface du logiciel

Figure 4.2: Solution détectées au POLYMA.

Figure 4.3: Description du travail au POLYMA.

Figure 4.4: Données & Objets du travail au POLYMA.

Figure 4.4: Type de Donnée liés par la liste des classes.

Figure 4.5 les concepts principaux de l'ontologie MATO par OntoGraf.

Figure 4.6 Exécution de concept « SWRL TAB »

Figure 4.8 Résultat du travail de concept « SWRL TAB »

Figure 4.9 : Exécution du travail de concept « SQWRL TAB »

INTRODUCTION GENERALE

Introduction Générale :

IA (L'intelligence artificielle) est la discipline qui étudie la conception, le développement et la construction de systèmes qui simulent les compétences, le raisonnement et le comportement humains. Si le terme AI a une date de naissance, il pourrait s'agir de la conférence de recherche d'été de Dartmouth en 1956. À partir de cet événement, l'IA a évolué d'une simple manipulation syntaxique vers le développement des connaissances sémantiques, en particulier au cours des trois dernières décennies. « L'accélération » a été rendue possible grâce au développement des nanotechnologies permettant l'énorme capacité informatique mise à disposition - pensez de l'évolution des PC à partir des années 80 et des solutions Web de la fin des années 90. On est encore loin du niveau « IA forte ». Le stade actuel de l'IA est ce qui est communément appelé « Intelligence augmentée » et représente pour l'industrie une énorme opportunité d'améliorer la compétitivité de la fabrication. L'intérêt des industries pour l'IA réside dans sa fonction technologique de base à utiliser, en principe, mettre en œuvre toute formalisation de la pensée humaine et rationnelle et agir, y compris l'apprentissage, la planification et la résolution de problèmes. Avec ce potentiel, les chercheurs et les savants techniques voient l'IA dans le groupe des technologies « de rupture » d'un potentiel exceptionnel avec des avantages pour les systèmes industriels (et autres). Dans les processus de l'Industrie 4.0, l'IA montre un grand potentiel pour ajouter de la valeur et fournir un avantage concurrentiel pour la fabrication. Sur la base de données et grâce à d'habiles connexions, l'IA peut réduire la complexité et détecter des événements ou des modèles, même sans programmation explicite ou ingénierie classique d'automatisation et de contrôle. De plus, le l'adoption constante de l'Industrie 4.0 et de la numérisation industrielle automatise la production d'une grande quantité de données précieuses qui sont exactement les données nécessaires à l'IA pour générer de la valeur. Les fabricants se tournent donc vers les technologies d'IA pour augmenter l'efficacité et l'efficacité des processus industriels, mesurée par des facteurs traditionnels comme le coût, rapidité, précision et résolution de problèmes. Ils s'attendent à pouvoir atteindre des niveaux plus élevés d'autonomie grâce aux capacités cognitives fournies par l'IA. Et ils peuvent atteindre cette autonomie avec l'IA au-delà de ce dont les êtres humains sont capables. L'accent traditionnel mis sur la production et la fabrication axées sur le produit dans L'industrie 4.0 sera bientôt supplantée par des concepts de plus de solution et nature

orientée client. Cela transformera les chaînes rigidelement définies de productions dans des systèmes de fabrication flexibles et hautement dynamiques. Ceux-ci seront encourager des systèmes de production organisés de manière autonome optimisés à l'aide de AI pour répondre aux exigences personnalisées du client. Il n'est pas exagéré de dire que l'IA va transformer la relation entre les gens et la technologie, tout en stimulant la créativité et les capacités. Tout en quantifiant le l'impact de ces changements sur les systèmes économiques et sociaux est très complexe, en raison du nombre de variables, les études McKinsey Global estiment que d'ici 2030, l'IA pourrait augmenter l'activité économique mondiale d'environ 13 milliards de dollars, une valeur similaire à celle de Steam Révolution de l'énergie livrée au XIXe siècle ou Robots et ordinateurs fourni un siècle plus tard. Pour l'industrie, l'IA n'est pas une option. C'est la nouvelle façon d'atteindre l'Excellence [1].

CHAPITRE I

L'ingénierie des connaissances dans L'intelligence Industrielle (AI).

1.1 Introduction :

L'ingénierie des connaissances est une discipline en émergence et il faut peut-être consacrer quelques lignes à une lecture de cette émergence. Dans les années 1980, l'intelligence artificielle bénéficie d'une certaine ouverture et d'une notoriété qui dépasse soudainement le cadre des laboratoires. Les capacités des machines augmentant d'une manière importante et les premières vagues de l'informatisation étant maîtrisées, il devient possible d'envisager des applications industrielles en écho aux recherches académiques, dont certaines peuvent dès lors être infléchies. La diffusion des systèmes experts, technologie phare de cette double vague, permet de produire des applications sur des micro-mondes. Cette tentative, qui utilise toutes les techniques de l'intelligence artificielle et vise à l'appliquer à de nombreux domaines, connaît des réussites diverses. Beaucoup de ces techniques sont ensuite intégrées, absorbées par l'informatique en entreprise ou par celle des composants logiciels, d'autres connaissent moins de débouchés, même si les recherches continuent en laboratoire. Quant aux chercheurs qui ont persévéré en dépit de la difficulté de modéliser les connaissances et les processus cognitifs en situation réelle, ils ont construit en France un axe de recherche d'abord intitulé « acquisition de connaissances », puis « ingénierie des connaissances », et, au niveau européen ou nord-américain, « knowledge acquisition » ou « knowledge engineering ». Il apparaît que les échanges avec l'ingénierie des connaissances sont restreints. Finalement, peu d'avancées récentes en intelligence artificielle sont utilisées en ingénierie des connaissances, et réciproquement. Il ne faut pas pour autant en déduire que le lien avec l'intelligence artificielle serait maintenant seulement historique. Cet éloignement n'est peut-être qu'apparent et conjoncturel, probablement accentué par le fait que le défi de l'ingénierie des connaissances (modéliser les connaissances dans des situations réelles) exige de diversifier les collaborations disciplinaires, par exemple avec la terminologie, l'ergonomie ou la gestion, des sciences humaines et sociales (SHS), selon la terminologie consacrée. Les travaux se focalisant sur des méthodes d'ingénierie et d'assistance à l'utilisateur ont en effet pris le pas, sur la définition de méthodes et d'outils formels tels qu'on les retrouve en intelligence artificielle. Cependant, les thèmes de recherche de l'ingénierie des connaissances et de l'intelligence artificielle

convergent parfois à nouveau, comme c'est le cas actuellement avec la représentation des connaissances pour le Web sémantique [2].

1.2 Gestion des connaissances dans l'entreprise :

La gestion des connaissances (*knowledge management*) est un thème d'actualité, comme en témoigne le nombre de publications qui lui sont consacrées tant en gestion qu'en économie, ce mot d'ordre a connu un succès qui, nous le verrons dans cet article, constitue un symptôme des nombreuses tensions que connaissent aujourd'hui les entreprises contemporaines pour maintenir des apprentissages collectifs efficaces. Ce sont les enjeux associés à ces tensions et ce qu'ils nous apprennent sur le management des entreprises que nous allons examiner dans cet article. Pourquoi donc les sciences de la gestion ou les sciences économiques, et avec elles les entreprises, prendraient-elles soudain conscience d'une telle évidence ? Nous verrons donc que cette réémergence est un signal révélateur des crises que traversent les entreprises contemporaines confrontées à *un capitalisme de l'innovation intensive* (Hatchuel et Weil, 1999). Ce sont ces crises et leurs conséquences sur l'organisation que nous tenterons dans une seconde partie de mettre en évidence, Nous les définissons comme des crises et des mutations des « acteurs et des activités de conception » : les activités de conception sont des régulations essentielles de la vie des entreprises. Les acteurs concernés détiennent les grandes formes de l'expertise et sont aujourd'hui confrontés à la nécessité de développer de nouvelles formes d'action collective et donc de nouvelles formes de production collective des connaissances[3].

1.2.1 Donné, Information et Connaissance :

3 mots pour un même objet ?

La donnée : La donnée est une notion abstraite typée. Il y a des données numériques, symboliques, textuelles, logiques, ... La donnée ne porte pas de sens en elle-même. Si je code une fonction $y = \sin(x)$, l'angle représenté par la valeur x n'a pas d'importance. Il peut s'agir d'un angle fait par un meuble dans une pièce, d'un angle de trajectoire d'une comète, de la

penne d'une courbe d'évolution d'un cours de bourse, tout ceci n'est pas impactant sur la fonction sinus.

L'information : L'information est aussi une notion abstraite, mais d'un niveau d'abstraction supérieur à celui de la donnée. On peut dire pour simplifier que l'information est une donnée + un sens. Si je compare deux adresses en considérant qu'il s'agit de données, il me suffit de faire appel à une fonction qui va comparer les deux chaînes de caractères, octet par octet. Mais nous savons bien que les deux adresses peuvent être identiques sans que leurs représentations le soient. Un code postal peut être écrit 91000 ou F91000, Boulevard peut être abrégé en Bd, Monsieur en M., le nom et le prénom peuvent être écrits dans des ordres différents, etc.

La connaissance : La connaissance est aussi une notion abstraite, d'un niveau d'abstraction supérieur à celui de l'information. La connaissance à la différence de l'information est partagée et s'appuie sur un référentiel collectif. Mais attention, des informations peuvent être communiquées sans pour autant devenir des connaissances. Il faut alors les accompagner de leur référentiel puisque celui-ci ne sera pas partagé (non-implicite). Si je vous communique un code postal, je n'ai pas besoin de vous expliquer ce dont il s'agit, vous disposer d'un référentiel pour interpréter ce code, par exemple pour savoir si le département est maritime, montagneux, campagnard en vue de segmenter une offre de produits. Le code postal s'apparente à une connaissance largement partagée en France. Mais si je communique ce code postal à une

équipe en Inde, il est fort probable qu'il sera considéré simplement comme une information, en l'absence de référence de connaissance, ou pire de simple donnée.

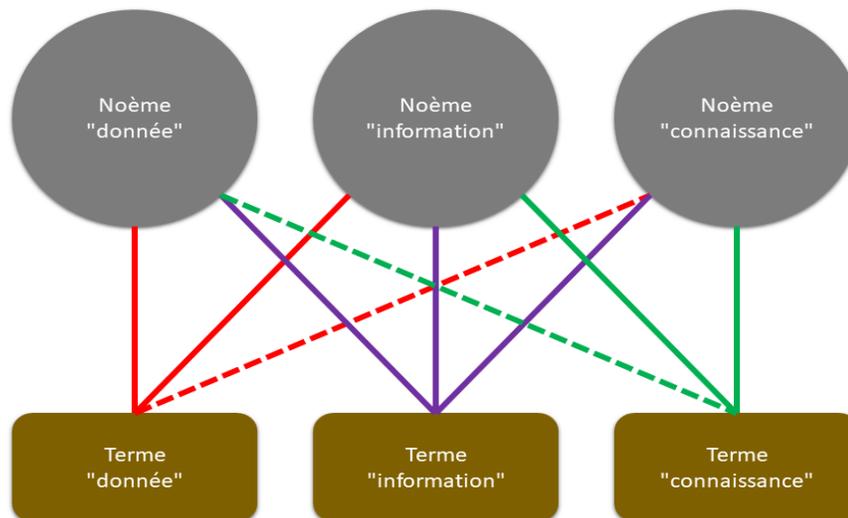


Figure 1.1 : Schéma Explicative de la connaissance, Information, Donnée.

1.2.2 Connaissance tacite et explicite :

Nonaka distingue les connaissances tacites et les connaissances explicites sont les connaissances transmissibles dans un langage formel alors que les connaissances tacites ont un aspect personnel qui les rend difficiles à formaliser et à communiquer [4]. Les connaissances tacites comportent, d'une part, un volet cognitif, à savoir les modèles mentaux que les humains se forme sur le monde et, d'autre part, un volet technique, à savoir le savoir-faire concret, des habiletés s'appliquant dans des contextes spécifiques. Les connaissances explicites sont capturées dans les bibliothèques, des archives et des bases de données.

1.2.3 Management des connaissances :

Le KM (Knowledge Management) peut être défini comme un ensemble de dispositif, procédures et outils technologiques, organisationnels et comportementaux, destinés à faciliter

la création et l'échange de connaissances entre individus et groupes à l'intérieur et à l'extérieur de l'organisation.

1.3 Techniques d'acquisition des Connaissances :

1.3.1 Interviews :

Un modèle d'acquisition de connaissances pour les systèmes à base de connaissances est développé, qui présente l'activité d'acquisition comme jouant un rôle essentiel et continu dans la performance qualifiée, plutôt que comme une activité séparée et séparable. Les implications pratiques de ce modèle pour la conception de systèmes sont développées et des recommandations sont formulées pour surveiller la qualité des conseils des systèmes experts et parvenir à une intégration plus étroite entre l'application de ces systèmes et la formation de l'expertise. Le modèle est développé en profondeur pour générer des taxonomies des processus de connaissance humaine et les utiliser pour analyser les rôles d'une grande variété de systèmes informatiques dans le soutien de ces processus. Le modèle est utilisé pour mettre en évidence les forces et les faiblesses de l'état actuel de l'art en matière de représentation des connaissances. Cet article fournit un cadre général pour la variété des problèmes d'acquisition de connaissances, des techniques et des technologies discutés dans la littérature [5].

1.3.2 Classification des concepts (card sorting) :

Les méthodes du tri de cartes (*card sorting*) peuvent contribuer à la résolution de ce problème. Ces méthodes consistent à faire trier par des participants des cartes représentant les unités d'information du domaine dont traitera le système d'information, et à analyser les regroupements et distinctions effectués (les tris) [6]. Ces méthodes peuvent donc aider les praticiens à comprendre les « modèles mentaux » des utilisateurs et fournir un aperçu de la manière dont les utilisateurs regrouperaient les contenus pour accomplir des tâches communes.

La présente contribution, de portée essentiellement méthodologique, entend proposer une présentation des alternatives possibles concernant l'utilisation des épreuves de tri de cartes dans un contexte de conception de systèmes interactifs ou de documents numériques. Notre présentation suivra le déroulement d'une série de tests que nous avons réalisés afin de guider la définition de l'architecture d'information du site web d'un département universitaire. Au-delà de l'état de la littérature, l'objectif sera de proposer, au départ de cette expérience empirique, une méthode de recueil, d'analyse et d'interprétation des résultats d'épreuves de tri de cartes située dans le paysage des pratiques existantes, combinant analyses qualitative et quantitative des données recueillies, dans le but de mieux cibler les représentations des usagers.

1.3.3 Techniques d'observation (observation technique) :

L'observation apparaît comme un concept central en sciences sociales. Utilisée seule ou en complément d'autres techniques de recueil d'informations, l'observation a pu trouver des terrains d'applications propices en sociologie, en ethnographie ou plus récemment en sciences de gestion. Qu'elle soit qualifiée de directe, directe diffuse, directe concentrée, directe déléguée, approfondie rapprochée (Savall, Zardet, 2004), de participante (Whyte, 1943, 1951 ; Lewin, 1947 ; etc.), elle permet au chercheur, non pas d'accéder à la réalité elle-même, qui préexiste à la recherche mais aux représentations des acteurs construites à partir de leurs propres perceptions (Wacheux, 1996) [7]. Elle doit donc être accompagnée d'un travail épistémique. Pour Avenier (2004), "le travail épistémique consiste, entre autres, à s'assurer de ce que la problématique et la méthode de recherche choisies sont mutuellement pertinentes, et cohérentes entre elles ainsi qu'avec le terrain d'étude envisagé et la position épistémologique du chercheur. Nous rejoignons ainsi Thiétart (1999) qui note que "c'est de la qualité de l'aller-retour dialectique, dans la cohérence et la pertinence, entre objectif, méthode et analyse, qu'une bonne recherche peut émerger.

1.3.4 Information limitée (limited information) :

L'une des caractéristiques fondamentales de cette théorie est l'exclusion de la sémantique. La théorie de l'information est indifférente à la signification des messages. Le sens d'un message peut pourtant être considéré comme essentiel dans la caractérisation de l'information. Mais le point de vue de la théorie de l'information se limite à celui d'un messenger dont la fonction est de transférer un objet.

La théorie de l'information de Shannon est toujours relative à un ensemble de données, une famille de chaînes de caractères, caractérisée par une loi de distribution bien précise. Elle donne donc un contenu en information *en moyenne*, ce qui en fait une théorie *probabiliste*, particulièrement bien adaptée au contexte de la transmission de donnée, et dans ce cadre cette théorie a produit des résultats importants. En revanche, elle n'est pas en mesure de quantifier le contenu en information d'une chaîne prise isolément, un brin d'ADN par exemple, alors que la théorie algorithmique de l'information en est capable jusqu'à un certain point. Mais cette dernière théorie possède également ses propres limitations. C'est pourquoi il ne faut pas considérer que la notion d'information est entièrement cernée par la théorie de l'information de Shannon, ou la théorie algorithmique de l'information, mais que cette notion a besoin d'une variété de modélisations formelles pour s'exprimer.

L'information de Fisher semble ainsi parfois avantageusement remplacer l'information de Shannon dans la mesure où elle est une quantification locale et non globale de l'information contenue dans une distribution. Cela dit, les deux notions sont liées et peuvent dans diverses applications mener aux mêmes résultats.

1.3.5 Analyse du protocole (Protocol analysis) :

L'analyse de protocole devient de plus en plus courante dans la recherche en conception et ont été utilisés comme méthode de recherche en sciences sociales pendant de nombreuses années. Ils sont entrepris en temps réel et, si elles sont réalisées dans leur environnement naturel,

peuvent saisir le contexte des événements (Yin, 1994). Observer dans l'environnement des concepteurs a l'avantage d'être une situation réelle, cependant c'est moins contrôlée qu'une expérience de laboratoire. Comme les protocoles capturent les données en temps réel, biais des participants, commun avec les méthodes rétrospectives telles que les entretiens et questionnaires, est évitée, mais le biais de l'observateur peut avoir un certain effet (Stauffer et coll., 1991 ; Francfort-Nachmias et Nachmias, 1996 ; Orne, 1969 ; Rosenthal, 1966). Les protocoles sont généralement mis en œuvre dans le propre environnement d'un sujet et généralement des équipes sont observées plutôt que des individus. Le chercheur peut faire des notes tout en observant le sujet et un enregistrement vidéo ou audio. Les participants sont priés de penser à voix haute tout en étant observés. Observations, avec penser à haute voix, ne peut fournir qu'un aperçu bref, mais détaillé, des activités de concepteurs. Ils ne permettent pas d'avoir une vue d'ensemble du processus de conception, car ils n'ont capturé que des épisodes d'activité de conception. L'analyse du protocole peut être effectuée dehors plus longtemps, mais ils prennent du temps. Pour chaque heure de protocole, un 25 heures supplémentaires peuvent être nécessaires 12 heures pour planifier les observations et transcription et analyse (Ahmed, 2001) [8].

1.4 Système à Base de Connaissance :

La conception de systèmes à bases de connaissances, et notamment des **systèmes experts**, constitue un domaine majeur en intelligence artificielle (IA). De tels systèmes sont conçus pour approcher les performances d'experts humains dans des domaines limités en exploitant un ensemble de connaissances acquises pour l'essentiel auprès de ces experts. Le plus souvent, ce sont des auxiliaires d'aide à la décision. Apparus vers 1975, ils ont eu un impact certain sur l'IA ainsi qu'un retentissement médiatique parfois exagéré. Le terme de *système expert* disparaît au profit du concept plus général de **système à bases de connaissances** (SBC) que l'on retrouve dans divers champs d'activité.

Ce concept est fondé sur **une séparation entre les connaissances nécessaires pour résoudre un problème et les mécanismes de raisonnement exploitant ces connaissances** (appelés selon les

cas structures de contrôle, interpréteurs, moteurs d'inférence), Cette définition, illustrée par la figure, montre la dualité connaissances/raisonnement qui vient compléter la structure algorithmique traditionnelle de l'informatique procédurale, Une caractéristique importante en pratique d'un tel système est la nature incrémentale des connaissances mises en jeu. Cela permet une mise au point et une maintenance des systèmes par modification de connaissances (en particulier par ajout) à la base existante.

Le terme de connaissance recouvre les différentes formes du savoir qui trouvent leur justification par l'adhésion de l'utilisateur :

- Objets du monde;
- Faits concernant ces objets (« la Terre est ronde, légèrement aplatie aux pôles ») ;
- Classifications (par exemple, taxinomies en zoologie ou en géologie) ;
- Événements (« *la température du four s'est mise à osciller* ») ;
- Règles heuristiques de savoir-faire (« *si le moteur cale à froid, le gicleur est peut-être bouché* »), etc.

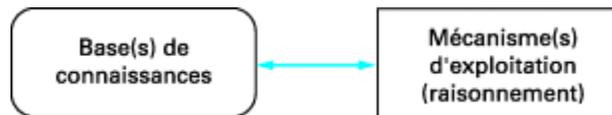


Figure 1.2 - Schéma simplifié d'un système à bases de connaissances

1.5 Ingénierie des connaissances :

L'ingénierie des connaissances (IC) fournit une démarche d'analyse et de modélisation d'une résolution de problèmes [Charlet 2003]. Les travaux dans cette discipline fournissent des guides méthodologiques et de représentation de résolution de problèmes, [Aussenac et al. 1996]. Ces travaux puisent leur source dans des théories et des méthodes empruntées à diverses disciplines qui étudient l'activité rationnelle, comme la psychologie cognitive, l'ergonomie, la linguistique, la sociologie et l'intelligence artificielle. L'objectif de l'IC est de représenter le rôle que jouent les données et les informations dans une résolution de problèmes. Ces rôles sont appelés

connaissance. En d'autres termes, on appelle connaissance le savoir et le savoir-faire utilisé par une personne ou un groupe de personnes pour réaliser une action dans un contexte donné. La démarche de l'IC comme toute ingénierie passe par plusieurs étapes : recueil, modélisation et représentation des connaissances [9].

1.5.1 La méthode KADS :

La méthode KADS (Knowledge Acquisition and Documentation Structuring), devenue ensuite Knowledge Anaysis and design System/Support) est née en 1985 dans le cadre du programme européen Esprit I. Ce projet fut lancé par quatre chercheurs : Anne Brooking du KBSC (South Bank Polytechnic, Royaume-Uni), Joost Breuker et Bob Wielinga de l'Université d'Amsterdam et Mike Rogers du CEC (Belgique). Le projet a été reconduit en 1990, sous le nom de KADS II, dans le cadre du programme européen Esprit II. La méthode a été améliorée dans le but d'en faire un standard commercial, notamment en Europe. Cette méthode développée au départ sur des stations UNIX se nomme désormais Common KADS (Common Knowledge Acquisition and design Support).

Il s'agit d'une méthodologie permettant de mettre en place un processus d'acquisition (puis de gestion) des connaissances par la construction de systèmes à base de connaissances. Elle propose de modéliser les stratégies de raisonnement d'un spécialiste de façon abstraite et de développer une bibliothèque d'actions génériques faisant intervenir une modélisation des connaissances stratégiques et des connaissances du domaine.

Pour cela, KADS suggère que les connaissances soient simultanément analysées selon différents niveaux et modèles. Elle reconnaît quatre niveaux.

1.5.2 Les modèles de KADS :

KADS repose sur différents modèles et étapes afin, non seulement de capturer et représenter en machine un savoir-faire, mais aussi comprendre le problème réel de l'organisation et de ses besoins. Ces modèles sont des documents de référence (mémoire collective), selon. Il s'agit bien d'une méthode dirigée par des modèles. Ces modèles représentent les différentes vues du système à base de connaissances (SBC) et se présentent comme suit :

1. Modèle d'organisation : analyser l'environnement (environnement socio-économique et le plan humain) où le système à base de connaissances sera mis en œuvre ainsi qu'une analyse des changements apportés par la construction du système (Etape d'extraction des connaissances du domaine) et leur impact.

A ce niveau, on est appelé à définir (entre autres) l'objectif du manager, le rôle de l'expert, les types et besoins d'utilisateurs et l'utilisation du SBC. Cela permettra de bien définir l'utilité et la fonction de l'outil, d'assurer son adéquation aux besoins et de s'assurer de sa faisabilité.

2. Modèle d'application : définir le problème à résoudre, l'utilité, la fonction et les contraintes techniques (systèmes d'exploitation, performances, ...etc.) du SBC dans l'organisation.

3. Modèle de tâches : Spécifier comment le problème est traité et comment l'expert décompose la fonction, à un niveau très général, en termes de tâches et de sous tâches, en précisant les différents agents (utilisateurs), l'environnement (par exemple : comment sont gérées les données du SBC, saisies par l'utilisateur ou captées par des dispositifs...etc.).

4. Modèle d'expertise : spécifier comment le SBC fait pour résoudre les problèmes, en s'appuyant sur le modèle de tâches pour décrire le comportement et le type de connaissances nécessaires.

Il s'agit donc du modèle de la connaissance de l'expert.

C'est (le modèle qui a en tête le concepteur quand il va implanter le SBC).

5. Modèle de coopération : recenser comment coopèrent le SBC et les agents extérieurs et précise ainsi les rôles respectifs (qui fait quoi ?).

6. Modèle conceptuel (modèle d'expertise modèle de coopération) : décrit, de façon abstraite, les objets, comportements et opérations nécessaires au futur SBC. par extension, il désigne toutes les activités menant à ce modèle (analyse linguistique puis conceptuelle).

7. Modèle de conception : Il s'agit là d'une phase de conception plus (classique) et plus courte que celle de l'analyse. (Transformation du modèle conceptuel, décision d'implantation)

1.6 Techniques et outils de modélisation d'une Base de connaissances :

Les différents types de systèmes qui viennent d'être présentés se rencontrent dans des domaines d'application très divers. Nous donnons ici une liste non limitative de tels domaines et d'application.

- **Aéronautique et espace** : aide au pilotage, planification du trafic aérien ou d'une mission, contrôle des satellites (correction d'altitude, gestion de batteries, contrôle des opérations de lancement, planification d'un lancement et d'une mission). L'exploration humaine des planètes (notamment Mars) nécessite des robots et des systèmes d'IA dotés de capacités de perception et de compréhension de l'environnement, capables d'aider à prendre les décisions adéquates dans des situations urgentes et complexes. Ces systèmes deviennent ainsi des partenaires indispensables au bon déroulement de ces missions longues et risquées.

- **Agriculture** : diagnostic de maladies et conseil thérapeutique en pathologie végétale, aide au choix de semences ou d'engrais, aide à la gestion d'une ferme, d'une récolte.

- **Banque, finance et assurance** : gestion financière, contrôle de gestion et audit, gestion de portefeuilles, aide au placement, diagnostic d'entreprises, évaluation de risques de prêts, rédaction de contrats.
- **Biologie** : aide au diagnostic et à la décision (proche de la médecine), recherche clinique, planification d'expériences de laboratoire, interprétation de données physico-chimiques et d'images.
- **Chimie** : aide à la synthèse de nouvelles molécules organiques, élucidation de la structure tridimensionnelle de molécules.
- **Droit, réglementation** : études de normes (sécurité, etc.), liquidation de dossiers de retraite, gestion de réglementation complexe, aide à la rédaction d'actes (contrats, actes notariés, etc.), aide à l'utilisation de textes légaux.
- **Électronique** : diagnostic de pannes de circuits électroniques, aide à la conception de circuits VLSI, aide à la maintenance de circuits électroniques et électriques complexes (systèmes logiques, locomotives, rames de RER, etc.).
- **Géologie** : aide à la prospection géologique et minière, datation d'éléments de roches très anciens, conception de campagnes d'essais géotechniques, interprétation...

Les énigmes mathématiques ou logiques et la démonstration de théorèmes sont les premiers problèmes que l'on a tenté de déléguer à une machine, dans l'espoir que les capacités de mémorisation et la rapidité de calcul leur permettraient de faire plus vite et au moins aussi bien que l'homme. En réalité, le nombre de voies à explorer pour arriver à une solution est si grand que la seule puissance des ordinateurs est insuffisante pour atteindre des performances valables.

L'indéterminisme inhérent à la plupart des applications réelles et l'explosion combinatoire de solutions rend indispensable une supervision active, efficace et, si possible, intelligente de la succession des étapes d'un raisonnement. Le problème de **conduite et de supervision du**

raisonnement, ou « contrôle » (mauvaise traduction du terme anglais *control*) est d'une importance majeure. Cette notion s'oppose à l'utilisation aveugle d'une base par application systématique de l'algorithme de raisonnement, de la même façon qu'en résolution de problèmes, une recherche heuristique s'oppose au parcours systématique de l'espace de solutions.

1.6.1 Systèmes experts :

Un système expert est un programme informatique permettant de résoudre les problèmes dans un domaine d'application déterminé à l'aide d'une base de connaissance établie à partir de l'expérience humaine, ensuite des systèmes à base de connaissances.

MYCIN est un des premiers systèmes experts, développé à Stanford en 1972. L'objectif principal de ce système était le diagnostic et le traitement d'une infection bactérienne. Après que le système (MYCIN) détermine l'importance de l'infection et l'organisme responsable, il avait à choisir le meilleur traitement après avoir identifié les médicaments possibles.

En 1979, MYCIN a été évalué en compétition face à huit médecins sur dix cas réels. MYCIN est arrivé premier. Ce système présentait des limites. Il était peu flexible (adapté à un problème précis), les connaissances étaient difficiles à entrer (beaucoup de règles, et dépendantes du système d'inférence).

MYCIN était un programme de recherche qui n'a jamais été réellement utilisé à l'hôpital mais il a montré qu'on pouvait approcher un domaine d'expertise.

Dès les années 80, les chercheurs ont commencé à réfléchir à mettre en place une méthodologie rigoureuse pour la modélisation du raisonnement d'où l'apparition du concept «ingénierie des connaissances».

L'apparition de ces systèmes a mis en relief le besoin de solliciter l'apport de plusieurs disciplines telles que la psychologie, la logique, l'ergonomie, les sciences de gestion, l'ingénierie éducative, la sociologie et la linguistique, entre autres selon.

Dès la fin des années 1980, l'ingénierie des connaissances s'intéressait, de plus en plus, aux problématiques d'acquisition et de modélisation des connaissances.

Cette discipline a évolué d'une vision « orientée acquisition des connaissances » vers une vision « orientée modélisation ». En effet, l'IC a pour objectif de construire des modèles en vue d'aboutir à des artefacts automatisés venant s'insérer dans les usages de l'utilisateur.

L'ingénierie des connaissances se situe au carrefour de plusieurs réflexions, aussi bien :

- La linguistique, pour étudier la formulation linguistique des connaissances,
- La terminologie et l'ontologie, pour cerner et assoir les concepts,
- La psychologie, pour élaborer les méthodes d'élicitation,
- La logique, pour élaborer les modèles formels,
- L'informatique, pour les opérationnaliser,
- La sémiotique, pour interpréter et s'appropriier le comportement du système, etc.

Ces disciplines se fécondent réciproquement et conduisent à faire évoluer le paradigme[10].

1.6.2 Systèmes linguistiques :

Une panoplie de traitements est mise en œuvre sur les textes au cours de leur exploitation. Délimiter les mots du texte, leur attribuer une étiquette linguistique, identifier les relations syntaxiques qui s'établissent entre eux constituent des traitements préalables à l'exploitation des données dans les applications que nous venons de décrire. La chaîne de traitement standard transforme le texte brut en une liste de formes présentées ligne par ligne (texte segmenté et verticalisé), auxquelles sont associées des propriétés linguistiques d'ordre morphologique, grammatical et éventuellement sémantique.

Les techniques développées sont généralement caractérisées par une articulation entre des méthodes linguistiques à base de règles et des méthodes statistiques. On parle de **méthodes hybrides** pour qualifier l'association entre ces deux types d'approche.

On parle de **corpus** pour désigner des collections de données textuelles rassemblées dans un objectif précis. Leur rôle est devenu prépondérant dans les applications du TAL.

Ils ont principalement deux fonctions :

- En tant que données de référence, ils permettent d'évaluer les systèmes, qui peuvent ainsi confronter leurs résultats et tester leurs performances sur des corpus de nature différente ;
- En tant que réservoirs de données linguistiques, ils permettent d'alimenter les lexiques et les bases de règles des systèmes, par exemple dans le cas d'étiqueteurs et de parseurs basés sur des techniques statistiques et probabilistes.

La constitution de corpus de textes est une tâche stratégique puisque le corpus constitue l'univers langagier sur lequel porte le traitement. Il s'agit tout d'abord de rassembler des textes qui forment une collection représentative du phénomène que l'on veut traiter. On injecte ensuite dans les textes des informations sur lesquelles va reposer l'analyse.

1.6.3 Ontologies :

En informatique et en science de l'information, une **ontologie** est l'ensemble structuré des termes et concepts représentant le sens d'un champ d'informations, que ce soit par les métadonnées d'un espace de noms, ou les éléments d'un domaine de connaissances.

L'ontologie constitue en soi un modèle de données représentatif d'un ensemble de concepts dans un domaine, ainsi que des relations entre ces concepts. Elle est employée pour raisonner à propos des objets du domaine concerné. Plus simplement, on peut aussi dire que (l'ontologie) est aux données ce que la grammaire est au langage » [11].

Le terme est utilisé par analogie avec le concept philosophique, d'ontologie (de *onto-*, tiré du grec *ὄν, ὄντος* « étant », participe présent du verbe *εἶμι* « être ») qui est l'étude de l'être en tant qu'être, c'est-à-dire l'étude des propriétés générales de ce qui existe.

Les concepts sont organisés dans un graphe dont les relations peuvent être :

- des relations sémantiques ;
- des relations de subsomption.

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

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

- Individus : les objets de base ;
- Classes : ensembles, collections, ou types d'objets¹ ;
- Attributs : propriétés, fonctionnalités, caractéristiques ou paramètres que les objets peuvent posséder et partager ;
- Relations : les liens que les objets peuvent avoir entre eux ;
- Événements : changements subis par des attributs ou des relations ;
- Méta classe (web sémantique) : des collections de classes qui partagent certaines caractéristiques.

1.6.4 Systèmes cognitifs :

Une discipline de l'Intelligence Artificielle. D'un point de vue purement sémantique, "cognitif" signifie un processus mental réalisé en conscience, comme par exemple penser, réfléchir, comprendre ou encore apprendre. L'informatique cognitive est donc la faculté de doter les machines de ces capacités-là.

L'Intelligence Artificielle et en particulier l'informatique cognitive font appel à diverses technologies pour atteindre des objectifs différents. Les premières machines qualifiées

d'artificiellement intelligentes étaient les systèmes experts basés sur des règles métier. Ces systèmes, apparus dans les années 70 (MYCIN pour le plus connu), ont permis déjà à l'époque des réalisations prodigieuses considérant les faibles puissances des ordinateurs à cette période.

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

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

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

- le mode de traitement
- le niveau d'élaboration

1.7 Perspectives et conclusion :

Ce dossier a permis de faire le point sur les systèmes à bases de connaissances dont la mise en œuvre nécessite une réflexion sur les connaissances mises en jeu d'une part, et sur le raisonnement à leur appliquer d'autre part. Ce double travail s'effectue en premier lieu dans la phase dite d'acquisition des connaissances qui peut conduire à un véritable modèle d'expertise, à un niveau d'abstraction plus ou moins grand, indépendamment de toute idée d'implantation du système.

Des méthodes et des outils se développent pour faciliter cette phase capitale. L'**apprentissage symbolique automatique**, c'est-à-dire l'apprentissage de connaissances par la machine elle-même, constitue aussi à l'heure actuelle une voie de recherche active.

Parallèlement à cela se développent des **environnements d'implantation** de SBC. Dans les systèmes de première génération, comportant une majorité de connaissances heuristiques, le raisonnement est gouverné par le fonctionnement d'un moteur d'inférence : selon le mode de chaînage, avant ou arrière, le raisonnement est guidé par les données ou les buts poursuivis. La deuxième génération de SBC a vu l'introduction de connaissances profondes, en association avec les connaissances de surface, par exemple sous forme de modèles du procédé ou du domaine. L'émergence de la programmation par objets a bien sûr favorisé ce développement et l'on peut dire que, à l'heure actuelle, la majeure partie des SBC intègrent au minimum des connaissances sous forme de règles de production et sous forme d'objets structurés.

De grands modèles de raisonnement ont été identifiés (perception, prise de décision, planification, diagnostic, interprétation de données, compréhension du langage ou conception) et peuvent être modélisés par des structures d'inférence qui deviennent de véritables briques de base pour les SBC.

L'intelligence artificielle, en particulier grâce aux systèmes à bases de connaissances, a apporté une double contribution :

- Sur le plan théorique, une meilleure compréhension de l'intelligence et des mécanismes de résolution de problèmes ;
- Sur le plan pratique, le développement d'applications en vraie grandeur dans de nombreux secteurs d'activité.

On peut penser que ces deux aspects continueront à se développer en s'enrichissant mutuellement.

Depuis quelques années, les méthodes et outils...

2.5 Conclusion :

La première étape de ce chapitre a été consacrée à l'état de l'art des méthodes existantes en ingénierie des connaissances en expliquant le principe de chacune ainsi que son plus important domaine d'application.

Quant à la deuxième partie, nous l'avons consacré à présenter d'une manière simple et complète la méthode CommonKads, choisi pour l'implémentation de notre modèle décisionnel.

Nous allons dans le chapitre qui suit, détailler le deuxième concept de notre travail : les systèmes d'aide à la décision. Les recherches dans le domaine du Web sémantique et des services Web convergent actuellement vers un nouveau concept : les « services Web sémantiques » qui devraient conduire au développement d'ontologies des services.

CHAPITRE II

La technologie sémantique pour la
maintenance industrielle.

La technologie sémantique pour la maintenance industrielle :

La sémantique est l'étude du sens et **la technologie sémantique**, dans sa définition la plus simple, renvoie à un logiciel capable d'analyser des textes et d'associer un sens à chaque mot. Par conséquent, notre technologie sémantique, s'appuie sur l'apprentissage machine et les algorithmes d'intelligence artificielle pour simuler la manière dont les êtres humains comprennent le langage et interprètent le sens des mots dans leur contexte.

Toutes les entreprises cherchent à extraire le sens du flux de données et d'informations non structurées qui les inonde chaque jour. Les entreprises ont compris qu'elles avaient besoin de technologies plus intelligentes pour gérer leurs connaissances de la manière la plus efficace possible. Un logiciel cognitif fondé sur une technologie sémantique telle que Cogito, apporte une intelligence similaire à l'intelligence humaine, pour permettre une gestion efficace des connaissances et des informations précieuses pour les entreprises.

Les entreprises ont aujourd'hui plus que jamais, la possibilité d'accéder à des quantités de données liées à l'exploitation de leur parc machine. Le coût des dispositifs de connectés est en train de baisser régulièrement, leur exploitation intéresse de plus en plus les grandes et moins grandes entreprises afin d'optimiser leur process.

Comme on pouvait s'y attendre, un des objectifs concerne un des points les plus stratégiques d'une entreprise possédant des actifs physiques : la gestion efficace de la maintenance. Le fait que ces technologies permettent la communication de machine à machine (M2M) et de machine à homme (M2H) est particulièrement intéressant. Cependant, le fait que les machines soient maintenant capables de penser intelligemment, d'apprendre, d'enseigner, de prendre des décisions et de réagir comme (voire même mieux) que l'homme, a lancé une occasion sans précédent pour améliorer les problèmes récurrents en maintenance.

Les nouvelles technologies comme le web Sémantique, l'intelligence artificielle (IA), l'apprentissage automatique, la réalité virtuelle (VR) et l'Internet des objets industriels (IIoT) suscitent un vif intérêt, afin de réduire les coûts et d'améliorer l'utilisation des machines et la sécurité des travailleurs.

Voici un aperçu de l'évolution du secteur de la maintenance industrielle grâce à l'utilisation de ces technologies [12].

2.1 Introduction :

L'objectif du web sémantique est avant tout de faciliter l'échange des données structurées entre ordinateurs et non de construire un moteur de recherche en langage naturel puisant ses réponses dans des pages du web non structurées, comme son nom pourrait le laisser penser. C'est pourquoi le désigner sous le nom de "web des données" serait plus pertinent que de parler de web sémantique. Mais comme le reconnaît lui-même Tim Berners-Lee, qui a lancé l'idée du web sémantique il y a dix ans, « *c'est trop tard* » ! En revanche, le web sémantique permet de développer des applications de recherche plus intelligentes, travaillant sur plusieurs bases de données à la fois. Antidot travaille ainsi à une solution permettant d'extraire à la demande, à partir des multiples dossiers médicaux d'une personne, les informations indispensables aux urgentistes (groupe sanguin, allergies médicamenteuses...).

Il reste encore beaucoup à faire pour simplifier le travail des développeurs. Car les standards OWL, RDF et autres SKOS ne suffisent pas. *"Nous travaillons à l'alignement des ontologies"*, explique Jérôme Euzenat, directeur de recherche de l'Inria à Grenoble. Il s'agit par exemple de faire converger les ontologies utilisées par les statisticiens et par les géographes. *"Leurs descriptions d'une commune ne sont pas identiques"*, précise Jérôme Euzenat. Il faut donc trouver des correspondances, les exprimer et développer les outils logiciels pour les appliquer aux ontologies. Un projet européen, Tones (Thinking Ontologies), se consacre à ce type de problèmes. Un travail équivalent est réalisé sur les thésaurus des bibliothèques aux Pays-Bas et, aux Etats-Unis, la convergence des thésaurus des ouvrages sur l'agriculture avec les bases de la FAO (Food and Agriculture Organisation) des Nations unies est lancée. De son côté, l'université de Berlin a développé un outil, le D2R Server, qui automatise la transcription aux formats du web sémantique de bases de connaissances suivant une ontologie donnée. Enfin l'Université polytechnique de Madrid a développé la plate-forme Seals (Semantic Evaluation at Large Scale), pour tester à grande échelle les applications professionnelles du web sémantique.

2.2 La Technologie sémantique (WS):

Ensemble de technologies visant à rendre le contenu des ressources du web accessible et utilisable par les programmes et agents logiciels, grâce à un système de métadonnées formelles

- Une couche qui s'ajoute au web actuel
- But visé : un web de données
- Nécessite des vocabulaires partagés

Le Web sémantique propose dorénavant un saut qualitatif par rapport au Web actuel. Il permet de connecter différentes ressources du Web (documents et données, au sens large) par des liens sémantiques en construisant ainsi des graphes de connaissances structurés. Ceux-ci sont ensuite exploitables pour différentes tâches, en déployant ces structures et la sémantique ainsi créée. Le modèle de représentation RDF (Resource Description Framework) aide à réaliser aisément cette approche dans le Web distribué. La standardisation de ce modèle, mais aussi celle des vocabulaires décrivant les notions utilisées, permettent d'obtenir une interopérabilité généralisée. Les ontologies, au sens de l'ingénierie des connaissances, jouent alors un rôle majeur. Ces notions de Web sémantique et d'ontologie sont ainsi étroitement liées[13].

2.3 Les ontologies :

L'ontologie est une discipline de la philosophie qui a pour objet l'étude systématique de la nature et de l'organisation de l'être. Apparue dans son acception informationnelle il y a une dizaine d'années, dans le domaine de l'ingénierie des connaissances et de l'intelligence artificielle, ce terme désigne les « artefacts » élaborés dans le cadre d'une modélisation conceptuelle apte à jouer un rôle de référentiel conceptuel. Les travaux sur les ontologies se sont plus particulièrement développés dans un contexte informatique et ont pris leur essor avec le web sémantique.

Une ontologie fournit le vocabulaire spécifique à un domaine de la connaissance et, selon un degré de formalisation variable, fixe le sens des concepts et des relations qui les unissent.

Les composantes d'une ontologie sont les suivantes : une ou plusieurs taxinomies ordonnées en classes et sous-classes composées d'instances représentant les individus ou objets ; les types d'attributs ou propriétés qui peuvent être attachés à ces objets ; les types de relations entre les concepts d'une taxinomie ; des axiomes ou des règles d'inférence permettant de définir les propriétés de ces relations.

Le développement des ontologies s'est fait parallèlement à celui de la notion de *métadonnée*. Pour être susceptibles d'être exploitées automatiquement, les métadonnées doivent être entièrement explicites et exprimées dans un vocabulaire clairement et formellement défini. Les ontologies sont le réceptacle de ces définitions. On y représente les « valeurs » que l'on peut donner aux métadonnées et l'interprétation que les systèmes peuvent en faire, c'est-à-dire les concepts d'un domaine, les relations qu'ils entretiennent, la sémantique de ces relations et les règles de raisonnement qui leur sont applicables.

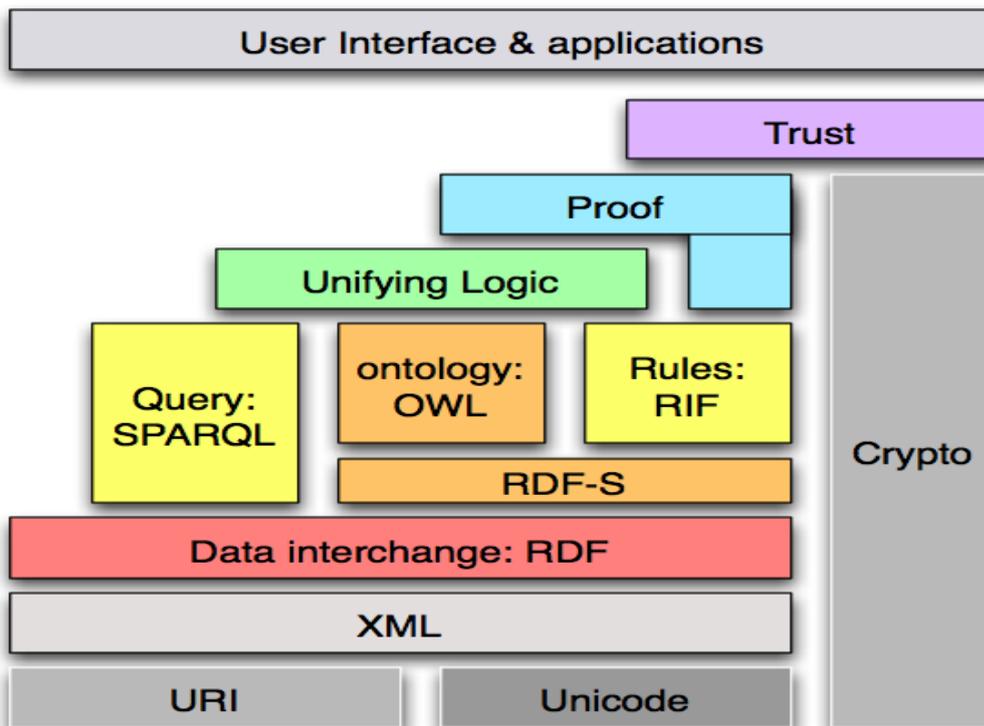


Figure 2.1 : L'interface et Applications d'utilisateur

2.3.1 Formalisation et construction :

Mais avant de considérer l'expression des relations dans les ontologies, en particulier avec le langage OWL, il n'est peut-être pas inutile de rappeler que, dans le cadre des langages documentaires traditionnels, les différents types de relations possibles furent étudiés de manière extensive.

Les thésaurus classiques reposent sur les trois grands types classiques de relations (équivalence, hiérarchie, association). Mais d'autres types en ont également été étudiés comme par exemple les relations proposées par genre/espèce, tout/partie, descendance, instrumentation, causalité, bénéfice, dommage, matière. Avec ces types de relations, on se rapproche beaucoup des langages à facettes (les facettes permettant d'introduire les relations entre les constituants de la classification On peut également remarquer qu'un thésaurus peut être organisé, selon son constructeur ou son utilisateur, soit par facette, soit par thème (ou champ sémantique), comme le montre l'exemple cité par Georges Van Slype.

La construction des ontologies est fondée sur les langages formels. Un langage d'ontologie permet de signifier l'appartenance d'un objet à une catégorie, de déclarer la relation de généralisation entre catégories et de typer les objets que lie une relation.

L'un des premiers langages pour la formalisation et la description des ontologies a été RDF Schéma (RDF-S), développé à partir de Resource Description Framework (RDF) et permettant d'exprimer un ensemble de relations telles que : *type*, *sub-class of*, *range* ou *domain*. Dans le cadre du web sémantique, le W3C travaille sur le langage OWL (Ontology Web Language) et l'ISO, de son côté, propose TOPIC Maps.

La construction des ontologies se fonde sur des schémas proches de ceux de la construction des thésaurus. Ainsi, selon Bruno Bachimont, les étapes de la construction d'une ontologie sont les suivantes : normalisation des termes d'un corpus, conduisant à la création d'une « ontologie différentielle » ; puis phase de formalisation pour la création d'une « ontologie formelle » ; enfin traduction en langage interprétable par la machine pour une « ontologie computationnelle ».

Encore plus proches de la construction des thésaurus sont les phases de construction des ontologies proposées par Jean-Marie Pinon : construction d'un corpus de documents, analyse linguistique du corpus (acquisition et validation des termes), normalisation sémantique et définition des relations, et élaboration de l'ontologie opérationnelle [14].

2.3.2 Classification d'ontologies :

La classification est traditionnellement définie comme un problème d'apprentissage supervisé dans lequel un ensemble de données étiquetées est utilisé pour entraîner un classifieur qui peut être utilisé pour étiqueter les exemples futurs [Mitchell, 97]. Classification ontologie est un problème de classification difficile pour la gestion efficace et efficiente l'ontologie et la récupération pour le Web sémantique et ontologie des applications métiers de l'entreprise. Avant la classification ontologie, beaucoup de travail a été fait pour le classement page Web qui vise à attribuer une page Web à une ou plusieurs étiquettes de catégories prédéfinies [Chakrabarti, 02]. Le web actuel est une infrastructure hétérogène contenant des données non structurées ou semi-structurées de différents types. Cela ouvre un certain nombre d'autres problèmes de recherche classement, comme, classification des sites web, classement page web, classement blog, classification des données multimédia. Défis de la recherche pour la classification des documents Web sémantique peut être élaborée que la classification ontologie, RDF référentiel classification...etc. Maintenant-un-jour, pour un domaine spécifique, il existe plusieurs ontologies disponibles qui ont été développés par les différentes communautés en fonction de leurs besoins. Par conséquent, les ontologies multiples associées à un même domaine/concept semble être assez commun sur le Web sémantique. Par exemple, comme mentionné dans l'une des études de recherche sur le développement de web sémantique, portail Swoogle recherches de plus de 300 termes distincts qui semblent tenir uniquement pour la "personne" concept [Ding, 05]. Il est probable que de grandes ontologies et complexe exigera une nouvelle solution et index central des ontologies pour la réalisation de la vision du Web sémantique sonore.

En raison de la nature expressive des ontologies OWL, ils sont plus que les documents texte ou des pages web HTML. Par conséquent, la classification en texte clair qui bénéficie le document ou la page Web de classification ne sont pas très utiles pour la classification ontologie et la recherche sur le Web sémantique. Pour cette raison, une classification ontologie est non seulement importante, mais aussi distinguer les techniques de classification traditionnelle, et mérite donc plus d'efforts de recherche. Il y a beaucoup de points de vue différents de la classification ontologie, comme ontologie ou les tâches de gestion de concept sur le Web sémantique, la promotion exploration plus ciblée et la construction, l'entretien ou l'expansion des répertoires d'ontologies sur le Web sémantique.

Cette section présente notre classificateur d'ontologies sémantique, Ont Classifie, et aborde le calcul de similarité sémantique pour la classification d'ontologies entre le domaine et les ontologies arbitraires. Il vise à classer les ontologies arbitraires dans une ou plusieurs catégories prédéfinies qui sont représentés par des étiquettes de classe pour la gestion et la recherche efficace de l'ontologie.

Ont Classifie calcule un rang de correspondance sur la base d'un algorithme de correspondance d'ontologies, et de cette façon les résultats de la classification la plus précise des ontologies arbitraires comme le contexte de concepts, de propriétés et de la structure de la connaissance est adapté et analysé. Il exploite les techniques de correspondance schématique existantes (c'est-à-dire linguistique, synonyme et axiomatique) pour le calcul de rang de la correspondance. Nous travaillons avec les ontologies OWL, mais la méthodologie peut être appliquée aussi pour le calcul de la similarité et la classification d'autres ontologies. Les sous-sections suivantes permettent d'élaborer la méthodologie, de montrer son utilisation, et de discuter des résultats de l'expérimentation [15].

2.3.3 L'ingénierie des ontologies :

L'ingénierie des ontologies qui regroupe plusieurs tâches (extraction d'ontologie, génération d'ontologie ou acquisition d'ontologie) a pour objectif la création automatique ou semi-automatique d'ontologies. Comme la construction manuelle d'ontologies exige beaucoup de travail et de temps, il y a une grande motivation à automatiser le processus.

Généralement, le processus commence par l'extraction de termes, de concepts ou d'expressions à partir de textes bruts à l'aide d'outils de traitement linguistique pour l'étiquetage lexical et le découpage en phrases. Ensuite, des techniques statistiques ou symboliques sont utilisées pour extraire des relations.

L'ontologie se fusionner cadre ontologies OWL pour leur but fusion. A l'étape initiale, il doit effectuer certaines tâches telles que la fusion peut être réalisée facilement. Ces tâches sont la formulation des graphes d'ontologie et de pré-traitement des étiquettes de concepts. Il comprend la formulation de graphes OWL e et de prétraitement des termes ontologiques.

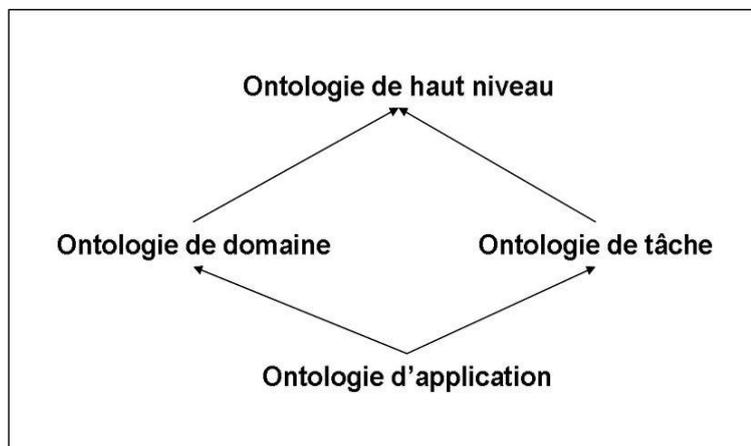


Figure 2.2 : Classification d'ontologies

2.3.4 Ontologies et raisonnement :

Un raisonnement peut être défini comme un **enchaînement d'énoncés** ou de représentations symboliques conduit en fonction d'un but, ce but pouvant prendre des formes variées : démontrer, convaincre, élucider, interpréter, décider, justifier, expliquer, etc.

Un tel enchaînement est une caractéristique importante d'un raisonnement. Il est en général non linéaire et nécessite des retours en arrière (*backtracks*), présents dans la quasi-totalité des systèmes d'IA tout comme dans la démarche humaine.

L'indéterminisme inhérent à la plupart des applications réelles et l'explosion combinatoire de solutions rend indispensable une supervision active, efficace et, si possible, intelligente de la succession des étapes d'un raisonnement. Le problème de **conduite et de supervision du raisonnement**, ou « contrôle » (mauvaise traduction du terme anglais *control*) est d'une importance majeure. Cette notion s'oppose à l'utilisation aveugle d'une base par application systématique de l'algorithme de raisonnement, de la même façon qu'en résolution de problèmes, une recherche heuristique s'oppose au parcours systématique de l'espace de solutions.

Il existe deux grands types de démarches en résolution de problèmes pour conduire un raisonnement face à un certain but recherché :

- Partir des données disponibles sur l'état courant du problème à résoudre et utiliser les connaissances pour progresser vers le but. Cette démarche de raisonnement est qualifiée d'ascendante (*bottom-up*) ou encore guidée par les données. Nous avons vu que, dans les systèmes de production, elle correspond au chaînage avant des règles ;
- Partir du but et des connaissances disponibles pour transformer ce but en des sous-buts de plus en plus simples ou pour prédire une situation ou une hypothèse à vérifier sur les données du problème. Il s'agit d'un raisonnement **descendant** (*top-down*) ou guidé par les buts (chaînage arrière dans les systèmes de production).

Un tel contrôle du raisonnement est un **méta-raisonnement** correspondant à un processus cognitif fondamental chez un être humain et qui nécessite un ensemble de méta-connaissances portant...

Les connaissances dans le diagnostic :

Dubuisson et al [DUBU 01] considèrent deux types de données de diagnostic : les données numériques (exploitation des observations issues des capteurs par exemple) et les données symboliques (connaissances sur le système étudié). [BAND 10].

Il ya deux types de connaissances :

La connaissance globale :

Elle peut être qualifiée de connaissance à priori sur le système, cette connaissance s'appuie sur des expériences passées du système.

La connaissance instantanée:

Elle concerne l'ensemble des biens impliqués à un instant donné afin de prendre une décision et l'exploiter; cette connaissance est issue des observations qui peuvent être numériques ou symboliques [17].

La Raisonement à base de cas (RBC) :

Définition :

Le raisonnement à base de cas « RBC » a émergé depuis les années 1980. C'est une approche de l'intelligence et de psychologie orientée vers la résolution de problèmes basée sur les expériences passées. [BAND 11]

Un nouveau problème est résolu en cherchant un cas passé le plus similaire et en l'utilisant pour la résolution de la nouvelle situation problématique. [NOUR 17]

Approche de raisonnement à partir de cas :

Le RBC touche principalement deux types de communautés :

Celles de l'intelligence artificielle et des sciences cognitives [BAND 10]

L'IC (L'ingénierie des connaissances) se place à l'intersection de deux communautés de recherche [MOHA 09]

L'intelligence artificielle (IA) :

Est un domaine de recherche permettant d'élaborer des systèmes intelligents. L'IA est la « recherche de moyens susceptibles de doter les systèmes informatiques de capacités intellectuelles comparables à celles des êtres humains » [MOHA 09]. **Les sciences cognitives:**

sciences cognitives:

Elles étudient la théorie de la compréhension, la résolution et l'apprentissage des problèmes par les hommes et essaient donc de modéliser les connaissances, les

expériences et le raisonnement d'un être humain afin d'expliquer les motifs et le fonctionnement de son cerveau [BAND 10].

L'ingénierie des connaissances :

C'est le domaine qui correspond à l'étude des concepts, méthodes et techniques permettant de modéliser et/ou d'acquérir les connaissances pour des systèmes réalisant ou aidant les humains à réaliser des tâches se formalisant à priori peu ou pas [MOHA 09].

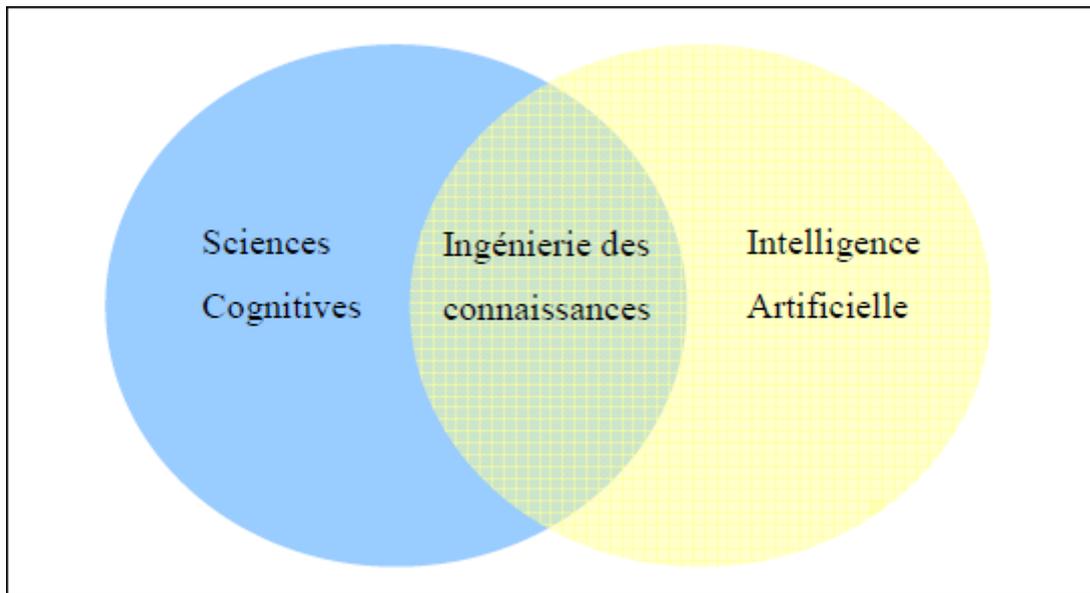


FIGURE 2.3 : L'ingénierie des connaissances à l'intersection des deux communautés des Sciences Cognitives et de l'Intelligence Artificielle [DEND 14]

Représentation d'un cas:

Un cas est une expérience représentée par une connaissance. Cette expérience constitue une leçon permettant au système de RBC de résoudre des problèmes de différentes natures. [DEND 14]

Un cas dans une base de cas représente différents types de connaissances qui peuvent être stockées selon différents formats de représentations.

Structure du cas :

Un cas est généralement composé de deux espaces disjoints : l'espace des problèmes et l'espace des solutions [18].

- L'espace problème concerne la partie dans laquelle on trouve les objectifs à atteindre « pb ».
- L'espace solution regroupe la description de la solution apportée par le raisonnement, sa justification, son évaluation, ainsi que les étapes qui ont menés à cette solution « sol (pb) ». Cas = (pb, sol (pb)). On peut distinguer deux types de cas : cas source et cas cible.

1. Un cas source est représenté par un couple (srce, Sol (srce)).
2. Un cas cible est représenté par le couple (cible, Sol (cible)), où Sol (cible) est inconnue et pour laquelle on voudrait lui apporter un résultat. [BAND 11] Selon les applications de rBC, son problème et sa solution, sont décrits par un ensemble de descripteurs.[BAND 10]
3. Un descripteur est généralement caractérisé par une paire $d = (a, v)$. Où : a : est un attribut défini par un nom.
V : est la valeur qui lui est associée.

2.3.5 Formalisme d'ontologies :

La botanique, qui est le domaine traité dans le cadre du projet, se prête naturellement à la représentation de taxinomies. Les plantes sont organisées en genre/espèce et, comme nous le verrons dans la section suivante, la structure logique des documents du corpus reflète directement cette organisation. Il était donc naturel d'utiliser OWL (*Web Ontology Language*) (OWL, 2004), un langage de représentation d'ontologies qui permet de décrire des classes et des instances ainsi que des propriétés que peuvent ou doivent posséder des instances. L'utilisation de l'axiome rdfs : subClassOf permet de plus d'organiser les classes en une hiérarchie d'héritage. Par ailleurs, OWL existant en trois versions de complexité croissante (*OWL Lite*, *OWL DL*, *OWL Full*) il a été nécessaire d'opérer un choix. *OWL Full* ayant un pouvoir expressif (et une complexité informatique associée) dépassant les besoins du projet BIOTIM et *OWL Lite* présentant au contraire certaines limitations contraignantes, notamment en termes d'expression des cardinalités, il a donc été décidé de s'en tenir au niveau *OWL DL* pour représenter aussi bien la ou les ontologies intermédiaires que l'ontologie du domaine.

2.3.5.1 Langage RDF :

Resource Description Framework (RDF)

Est un modèle de graphe destiné à décrire formellement les ressources Web et leurs métadonnées, afin de permettre le traitement automatique de telles descriptions. Développé par le W3C, RDF est le langage de base du Web sémantique. L'une des syntaxes (ou sérialisations) de ce langage est RDF/XML. D'autres syntaxes de RDF sont apparues ensuite, cherchant à rendre la lecture plus compréhensible ; c'est le cas par exemple de Notation3 (ou N3).

En annotant des documents non structurés et en servant d'interface pour des applications et des documents structurés, telles que les bases de données et la GED, RDF permet une certaine interopérabilité entre des applications échangeant de l'information non formalisée et non structurée sur le Web.

Les documents RDF peuvent être écrits en différentes syntaxes, y compris en XML. Mais RDF en soi n'est pas un dialecte XML. Il est possible d'avoir recours à d'autres syntaxes pour exprimer les triplets. RDF est simplement une structure de données constituée de nœuds et organisée en graphe. Bien que RDF/XML — sa version XML proposée par le W3C — ne soit qu'une syntaxe (ou sérialisation) du modèle, elle est souvent appelée RDF, par abus de langage.

Un document RDF ainsi formé correspond à un multigraphe orienté étiqueté. Chaque triplet correspond alors à une arête orientée dont l'étiquette est le prédicat, le nœud source est le sujet et le nœud cible est l'objet[19].

2.3.5.2 Langage OWL :

Web Ontology Language (OWL) est un langage de représentation des connaissances construit sur le modèle de données de RDF. Il fournit les moyens pour définir des ontologies web structurées. Sa deuxième version est devenue une recommandation du W3C fin 2012.

Le langage OWL est basé sur les recherches effectuées dans le domaine de la logique de description. Il peut être vu en quelque sorte comme un standard informatique qui met en œuvre certaines logiques de description, et permet à des outils qui comprennent OWL de travailler avec ces données, de vérifier que les données sont cohérentes, de déduire des connaissances nouvelles ou d'extraire certaines informations de cette base de données. Il permet notamment de décrire des ontologies, c'est-à-dire qu'il permet de définir des terminologies pour décrire des domaines concrets. Une terminologie se constitue de concepts et de propriétés (aussi appelés « rôles » en logiques de description). Un domaine se compose d'instance de concepts[20].

2.3.5.3 Language SWRL:

SWRL (Semantic Web Rule Language) est un langage de règles pour le web sémantique, combinant le langage OWL-DL et le langage RuleML (Rule Markup Language (Unary/Binary Datalog)).

En comparaison avec DLP (Description Logic Programs), une autre proposition relativement récente de la communauté web sémantique, permettant d'intégrer des règles et OWL, SWRL prend une approche d'intégration diamétralement opposée. DLP est l'intersection de la logique de Horn et d'OWL, tandis que SWRL est (approximativement) l'union des deux. Pour DLP, le langage résultant est une logique descriptive d'une forme inhabituelle et peu expressive. Au contraire, SWRL garde la puissance d'OWL DL, mais au prix de la décidabilité et des implémentations concrètes¹.

Les axiomes du langage OWL-DL sont étendus à l'aide des clauses de Horn réduites au prédicats unaires et binaires.

```
\(\{\displaystyle a(x,y)\land b(y,z)\land c(x)\land \ldots \rightarrow n(x,z)\}\)   a, b, n: prédicats binaires (rôles)  
c: prédicat unaire (concept atomique)  
x, y: x variables, instances ou littéraux (nombres, chaînes de caractères, etc.)
```

Ce langage est indécidable. L'indécidabilité est causée par l'interaction entre certaines

caractéristiques de OWL-DL et de RuleML. Les règles SWRL sont appliquées même si les individus ne sont pas présents dans la base [21].

2.3.6 Outils d'ontologie :

Les outils informatiques – éditeurs ou outils de développement d'ontologies – sont relativement nombreux mais tous ou presque sont issus d'instituts de recherche ou de laboratoires d'universités. Aucun de ces outils n'est encore parvenu au stade de développement industriel et de la commercialisation. Parmi les plus connus, on peut citer ONTOEDIT (Ontology Editor), **Protégé** 2000 du Stanford Research Institute, ONTOLINGUA, OILED de l'Université de Manchester, WEBODE du Laboratoire d'intelligence artificielle de Madrid, Differential Ontology Editor (DOE) de l'Institut national de l'audiovisuel.

Ces outils utilisent des extracteurs de terminologie (à partir d'un corpus spécifique) qui sont eux-mêmes des produits universitaires comme NOMINO, TERMINO ou LEXTER.

Elon Gilles Balmisse, de Knowledge Consult, « *les outils permettant de créer ou de gérer les ontologies ne sont pas encore assez matures pour permettre l'"industrialisation" de l'utilisation des ontologies dans les entreprises. Ils ne sont pas d'accès facile et il n'existe pas encore de véritables standards.* » Mais, comme le souligne Frédéric Fürst « *la définition d'une méthodologie unifiée de construction et de validation des ontologies est nécessaire, en particulier pour faciliter la fusion des ontologies. Cette unification doit porter sur les principes de structuration sémantique des connaissances mais également sur les langages opérationnels de représentation.* »

2.4 Interrogation de l'ontologie :

Ce constat semble limiter le développement et l'usage des ontologies, comme cela a déjà été le cas pour d'autres langages de description de contenu. Il est également difficile de faire partager à de nombreuses personnes les mêmes conceptualisations. Ne risque-t-on pas de retomber dans les mêmes problèmes que ceux que les thésaurus ont connus ?

Comme l'a écrit Fürst, « *l'expérimentation des idées autour du contenu des ontologies, des méthodes à utiliser pour les construire et des modèles et langages servant à leur représentation, n'a pour l'instant toujours pas abouti à des consensus et de nombreux problèmes n'ont pas encore trouvé de solution.* »

Enfin, parmi les problèmes non résolus relatifs aux ontologies, il convient d'évoquer celui du coût que Yolla Polity expose ainsi : « *Le chantier de construction d'ontologies est ouvert mais il pose de sérieux problèmes dont celui du caractère prohibitif des coûts et des délais de mise au point d'une ontologie couvrant ne serait-ce qu'un champ spécifique d'un secteur industriel, médical ou scientifique* » [22].

2.4.1 Requêtes SQWRL :

SQWRL (Semantic Query-enhanced Web Rule Language ; prononcé écureuil) est basé sur le langage de règles SWRL. SQWRL prend un antécédent de règle SWRL standard et le traite efficacement comme une spécification de modèle pour une requête. Il remplace la règle conséquente par une spécification de récupération. SQWRL utilise la fonction intégrée de SWRL comme point d'extension. À l'aide de composants intégrés, il définit un ensemble d'opérateurs pouvant être utilisés pour construire des spécifications de récupération. L'attrait de cette approche est qu'aucune extension syntaxique n'est requise pour SWRL. Ainsi, les éditeurs SWRL existants peuvent être utilisés pour générer et éditer des requêtes SQWRL. De plus, des mécanismes de sérialisation SWRL standard peuvent être utilisés afin que les requêtes puissent être stockées dans des ontologies OWL [23].

2.4.2 Requêtes SPARQL

Les requêtes SPARQL utilisées sont listées dans le tableau 3. Elles peuvent être séparées en deux groupes et trois catégories :

- Les requêtes « courantes », comme les requêtes 1 à 3, selon l'étude faite par (Gallego *et al.*, 2011) sur des requêtes soumises à DBpedia pendant un an. Ces requêtes utilisent des motifs dits *en*

étoile, recherchant les informations autour d'un individu central ; le nombre de triplets qu'elles contiennent est compris entre 1 et 5.

- Les requêtes « difficiles » d'après les articles (Pérez *et al.*, 2009 ; Schmidt *et al.*, 2010), comme
 - Les requêtes 4 à 6 contenant le mot-clé union.
 - Les requêtes 7 et 8 contenant le mot-clé optionnel.

La résolution de ces requêtes SPARQL contenant des (conjonctions de) disjonctions portées par les opérateurs union et optionnel a été prouvée dans (Schmidt *et al.*, 2010) comme étant Co-NP-complète.

2.5 Conclusion :

La perspective du développement du Web sémantique, tel que l'imaginait Tim Berners-Lee du W3C dès 2001, suscite un développement important de technologies favorisant l'exploitation des connaissances sur le Web : le Web est considéré comme un espace d'informations utilisées non seulement pour des échanges entre personnes humaines, mais aussi entre des machines ayant vocation à faciliter la communication entre les personnes et offrant la possibilité de traitements automatiques puissants. C'est en traitant certaines informations extraites que les moteurs de recherche pourront améliorer la pertinence des réponses aux requêtes des lecteurs.

L'efficacité de ces traitements repose en partie sur les modèles d'organisation de la connaissance qui sont proposés par les ontologies. L'apport sémantique des ontologies est dans le contexte qu'elles expriment. Néanmoins, dans la mesure où elles sont utilisées directement ou indirectement par des êtres humains (indexation, recherche d'information), leur interprétation n'est pas purement formelle.

Les recherches dans le domaine du Web sémantique et des services Web convergent actuellement vers un nouveau concept : les « services Web sémantiques » qui devraient conduire au développement d'ontologies des services.

CHAPITRE III

La technologie sémantique pour
la maintenance industrielle.

3.1 Introduction :

La machine est considérée l'une des bases dont nous avons besoin dans notre vie Quotidienne, c'est pour cela, nous devons accorder une grande importance dans divers domaines de la maintenance et d'autres mesures à prendre pour que nous rassurons son bon fonctionnement dans la production, que nous espérons obtenir. La maintenance de la machine est la démarche par laquelle le mécanicien va déterminer la panne de la machine, et qui va également permettre de proposer un traitement.

L'étude ontologie des études les plus importantes qui accompagnent la vision humaine de l'importance de lui-même imposé pour fournir une pénurie de besoins humains et caractérisé par une base de données RDF/XML en termes de maintien de la base de connaissances et de faciliter l'accès aux données et relier les nouvelles données et les choses attendues des règles que nous avons établies. Technologies web sémantiques plus connectées, ouvertes et intelligentes, bases de données distribuées, traitement du langage naturel, apprentissage automatique, raisonnement machine, agents autonomes, microformats, recherche en langage naturel, exploration de données, agents de recommandation, technologies d'intelligence artificielle, informations ...

Les ontologies sont utilisées pour construire des bases de connaissances. Une base de connaissances peut être formée par une ontologie et un ensemble d'instances de ces classes. Dans ce chapitre, nous présentons notre proposition de modèle de gestion des pannes ou des risques probables qui pouvant survenir sur les machines. Ce modèle contient deux processus de gestion, le premier est l'identification du problème, et le deuxième qui déterminer le type de maintenance nécessite et aussi qui peut intervenir et régler ce problème (l'ingénieur, le technicien, ex...).

Pour le premier processus concernant l'identification du problème nous avons utilisé une méthodologie d'ingénierie des connaissances CommonKADS, et Pour le deuxième processus nous avons utilisé une ontologie de Tâche Manufacturière MASON (*Manufacturing's Semantics Ontology*) en identifiant un ensemble des concepts. Cette ontologie proposée facilite la gestion et le travail et minimiser le temps nécessite pour la description et à la localisation des problèmes.

Dans cette section 2, nous discuterons d'abord en section 2.1, notre positionnement vis-à-vis de l'état de l'art (chapitre 1). La Conception et l'architecture de modèle proposé est présenté dans la section 2.2. Dans la section 3, nous proposons un processus de partage des connaissances basé

sur l'ontologie des Tâches Manufacturières, cette section traite l'exigence d'une ontologie de tâche manufacturière, puis la méthodologie de développement de l'ontologie MASON. Il est nécessaire aussi de définir tous les concepts principaux de MASON, les relations entre les concepts et la formalisation de MASON. Nous présentons l'interrogation de l'ontologie de MASON par les requêtes SQWRL.

3.2. L'architecture du système à base de connaissance :

3.2.1. Positionnement vis-à-vis de l'état de l'art :

Nous avons utilisé la méthodologie CommonKADS (Schreiber et al, 1999), un support de développement du système à base de connaissance en Europe. Cette méthodologie est basée sur six modèles, le modèle d'organisation, modèle d'agent, modèle de la tâche, modèle de la communication, modèle d'expertise et modèle d'implémentation.

La phase de la modélisation des connaissances par la méthodologie CommonKADS est Indépendante de la phase d'implémentation, mais le problème existant est le langage de modélisation CML développé pour cette méthodologie qui est faible et semi formel. Pour lever cet enjeu, nous avons utilisé les réseaux sémantiques, les modèles logiques et les ontologies comme outil de modélisation des connaissances

L'ingénierie des connaissances (IC) a pour but la résolution automatique des problèmes, alors que les systèmes à Base de Connaissances (SBC) devraient permettre le stockage et la consultation et la modification des connaissances, ainsi que le raisonnement automatique dessus.

Le partage de connaissances entre systèmes informatiques permettra, de plus, une interaction et une coopération entre ces derniers et l'utilisateur humain Cela se manifeste, par exemple dans : les systèmes d'aide à la décision, les systèmes d'enseignement assisté par ordinateur, la recherche d'information sur le web, etc. Pour permettre un traitement automatique efficace, les représentations à utiliser par les machines (les modèles) doivent être chargées de sens et cela en reliant les informations ainsi collectées et représentées à d'autres types d'informations vouées essentiellement à la sémantique sous-jacente, et ça c'est notre objectif.

3.2.2. Conception et architecture de KBS :

Le modèle proposé appelé KBS (knowledge-based system) est une forme d'intelligence artificielle (IA) qui vise à capturer les connaissances d'experts humains pour soutenir la prise de

décision. Des exemples de systèmes basés sur la connaissance incluent les systèmes experts, qui sont ainsi appelés en raison de leur dépendance à l'expertise humaine. L'architecture typique d'un système basé sur les connaissances, qui informe sa méthode de résolution de problèmes, comprend une base de connaissances et un moteur d'inférence. La base de connaissances contient un ensemble d'informations dans un domaine donné, Le moteur d'inférence déduit des informations à partir des informations hébergées dans la base de connaissances. Les systèmes basés sur la connaissance comprennent également une interface à travers laquelle les utilisateurs interrogent le système et interagissent avec lui. Un système basé sur les connaissances peut varier en fonction de sa méthode ou de son approche de résolution de problèmes. Certains systèmes codent les connaissances d'experts sous forme de règles et sont donc appelés systèmes à base de règles. Une autre approche, le raisonnement basé sur les cas, substitue les cas aux règles. Les cas sont essentiellement des solutions à des problèmes existants qu'un système basé sur des cas tentera d'appliquer à un nouveau problème.

La phase d'externalisation des connaissances combine deux méthodologies, la première est la méthodologie CommonKADS comme une technique d'acquisition des connaissances.

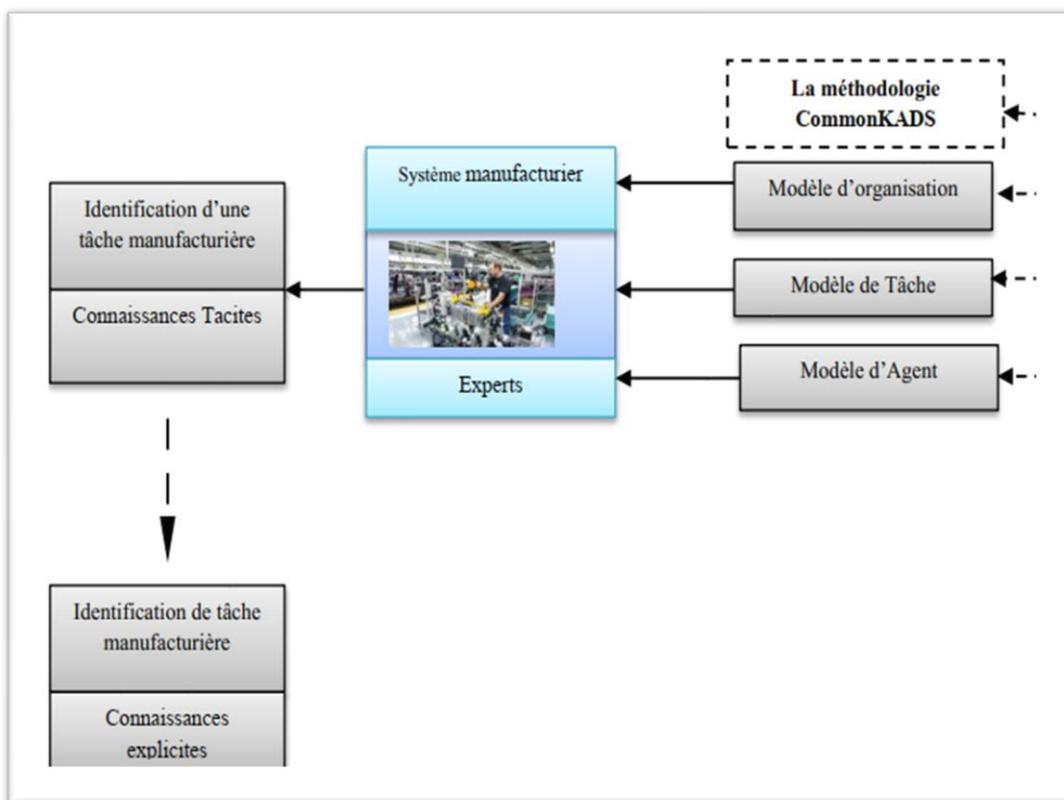


Figure 3.2 : Le modèle d'externalisation des connaissances CommonKADS.

Construction des ontologies :

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

Critères d'évaluation d'une ontologie :

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

- La clarté : la définition d'un concept doit faire passer le sens voulu du terme, de manière aussi objective que possible (indépendante du contexte). Une définition doit de plus être complète (c'est à dire définie par des conditions à la fois nécessaires et suffisantes) et documentée en langage naturel.
- La cohérence : rien qui ne puisse être inféré de l'ontologie ne doit entrer en contradiction avec les définitions des concepts (y compris celles en langage naturel).
- L'extensibilité : les extensions qui pourront être ajoutées à l'ontologie doivent être anticipées, il doit être possible d'ajouter de nouveaux concepts sans avoir à toucher aux fondations de l'ontologie.
- Une déformation d'encodage minimale : une déformation d'encodage a lieu lorsque la spécification influe la conceptualisation (un concept donné peut être plus simple à définir d'une certaine façon pour un langage d'ontologie donné, bien que cette définition ne corresponde pas exactement au sens initial). Ces déformations doivent être évitées autant que possible.
- Un engagement ontologique minimal : le but d'une ontologie est de définir un vocabulaire pour décrire un domaine, si possible de manière complète ni plus ni moins.

Contrairement aux bases de connaissances par exemple, on n'attend pas d'une ontologie d'être capable de fournir systématiquement une réponse à une question arbitraire sur le domaine. Une ontologie est la théorie la plus faible couvrant un domaine, elle ne définit que les termes nécessaires pour partager la connaissance liée à ce domaine.

Le processus de construction d'une ontologie :

Le processus de construction d'une ontologie est une collaboration qui réunit des experts du domaine de connaissance, des ingénieurs de la connaissance, voire les futurs utilisateurs de l'ontologie. Cette collaboration ne peut être fructueuse que si les objectifs du processus ont été clairement définis, ainsi que les besoins qui en découlent. La Figure 3.1 représente le processus de construction d'ontologie.

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.

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.

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.[14]

Cycle de vie d'une ontologie :

Étant donné que les ontologies sont destinées à être utilisées comme des composants logiciels dans des systèmes informatiques répondant à des objectifs opérationnels différents, leur développement doit s'appuyer sur les mêmes principes que ceux appliqués en génie logiciel. En particulier, elles doivent être considérées comme des objets techniques évolutifs.

Et posséder un cycle de vie spécifique. Les activités liées à une ontologie peuvent être regroupées en trois catégories.

- ✓ Des activités de gestion de projet : planification, contrôle, assurance qualité.
- ✓ Des activités de développement : spécification, conceptualisation, formalisation.
- ✓ Des activités de support : évaluation, documentation, gestion de la configuration.

La Figure 3.2 représente les différentes activités qui expliquent que le cycle de vie préconisé st un cycle par prototypes.

Fernandez et ses collègues insistent sur le fait que les activités de documentation et d'évaluation sont nécessaires à l'étape du processus de construction d'ontologie, l'évaluation précoce permettant de limiter la propagation d'erreur.

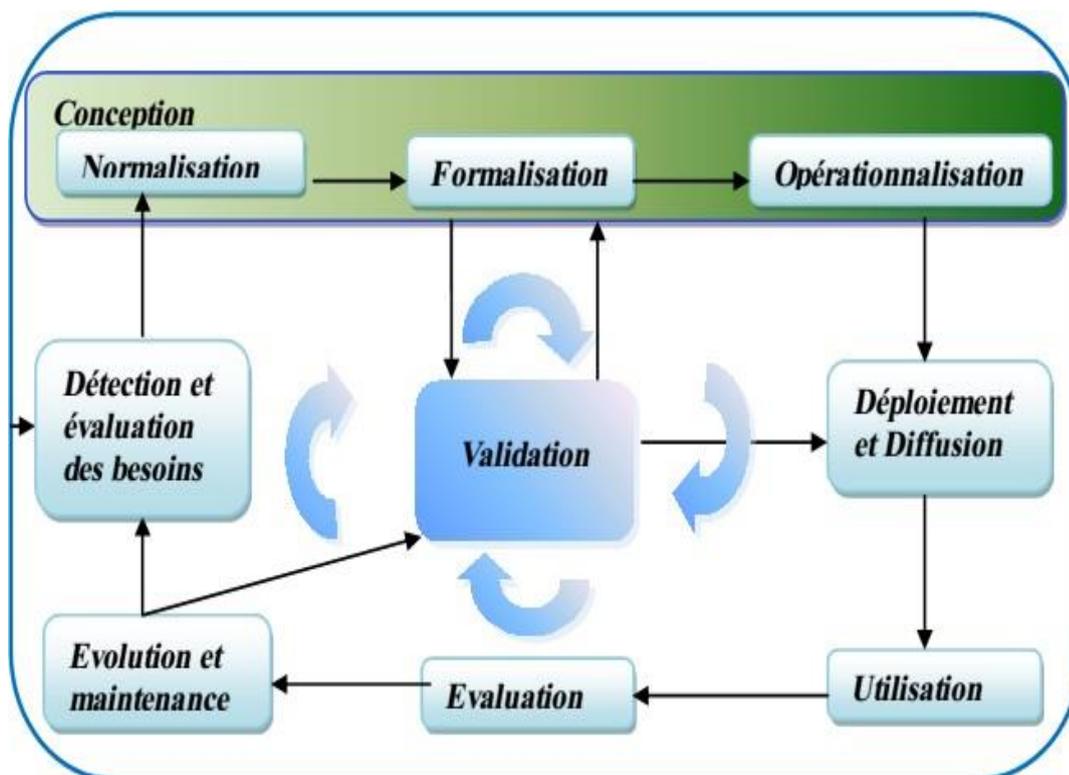


Figure 3.1 Le cycle de vie d'une ontologie [24].

Conception :

Conceptualisation :

Cette étape permet d'aboutir à un modèle informel, donc sémantiquement ambiguë et généralement exprimé en langage naturel. Elle consiste, à partir des données brutes à dégager les concepts et les relations entre ces concepts permettant de décrire de manière informelle les entités cognitives du domaine.

L'objectif est d'aboutir à un modèle conceptuel : ce modèle consiste en un ensemble de termes désignant les entités du domaine de connaissances (concept, relation, propriétés des concepts et des relations, . . .), assortis d'informations exprimant leur sémantique. La découverte des connaissances d'un domaine peut s'appuyer à la fois sur l'analyse de documents et sur l'interview d'experts du domaine. Ces activités doivent être raffinées au fur et à mesure que la conceptualisation émerge.

3.4 Développement d'un système à base de connaissance basé sur une ontologie de maintenance

3.4.1 Exigences d'une ontologie de maintenance industrielle

3.4.1.1 Problème industriel lié aux pannes reliées avec La maintenance industrielle

Selon notre problématique industrielle, nous avons constaté les problèmes suivants :

- Thermique : Evaporative or projective.
- Oxydation : dissolvant Anodique.
- Pression : Coulée par injection
- Mécanique : Sablage entre les organes.

Pour répondre à ces problèmes industriels, nous avons besoin d'un processus du partage des connaissances manufacturières.

3.4.1.2 Besoin d'une ontologie de tâche manufacturière

L'ontologie de fabrication, est une ontologie constituée d'un ensemble de concepts de base : relations, instances, axiome et fonctions dans le domaine de fabrication, fonctionnant comme un indice de gestion de la mémoire de fabrication.

L'ontologue manufacturière est une personne chargée d'étudier, construire, utiliser et gérer l'ontologie manufacturière.

L'ontologie est le principal pilier des technologies sémantiques ; l'ontologie a été un mécanisme de partage des connaissances. L'objectif de notre recherche est de développer un modèle de partage des connaissances pour l'amélioration de la résolution de problèmes dans la fabrication. Par conséquent, notre objectif dans cette étude est de faciliter l'échange de connaissances et l'interaction en ligne entre le système basé sur les connaissances, les employés et les experts à l'intérieur et à l'extérieur des entreprises. Plus précisément, nous avons proposé un modèle de partage des connaissances en utilisant l'ontologie manufacturière.

3.4.4 Formalisation de l'ontologie MASON

3.4.4.1 Formalisation de la connaissance du domaine

Le langage d'ontologie Web (OWL) est conçu pour représenter des connaissances variées sur les objets et leurs relations. Il est largement utilisé pour exprimer des modèles complexes et des informations d'adresse. Tels que les systèmes de fabrication complexes. Avec l'aide d'OWL, les agents de fabrication sont en mesure de capitaliser les connaissances en matière de fabrication et sont faciles à réutiliser et à partager pour résoudre des problèmes de fabrication. Faciliter également la communication entre experts et agents industriels ayant des terminologies Communes, un exemple des connaissances du domaine en langage OWL Connaissances en utilisant l'ontologie manufacturier.

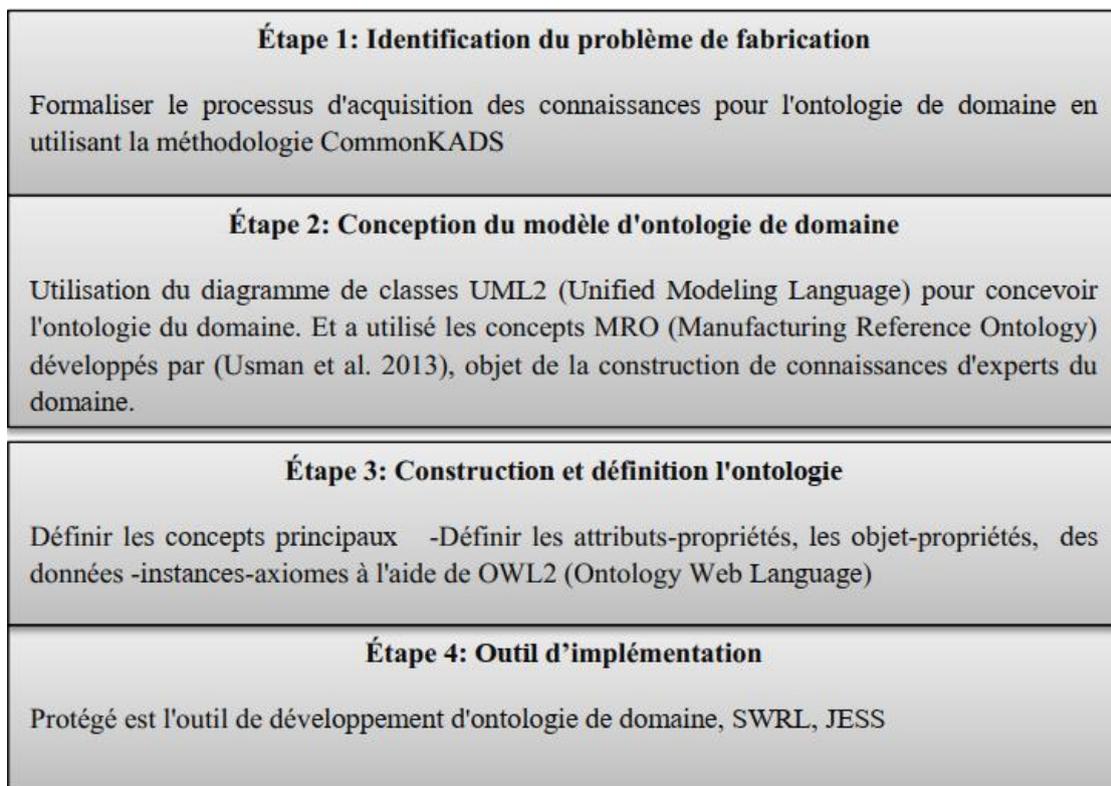


Figure 3.4 : La méthodologie de développement de l'ontologie.

Les relations entre les concepts de l'ontologie MASSON :

Object	Description	Domaine	Range
Propretés			
Affects	Property defines the relationship between Manufacturing Process(domain) and Manufacturing Task(range)	Manufacturing Process	Manufacturing Task
Causes	Property defines the relationship between Manufacturing Equipment(domain) and Manufacturing Problem(range)	Manufacturing Equipme	Manufacturing Problem
hasFeature	Property defines the relationship between ManufacturingProcess (domain) and ManufacturingFeature (range)	Manufacturing Equipme Manufacturing Task Manufacturing Problem Manufacturing Agent	Manufacturing Feature

hasProblem	Property defines the relationship between ManufacturingTask(domain) and ManufacturingProblem(range)	Manufacturing Task	ManufacturingProblem
partOf	Property defines the relationship between ManufacturingFeature(domain) and TaskFeature, ProblemFeature SolutionFeature, AgentFeature, EquipmentFeature (range)	TaskFeature, ProblemFe SolutionFeature,AgentFe EquipmentFeature.	Manufacturing Feature
hasTask	Property defines the relationship between ManufacturingTask(domain) and Procurement, Scheduling, production, Monitoring, Design, Commercial and Quality(range)	ManufacturingTask ManufacturingAgent	Procurement, Scheduling, production, Monitoring, De Commercial and Quality
Identifie	Property defines the relationship between ManufacturingAgent(domain) and ManufacturingProblem(range)	ManufacturingAgent	ManufacturingProblem
Produces	Property defines the relationship between ManufacturingTask(domain) and ManufacturingFeature(range)	ManufacturingTask	ManufacturingFeature

3.5 OWL : (Web Ontologie Language) :

Le problème de RDF est qu'il n'introduit aucune normalisation sur la sémantique proprement dite, et que divers utilisateurs pourront donner des noms différents à des entités de même sens, ce qui empêche d'imaginer toute agrégation entre des données provenant de sources Web différentes.

La solution vient du développement d'ontologies, qui décrivent formellement les termes et les relations entre eux. OWL a été conçu pour satisfaire le besoin d'un langage d'ontologie du Web, il est basé sur la recherche effectuée dans le domaine de la logique de description, il repose sur la

syntaxe des triplets RDF et réutilise certaines des constructions RDFS, il ajoute plus de vocabulaire pour décrire les propriétés et les classes. On peut citer entre autres : les relations entre classes (par exemple la disjonction), les cardinalités (par exemple exactement un), l'égalité, typage plus riche des propriétés, caractéristiques des propriétés (par exemple la symétrie) et les classes énumérées. OWL a été fractionné en trois sous langages ou chacun est une extension par rapport à son prédécesseur :

❖ OWL LITE : répond à des besoins de hiérarchie de classification et de fonctionnalité de contraintes simples de cardinalité 0 ou 1. Une cardinalité 0 ou 1 correspond à des relations fonctionnelles, par exemple, une personne a une adresse. Toutefois, cette personne peut avoir un ou plusieurs prénoms, OWL Lite ne suffit donc pas pour cette situation.

❖ OWL DL : concerne les utilisateurs qui souhaitent une expressivité maximum couplée à la complétude du calcul (cela signifie que toutes les inférences seront assurées d'être prises en compte) et la décidabilité du système de raisonnement (c'est-à-dire que tous les calculs seront terminés dans un intervalle de temps fini). Ce langage inclut toutes les structures OWL avec certaines restrictions, comme la séparation des types : une classe ne peut pas aussi être un individu ou une propriété. Il est nommé DL car il correspond à la logique descriptive.

OWL FULL : se destine aux personnes souhaitant une expressivité maximale. Il a l'avantage de la compatibilité complète avec RDF/RDFS, mais l'inconvénient d'avoir un haut niveau de capacité de description, quitte à ne pas pouvoir garantir la complétude et la décidabilité des calculs liés à l'ontologie.

3.5.1 Formalisation de la connaissance d'inférence :

Le langage de règles du web sémantique (SWRL). SWRL comprend deux parties principales : l'antécédent et le conséquent. Un symbole implicite „ \rightarrow ” est utilisé pour relier ces deux parties. De plus, le symbole de conjonction “ \wedge ” est utilisé pour connecter différents atomes. Les variables en atomes sont représentées par l'identifiant d'interrogation «?». Les Formalisation de la connaissance d'inférence par SWRL

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 : Manufacturing_concept (? P) ^ Manufacturing_operation (? T) ^ Material_resource (? Pr) ^ hasSymmetry (? P, ? T) -> 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 Manufacturing_problem(?Pr) ^ ManufacturingFeature(?F) ^ Material_resource(?E) ^ hasProblem(?E, ?Pr) ^ Human_operation(?A) -> 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 Manufacturing_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: Manufacturing_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 : $\text{Problem}(\text{?Pr}) \wedge \text{Material_resource}(\text{?E}) \wedge \text{OperationSolution}(\text{?Sol}) \wedge \text{hasProblem}(\text{?E}, \text{?Pr}) \wedge \text{isMadeOf}(\text{?E}, \text{?Pr}) \rightarrow \text{HasSolution}(\text{?Pr}, \text{?Sol})$

- Identifier la procédure de la solution

Règle.Gén.6: $\text{Problem}(\text{?Pr}) \wedge \text{isMadeOf}(\text{?E}, \text{?Pr}) \wedge \text{OperationSolution}(\text{?Sol}) \wedge \text{HasSolution}(\text{?Pr}, \text{?Sol}) \wedge \text{Scheduling}(\text{?IT}) \rightarrow \text{HasSchedule}(\text{?Sol}, \text{?IT})$

- 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 : $\text{Problem}(\text{?Pr}) \wedge \text{isMadeOf}(\text{?E}, \text{?Pr}) \wedge \text{OperationSolution}(\text{?Sol}) \wedge \text{HasSolution}(\text{?Pr}, \text{?Sol}) \wedge \text{Procedures_expert}(\text{?PS}) \rightarrow \text{HasProcedure}(\text{?Sol}, \text{?PS})$

- 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 : $\text{Manufacturing_problem}(\text{?Pr}) \wedge \text{Human_operation}(\text{?A}) \wedge \text{OperationSolution}(\text{?Sol}) \rightarrow \text{requiresTool}(\text{?A}, \text{?Sol})$

Règle.9 : On peut aussi appliquer la règle inverse de la règle 9 par l'utilisation de la relation inverse isProposedBy.

Règle.Gén.9: $\text{Manufacturing_problem}(\text{?Pr}) \wedge \text{Human_operation}(\text{?A}) \wedge \text{OperationSolution}(\text{?Sol}) \rightarrow \text{isInducedBy}(\text{?Sol}, \text{?A})$

Règle.10 : Cette règle est une combinaison entre la règle 4 et la règle 8.

Règle.Gén.10 : $\text{Manufacturing_problem}(?Pr) \wedge \text{Human_operation}(?A) \wedge \text{OperationSolution}(?Sol)$
 $\wedge \text{allowedProcessFor}(?A,?A) \rightarrow \text{isLocatedIn}(?A, ?Pr) \wedge \text{assembles}(?A, ?Sol)$

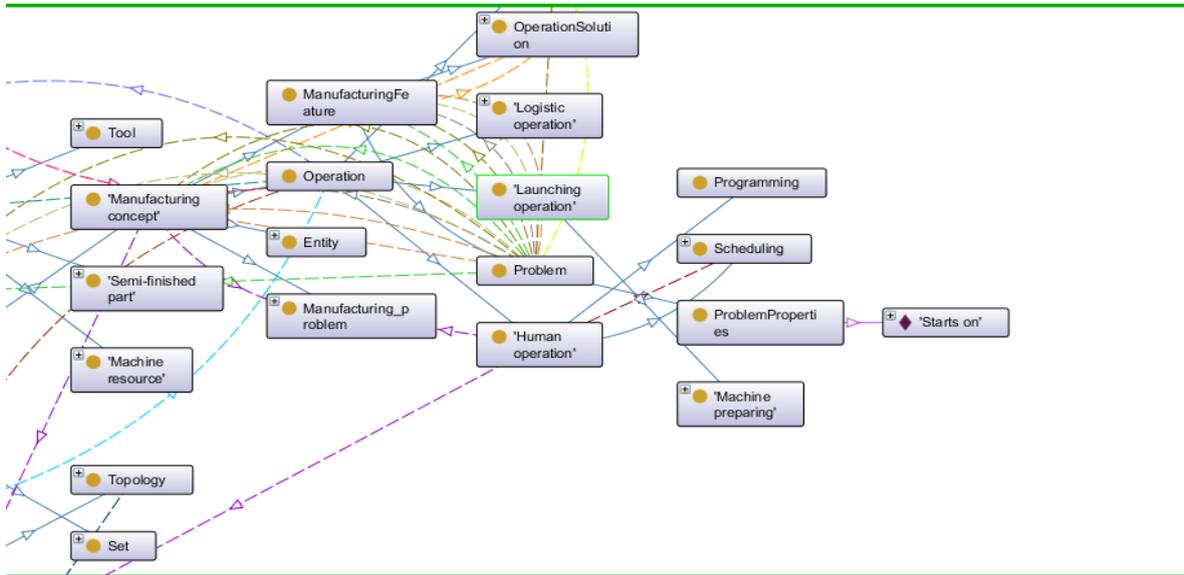


Figure 3.5 les concepts principaux de l'ontologie MASON par OntoGraf.

3.6 Interrogation de l'ontologie de Mason par les requêtes SQWRL :

L'interrogation de l'ontologie Mason est basée sur la sélection de connaissances qui permet de chercher des règles SWRL en se basant sur leur contenu, sur les classes et propriétés utilisées, utilisant le langage des requêtes SQWRL.

Cette sélection joue un rôle important dans le partage des connaissances durant l'exécution d'une tâche industrielle, il peut également être intéressant de sélectionner des connaissances liées à la tâche, aux équipements, aux agents manufacturiers, aux problèmes et leurs solutions. Ces requêtes sont génériques et applicables pour toutes les tâches manufacturières, telles que le diagnostic, l'approvisionnement, la logistique, la planification ...etc.

Sélection et réutilisation des connaissances sur le problème manufacturier :

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.

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

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 $hasFeature(?Pr, ?PF)$, $I-Features(?PF, ?If)$, $P-Features(?PF, ?Pf)$.

Sqwrl.PrF : $Problem(?Pr) \wedge ProblemProperties(?PF) \wedge hasFeature(?Pr, ?PF) \wedge I-Properties(?PF, ?If) \wedge P-Properties(?PF, ?Pf) \rightarrow sqwrl:select(?Pr, ?PF, ?If, ?Pf)$

Toutes les requêtes proposées pour interroger notre ontologie sont illustrées dans le tableau 3.5

sqwrl.Pr	<u>Sélection la connaissance sur la tâche</u>
	$Preparation_operator(? T) \wedge isUsedBy (? T? ID) \wedge induces (? T, ? N) \wedge includes(?T, ?SID) \wedge Contains(?T, ?Tp) \wedge becomes (? T, ? Tm) \rightarrow sqwrl:select(?T, ?ID, ?N, ?SID, ?Tp, ?Tm)$
Sqwrl.PrF	<u>Sélection de la connaissance sur les caractéristiques de problème</u>
	$: Problem(?Pr) \wedge ProblemProperties(?PF) \wedge hasFeature(?Pr, ?PF) \wedge I-Properties(?PF, ?If) \wedge P-Properties(?PF, ?Pf) \rightarrow sqwrl:select(?Pr, ?PF, ?If, ?Pf)$
sqwrl.Ts	<u>Sélection la connaissance sur la tâche</u>
	$Preparation_operator(? T) \wedge isUsedBy (? T, ? ID) \wedge induces(?T, ?N) \wedge includes(?T, ?SID) \wedge Contains(?T, ?Tp) \wedge becomes (? T, ? Tm) \rightarrow sqwrl:select(?T, ?ID, ?N, ?SID, ?Tp, ?Tm)$
Sqwrl.SolF	<u>Sélection de la connaissance sur les caractéristiques de Solution</u>

	$\text{Set} (? \text{Sol}) \wedge \text{ProblemProperties}(? \text{PF}) \wedge \text{HasProperties}(? \text{Sol}, ? \text{SF}) \wedge \text{PProperties}(? \text{SF}, ? \text{Pf}) -$ $\rightarrow \text{sqwrl:select}(? \text{Sol}, ? \text{SF}, ? \text{Pf})$
Sqwrl.Equip	Sélection la connaissance sur les caractéristiques des équipements sélectionner
	$\text{Material_resource}(? \text{E}) \wedge \text{EquipementProperties}(? \text{EF}) \wedge \text{hasFeature}(? \text{E}, ? \text{EF}) \wedge \text{P- Properties}(? \text{EF}, ? \text{Pf}) -$ $\rightarrow \text{sqwrl:select}(? \text{E}, ? \text{EF}, ? \text{Pf})$
Sqwrl.Age	Sélection de la connaissance sur l'agent
	$\text{Human_resource}(? \text{A}) \wedge \text{operatorAge}(? \text{A}, ? \text{Ag}) \wedge \text{operatorDiploma}(? \text{A}, ? \text{AD}) \wedge \text{operatorExperience}(? \text{A}, ? \text{Exp}) \wedge \text{operatorFunction}(? \text{A}, ? \text{F}) \wedge \text{operatorID}(? \text{A}, ? \text{ID}) \wedge \text{operatorName}(? \text{A}, ? \text{N})$
Sqwrl.S of	Sélection l'information sur l'agent software
	Programming $\text{operator}(? \text{SA}) \wedge \text{assembles}(? \text{SA}, ? \text{InD}) \wedge \text{hasTask}(? \text{SA}, ? \text{V}) \wedge \text{operatorFunction}(? \text{SA}, ? \text{AF}) \wedge \text{operatorID}(? \text{A}, ? \text{ID}) \wedge \text{operator Name}(? \text{SA}, ? \text{N})$

Tableau 1.2 : les règles génériques SQWRL pour MASON

3.7 Synthèse de modèle proposé :

Le processus de partage des connaissances comprend quatre composants clés :

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

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

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

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

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

Un flux du travail de MASSON (Figure.3.22) est fourni comme suit :

Premièrement, les ingénieurs de connaissances traduisent les connaissances capitalisées .

Les agents manufacturiers

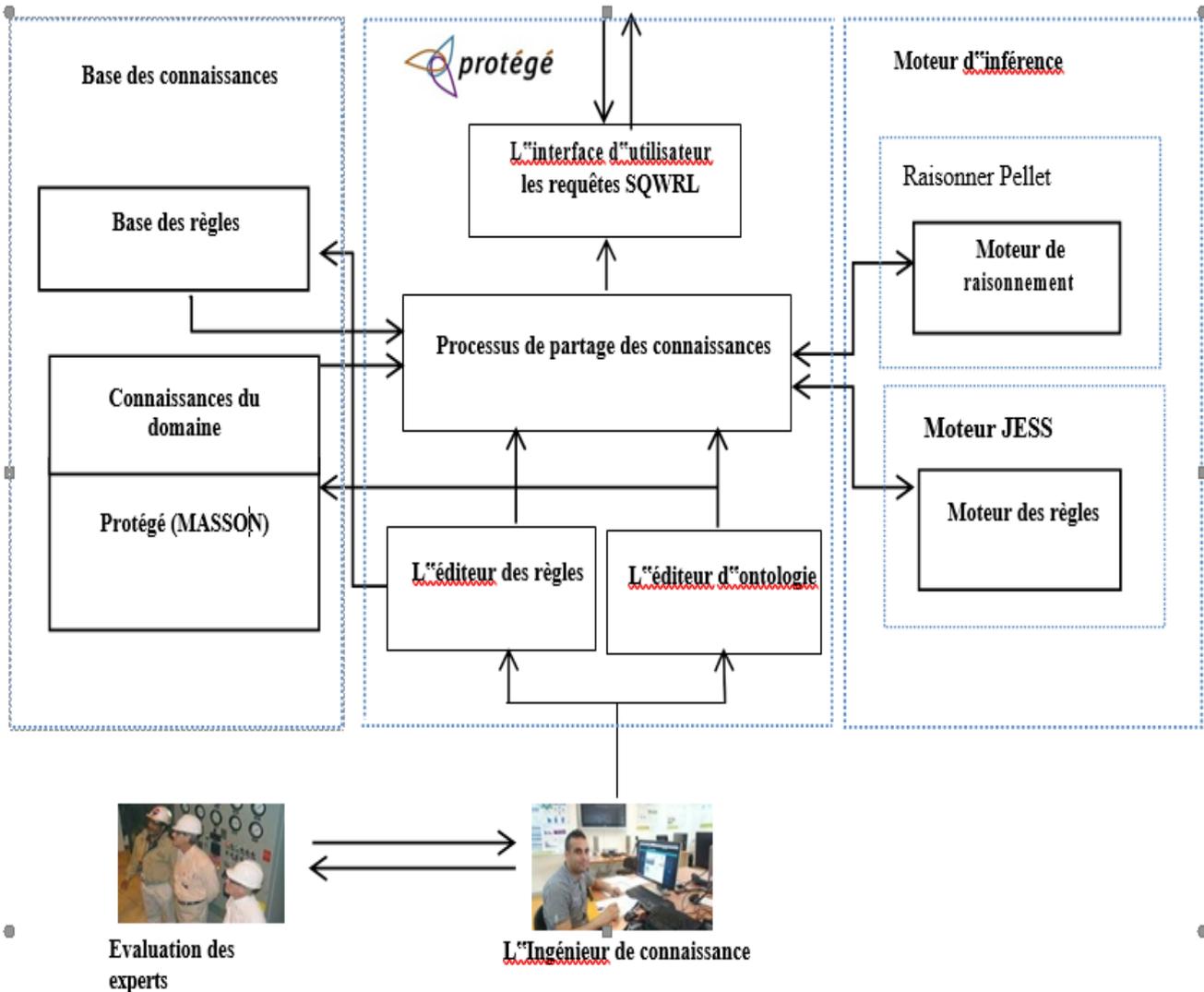


Figure 3.6 : Un Flux du travail de MASSON

3.8 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons proposé un modèle de gestion des connaissances aux entreprises industrielles, ce modèle contient deux processus de gestion, le premier est la capitalisation des connaissances, basé sur une tâche industrielle, dont l'objectif est d'améliorer la performance du système de la production et de capitaliser le savoir- faire de l'entreprise. Le deuxième processus sur le partage des connaissances basé sur l'ontologie des Tâches Manufacturières.

Pour le premier processus concernant la capitalisation des connaissances, nous avons étudié deux phases importantes ; l'externalisation et la modélisation des connaissances, ce processus est spécifique à une tâche industrielle.

L'**intelligence artificielle** voit ses débuts au même moment que l'informatique puisque dépendante de ce domaine. Elle en suit donc l'évolution tout au long du 20^{ième} siècle. Le principe de l'IA s'est imposé au fur et à mesure dans le monde scientifique suite à de nombreuses conférences prometteuses.

CHAPITRE IV

Chapitre 04: Etude de Cas dans
L'entreprise POLYMA Industry.

Etude de Cas dans L'entreprise POLYMA Industry :

4.1 PRESENTATION DE L'ENTREPRISE POLYMA :

Depuis 1999 polyma industrie est une entreprise dans le domaine de la plasturgie création, conception, et la fabrication des emballages industriels en plastique.

L'utilisation des lignes de fabrications modernes, rapides et de bonne qualité permettre l'usine d'être qualifié et expérimenté et grande concurrent en Algérie

D'autre façon le rôle de l'équipe de polyma industrie est grand facteur qui permis le bon fonctionnement et le déroulement avec la discipline et la sérieuse

4.2 Historique :

Polyma Industrie d'une petite entreprise familiale s'est transformée au fil des ans et des investissements en un grande firme importante sur le territoire national.

C'est en 1987 que l'entreprise a lancé la production de boissons gazeuses et a débuté l'activité d'importation et de distribution de matières premières pour l'industrie. Mais c'est en 1989 que la fabrication d'emballage plastique a débuté avec le lancement de la première unité, dédiée à la fabrication de film et sac plastique. Après dix ans, l'unité a pris de l'essor.

C'est ainsi qu'en 1999 nait Polyma Industrie, spécialisée dans la production d'emballage plastique pour l'industrie chimique et agro-alimentaire. L'innovation et l'intégration de nouvelles technologies ont permis à Polyma Industrie de consolider sa présence dans le marché national avec ses emballages de qualité Polyma industrie est implantée dans la zone industrielle de Tizi à Mascara, sur une superficie de 22678 m², emploie 213 travailleurs donc 116 techniques et 71 administratifs.

4.2.2 Introduction :

L'injection plastique est un procédé de mise en œuvre des thermoplastiques. Il consiste à ramollir la matière plastique pour l'amener en phase plastique, à l'injecter dans un moule pour le mettre en forme et à la refroidir.

L'injection plastique, également appelée moulage par injection, est une technologie permettant la fabrication de pièces en séries. Elle est aujourd'hui la technique la plus utilisée pour la production de nombreux articles en grande série faisant partie de notre quotidien (jouets, automobiles, emballages...).

La matière thermoplastique se présente sous forme de petites billes de plastique de 2 à 3 mm. Elles vont être chauffées à une température de 200 – 250 degrés Celsius grâce aux frottements d'une vis sans fin avec des colliers de chauffe. Une fois la matière bien souple, elle va être injectée dans un moule, par le biais d'un vérin d'injection, à une pression pouvant atteindre les 2500 bars, permettant ainsi de répartir la matière de façon homogène. Lorsque la matière a pris sa place dans le moule, le tout est refroidi entre 50 et 80 degrés, puis la pièce solidifiée peut être éjectée et utilisée. Le cycle de production est alors en mesure de recommencer.

4.3 Principe de base :

Le procédé d'injection par moulage est très répandu dans le domaine de la plasturgie car il permet de fabriquer des pièces techniques de manière contrôlée et avec des cadences élevées.

Son principe consiste à injecter sous haute pression (plusieurs centaines de bars) un polymère fondu (fluide très visqueux : viscosité de l'ordre de 104 Pa.s dans une empreinte thermostatée (munie d'un circuit de refroidissement)).

La mise en forme des thermoplastiques par injection est l'un des plus importants procédés de transformation des polymères : en termes de volume, il occupe la deuxième place juste derrière le procédé d'extrusion, mais il est en tête en termes de chiffre d'affaires.

Dans un contexte économique de plus en plus concurrentiel, les transformateurs se doivent à la fois d'améliorer la qualité de leurs pièces et la productivité du procédé. Le principe du procédé

d'injection moulage consiste à injecter une résine de polymères thermoplastiques, préalablement chauffée, dans un moule régulé en température.

La température plus basse du moule va alors amorcer la solidification de la résine.

Le polymère se solidifiant dans le moule créera un solide épousant la forme et les dimensions de l'empreinte du moule. On peut distinguer quatre phases principales pendant le cycle d'injection.

L'ingénierie des connaissances :

Ce chapitre comporte deux parties :

1. Il introduit les définitions de l'ingénierie de connaissances, un état de l'art sur les différentes techniques et méthodes de l'IC
2. Zoom sur l'une des méthodes de l'ingénierie de connaissances CommonKads tout en présentant son principe ainsi que sa démarche.

LES NIVEAUX DE LA MAINTENANCE :

Pour mettre en œuvre une organisation efficace de la maintenance et prendre des décisions comme gestionnaire dans des domaines tel que la sous-traitance, le recrutement du personnel approprié...etc. Les niveaux de maintenance sont définis en fonction de la complexité des travaux. L'AFNOR identifie 5 niveaux de maintenance dont on précise le service [Fra, 99]

Niveau1 :

Réglage simple prévu par le constructeur ou le service de maintenance, au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage pour ouverture de l'équipement. Ces interventions peuvent être réalisées par l'utilisateur sans outillage particulier à partir des instructions d'utilisation.

Niveau2 :

Dépannage par échange standard des éléments prévus à cet effet et d'opération mineure de maintenance préventive, ces interventions peuvent être réalisées par un technicien habilité ou l'utilisateur de l'équipement dont la mesure où ils ont reçu une formation particulière.

Niveau3 :

Identification est diagnostique de panne suivit éventuellement d'échange de constituant, de réglage et de d'étalonnage général. Ces interventions peuvent être réalisées par technicien spécialisé sur place ou dans un local de maintenance à l'aide de l'outillage prévu dans des instructions de maintenance.

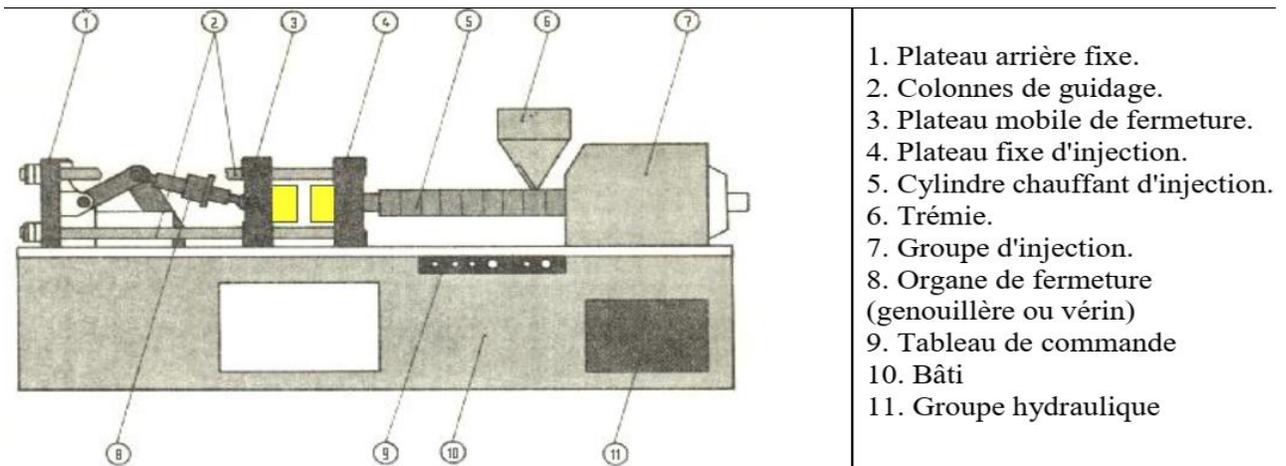
Niveau4 :

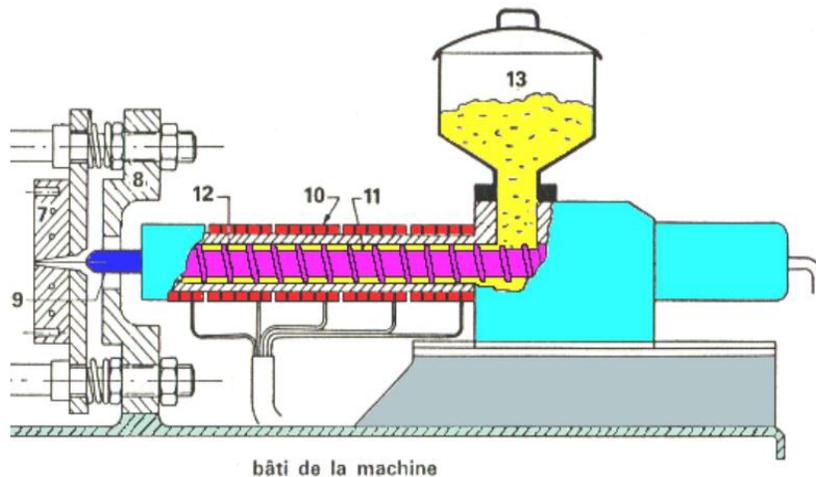
Travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. Ces interventions peuvent être réalisées par une équipe disposant d'un encadrement technique très spécialisé et des moyens importants adaptés à la nature de l'intervention.

Niveau5 :

Travaux de rénovation, de reconstruction ou de réparation importante confiée à un atelier central de maintenance ou une entreprise extérieure prestataire de service.

4.4 La Presse à injecter:





7. Partie fixe du moule.
8. Plateau fixe.
9. Buse d'injection.
10. Colliers chauffant du pot d'injection.
11. Pot d'injection.
12. Vis d'injection.
13. Trémie.
14. Système d'entraînement de la vis.

4.5 Instrumentation et régulation :

La maintenance en instrumentation, c'est mon objectif et mon domaine que je suis là pour donc j'ai essayé d'apprendre, découvrir et de connaître tous les instruments importants et nécessaires qui se composent l'installation de l'usine.

Chaque instrument représente un rôle essentiel donnant une lecture plus précise d'une grandeur physique quelconque (débit, niveau, pression, tension ...etc.)

Les domaines d'application de l'instrumentation sont nombreux : chimie, pétrole et gaz, électricité, ciment, plasturgie, médecine....

DIFFERENTS TYPES DE MAINTENANCE :

On distingue 2 formes de maintenance classées en fonction d'événement prévu et de l'état matériel [Fra, 99]

Maintenance corrective :

C'est l'ensemble des activités réalisées après la défaillance d'un bien ou la dégradation de sa fonction, pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement.

La maintenance corrective veille sur :

- La remise en état avec ou sans modification.
- Le contrôle du bon fonctionnement.

Maintenance préventive :

Cette maintenance a pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien service rendu. Les activités correspondantes sont déclenchées selon :

- Un échéancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage,
- Et/ou des critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou de service.

DEFINITIONS DES OPERATIONS DE MAINTENANCE :

Il existe des définitions normatives des différentes opérations de maintenance néanmoins [Fra, 99]:

- Les normes donnent l'esprit d'une intervention mais ne définissent pas toujours clairement les opérations à effectuer,
- Les normes ne couvrent pas toutes les prestations.

De ce fait, pour éviter toute ambiguïté, il est nécessaire pour chaque entreprise de définir parfaitement les prestations attendues ou effectuées (objectif, détail des opérations, etc.)

Réparation (extrait de la norme AFNOR X 60-010-1994) :

C'est l'action définitive et limitée de la maintenance à la suite d'une défaillance.

Dépannage (extrait de la norme AFNOR X 60-010-1994) :

C'est l'action consécutive à la défaillance de bien, en vue de rendre apte à accomplir une fonction requise, au moins provisoirement.

Compte tenu de l'objectif, une action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires et de conditions de réalisation, hors règle de procédures, de coût et de qualité et dans ce cas, sera suivi d'une réparation.

Vérification (extrait de la norme AFNOR X 07-010-1992) :

C'est la confirmation par examen et l'établissement des preuves que les exigences

spécifiées ont été satisfaite.

Le résultat d'une vérification se traduit par une décision de remise en service, d'ajustage, de réparation, de déclassement ou de réforme. Dans tous les cas, une trace écrite de la vérification effectuée doit être conservée dans le dossier individuel de l'appareil de mesure.

La vérification peut être effectuée au vu de caractéristiques constructrices ou au vu des résultats des certificats d'étalonnage.

La vérification est une intervention métrologique, fondé sur la comparaison à un étalon.

Vérification préliminaire (extrait de la spécification E2M n°E/970101/C) :

La vérification préliminaire est une opération de vérification effectuée après l'opération de contrôle fonctionnel et avant toutes autres opérations.

La vérification préliminaire est un constat de l'exactitude de l'appareil dans une configuration d'origine et avant toute intervention d'ajustage ou de maintenance corrective.

Contrôle (extrait de la norme ISO 8402-1994) :

Activité, tel que mesurer, examiner, essayer ou passer au calibre une ou plusieurs caractéristiques d'une entité et comparer les résultats aux exigences spécifiées en vue de déterminer si la conformité est obtenue pour chacune de ces caractéristiques.

Ajustage (extrait de la norme AFNOR NF X 07-010-1992) :

C'est l'opération destinée à amener un appareil de mesure à un fonctionnement et à une justesse convenable pour son utilisation.

Calibrage (extrait de la spécification E2M n° E/970101/C) :

Le calibrage consiste à remettre un appareil à un niveau de précision optimale.

Etalonnage (extrait de la norme AFNOR NF X 07-010-1992) :

L'ensemble des opérations établissant, dans des conditions spécifiées, la relation entre les valeurs

indiquées par un appareil de mesure ou un système de mesure et les valeurs connues correspondantes d'une grandeur mesurée.

Expertise technique (extrait de la spécification E2M n° E/900505/A) :

En vue d'évaluer l'état d'un appareil présumé défectueux, l'expertise technique comprend :

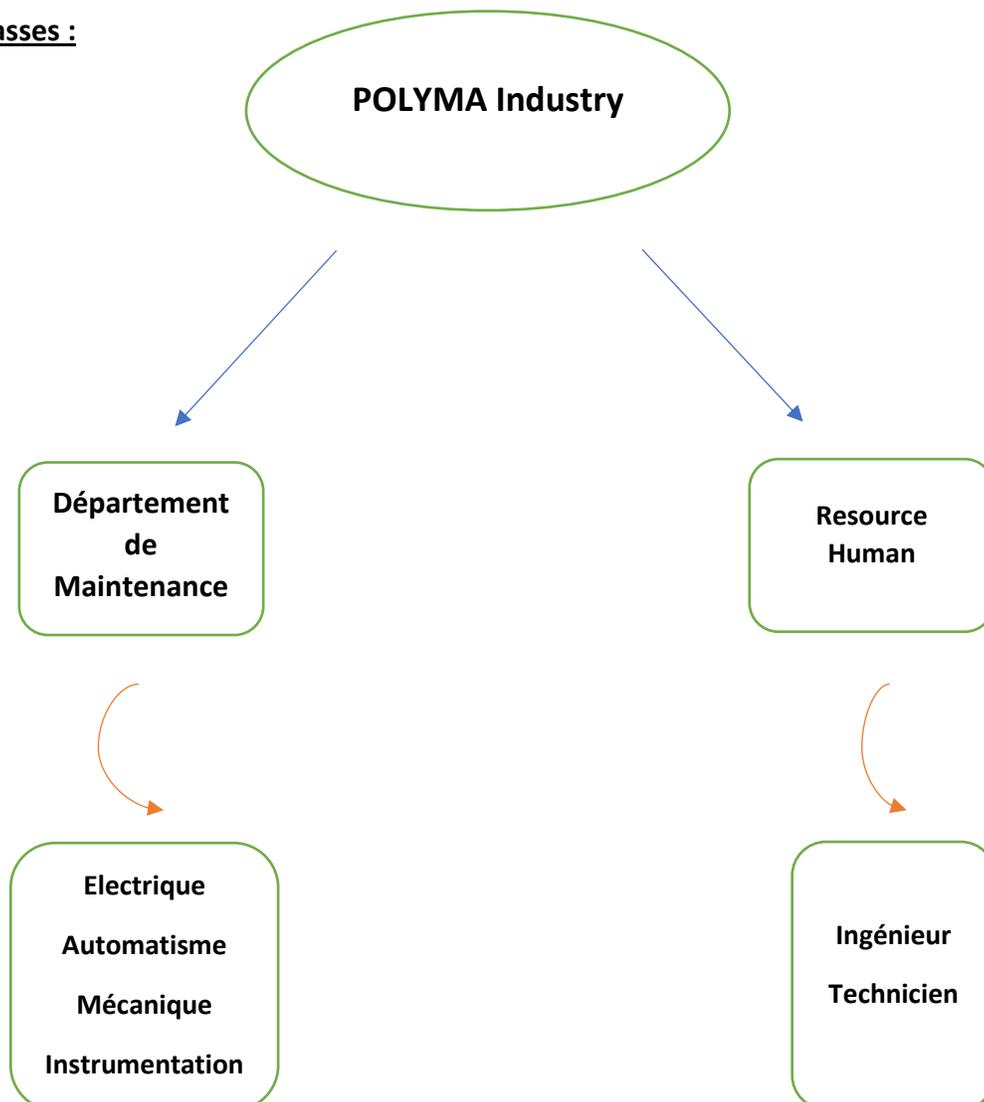
- Des examens visuels (externe, interne, sécurité)
- Un examen fonctionnel,
- Une vérification si l'examen fonctionnel c'est avéré satisfaisant.

L'expertise technique ne remet en aucun cas l'appareil dans des conditions de fiabilité, de sécurité ou de précision.

4.6 Manipulation sur l'logiciel Protégé :

4.6.1 Remplir La base des Classes :

4.6.1.1 Classes :



4.7 DEROULEMENT DU LOGICIEL :

L'interface de notre logiciel est illustrée par la Figure (x.xx).

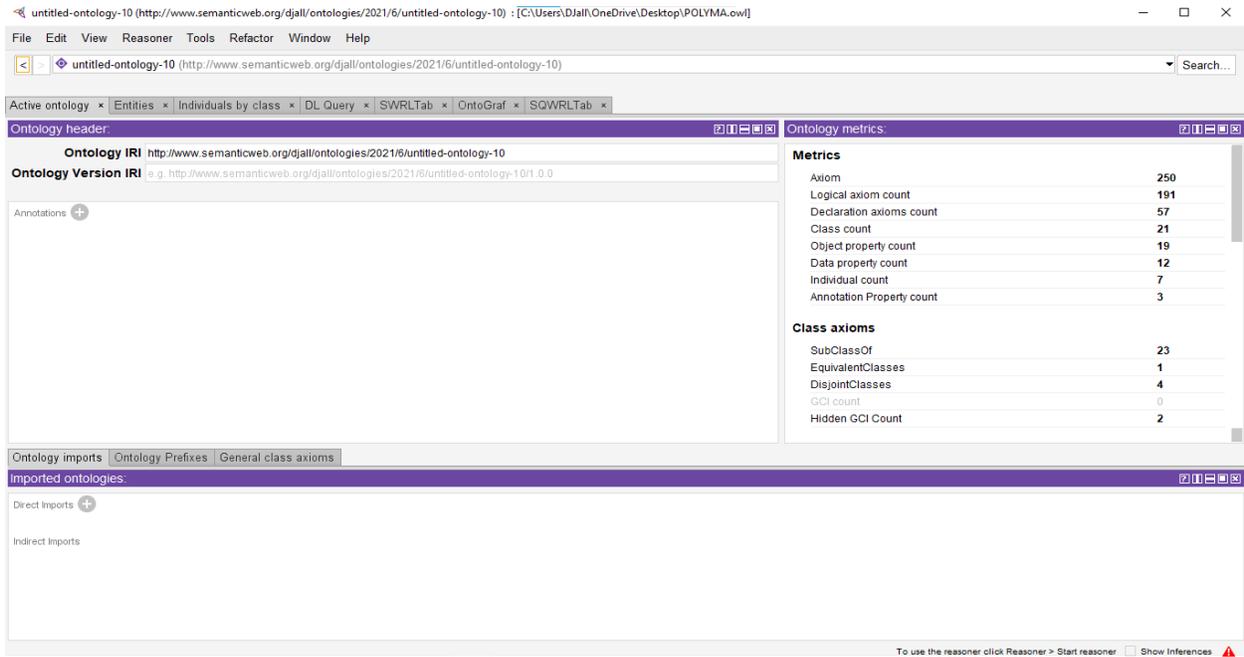


Figure 4.1: L'interface du logiciel

La liste des anomalies détectées dans le complexe de POLYMA sont illustrées par la figure (x.xx).

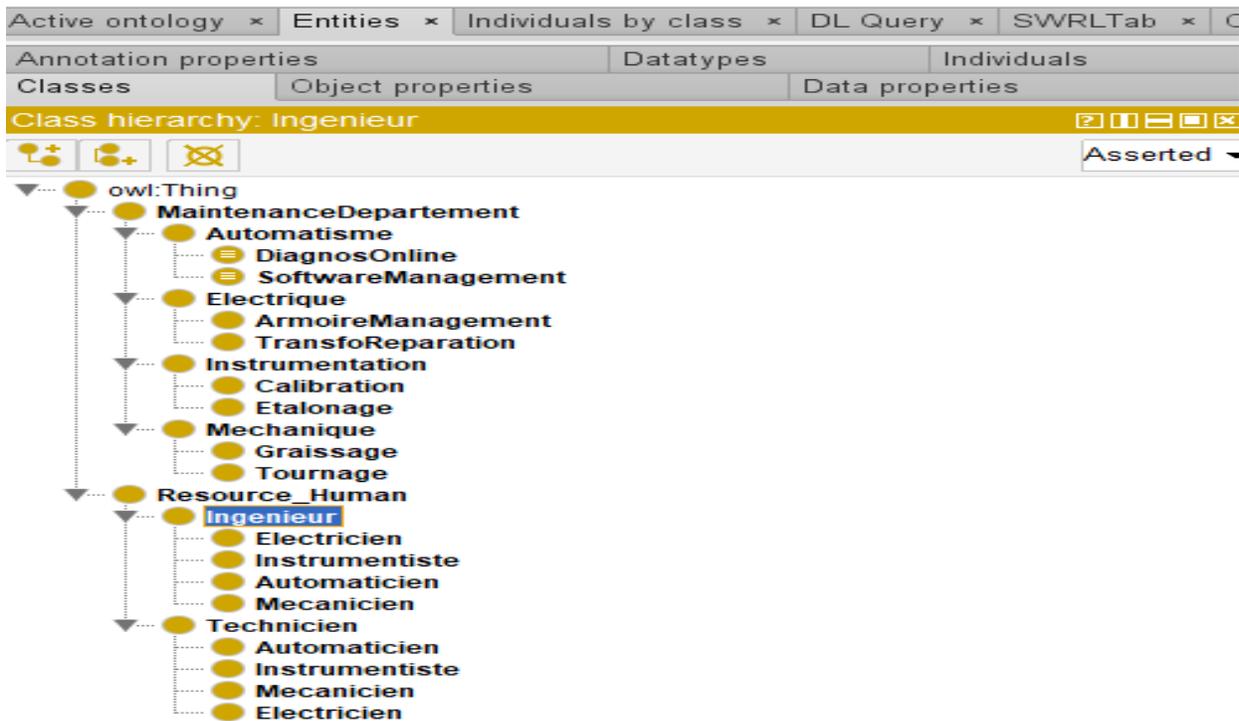


Figure 4.2: Solution détectées au POLYMA.

Une fois l'anomalie confirmée, une Description de travail (DT) est lancée comme c'est illustré dans la figure (x.xx).

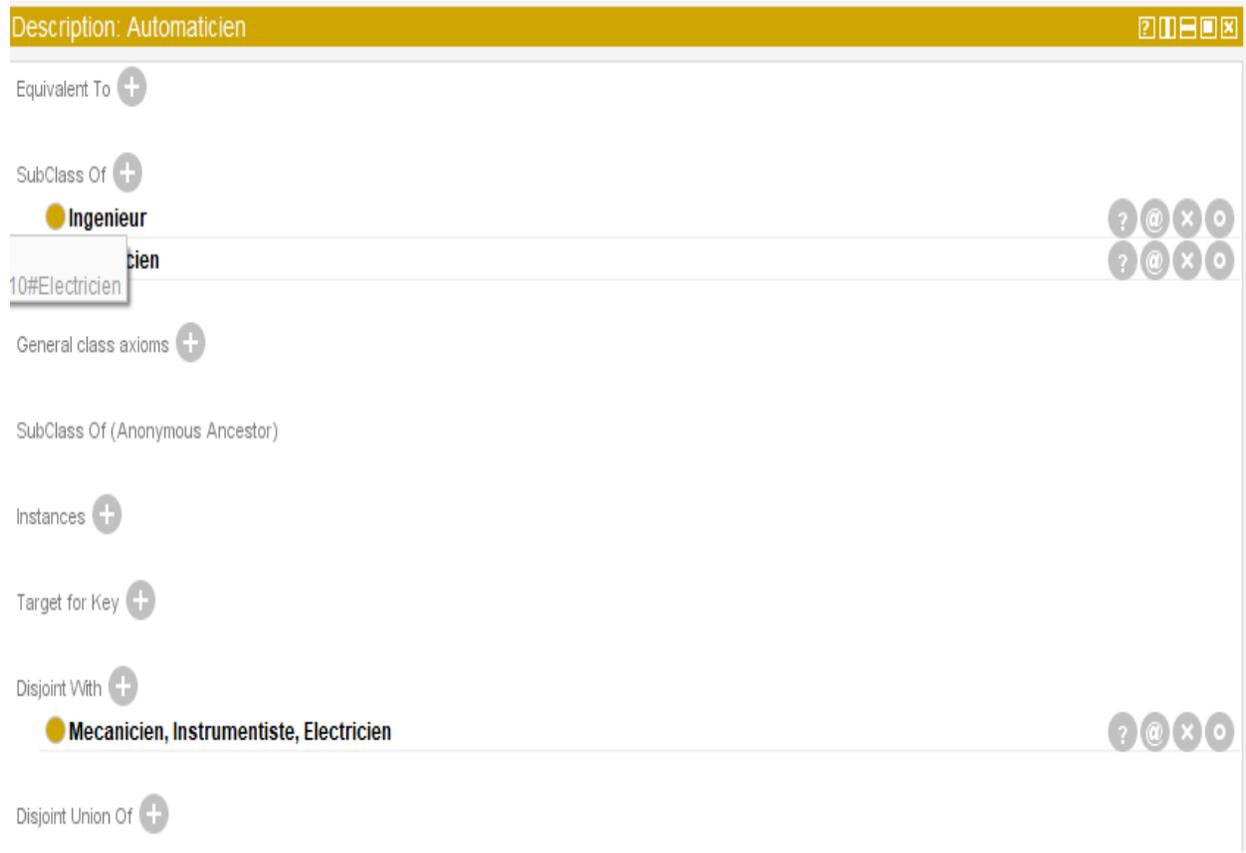


Figure 4.3: Description du travail au POLYMA.

L'agent préparateur reçoit la DT détaillée. A partir de la description de l'anomalie, il consulte la base de connaissances afin de prendre la bonne décision (choix des ressources ; temps, durée, spécialité et nombre des Crafts, taches à suivre pour la résolution des anomalies).

La responsabilité de sa fonction peut être très lourde au sein du complexe (sécurité, Age...etc.). Pour ce fait, l'estimation des ressources est une tâche très délicate.

La base de connaissances conçue est illustrée par la figure (x.xx).



Figure 4.4: Données & Objets du travail au POLYMA.

Les données peuvent être synthétisées à n'importe quel niveau et transférées aux niveaux supérieurs alors que les buts de haut niveau peuvent être filtrés et passés aux niveaux inférieurs pour diriger la maintenance qui œuvrent à ces niveaux.

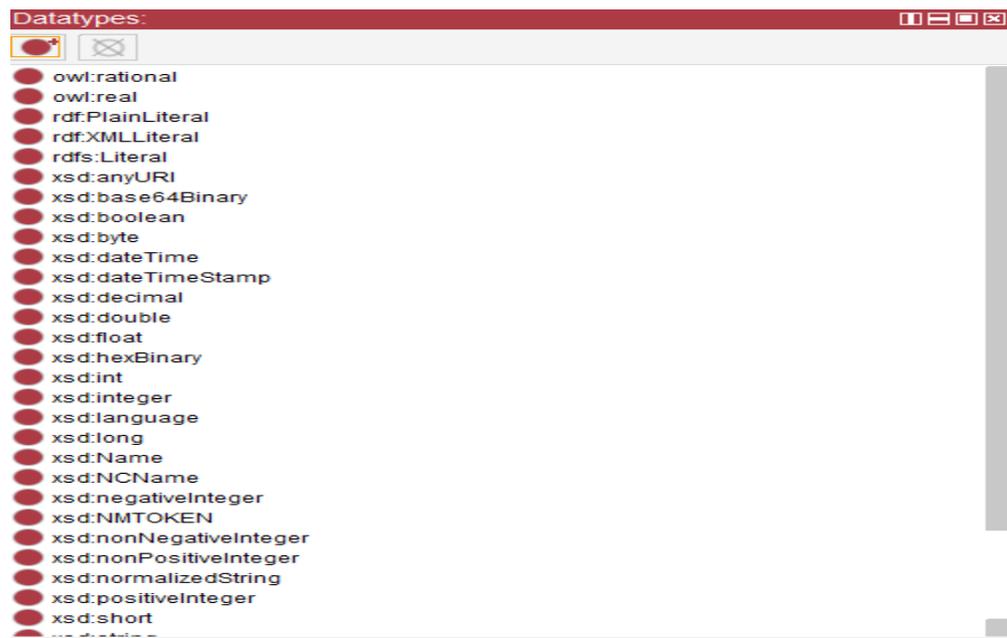


Figure 4.4: Type de Donnée liés par la liste des classes.

Les principaux objectifs de MASSON pour la résolution de problèmes de fabrication sont les suivants :

- Faciliter le partage des connaissances entre les tâches de Maintenance Industrielle.
- Aider à capturer et à réutiliser les connaissances lors de l'exécution de tâches.
- Réduction du temps nécessaire à la description et à la localisation des Pannes.

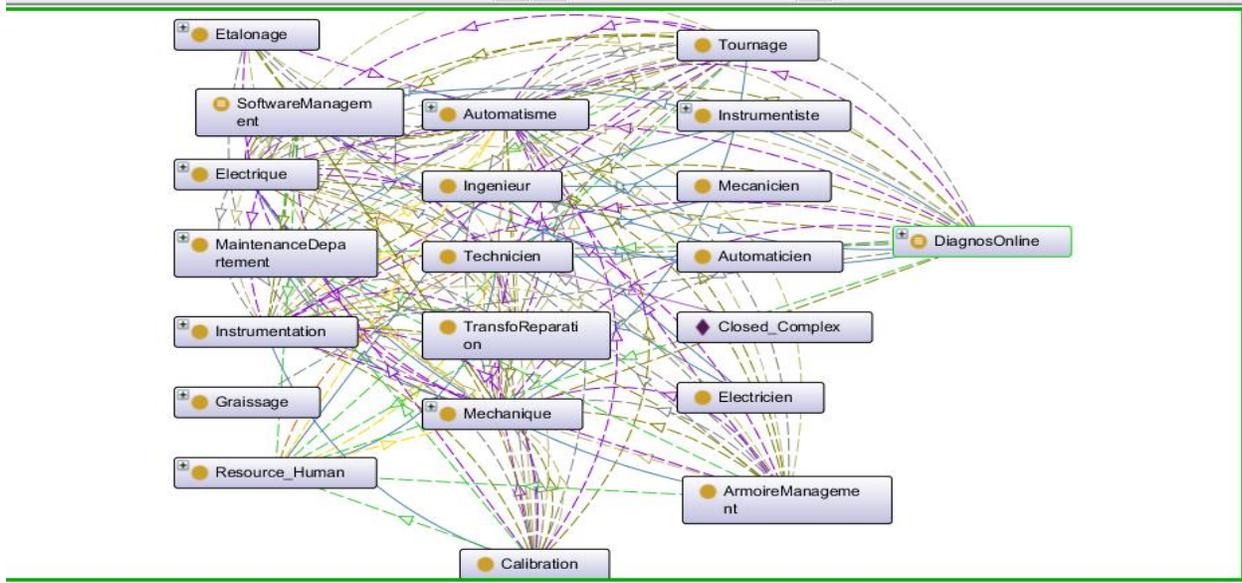


Figure 4.5 les concepts principaux de l'ontologie MATO par OntoGraf.

Le langage de règles du web sémantique (SWRL).

Name	Rule	Comment
<input type="checkbox"/> SQWRL01	DiagnosOnline(?Do) ^ mason:ProblemID(?Do, ?ID) ^ mason:hasProblem(?Do, ?Hp) -> sqwrl:select(?Do, ?ID, ?Hp)	
<input type="checkbox"/> SQWRL03	ArmoireManagement(?AM) ^ Electricien(?E) ^ mason:hasFeature(?AM, ?E) ^ mason:hasTask(?AM, ?HT) ^ Contains(?AM, ?C) -> sqwrl:select(?AM, ?E, ?HT, ?C)	
<input type="checkbox"/> SQWRL04	Calibration(?Cal) ^ Instrumentiste(?Ins) ^ mason:hasFeature(?Cal, ?HF) ^ mason:HasProcedure(?Cal, ?HP) -> sqwrl:select(?Cal, ?Ins, ?HP)	
<input type="checkbox"/> SQWRL05	Tournage(?TR) ^ mason:induces(?TR, ?IN) ^ mason:hasTask(?TR, ?HT) ^ mason:assembles(?TR, ?ASS) ^ mason:HasSolution(?TR, ?HS) ^ autogen:p0(?TR, ?IM...	
<input checked="" type="checkbox"/> SWRL01	MaintenanceDepartement(?MD) ^ Automatisation(?Au) ^ Etalonnage(?Ei) ^ mason:hasTask(?MD, ?Au) -> mason:hasProblem(?Au, ?Ei)	
<input checked="" type="checkbox"/> SWRL02	Etalonnage(?Ei) ^ Calibration(?Ca) -> mason:hasFeature(?Ei, ?Ca)	
<input checked="" type="checkbox"/> SWRL03	Graissage(?Gr) ^ Mecanicien(?Mec) ^ mason:hasProblem(?Gr, ?Mec) -> mason:induces(?Gr, ?Mec)	
<input checked="" type="checkbox"/> SWRL04	DiagnosOnline(?Ds) ^ SoftwareManagement(?Sf) -> mason:execute(?Ds, ?Sf)	
<input checked="" type="checkbox"/> SWRL05	ArmoireManagement(?Ar) ^ TransfoReparation(?Tr) ^ Electricien(?Eic) -> mason:becomes(?Tr, ?Eic)	
<input checked="" type="checkbox"/> SWRL06	MaintenanceDepartement(?Pr) ^ Instrumentation(?A) ^ Etalonnage(?Sol) -> autogen:p1(?Sol, ?A)	

Figure 4.6 Exécution de concept « SWRL TAB »

Le langage de règles du web sémantique (SWRL) :

Figure 4.8 Résultat du travail de concept « SWRL TAB »

Le langage de règles du web sémantique (SQWRL) :

Figure 4.9 : Exécution du travail de concept « SQWRL TAB »

Formalisation de la connaissance d'inférence 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: *MaintenanceDepartement(?MD)^Automatisme(?Au) ^ Etalonnage (?Et)^hasTask(?MD,? Au)->hasProblem(?Au,?Et).*

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 : *Etalonnage(?Et) ^ Calibration(?Ca) -> hasFeature(?Et,?Ca)*

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 : *Graissage(?Gr) ^ Mecanicien(?Mec)^ hasProblem(?Gr,?Mec)->induces(?Gr,?Mec).*

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: *DiagnosOnline(?Ds) ^ SoftwareManagement(?Sf) -> 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 : *ArmoireManagement(?Ar) ^TransfoReparation(?Tr) ^ Electricien(?Elc) -> 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 : *ArmoireManagement(?Ar) ^ TransfoReparation(?Tr) ^ Electricien(?Elc) -> autogen0:becomes(?Tr, ?Elc).*

Instructions SQWRL :

L'ontologie Mason est basée sur la sélection de connaissances qui permet de chercher des règles SWRL en se basant sur leur contenu, sur les classes et propriétés utilisées, utilisant le langage des requêtes SQWRL.

Formalisation de la connaissance d'inférence SQWRL :

sqwrl.Pr	Sélection de la connaissance sur le problème
	<i>DiagnosOnline(?Do) ^ mason:ProblemID(?Do, ?ID) ^ mason:hasProblem(?Do, ?Hp) > sqwrl:select(?Do, ?ID, ?Hp)</i>
Sqwrl.PrF	Sélection de la connaissance sur les caractéristiques de problème
	<i>SoftwareManagement(?SM) ^ Automaticien(?Au) ^ mason:hasFeature(?SM, ?Au) mason:hasFeature(?SM, ?HF) -> sqwrl:select(?SM, ?Au, ?HF)</i>
Sqwrl.CsPr	Sélection de la connaissance sur les causes de problème
	<i>ArmoireManagement(?AM) ^ Electricien(?E) ^ mason:hasFeature(?AM, ?E) ^ mason:hasTask(?AM, ?HT) ^ Contains(?AM, ?C) -> sqwrl:select(?AM, ?E, ?HT, ?C)</i>
sqwrl.Ts	Sélection la connaissance sur la tâche

	<i>Calibration(?Cal) ^ Instrumentiste(?Ins) ^ mason:hasFeature(?Cal, ?HF) ^ mason:HasProcedure(?Cal, ?HP) -> sqwrl:select(?Cal, ?Ins, ?HP)</i>
sqwrl.Sol	Sélection de la connaissance sur la solution
	<i>Tournage(?TR) ^ mason:induces(?TR, ?IN) ^ mason:hasTask(?TR, ?HT) ^ mason:assembles(?TR, ?ASS) ^ mason:HasSolution(?TR, ?HS) ^ autogen:pO(?TR, ?IMO) ^ Electricien(?E) ^ Graissage(?GR) ^ mason:HasSchedule(?TR, ?HS) -> sqwrl:select(?TR, ?IN, ?HT, ?ASS, ?HS, ?IMO, ?E, ?GR)</i>

Tableau x.x les règles génériques SQWRL pour MASSON

Conclusion générale

4.8 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 industrielle. Nous avons proposé un processus de construction d'une ontologie, inspirés des différentes phases proposées par la méthode commonkads, 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 (MASSON) 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.

SWRL Jess Tab 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.

Bibliographies :

- [1] Intro Gen: Src(Alfio Giovanni Pio Di Batolo BEM&T Supply Chain Director ST Microelectronics Catania, Italy)
- [2] CHARLET J., ZACKLAD M., KASSEL G. & BOURIGAULT D. (éd.), *Ingénierie des connaissances, évolutions récentes et nouveaux défis*, Eyrolles, Paris,
- [3] BLACKLER, F. 1995. « Knowledge, knowledge work and organizations: an overview and interpretation », *Organization Studies*, 1995, 16/6, p. 1021-1046
- [4] **DIENG, R. et Al.** "Méthodes et outils pour la gestion des connaissances", Dunod, 2000
- [5] **BRUNEAU, J-M PUJOS, J-F** "Le management des connaissances dans l'entreprise", Les éditions d'organisation, 1992. **CIGREF** « Gérer les connaissances – Défis, enjeux et conduite de projet », www.cigref.fr, 1995
- [6] Hannah, 2005 ; Spencer, 2009 .
- [7] M.J.Avenier (1985), "Complémentarité et fragilité des méthodes de recherche en gestion", in *Méthodologies Fondamentales en Gestion*, actes du colloque CNRS-FNEGE-ISEOR, nov., 23-
- [8] Extrait de la section 2.1.2 des Directives techniques de la FAO pour une pêche responsable. N° 4. Aménagement des pêcheries. Rome, FAO. 1997. 91 pages
- [9] [Charlet, 2003] Charlet J. *L'ingénierie des connaissances : développements, résultats et perspectives pour la gestion des connaissances médicales*. Pierre et Marie Curie – Paris VI, 2003.
- [10] James Ignizio, *Introduction to Expert Systems* (1991), ([ISBN 978-0-07-909785-9](https://doi.org/10.1007/978-0-07-909785-9)).
- [11] Henri Briand, Fabien Gandon et Fabien Picarougne, Atelier « Modélisation des connaissances », conférence Extraction et Gestion des Connaissances, 8^{es} Journées Francophones, Sophia Antipolis, 29 janvier 2008.
- [12] Dominique Maingueneau et Ruth Amossy, « [9 | 2012 L'analyse du discours entre critique et argumentation](#) » [archive], sur journals.openedition.org (consulté le 28 mai 2020)
- [13] (en) « [XML and Semantic Web W3C Standards Timeline](#) » (version du 26 octobre 2019 sur [l'Internet Archive](http://InternetArchive)), 4 février 2012.
- [14] René-Charles Cros, Jean-Claude Gardin, Francis Lévy. *L'automatisation des recherches documentaires. Un modèle général : le SYNTOL*. Paris : Gauthier-Villars, 1964.

[15] Antoine Cornuéjols, Laurent Miclet, Yves Kodratoff, *Apprentissage Artificiel : Concepts et algorithmes*, Eyrolles, 2002 ([ISBN 2-212-11020-0](#)).

[16] (en) « [IDEAS Group](#) » [[archive](#)], Site officiel (consulté le 6 octobre 2018).

[17] Thomas R. Gruber, *Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing* in Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation, Kluwer Academic Publishers, 1993.

[18] (en) Matthias Ehrgott, *Multicriteria Optimization*, vol. 1, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2005.

[19] Myriam Pauillac, « [Web des données et archives – quel intérêt ?](#) » [[archive](#)] [html], sur Anaphore; solution numériques innovantes; archives et patrimoine, 23 novembre 2014 (consulté le 16 avril 2018).

[20] (en) « [OWL 2 Web Ontology Language New Features and Rationale \(Second Edition\)](#) » [[archive](#)], sur w3c.org

Les nouveautés d'OWL2

[21] V. Kolovski, B. Parsia, and E. Sirin. Extending SHOIQ(D) with DL-safe rules : First results. 256, 2006.

[22] [rticle Ontologie *Le Dictionnaire Martin Heidegger*](#), p. 917.

[23] [Peter F. Patel-Schneider](#), Bell Labs Research, Lucent Technologies [Harold Boley](#), National Research Council of Canada [Said Tabet](#), Macgregor, Inc.

[

[24] S. Chakhar, C.Pusceddu, «Un processus pour la prise de décision spatial» ROADEF'2005, 14-16, Février, Tours, France, 2005.

[25] V.Chevrier, «Etude et mise en œuvre du paradigme Multi Agents' atome», Thèse de l'Université de Nancy I ,1993.

[26] J.C.Courbon, «Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision », 1993.

[27] R.M. Cyert, J.GMarch, « A Behavioural Theory of the Firm», New Jersey, Prentice-Hall, 1963.

[28] G.Doumeingts, B.Vallespir , D.Darracar et M.Roboam : , « Design methodology for advances manufacturing systems», computers in industry, 9(4) :271-296, 1987.

[29] A.Drogoul, «De la simulation Multi-Agents à la résolution collective de problèmes», Thèse de l'Université Pierre ET Mary Curie, 1993.

[30] J.Durkin, «Expert Systems Design and Development», MacMillan Publishing Company, 1994.

[31] J.Erceau, «Intelligence Artificielle Distribuée et Systèmes Multi-Agents : de la

théorie aux applications», 23ème Ecole Internationale d'Informatique de l'AFCEP, Neuchâtel, 1993.

[32] J.Ermine, «Les systèmes de connaissances», éditions Hermès, France