

*République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université des Sciences et de la Technologie d'Oran- Mohamed Boudiaf  
Faculté des Sciences  
Département d'informatique*

*Spécialité : Informatique*

*Option : Reconnaissance des formes et intelligence artificielle*

## *Mémoire de Magister*

Présenté par :

*Ibtissem Rateni*

*L'ingénierie des connaissances pour l'aide  
à la décision : Application à la  
maintenance industrielle*

*Devant les Membres du jury :*

<i>M. Benyettou Abdelkader</i>	<i>Prof_USTO</i>	<i>Président</i>
<i>M. Djebbar Bachir</i>	<i>Prof_USTO</i>	<i>Rapporteur</i>
<i>M. Saadouni Kadour</i>	<i>MC-A_USTO</i>	<i>Examineur</i>
<i>M. Rahal SidiAhmed Hebri</i>	<i>MC-A_USTO</i>	<i>Examineur</i>

*2009--2010*



# 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 Professeur B.DJEBBAR. 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 Monsieur A.BENYETTOU, Professeur à l'Université d'USTO, de m'avoir fait l'honneur d'accepter de juger ce travail en tant que président de jury.*

*Je remercie Dr K, SAADOUNI et Dr S.RAHAL, maitres de conférence à l'Université de l'USTO 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 Dr D.HAMDADOU, maitre de Conférence à l'Université de ES SENA pour toute l'aide et la sympathie, j'exprime toute ma reconnaissance et ma joie d'avoir eu la chance de travailler avec elle.*

*Je tiens à remercier plus particulièrement la direction Planification et Stratégie, la direction Informatique et Système d'Information ainsi que la direction Maintenance de l'activité Aval\_Sonatrach de m'avoir aidé et encouragé à effectuer ce travail.*

*Un grand Merci à tous les enseignants de la post-graduation, option : « Reconnaissances des Formes et Intelligence Artificielle ainsi qu'à ma promotion (2007)*

*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...*

*Ibtissem*

## 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),

## **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)

**TABLE DES MATIERES**

REMERCIEMENTS.....	i
RESUME .....	iii
ABSTRACT .....	iv
TABLE DES MATIERES .....	v
Liste des figures et des tableaux.....	viii
INTRODUCTION GENERALE .....	1
<b>CHAPITRE I : MAINTENANCE INDUSTRIELLE</b>	
1. INTRODUCTION.....	6
2. DEFINITIONS.....	6
3. DIFFERENTS TYPES DE MAINTENANCE .....	6
3.1. MAINTENANCE CORRECTIVE .....	6
3.2. MAINTENANCE PREVENTIVE.....	7
4. DEFINITIONS DES OPERATIONS DE MAINTENANCE.....	7
4.1. REPARATION .....	7
4.2. DEPANNAGE .....	7
4.3. VERIFICATION .....	7
4.4. VERIFICATION PRELIMINAIRE .....	8
4.5. CONTROLE .....	8
4.6. AJUSTAGE .....	8
4.7. CALIBRAGE .....	8
4.8. ETALONNAGE.....	8
4.9. EXPERTISE TECHNIQUE .....	8
4.10. REGLAGE.....	9
4.11. DECLASSEMENT .....	9
4.12. REFORME .....	9
4.13. RECETTE FONCTIONNELLE .....	9
4.14. RECETTE TECHNIQUE .....	9
5. LES NIVEAUX DE LA MAINTENANCE .....	9
5.1. NIVEAU1 .....	9
5.2. NIVEAU2 .....	10
5.3. NIVEAU3 .....	10
5.4. NIVEAU4 .....	10
5.5. NIVEAU5 .....	10
6. GESTION DE MAINTENANCE .....	10
6.1. PRINCIPE DE LA GESTION .....	10
6.2. LES OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE .....	11
6.3. ASPECTS DE LA MAINTENANCE.....	11
7. DEMARCHE DE LA MAINTENANCE.....	12
7.1. DOSSIER TECHNIQUE.....	12
7.2. DOSSIER MACHINE .....	12
8. L'ORGANISATION DE LA MAINTENANCE .....	13
9. LA MAINTENANCE AU NIVEAU DE L'ACTIVITE AVAL-SONATRACH .....	14
9.1INTRODUCTION.....	14
9.2LA MAINTENANCE A LA SONATRACH .....	15

9.2.1 LA FONCTION MAINTENANCE A AVAL/LQS.....	15
9.2.2 LA GESTION DES TRAVAUX DE LA MAINTENANCE (AVAL) .....	19
9.2.3 TYPOLOGIE DE MAINTENANCE AU SEIN D'AVAL.....	20
9.2.4 LA GESTION DE LA MAINTENANCE ASSISTEE PAR ORDINATEUR(GMAO).....	22
10.CONCLUSION .....	23

## CHAPITRE II : L'INGENIERIE DES CONNAISSANCES

1. INTRODUCTION.....	25
2. DEFINITIONS.....	25
3. ORIGINE ET EVOLUTION DU CONCEPT .....	25
4. DEMARCHE D'UNE APPROCHE D'INGENIERIE DES CONNAISSANCES .....	27
5. TECHNIQUES D'INGENIERIE DES CONNAISSANCES .....	27
6. METHODES D'INGENIERIE DES CONNAISSANCES .....	28
6.1. LA METHODE KADS .....	29
6.1.1 PRESENTATION GENERALE.....	29
6.1.2 CYCLE DE VIE KADS .....	30
6.1.3 LES MODELES DE KADS .....	31
6.1.4 DISCUSSION.....	32
6.2. LA METHODE KOD .....	33
6.2.1 PRESENTATION GENERALE.....	33
6.2.2 CYCLE DE KOD .....	33
6.2.3 DISCUSSION.....	34
6.3. LA METHODE REX.....	35
6.3.1 PRESENTATION GENERALE.....	35
6.3.2 CYCLE DE VIE REX.....	36
6.3.3 DISCUSSION.....	37
6.4. LA METHODE SAGACE .....	37
6.4.1 PRESENTATION GENERALE.....	37
6.4.2 DISCUSSION.....	38
6.5. LA METHODE MASK .....	38
6.5.1 PRESENTATION GENERALE.....	38
6.5.2 CYCLE DE VIE MASK .....	39
6.5.3 DISCUSSION.....	39
7. CHOIX DE LA METHODE D'INGENIERIE DES CONNAISSANCES.....	40
8. LA METHODE COMMONKADS .....	41
8.1HISTORIQUE .....	41
8.2PRINCIPES DE LA METHODE.....	43
8.3DEMARCHE DE LA METHODE.....	43
8.3.1 LA MODELISATION DU CONTEXTE .....	44
8.3.2 LE MODELE DE CONNAISSANCES .....	48
8.3.3 LE MODELE DE COMMUNICATIONS .....	50
8.3.4 LE MODELE DE CONCEPTION.....	50
9. CONCLUSION .....	51

**CHAPITRE III : L'AIDE A LA DECISION**

1. INTRODUCTION.....	53
2. L' AIDE A LA DECISION.....	53
2.1. DEFINITION .....	53
2.2. ACTEURS DE L' AIDE A LA DECISION .....	54
3. DECISION ET PROCESSUS DE DECISION.....	55
3.1DEFINITION D'UNE DECISION .....	55
3.2Le PROCESSUS DE DECISION.....	55
4. DEFINITION DES SYSTEMES D' AIDE A LA DECISION .....	56
5. LES MODELES DES SYSTEMES D' AIDE A LA DECISION .....	57
5.1LA RATIONALITE COMPLETE .....	57
5.2LA RATIONALITE LIMITEE .....	57
5.3LA RATIONALITE PROCEDURALE.....	58
5.4LA RATIONALITE ADAPTATIVE.....	58
6. SYSTEMES INTERACTIFS D' AIDE A LA DECISION : (SIAD) .....	58
7. LES SYSTEMES D' AIDE A LA DECISION MULTI AGENTS .....	60
8. PROCESSUS DE DECISION DANS LE DOMAINE DE LA MAINTENANCE INDUSTRIELLE.....	60
9. CONCLUSION .....	61

**CHAPITRE IV : MODELISATION ET IMPLEMENTATION**

1. INTRODUCTION.....	63
2. LES DIFFERENTES TYPOLOGIES DE COUPLAGE SMA_IC .....	63
3. LE MODELE DECISIONNEL PROPOSE (MTIC).....	64
3.1. LE MODULE SIC .....	65
3.2. LE MODULE SMA .....	65
4. DOMAINE D' APPLICATION.....	66
5. ENVIRONNEMENTS DE DEVELOPPEMENT .....	67
6. LES PHASES DE LA PROCEDURE D'UTILISATION DU MODELE DECISIONNEL SMIC .....	67
7. ARCHITECTURE FONCTIONNELLE .....	69
8. IMPLEMENTATION DU MTIC .....	71
8.1. IMPLEMENTATION DU SMA .....	71
8.1.1 OUTILS DE LA PLATE FORME JADE .....	71
8.1.2 CREATION DES AGENTS.....	72
8.1.3 SIMULATION DE LA COMMUNICATION .....	73
8.2. IMPLEMENTATION DE COMMONKADS .....	74
8.2.1.1LA CONNAISSANCE DU DOMAINE .....	74
9. DEROULEMENT DU LOGICIEL .....	77
10.RESULTATS DE L'IMPLEMENTATION .....	80
11.CONCLUSION .....	80
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	81
BIBLIOGRAPHIE.....	84
ANNEXES .....	90

---

## **LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX**

---

## **LISTE DES FIGURES**

### **Chapitre I :**

*Figure 1.1 : l'organisation de la fonction maintenance*

### **Chapitre II :**

*Figure 2.1. : Comparaison des diverses approches*

*Figure 2.2 : Les six modèles de CommonKADS*

*Figure 2.3. Le modèle de l'organisation*

*Figure 2.4 : Feuille de route pour la modélisation du contexte*

*Figure 2. 5 : La modélisation du concept et de l'artefact*

*Figure 2. 6 : Les catégories de connaissance dans un modèle de connaissances*

*Figure 2.7 : Les étapes de construction du modèle de connaissances*

### **Chapitre III:**

*Figure 3.1 : Processus décisionnel selon*

*Figure 3.2 : Principe des DSS selon Brouczek*

*Figure 3.3 : Principe des SIAD selon Sprague*

*Figure 3.4 : Processus dans de décision dans le domaine de maintenance industrielle*

### **Chapitre IV :**

*Figure 4.1 : modèle décisionnel MTIC*

*Figure 4.2 : Phases et étapes d'utilisation du modèle décisionnel proposé MTIC*

*Figure 4.3 : Architecture fonctionnelle*

*Figure 4.4: Diagramme de classe de l'agent opérateur*

*Figure 4.5 : Création des différents agents*

*Figure 4.6 : Visualisation des messages échangés lors de la communication*

*Figure 4.7 : Des concepts du domaine de la maintenance industrielle*

*Figure 4.8 : Le concept panne en CML2*

*Figure 4.9 : Exemple d'une relation*

*Figure 4.10 : Exemple d'un type-de-règle*

*Figure 4.11 : L'interface du logiciel*

*Figure 4.12 : Anomalies détectées au GP1Z*

*Figure 4.13: Demande de travail*

*Figure 4.14 : Base de connaissances*

### **Annexe C :**

*Figure C.1: Structure d'un agent réactif*

*Figure C.2 Architecture d'un agent cognitif*

*Figure C.3 Architecture d'un agent hybride*

*Figure C.4 : Principe d'une architecture BDI*

*Figure C.5 : Architecture d'un système multi-agents à base de BB*

*Figure C.6 : Communication par envoi de message*

## **LISTE DES TABLEAUX**

### **Annexe B :**

*Tableau B.1 : Identification dans l'organisation des problèmes et des opportunités orientées vers une solution de connaissances*

*Tableau B.2 : Les aspects organisationnels ayant un impact ou pouvant être affectés par la solution de connaissances*

*Tableau B.3 : Détails du processus*

*Tableau B.4 : Description des unités de connaissance*

*Tableau B.5 : Questions de faisabilité*

*Tableau B.6 : La description raffinée des tâches du processus ciblé*

*Tableau B.7 : La spécification des connaissances utilisées pour une tâche, ainsi que les goulots d'étranglement et les points d'amélioration*

*Tableau B.8 : La spécification des agents*

*Tableau B.9 : Les éléments à inclure dans le document de décision*

### **Annexe C :**

*Tableau C.1 : Caractéristiques de l'environnement SMA*

---

# INTRODUCTION GENERALE

---

# Introduction Générale

Le capital humain est un atout pour l'entreprise. Elle y puise des connaissances, ainsi que des compétences. Dans le contexte concurrentiel actuel, et face à la rapidité croissante de l'évolution des besoins des clients, l'entreprise doit répondre aux attentes de manière flexible et efficace par une exploitation de ses connaissances et de ses compétences dans la prise de décision. Elle pourra ainsi accroître sa compétitivité.

L'ensemble des connaissances d'une entreprise détenues par les individus forme un capital intellectuel très volatile.

Le processus de capitalisation des connaissances est fondé sur l'explicitation, puis la formalisation de ces dernières, en utilisant des techniques d'ingénierie des connaissances. Il a pour objectif l'identification et la structuration des connaissances en une représentation schématique afin de les rendre visibles, manipulables, compréhensibles et communicables.

Notre contribution dans ce travail porte sur la proposition d'un modèle décisionnel nommé MTIC pour l'aide à la maintenance industrielle.

Basé sur un système d'Ingénierie de Connaissances, ce modèle illustre le passage de l'ingénierie de connaissances à l'aide à la décision.

Parmi les méthodes d'ingénierie de connaissances, nous avons choisi la méthode CommonKads en vue de construire une base de connaissances (BC) dédiée aux décideurs clés de la maintenance industrielle.

Afin de simuler l'organisation de la maintenance industrielle en modélisant les différents acteurs qui en contribuent, nous avons implémenté les systèmes multi agents.

## Organisation du Mémoire

Ce mémoire présente un travail transversal qui se situe au carrefour de plusieurs domaines à savoir: l'ingénierie des connaissances (IC), l'Aide à la Décision, les Systèmes Multi Agents (SMA).

Il est organisé en trois parties :

- **La première partie** (Synthèse de l'état de l'art): nous présentons, dans cette partie, les concepts fondamentaux liés à nos différents axes de recherche et à la problématique abordée par cette étude, cette partie comporte 3 chapitres :

### **Chapitre 1 : La maintenance industrielle**

Introduit les concepts fondamentaux liés à la maintenance industrielle, ses différents types ainsi que ses objectifs. Ce chapitre nous permettra d'avoir une bonne vision sur le domaine de la maintenance industrielle.

### **Chapitre 2 : 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

### **Chapitre 3 : Les systèmes d'aide à la décision**

Présente les concepts ainsi que les modèles fondamentaux de l'aide à la décision.

- **La deuxième partie** de ce mémoire (Modélisation et implémentation du modèle MTIC) est structurée comme suit :

### **Chapitre 4 : Modélisation et implémentation du modèle MTIC**

Est dédié à notre contribution. Nous présentons, dans ce chapitre, le modèle décisionnel basé sur l'ingénierie de connaissances (MTIC), et détaillons la maquette informatique proposée.

- **La troisième partie** de ce mémoire (Annexes) est structurée comme suit :

**Annexes :**

- **AnnexeA** : Définitions des priorités des pannes.
- **AnnexeB** : Les différents tableaux qui contribuent à la réalisation des modèles de la méthode CommonKads.
- **AnnexeC** : Les notions de base des systèmes Multi Agents

*CHAPITRE I*

---

LA MAINTENANCE INDUSTRIELLE

---

### 1. INTRODUCTION

Le maintien des équipements de production est un enjeu clé pour la productivité des usines aussi bien pour la qualité des produits.

Dans l'entreprise, la fonction « maintenance » consiste de moins en moins souvent à remettre en état l'outil de travail mais de plus en plus fréquemment à anticiper ses dysfonctionnements.

L'arrêt ou le fonctionnement anormal de l'outil de production, et le non-respect des délais qui s'en suivent, engendrent en effet des coûts que les entreprises ne sont plus en état de supporter. Elles ne peuvent plus attendre que la panne se produise pour y remédier mais doivent désormais s'organiser pour procéder aux diverses opérations qui permettent de l'éviter.

### 2. DEFINITIONS

*D'après Larousse*, la maintenance est l'ensemble de tout ce qui permet de maintenir ou de rétablir un système en état de fonctionnement.

*D'après L'Association française de Normalisation) [Fra, 99]*, la maintenance est l'ensemble des activités destinées à maintenir ou à rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise. Ces activités sont une combinaison d'activités techniques, administratives et de management.

### 3. DIFFERENTS TYPES DE MAINTENANCE

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

#### 3.1. 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.

### 3.2. 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.

## 4. 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.)

### 4.1. 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.

### 4.2. 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.

### 4.3. 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 satisfaites.

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.

#### **4.4. 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.

#### **4.5. 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.

#### **4.6. 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.

#### **4.7. Calibrage (extrait de la spécification E2M n° E/970101/C)**

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

#### **4.8. 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 mesuré.

#### **4.9. 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.

#### **4.10. Réglage (extrait du vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie – 1993)**

C'est l'Ajustage utilisant uniquement les moyens mis à la disposition de l'utilisateur.

#### **4.11. Déclassement (extrait de la norme AFNOR NF X 60-010-1994)**

Action par laquelle un bien est affecté à une classe d'utilisation moins sévère.

#### **4.12. Réforme (extrait de la norme AFNOR NF X 60-010-1994)**

C'est l'action administrative par laquelle il est décidé d'exclure toute utilisation, un bien usagé dont on a constaté l'inaptitude totale ou partielle à accomplir la fonction requise et qu'il n'est pas possible de déclasser.

#### **4.13. Recette fonctionnelle (extrait de la spécification E2M n°E/97010/C)**

La recette fonctionnelle permet de s'assurer de l'état de fonctionnement global d'un appareil de mesure sans préjuger de sa précision.

La recette fonctionnelle comprend entre autres le contrôle de sécurité, extérieur, un examen fonctionnel et un contrôle de la conformité à la commande.

#### **4.14. Recette technique (extrait de la spécification E2M n°E/970101/C)**

La recette technique correspond à une recette fonctionnelle suivie d'une opération de vérification. Ceci permet de s'assurer qu'un appareil de mesure, neuf ou d'occasion, satisfait aux prescriptions qui autorisent sa mise en service.

La recette technique se différencie de l'intervention de vérification par le contrôle de la confirmée à la commande.

### **5. 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] :

#### **5.1. 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.

### 5.2. 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 ou ils ont reçu une formation particulière.

### 5.3. 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.

### 5.4. 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.

### 5.5. Niveau5

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

## 6. GESTION DE MAINTENANCE

### 6.1. Principe de la gestion

Gérer c'est administrer, diriger, gouverner, exercer des fonctions de direction est de contrôle pour son propre compte ou pour le compte d'un autre.

La gestion de la maintenance dans une installation industrielle c'est : **[Fra, 99]**

1. Lui définir des objectifs chiffrés est mesurable.
2. Définir les moyens à mettre en œuvre pour atteindre ses objectifs,

Le gestionnaire de maintenance est responsable de la mise en place d'un système de gestion adapté à son entreprise, il doit tenir compte ;

- Des spécificités de l'entreprise.
- De sa taille.
- De l'importance de la maintenance.
- Du degré d'information.

3. Mesurer les résultats, les comparer avec les objectifs, analyser les écarts et décider des moyens à maître en œuvre pour corriger la déviation.

### 6.2. Les objectifs de la maintenance

Les objectifs de la gestion de maintenance seront atteints si le gestionnaire maîtrise parfaitement les paramètres et les conditions de fonctionnement de l'entreprise.

Le rôle de la maintenance est donc de traiter les défaillances afin de réduire et si possible d'éviter les arrêts de production.

La maintenance est indissociable des poursuites des objectifs conduisant à la maîtrise de la qualité, les cinq zéros symbolisant les objectifs, concernent en effet la maintenance, est un fonctionnement avec :

- Zéro panne ; c'est l'objectif matériel de la maintenance.
- Zéro défaut : une production sans défaut nécessite un outil de production en parfait état et une organisation adéquate, tout produit présentant un défaut est assimilable à un arrêt de production et se traduit par une prolongation des délais et de coûts inacceptables.
- Zéro stocke et zéro délai : une fabrication sans stock n'est pas compatible avec une livraison sans délai que si l'outil de production est parfaitement fiable.
- Zéro papier : il faut assurer zéro papier inutile on particulier les papiers engendrés pour les erreurs, les défauts, les défaillances, le retard ...etc.

### 6.3. Aspects de la maintenance

La maintenance d'un bien commence avec la prise en compte, dès sa conception, des notions de fiabilité de maintenabilité, qui sont de plus en plus inscrites dans le cahier de charge.

Un équipement commence par une évolution peut de temps après sa mise en service. Ces caractéristiques, sa capacité à produire, la qualité de travail fourni peuvent diminuer les coûts d'exploitation. Il est donc indispensable d'agir pour le rendre conforme à un état initial. Plusieurs solutions s'offrent alors [Fra, 99]:

- L'intervention du constructeur.
- L'intervention d'une entreprise extérieure spécialisée.
- L'intervention de service de maintenance interne à l'entreprise.

### 7. DEMARCHE DE LA MAINTENANCE

Les interventions sur des équipements sont nécessaires pour la conservation de leurs bons états de fonctionnement. Il est donc possible de garder en mémoire [Fra, 99]

- Les pannes qui ne sont présentés.
- Les coûts de remise en état.
- Le temps d'indisponibilité.
- Les coûts de perte de production pendant l'indisponibilité.
- Les modifications techniques à porter...etc.

Cette nécessité conduit à mettre en place pour chaque équipement un dossier qui se présente en 2 parties :

1. Un dossier technique
2. Un dossier machine

#### 7.1. Dossier technique

Il regroupe tout ce qui est propre à un modèle de machine : données du constructeur, plans schémas électriques, nomenclature, etc. Il suffit donc d'un dossier technique par type de machines.

#### 7.2. Dossier machine

Il est relatif à chaque machine prise individuellement, les dossiers machine regroupent [Fra, 99]:

- Les renseignements propres qui concernent cette machine (année de mise en service, montant d'investissement, configuration de fonctionnement).
- La trace écrite de toutes les opérations d'entretien réalisées sur la machine (historique ou traçabilité).

### 8. L'ORGANISATION DE LA MAINTENANCE

Les missions principales de la maintenance sont[Fra, 99] :

- Assurer la disponibilité optimale de l'outil de production

La fonction première de la maintenance est de s'assurer que tous les équipements, machines et systèmes de contrôle sont en permanence opérationnels.

Ce type de disponibilité sera qualifié de disponibilité technique (il y a d'autres raisons possibles d'indisponibilité que l'état mécanique des appareils).

- Assurer les conditions opératoires optimales.

La disponibilité n'est pas une condition suffisante pour que la performance des unités de fabrication soit acceptable, il faut aussi que les conditions opératoires soient optimisées. Des problèmes en apparence très mineurs peuvent altérer la qualité des produits, réduire des débits ou affecter d'autres paramètres eux-mêmes importants pour la performance globale.

- Obtenir l'efficacité maximale des ressources allouées à la maintenance.

Les responsables de la maintenance gèrent un budget appréciable, le stock de pièces de rechange, négocient pour des millions d'Euros des marchés de sous-traitance et d'achat, ont à leur disposition des équipements et du personnel. L'utilisation la plus efficace possible de ces ressources est un des objectifs.

- Tenir des dossiers de maintenance complets et précis.

Sans informations historiques complètes, la maintenance est incapable de remplir convenablement sa mission. La documentation à renseigner comprend toutes les informations relatives aux équipements, les historiques, les procédures de réparation et les coûts.

- Obtenir la meilleure durée de vie possible des équipements.

Les coûts de maintenance dépendent de façon significative de la durée de vie des équipements.

- Minimiser les stocks.

Les stocks sont très coûteux, les réduire est toujours un objectif majeur. Les techniques de maintenance prédictive permettent dans une certaine mesure d'anticiper les besoins de pièces de rechange et de matériel, donc d'acheter au coup par coup sur la base de besoins réels.

Les outils d'évaluation du risque sont de plus en plus utilisés pour décider de stocker ou non des matériels spécifiques. Les fournisseurs proposent de plus en plus des contrats assurant la disponibilité de pièces de rechange.

- Maintenir l'aptitude à réagir très vite.

Toutes les défaillances ne peuvent pas être évitées. En cas de problème grave l'organisation doit savoir réagir avec promptitude et efficacité à tout imprévu. Cette qualité doit être entretenue avec soin, elle est également indispensable pendant les arrêts.

## 9. LA MAINTENANCE AU NIVEAU DE L'ACTIVITE AVAL-SONATRACH

### 9.1 Introduction

Sonatrach est la compagnie algérienne de recherche, d'exploitation, de transport par canalisation, de transformation et de commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivés. Elle intervient également dans d'autres secteurs tels que la génération électrique, les énergies nouvelles et renouvelables et le dessalement d'eau de mer. Ses activités constituent environ 30% du PNB de l'Algérie. Elle emploie plus de 120.000 personnes pour l'ensemble du Groupe.

Le schéma d'organisation de la macrostructure s'articule en conséquence, autour de la direction générale, les directions opérationnelles exercent les métiers du groupe, et développent son potentiel d'affaires, tant en Algérie qu'en international. Elle comprend éventuellement quatre activités :

L'Activité Amont (AMT) c'est la rente de la chaîne autrement dit c'est la recherche des gisements,

L'Activité Aval (AVL) c'est la sortie des hydrocarbures à la chaîne de production pour les liquéfier, les raffiner juste avant la commercialisation,

L'Activité transport par canalisation (TRC) c'est le transport par canalisation des hydrocarbures liquides et gazeux,

L'Activité commercialisation c'est la commercialisation des produits finis dans le marché international.

### 9.2 La maintenance à la Sonatrach

Le groupe SONATRACH est pionnier dans la maintenance. La première unité de maintenance a 41 ans d'âge. La maintenance des installations de production vise à :

- Améliorer la productivité par un bon état et un bon taux de disponibilité des équipements,
- Améliorer la durée de vie des équipements,
- Assurer la sécurité des équipements et du personnel exploitant,
- Assurer un fonctionnement des équipements en conformité avec les exigences de la protection de l'environnement,
- Optimiser les coûts d'exploitation en cherchant le juste compromis entre les impératifs de production et la nécessité de maintenir.
- Enfin on peut dire que, l'activité actuelle de la maintenance s'inscrit dans un cadre de participation à la réalisation des objectifs de productivité, de rentabilité et de croissance de l'entreprise, tout en appliquant la relation ( I M F S ) .

#### 9.2.1 La Fonction Maintenance à AVAL/LQS

L'Activité Aval a pour missions essentielles d'exploiter les unités existantes de liquéfaction de gaz naturel et de séparation des GPL, de mettre en œuvre le plan de développement de l'Aval pétrolier et gazier et suivre la gestion du portefeuille des filiales et participations confié au Holding RCH (Raffinage et Chimie).

L'Activité Aval de SONATRACH englobe :

- Quatre complexes de liquéfaction de gaz naturel,
- Deux complexes de séparation des GPL,
- Trois filiales de production industrielle : NAFTEC (Raffinage), ENIP (Pétrochimie) et HELIOS (Hélium),
- Trois filiales de services : SOMIZ (Maintenance Arzew), SOMIK (Maintenance Skikda) et SOTRAZ (Transport),
- Deux entreprises de gestion de zone industrielle : EGZIA (Arzew) et EGZIK (Skikda).

Le Département Maintenance d'un Complexe de GNL ou GPL est chargé des missions et taches suivantes:

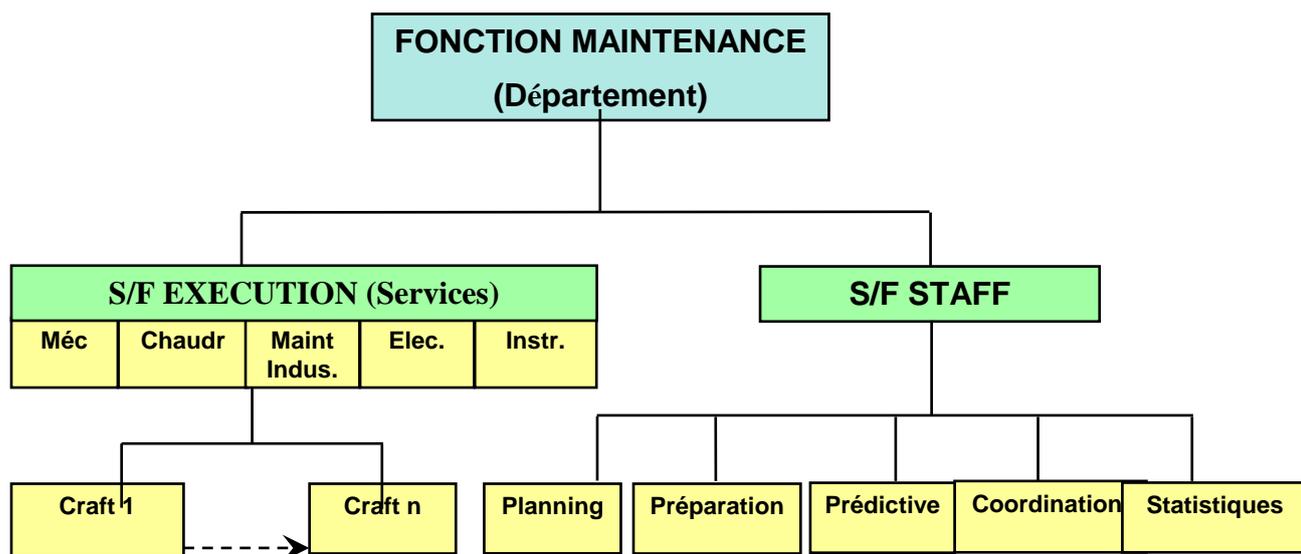
- L'application d'un système efficace de maintenance préventive, en vue de maintenir toutes les installations du complexe en parfait état de fonctionnement.
- La programmation et les plannings des arrêts, révisions générales ou périodiques en collaboration avec les départements Technique, Production et Approvisionnement.
- L'exécution des opérations de maintenance d'intervention, dans les meilleures conditions de qualité de coûts et de délais.
- La préparation des prévisions périodiques d'approvisionnement en pièce de rechange, outillage ...etc.

Le positionnement du département maintenance dans la structure du complexe est un rôle de support pour la production pour permettre de garantir et d'accroître la disponibilité des équipements. Ceci en interférant au minimum avec la production et en assurant la qualité des prestations de maintenance.

Le département maintenance (G) s'articule autour de deux sous fonctions qui sont : **[rai, 10]**:

1. La sous fonction EXECUTION
2. La sous fonction STAFF

La Figure1 représente l'organisation de la fonction maintenance



**Figure1.1** : l'organisation de la fonction maintenance

## 1. La sous fonction STAFF

La sous fonction STAFF aide le travail de l'exécution en :

- Préparant Le travail (Section Préparation).
- Planifiant la réalisation du travail dans le temps et en rentabilisant les ressources (Section Planning).
- Tenant à jour les statistiques (Section Statistiques).

### a. Section Préparation

Les missions de la section sont :

1/ Préparer :

- Les demandes de travail (DTs) en priorités 2 le jour même, priorités 3 - 4 - & 5 dans les délais.

La priorité p signifie les degrés d'urgence de la demande de travail. Voir en Annexe les détails des cinq priorités.

- Les Consultations d'Entreprises, demandes d'Achat et Ordres de Service.

### 2/ Administrer :

- Les Gammes Opératoires, la documentation (Technique et Historique) et l'Inventaire des Equipements.

### 3/ Améliorer :

- Les Modes Opératoires, les Normes de Travail.
- Proposer des Actions Correctives pour :
  - Les Avaries.
  - Les Travaux répétitifs Coûteux

### b. Section Planning

Les missions de la section sont :

- Etablir le Programme Journalier des Travaux du Lendemain (PJT).
- Elaborer les plannings.
- Programmes d'Entretien Préventif
- Plannings d'Arrêts Programmés (de Travaux Neufs et de Travaux Exceptionnels).
- Procédures & Contrôles :
- Mesurer les Besoins Totaux de Main-d'œuvre de toutes les Spécialités
- Fournir les Informations permettant de Mesurer les Performances et les Coûts
- Analyser les Déviations au Budget.

### c. Section Statistiques (L'Information de gestion)

La mission générale de la section statistique est de collecter, traiter et distribuer l'information relative à la gestion de la fonction Maintenance :

- Activités journalières (Corrections Hxh par Craft/Prép).
- Rapport Hebdomadaire, Mensuel et Annuel.
- Elle assure généralement la liaison avec les finances et la comptabilité.

### 2. La sous fonction EXECUTION

La sous fonction EXECUTION a pour mission principale de réaliser sur le terrain les travaux d'entretien demandés par la production.

On trouve dans cette sous fonction des CRAFTS ou sections par corps de métier :

- Electricité (E)
- Instrumentation (R)
- Mécanique (T)
- Chaudronnerie (C)
- ...etc.

La sous fonction EXÉCUTION est dégagée des activités de préparation, planification et des liaisons permanentes avec le département production et les autres départements du complexe.

La mise à disposition d'un équipement pour y effectuer des travaux d'entretien est gérée par un système de Permis de travail.

#### **9.2.2 La gestion des travaux de la maintenance (AVAL)**

L'élaboration détaillée de la programmation des travaux d'entretien préventifs est faite par la section Planification comme le prévoit le système Maintenance G (manuel de gestion de la maintenance). Cette section prépare et rédige les demandes de travail (DT) pour les travaux préventifs.

Les travaux de maintenance curatifs, c'est-à-dire les travaux liés aux demandes de travail (DT) émises par la production, sont traités par la section Préparation ainsi que le système G le prescrit.

Toute demande de travail issue d'un service demandeur est traitée selon un processus.

Dans cette étape, Les gammes et moyens par équipement sont alimentés par les prescriptions des fournisseurs et ensuite potentiellement enrichie par l'expérience accumulée par les préparateurs qui établissent les gammes des travaux, ils font une estimation des heures nécessaires et ils organisent et vérifient la disponibilité des ressources humaines (employés) et matérielles (pièces de rechanges, grues, échafaudages, etc.).

Pour identifier le degré d'urgence d'un travail, un code de priorité est attribué à chaque DT par le demandeur du travail. Les codes utilisés sont : P1, P2, P3A, P3B, P4 et P5. A l'exception des DT de priorité 1 qui sont transmises directement aux crafts, la section Préparation s'occupe de toutes les DT pour ce qui concerne la rédaction ou la recherche / mise à jour des gammes et des liste de matériaux (LMX), matériels (LML) et personnels (LPL).

Pour tous les travaux curatifs, le code de priorité est attribué par le demandeur (Production). Cependant le département de maintenance peut réévaluer le degré d'urgence du travail et baisser la priorité attribuée (priorité 1, priorité 2 ou priorité 3).

Les travaux de maintenance sont organisés et classifiés en fonction des genres qui sont :

- Genre 1 : accidentel qui couvre les réparations et les remplacements exécutés suite aux défaillances des équipements quelles que soient les causes de ces défaillances
- Genre 2 : préventif qui couvre les interventions résultant d'un programme d'entretien préventif et les inspections imposées par la loi
- Genre 3 : modifications et déplacements qui couvrent les modifications et les déplacements des équipements qui augmentent ou non la valeur investie
- Genre 4 : DT permanente qui couvre les demandes permanentes établies et approuvées par chaque usine et par chaque craft.

Les DT permanentes concernent les travaux mineurs, répétitifs et routiniers exigeant moins d'une heure de travail et l'exécution de ces travaux peut être obtenue sur simple demande téléphonique.

### **9.2.3 Typologie de maintenance au sein d'Aval [Khi, 07]**

La maintenance au sein du complexe est basée sur une maintenance préventive, prédictive et curative ainsi que les arrêts programmés.

1/ La maintenance préventive

La grande partie de la maintenance préventive est réalisée lors des arrêts périodiques et programmés. Une partie de la maintenance préventive (priorité 3a et 3b) est réalisée au quotidien sur les équipements redondants et en fonction de la disponibilité des ressources et ne nécessitent donc pas un arrêt ou une limitation de la production. Au sein de AVAL/LQS, ces activités sont connues sous la dénomination de Maintenance « on line ».

### 2/ La maintenance prédictive

Consiste principalement en des mesures vibratoires de grands équipements tournants.

### 3/ La maintenance curative

Elle est sensée être minimale et réalisée en fonction de 2 priorités de réalisation que le système G prévoit. Ces priorités sont :

- priorité 1 : indique que le travail doit commencer le jour même de la formulation de la demande ou en cas de danger immédiatement ;
- priorité 2 : indique que le travail doit commencer le jour ouvrable qui suit celui la notification de la demande (DT) au planificateur ;

### 4/ Les Arrêts Programmés

Les arrêts programmés sont définis en concertation avec les départements Production et Technique Inspection ainsi que les Directions centrales à savoir la direction exploitation (EXP), maintenance (MNT) ainsi que la division LQS. Lors des arrêts programmés, la maintenance fait appel à des experts techniques externes notamment pour les équipements critiques (compresseurs, Turbines, etc.).

L'appel à la sous-traitance est fait selon que le travail exigé n'est pas repris dans les métiers de base de Sonatrach LQS ((peinture, isolation thermique, chaudronnerie, logistique, menuiserie, génie civil, ...))

Pour chaque arrêt programmé des unités, une structure ad-hoc est mise en place pour la planification, la coordination et le suivi des travaux, avec la constitution des comités (complexe, usine), ainsi que la désignation d'un Coordinateur principal pour l'arrêt programmé.

Le système prévoit l'établissement de :

- Une liste des travaux fournis par le service Inspection
- Une liste des travaux par la production
- Une liste des travaux par la maintenance y compris le Backlog.

Il existe trois types d'arrêts programmés:

- E1 est un arrêt de courte durée avec des travaux mineurs.

- E2 est un arrêt de durée limité avec une visite / ouverture partielle de certains équipements (p. ex. les paliers et les labyrinthes des turbocompresseurs).
- E3 concerne l'ouverture / la révision complète d'un train de production.
- Arrêt général

### 9.2.4 La Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur(GMAO)

L'ensemble des processus principaux de la maintenance sont gérés par la GMAO et plus particulièrement par un applicatif nommé GATIOR.

Une base de données est générée au sein des complexes pour gérer les processus et les enregistrements du département Maintenance, Approvisionnement et Technique/Inspection.

L'applicatif GATIOR gère 03 Fonctions :

1/ maintenance

- Système de base
- Arrêt programmé
- Maintenance prédictive
- Software d'opération

2/ Approvisionnement

- Achat
- Gestion des stocks

3/Technique (Inspection)

## 10. CONCLUSION

La maintenance n'est pas un processus mineur de l'entreprise, mais un processus essentiel. De nombreux dysfonctionnements observés dans d'autres fonctions prennent leur origine dans ce processus. Fort de cette certitude, la citation suivante prend alors tout son sens : " quand la maintenance tousse, c'est toute l'entreprise qui s'enrhume ! ".

Nous avons pour ce fait, impliqué l'outil informatique en proposant un système pour aider les maintenanciers dans leurs prise de décision. Ce dernier est basé sur l'ingénierie de connaissances (IC).

Nous allons dans le chapitre suivant présenter le concept (IC) en détaillant la méthode choisi pour l'implémentation de notre modèle.

## *CHAPITRE II*

---

# L'INGENIERIE DES CONNAISSANCES

---

### 1. INTRODUCTION

La gestion des connaissances ou Knowledge Management (KM) est une activité récente bien que le problème existe depuis que l'homme ait créé des connaissances à transmettre, soit depuis au moins 60 000 ans. C'est par ce transfert du savoir de génération en génération que le feu est parvenu jusqu'à nous, et par l'incessante activité du cerveau que nous en sommes à notre civilisation moderne. Dans cette course incessante aux progrès, la Gestion des Connaissances joue un double rôle : d'une part, aider à optimiser les activités en les aidants à travailler leurs savoir-faire, et d'autre part, optimiser le transfert des connaissances, de leur formalisation à leur acquisition, en utilisant de nouvelles techniques et méthodes telle que l'ingénierie de connaissances.

### 2. DEFINITIONS

Le terme «ingénierie» est un terme introduit de manière récente dans la langue française où il se substitue parfois au terme génie désignant l'art de l'ingénieur.

La «connaissance» est l'ensemble des notions et des principes qu'une personne acquiert par l'étude, l'observation ou l'expérience et qu'elle peut intégrer à des habiletés.

L'ingénierie des connaissances comme étant « l'étude des concepts, méthodes et techniques permettant de modéliser et/ou d'acquérir les connaissances pour des systèmes réalisant ou aidant des humains à réaliser des tâches se formalisant à priori ou pas ». [Erm, 96]

Il ne s'agit pas de reproduire le processus cognitif d'un expert pour une tâche particulière, mais de construire un modèle de connaissances acceptable à partir duquel un système sera capable de résoudre, ou d'aider à résoudre une classe de problèmes associés à cette tâche [Aus et al, 92].

### 3. ORIGINE ET EVOLUTION DU CONCEPT

L'ingénierie des connaissances a évolué depuis les années 70, en développant d'abord des 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 [Aus et al, 92].

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 [Ben et al, 07].

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.

### 4. DEMARCHE D'UNE APPROCHE D'INGENIERIE DES CONNAISSANCES

La recherche en ingénierie des connaissances produit des méthodes et des techniques de recueil, d'analyse et de structuration des connaissances, des plateformes de modélisation et des représentations des connaissances, opérationnelles ou non, selon [Aus et al, 92].

Il propose une démarche globale pour l'ingénierie des connaissances qui passe par des étapes de :

1. Recueil de données brutes du domaine d'expertise (interviews, grilles répertoires) : la définition des objectifs et des fonctionnalités attendues.
2. Construction d'un schéma de modèle conceptuel : la définition d'un vocabulaire abstrait pour décrire et structurer les connaissances expertes.
3. Définition du modèle conceptuel complet (avec les données du domaine d'application) : l'identification pleine des connaissances à acquérir et des différents types de connaissances à manipuler.
4. Implémentation de ce dernier dans une base de connaissances opérationnelle (choix d'un langage pour l'implémentation du système final).

### 5. TECHNIQUES D'INGENIERIE DES CONNAISSANCES

Les techniques d'ingénierie des connaissances sont nombreuses. Ces techniques ont pour finalité l'outillage des différentes étapes d'une ingénierie de connaissances, telles que définies dans le paragraphe précédent. La technique centrale dans une ingénierie des connaissances reste la modélisation.

Dans [Erm, 00], les auteurs présentent plusieurs techniques de recueil des connaissances, utilisées pour l'acquisition des connaissances quand un système à base de connaissances est construit. Nous en citons quelques uns :

- Les interviews
- Les analyses de protocoles verbaux obtenus par simulation de résolution de problèmes
- L'observation directe
- L'utilisation d'un questionnaire
- Les verbalisations rétrospectives (passages en révisions des protocoles précédents)
- L'introspection, la technique du magicien d'Oz
- Le protocole de collection collective
- L'extraction à partir de corpus textuels

### 6. METHODES D'INGENIERIE DES CONNAISSANCES

Sur une longue liste des méthodologies de l'ingénierie de connaissances, nous citons d'une manière non exhaustive:

- La méthode MOKA: Methodology and tools Oriented to Knowledge-based engineering Applications [Cal et al, 99]. Elle offre un atelier complet, sous forme de démarche, de modèles de représentation et d'outils, dédiée au développement des systèmes experts.
- La méthode MCSC: Méthode de Conception des Systèmes d'information Coopératifs [Bou et al, 00]. Elle est spécialisée dans les problématiques organisationnelles liées au travail coopératif.
- La méthode GIM : Grai Integrated Methodology [Dou et al, 87] 2ème génération de la méthode GRAI (Graphe de Résultats et Activités Interreliés) développée par le laboratoire GRAI (Groupe de Recherche en Automatisation Intégrée) de l'université de Bordeaux en 1977. Utilisée à partir de 1980 dans les domaines de la thématique électrique et de la productique.
- La méthode SAGACE (Solution Algorithmique Génétique pour l'Anticipation de Comportements Evolutifs) [Pen, 90] qui est une méthode de modélisation des systèmes complexes. Elle permet la capitalisation des connaissances dans une mémoire de projet.
- La méthode CommonKADS : Common Knowledge Acquisition and design Support [Bre, 94] qui permet de mettre en place un processus d'acquisition (puis de gestion) des connaissances par la construction de système à base de connaissances.
- La méthode KOD: Knowledge Oriented Design [Vog, 90] qui s'intéresse à produire une spécification de l'expertise traitée précisant les domaines de compétence et les phases de mise en œuvre de cette expertise.
- La méthode REX: Retour d'Expérience [Mal et al, 93] qui est une méthodologie dédiée à la capitalisation de l'expérience acquise durant la réalisation des activités d'une organisation et qui gère les connaissances dans un objectif de retour d'expérience.

- La méthode MASK : Methodology for Analysing and Structuring Knowledge qui se présente comme une méthode d'analyse des systèmes de connaissances, dont le but est de rendre ces systèmes intelligibles à ceux qui en sont les acteurs, afin qu'ils puissent mettre eux-mêmes en place leur propre système de connaissances.

### 6.1. La méthode KADS

#### 6.1.1 Présentation générale

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). [Sch et al, 99]

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 CommonKADS (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 [Sch et al, 99]

:

1. **Niveau domaine**, décrivant la connaissance statique du domaine indépendamment de son utilisation. La connaissance est structurée en étudiant :

Les concepts qui sont des termes fondamentaux pour la modélisation, les structures qui permettent de lier les concepts et leurs attributs, les relations qui associent les concepts ou les structures et les modèles qui regroupent des relations autour d'un thème de résolution de problèmes.

- 2. Niveau inférence**, contenant des méta-connaissances portant sur le niveau domaine et décrivant la compétence fonctionnelle, c'est-à-dire les fonctionnalités instantiation, classification, assemblage et comparaison, utilisées lors de la résolution de problèmes s'exerçant sur le domaine et appelées <<source de connaissances>> tandis que leurs arguments sont appelés << méta classe>> ou <<rôles>>. Ces derniers indiquent comment un ensemble spécifique de concepts du domaine peut être utilisé.
- 3. Niveau tâche**, décrivant les moyens pour atteindre un but lors de la résolution de problèmes. Il contient des buts décomposables en sous buts et des tâches structurées.

Le niveau tâche spécifie quelles inférences doivent être déclenchées, suivant le plan crée au niveau stratégie.

- 4. Niveau stratégie**, qui décrit les plans de résolution du problème en fonction du contexte et des compétences.

KADS commence par éliciter les connaissances d'un expert, pour pouvoir les écrire en langage naturel, puis ces connaissances sont interprétées afin de les placer dans un cadre plus conceptuel (par exemple en ressortant leurs principales caractéristiques communes, en liant les diverses connaissances entre elles), et pour terminer elles sont formalisées de manière à être exploitables par un outil informatique.

Ainsi cette méthode offre un référentiel d'organisation de la modélisation des connaissances, et une méthode permettant de développer des applications. Elle permet de mettre en place un processus d'acquisition des connaissances pour la construction de systèmes à base de connaissances, depuis le recueil de connaissances jusqu'au développement d'un système complet.

### 6.1.2 Cycle de vie KADS

KADS propose un cycle de vie basé sur les méthodes de développement de logiciels. Une analyse complète de données précède la conception et l'implémentation du système expert. Les résultats de la phase d'analyse servent d'entrée à la phase de conception où ils sont transformés en spécification de l'architecture fonctionnelle du SBC. KADS repose sur l'hypothèse que les phases d'analyse et de conception doivent être séparées : pas de retour sur la phase de conceptualisation une fois celle-ci est achevée, mais le raffinement des modèles exige l'alternance de recueils et d'analyse de ceux-ci.

Le cognicien peut donc extraire les connaissances utiles de l'expert (pour l'application) indépendamment des conditions d'implantation. L'information recueillie dans le modèle conceptuel est ainsi moins biaisée et d'un haut niveau d'abstraction.

### 6.1.3 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 [Bru et al, 91] :

- 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).

### 6.1.4 Discussion

Le cycle de vie de KADS peut être adapté (enrichi ou accéléré) en fonction du domaine de l'expertise et d'autres contraintes (contraintes de temps, par exemple). Pour remplir ces modèles, KADS offre :

1. Un langage pour le modèle conceptuel (KCML)
2. Une bibliothèque des tâches génériques, sorte de modèles conceptuels génériques à combiner, à adapter et à remplir en fonction du domaine.
3. Un module de conception qui décrit comment le modèle conceptuel et les besoins externes peuvent être traduits dans une architecture adéquate.
4. Un module de modalités spécifiant la coopération et la communication du SBC avec l'utilisateur ou avec d'autres systèmes.
5. Des outils dédiés à la mise en œuvre de CommonKADS ont été développés : il y a notamment <<Open KADS>> et <<KADS Tools>> (développés par Cap Gémini). La méthode KADS permet ainsi de capitaliser les connaissances d'un domaine par des modèles. La gestion de ces connaissances se fait par inférences, mais la principale caractéristique de cette méthode reste sa fonction de capitalisation et de représentation des connaissances. Elle permet, lorsqu'elle est appliquée totalement, d'aider à la résolution de problèmes par la réalisation d'un système informatisé d'aide à la décision, d'assistance, ou d'automatisation des tâches.

## 6.2. La méthode KOD

### 6.2.1 Présentation générale

La méthode KOD (Knowledge Oriented Design) a été développée par Claude Vogel [Vog, 90] pour fournir un support à l'activité Intelligence Artificielle de CISI Ingénierie (une Société de services en Ingénierie et Informatique). Cette méthode née de la rencontre de l'informatique, de l'éthologie et de la linguistique et fondée sur une approche anthropologique a eu un certain succès dans l'entreprise. Elle a été diffusée par CISI Ingénierie.

A partir du discours de l'expert, de sources documentaires, d'observations de l'analyse, la méthode KOD produit une spécification de l'expertise précisant les domaines de compétences, les phases de mise en œuvre de l'expertise et autres.

L'originalité de KOD réside dans son étude systémique du texte pour en extraire la connaissance. Ce caractère lui permet de donner des bornes précises à une exécution de la méthode KOD. Celle-ci comporte donc des tâches qui fixent précisément le déroulement dans le temps. Ce primat du langage demande de dominer la diversité de la langue pour obtenir une spécification précise et apte à être codée à l'aide de l'outil ad hoc. L'accent est alors mis sur l'aspect communication et échanges langagiers, internes et externes, d'où l'hypothèse fondatrice de KOD à propos de la langue de spécialité. Un système d'information est toujours une variante de la langue naturelle, un dialecte, qui par nature relève des sciences du langage et n'a donc pas de statut autonome de plein droit. C'est pourquoi KOD prévoit un modèle de passage de langue au langage. Enfin KOD donne une méthode de validation. Elle assure la qualité de la transmission du savoir effectué entre l'expert et l'ingénieur de la connaissance.

### 6.2.2 Cycle de KOD [Vog, 90]

KOD s'inspire de la notion du <<Knowledge level>> .Le travail consiste en une simple transcription de l'énoncé du savoir à l'aide d'un support informatique. Elle architecture donc son modèle en trois niveaux : le niveau linguistique, le modèle d'expertise et le niveau informatique. La constitution du modèle d'expertise est l'occasion de s'assurer de la bonne compréhension du savoir. Parmi les moyens indiqués pour mener à bien le transfert de connaissances. Le langage est cité en bonne place. Dans toute opération de transfert d'informations entre différents intervenants d'un projet, le langage constitue un véhicule de communication nodal.

De ces séances de travail, les intervenants génèrent des textes (retranscriptions complètes ou synthétiques) qui servent de support. KOD adopte l'idée que les techniques et les outils du génie linguistiques peuvent apporter une aide importante.

D'autre part, la maîtrise des coûts impose celle du temps et des hommes qui participent à l'élaboration du projet. Il s'agit de cerner précisément la nature du cycle de vie d'un recueil. KOD identifie trois étapes : la mise en place du projet, la spécification, le bilan et le choix des outils.

La mise en place du projet fixe les objectifs du système. Elle situe sa place dans l'informatique traditionnelle et précise les contraintes ergonomiques exigées du produit final. Elle assure ainsi la bonne intégration du système de base de connaissance dans la vie de l'entreprise. L'autre tâche fondamentale de cette étape est la désignation des experts. Elle détermine ainsi les moyens préconisés pour atteindre les objectifs.

La spécification est la phase principale où le génie cognitif intervient. Elle permet de s'assurer que l'expert correspond à l'objectif assigné et, éventuellement, soit de retenir un autre candidat, soit de faire évoluer les objectifs en fonction de l'expertise effectivement identifiée lors de cette phase.

La phase de bilan et de choix des outils, dresse le bilan de connaissances. Elle décide des produits qui peuvent être utilisés à base de ces informations et préconise les outils les mieux adaptés à une bonne réalisation.

### 6.2.3 Discussion

Conçu à partir des travaux de Claude Vogel pour CISI Ingénierie, l'outil support à KOD, la K-Station, a été développé et est distribué par ILOG (Une société française spécialisée dans les systèmes de gestion de règles métier BRMS et les composants logiciels d'optimisation et de visualisation innovants), de rationaliser la production d'application à base de connaissances. L'utilisation de la K-station intervient après la série d'entretiens menés auprès de l'expert. Sa première utilisation correspond à la saisie des retranscriptions de la verbalisation de l'expert. La K-station (qui se présente comme une plate-forme logicielle) offre un ensemble d'outils qui aident à la mise en œuvre de la méthode KOD. Certains de ces outils, de type hypertexte, permettent de gérer les fichiers de retranscription, de conceptualiser les informations qu'ils contiennent à l'aide des types de structures proposées par la méthode KOD puis d'établir des liens entre les textes et les structures constituées.

La K-station permet aussi de manipuler, entre les textes et les structures constituées. La K-station permet aussi de manipuler, entre autres, les éléments du lexique de l'expertise. Elle peut générer automatiquement les dictionnaires des données et toute la documentation associée à la modélisation de l'expertise. Des algorithmes d'analyse et de qualification des objets, basés sur les résultats de linguistique, peuvent consolider à tout moment la spécification en cours.

Après avoir conceptualisé une expertise avec la K-station, on dispose d'un ensemble de connaissances structurées selon les notions KOD, indépendamment de tout générateur de SBC. Cet ensemble est aisément traduisible dans un formalisme objet. ILOG a déjà envisagé un module qui assurerait le passage des résultats de KOD vers un environnement opérationnel.

### **6.3. La méthode REX**

#### **6.3.1 Présentation générale**

REX (acronyme de Retour d'Expérience) est une méthode dédiée à la capitalisation de l'expérience acquise durant la réalisation des activités d'une organisation. La méthode REX gère les connaissances dans un objectif affiché de retour d'expérience [Mal et al, 93]. Ses concepteurs sont partis du constat suivant : <<l'expérience de l'entreprise est détenue par les hommes et est mémorisée dans les documents>>. Son prototype a été développé en 1987, par le CEA, pour permettre de sauvegarder les connaissances développées avec le démarrage de Superphénix, le surrégénérateur nucléaire. Elle a ensuite été utilisée dans d'autres domaines tels que l'aéronautique ou la conception de générateurs électriques.

Le principe de base de REX consiste à composer des << éléments de connaissances >> relatifs à une activité et qui, une fois restitués, pourront être valorisés par les utilisateurs [Mal et al, 93]. L'ensemble de ces éléments d'expérience sont stockés dans ce qui est appelé une <<mémoire d'expérience>>. Concrètement, un élément d'expérience est un texte reflétant un savoir ou un savoir-faire. Trois types d'éléments de connaissances ont été définis :

1. L'ECD (Elément de connaissance documentaire) qui est produit à partir de fonds documentaire et correspond au résumé d'un document,
2. L'EEX (Elément d'Expérience) qui renvoie à l'expérience acquise par une personne de l'entreprise et qui est formalisée au cours d'un entretien,
3. L'ESF (Elément de Savoir-faire) qui renvoie au savoir-faire acquis par une personne en participant à une activité particulière.

Les EC sont construits principalement à l'issue d'interviews de spécialistes de l'organisation ; de l'analyse des documents et de l'interrogation de bases de données existantes. Avant tout entretien, il est nécessaire d'élaborer un questionnaire servant de base au travail du cogniticien. Un EC est typiquement constitué des éléments suivants : Un entête, une description ou corps, une liste de références.

L'entête comporte lui-même : un titre, une origine (le nom des experts interrogés), l'auteur, la date d'émission, une description du domaine et du contexte de validité. Le corps quand à lui est composé de trois parties : une description neutre d'un fait, une opinion propre et des commentaires, des recommandations. Les éléments d'expériences constitués sont organisés de façon à être facilement réutilisables.

### 6.3.2 Cycle de vie REX

Le cycle de vie de la méthode REX repose sur trois étapes :

1. L'analyse des besoins et l'identification des sources de connaissances de l'organisation. Durant cette étape, il s'agit de spécifier et de dimensionner le système de gestion des connaissances qui sera mis en place. Elle doit permettre d'identifier les spécialistes du domaine et d'estimer les Eléments de Connaissances susceptibles d'être produits.
2. La construction d'Eléments des connaissances et de la modélisation du domaine par un travail d'analyse documentaire et du recueil d'expérience, via des entretiens. Ces éléments sont décrits textuellement par une courte fiche technique de format normalisé qui permet leur structuration. Cette analyse est complétée par une description du domaine fondée sur différents points de vue. Basée sur une structure taxinomique de proximité, elle répertorie les entités collectées dans un schéma relationnel.
3. La mise en place puis l'exploitation du système de gestion des connaissances.
4. L'étape de <<recueil d'expériences >> est réalisée à partir de documents et d'interviews de spécialistes et d'experts qui seront numérisés, stockés puis mis à disposition des membres de l'organisation. Le système ainsi créé peut supporter l'ajout de nouvelles connaissances grâce à des remises à jour qui peuvent s'effectuer d'une façon autonome mais contrôlée. Les utilisateurs sont à même d'apporter leurs contributions dès qu'ils maîtrisent le concept d'éléments de connaissances.

### **6.3.3 Discussion**

La méthode REX propose un outil informatique permettant à la fois de mémoriser et d'accéder aux éléments d'expérience. L'interface permet de consulter la mémoire d'expérience au moyen de requêtes en langage naturel. Le système retourne ensuite un ensemble d'objets (définis dans le réseau terminologique) et les EC qui leurs sont rattachés. REX se présente donc une méthodologie complète permettant l'analyse, la capitalisation et l'opérationnalisation des connaissances relatives à l'expérience.

La méthode REX a été utilisée dans divers types d'applications tels que la spécification de systèmes de contrôle dans le domaine électrique, la conception de générateurs électriques, la conception aéronautique, etc. [Ben, 08]

## **6.4. La méthode SAGACE**

### **6.4.1 Présentation générale**

SAGACE est définie comme une méthode de capitalisation des connaissances dans une mémoire de projet. Elle a été développée au CEA et se présente comme une méthode de modélisation qui utilise une approche systémique et permet de réduire la complexité de la représentation d'un système [Pen, 90]. Elle est basée sur une représentation multi point de vue des systèmes. SAGACE est dotée d'un langage graphique qui permet d'élaborer des modèles faciles à interpréter

La modélisation SAGACE se base sur trois types de vision : [Ben, 08]

1. La vision fonctionnelle
2. La vision organique
3. La vision stratégique.

Chacune de ces visions est décrite avec trois éléments : le Processeur, le Flux et l'Observateur. Le tableau1 récapitule les différentes facettes d'une modélisation SAGACE.

A méthode SAGACE a été déjà utilisée pour rédiger des cahiers de charges, conduire des analyses fonctionnelles, supporter les analyses de sûreté de fonctionnement et conduire des études stratégiques et prospectives.

## **6.4.2 Discussion**

Il ne s'agit pas d'une simple méthode de capitalisation des connaissances. SAGACE est une méthode de capitalisation dédiée mémoire de projet, offrant un guide méthodologique pour construire une mémoire de projet. Un projet SAGACE a une approche descendante. Son objectif est d'assurer une représentation globale des systèmes, afin d'améliorer leur maîtrise. D'après nos recherches bibliothèques, la méthode n'a pas connu de grandes applications récentes.

## **6.5. La méthode MASK**

### **6.5.1 Présentation générale**

Il s'agit d'une méthode conçue par Jean-Louis Ermine à l'Université Bordeaux I sous le nom de MOSE en 1993, puis mise au point pour le Commissariat de l'Energie Atomique (CEA), en 1996, sous l'appellation de MKSM (Methodology for Knowledge System Management). Dans ce contexte, la méthode a été utilisé pour capitaliser les connaissances de chercheurs approchant l'âge de la retraite, dans trois domaines : les essais nucléaires, les neutrons rapides et l'enrichissement de l'Uranium par laser. **[Ben, 08]** La méthode continue d'être améliorée à l'Institut National des Télécommunications (INT)-Evry, sous la direction de son premier concepteur Jean-Louis Ermine, et porte désormais le nom de MASK (Methodology for Analysing and Structuring Knowledge).

Le résultat obtenu, en premier lieu dans un projet MASK, est un ensemble de modèles formalisant la connaissance et élaboré moyennant des interviews, avec les détenteurs de cette connaissance. Il peut être suffisant en soi si l'on désire immédiatement à une application informatique précise (un système d'aide à la décision, une base de données, ...etc.).

Historiquement, MASK avait été conçue dans cette optique, mais elle s'est rapidement orientée vers un objectif de capitalisation de connaissances. La méthode MASK se présente donc comme une méthode d'analyse des systèmes de connaissances, et pour but de rendre ces systèmes intelligibles à ceux qui en sont les acteurs, afin qu'ils puissent mettre eux-mêmes en place leur propre système de connaissances.

### **6.5.2 Cycle de vie MASK**

Mask est organisée autour du cycle de modélisation guidé par deux caractéristiques essentielles :

1. Les modèles ne sont pas tous nécessaires dans un projet particulier, d'où la nécessité d'une phase préalable de cadrage pour mieux identifier le besoin,
2. Il s'agit d'une méthode orientée vers l'analyse et dont le but est de maîtriser la complexité de la gestion des connaissances d'un domaine, et non pas d'aboutir nécessairement à une solution finalisée.

Les différentes modélisations s'effectuent sur la base de sources de connaissances identifiées. Il s'agit, en général d'experts ou de documentation (avec des lecteurs spécialisés). Elles comportent une phase de recueil sous forme d'entrevues ou d'interprétation de documentation.

Cette phase de recueil sous forme d'entrevues ou d'interprétation de documentation. Cette phase est toujours guidée par les modèles, et fonctionne grâce à l'interaction de personnes du domaine et de personnes extérieures, au fait des modèles. Vient ensuite une phase d'écriture et de mise en qualité des modèles, qui se fait grâce à des outils spécifiques. Ces modèles font ensuite l'objet d'une revue avec l'ensemble de ceux qui les ont élaborés.

L'ensemble des modèles construits est réuni dans un <<Livre de Connaissances>> du domaine. Ce concept de livre de connaissances est un concept en plein développement dans la problématique de la gestion de connaissances et qui se révèle très riche. Il capitalise et diffuse un ensemble de connaissances sur un domaine, représente un squelette de la connaissance qui permet d'indexer les documents de l'activité (fiches descriptives, mémo, thèse, liens hypertextes...) et qui peut être illustré avec des contenus multimédia (vidéo, images, sons...) et, surtout, fournit un point de départ indispensable à tout projet opérationnel de traitement de ces connaissances [Erm, 96].

### **6.5.3 Discussion**

MASK se présente comme une méthode d'analyse des systèmes de connaissances, dont le but est de rendre ces systèmes intelligibles à ceux qui en sont les acteurs, afin qu'ils puissent mettre eux-mêmes en place leur propre système de connaissances. Elle se définit, comme tâche, l'observation et la maîtrise d'un système de connaissances dans sa globalité et dans sa complexité et bénéficie des différents retours d'expériences pour être, continuellement, affinée et enrichie.

MASK a été utilisée dans plus d'une centaine de projets d'entreprises, parfois de grande envergure, notamment pour :

1. Capitaliser des connaissances d'experts partant à la retraite, avec sur certains cas la validation que la connaissance recueillie se transmettait aisément à de jeunes embauchés, sans aucun recours au <<compagnonnage>>.
2. Expliciter des savoir-faire de laboratoires en vue d'actions d'assurance qualité, notamment des demandes d'accréditation.
3. Réaliser des hypermédias à vocation pédagogique pour transmettre aux opérateurs de centrales la connaissance fondamentale soutenant les procédures de sécurité qu'ils utilisent.
4. Réaliser des interfaces <<intelligentes>> pour des grandes bases documentaires.

### 7. CHOIX DE LA METHODE D'INGENIERIE DES CONNAISSANCES

Les cinq méthodes décrites précédemment ne sont, certes, pas définies de manière exhaustive mais offrent déjà une multitude de choix.

Le Contexte de notre travail est d'intégrer une méthode d'ingénierie de connaissance, qui doit permettre au bout de son déploiement la mise à disposition de connaissances formalisées pour la construction d'un système d'aide à la décision.

Nous avons opté pour une étude comparative pour choisir la méthode d'ingénierie de connaissances la mieux adaptée à notre travail. Nous avons d'abord réalisé des recherches bibliographiques sur de telles études comparatives [Ben, 08], puis recensé une liste des éléments de comparaison adaptés au contexte de nos travaux.

Dans le but d'assurer un bon choix répondant au mieux à nos attentes, nous avons retenus les éléments suivants :

- Problématique et connaissances à traiter,
- Formalisation et outillage des connaissances
- Complexité de mise en œuvre
- Contexte d'entreprise et domaines d'application

La problématique que nous devons traiter dans notre mémoire est l'aide à la maintenance industrielle. Nous devons construire un système à base de connaissances afin de formaliser les connaissances des experts de maintenance. Pour se faire, nous avons opté pour la méthode CommonKads. L'objectif pour cette méthode est de proposer un processus d'acquisition des connaissances dans le but de modéliser l'ensemble des connaissances d'une organisation avec la création de système à base de connaissances (SBC), axés sur les connaissances jugées expertes.

## **LA METHODE COMMONKADS**

### **7.1 Historique**

CommonKads [Sch, 99], une méthode structurée pour la modélisation et le développement de systèmes à base de connaissances, est le produit d'une série de projets financés par le programme européen ESPRIT dont le premier remonte à 1983. Cette entreprise, réalisée par plusieurs partenaires universitaires et commerciaux européens, a nécessité des centaines d'années personnes.

Le principal maître d'œuvre fut l'Université d'Amsterdam. Le besoin d'une telle approche se fit sentir dès 1982, à l'époque où la pratique ambiante était le prototypage rapide et où on passait directement à la conception et l'implantation à l'aide d'équipements et de logiciels spécialisés tels que les machines LISP, les ateliers de systèmes experts. Plusieurs autres cadres de modélisation existent, tels que PROTÉGÉ [Mus, 95], Tâches génériques [Cha, 93], Role Limiting Methods [Mar, 88], COMMET [Ste,93], MIKE [Fen, 98]. Aujourd'hui, CommonKADS est considérée comme le standard européen pour les méthodes de développement de SBC.

Le développement de CommonKADS ne s'est pas effectué en vacuum. Il a été influencé par d'autres méthodes, telles que l'analyse et la conception structurelle, la modélisation orientée- objet, la théorie de l'organisation, la gestion de la qualité et la réingénierie de processus. Cette intégration d'éléments de diverses méthodes permet d'inclure dans un modèle CommonKADS des éléments de modélisation selon d'autres approches. Comme l'indique la Figure 1, CommonKADS se positionne entre l'approche structurelle et l'approche orientée- objet.

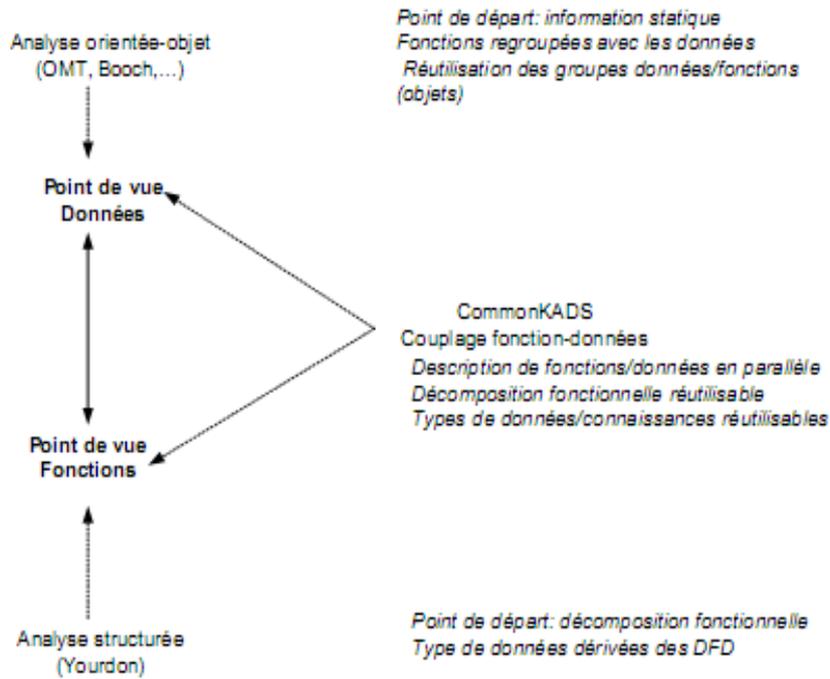


Figure 2.1. : Comparaison des diverses approches [Sch,99]

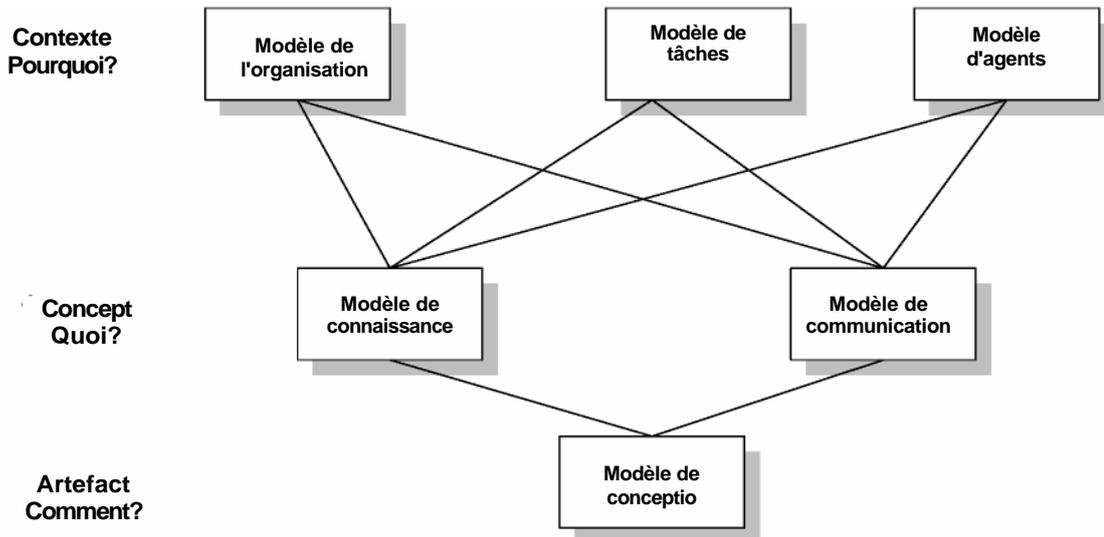


Figure 2.2 : Les six modèles de CommonKADS [Sch,99]

## 7.2 Principes de la méthode

CommonKADS repose sur les quatre principes suivants:

- l'ingénierie des connaissances n'est pas un travail « d'extraction de connaissances de la tête d'un expert », mais plutôt de construction de différents modèles des différents aspects de la connaissance humaine;
- le principe du niveau de connaissance: lors de la modélisation des connaissances, concentrons-nous en premier sur la structure conceptuelle des connaissances et laissons les détails de programmation à plus tard [New,82];
- la connaissance a une structure interne stable pouvant être exprimée par des types et des rôles de connaissances précis;
- un projet de connaissances doit être géré d'une façon spirale contrôlée qui permet d'apprendre des expériences passées.

## 7.3 Démarche de la méthode

Une modélisation à l'aide de CommonKADS cherche à répondre aux questions suivantes:

- contexte - pourquoi? Pourquoi une solution de type connaissance (knowledge solutions) pourrait-elle être possible? Pour quels problèmes? Quels coûts, bénéfices et impacts sur l'organisation pourrait-elle avoir? Et quelle est la faisabilité d'un projet de conception d'un SBC?
- concept - quoi? Quelle est la nature et la structure de la connaissance? Il s'agit ici de décrire la connaissance liée à une tâche.
- artefact - comment? Comment devrait-on implanter la connaissance dans un système? Il s'agit ici des aspects techniques de la conception et de l'implantation informatique.

On peut obtenir des réponses à ces questions en construisant six modèles: de l'organisation, de tâches, d'agents, de connaissances, de communications et de conception

Les trois premiers modèles permettent l'analyse de l'environnement organisationnel et des facteurs critiques au succès d'un système de connaissances. Les modèles de connaissances et de communications fournissent la description conceptuelle des méthodes de résolution de problème et des données qui doivent être traitées et livrées par le système. Le modèle de conception est la spécification technique du système basé sur les cinq premiers modèles.

Il est important de préciser qu'il n'est pas toujours nécessaire de construire les six modèles. Ceci dépendra du besoin du projet qu'on développe. Par exemple, dans le cadre de notre application, nous avons principalement développé le modèle de connaissances.

### 8.3.1 La modélisation du contexte

La modélisation du contexte repose sur le modèle de l'organisation, le modèle de tâches et le modèle d'agents. Le modèle de l'organisation sert à identifier les problèmes et les opportunités pour les résoudre à l'aide de solutions par des systèmes de connaissances. Il permet de déterminer la faisabilité du projet relié à ce type de solution. Les modèles de tâches et d'agents nous permettent de répondre aux questions suivantes:

- Recommande-t-on des changements organisationnels? Si oui, lesquels?
- Quelles mesures devrait-on implanter pour des tâches précises ainsi que les employés concernés?
- Est-ce que les changements proposés bénéficient de l'appui des personnes concernées?
- Quelles sont les directions futures du projet du système de connaissances?

Les livrables d'un projet de modélisation CommonKADS peuvent être l'un des éléments suivants:

- des documents sur les modèles CommonKADS;
- de l'information pour la gestion de projet;
- le logiciel d'un SBC.

#### 8.3.1.1. Le modèle de l'organisation

Le modèle de l'organisation supporte l'analyse des facettes majeures de l'organisation afin de découvrir les problèmes et les possibilités de solutions par des SBC. Il permet de déterminer la faisabilité de ces solutions et d'évaluer leur impact sur l'organisation. Il décrit l'organisation d'une façon structurée, à la manière d'un système. Il permet de tenir compte des différents aspects liés à l'introduction dans une organisation d'une solution de connaissances. Ces éléments incluent la structure de l'organisation, les processus, le personnel et les ressources. Il aide à identifier les endroits où des systèmes de connaissances peuvent ajouter de la valeur à l'organisation. De plus, il permet de choisir les solutions et d'évaluer leur faisabilité en déterminant la valeur du projet en matière de coûts et bénéfices, des ressources nécessaires et de l'engagement au sein de l'organisation.

L'idée est de synthétiser l'information sur ces éléments dans la situation actuelle et dans la situation proposée. En effectuant la comparaison, on peut avoir une bonne idée de la faisabilité et du potentiel d'acceptabilité des solutions de connaissances. De plus, elles permettent souvent d'obtenir des mesures de la performance de l'organisation et des suggestions d'amélioration qui vont plus loin que le développement de systèmes. Ce modèle est construit à l'aide de quatre tableaux reliés au Modèle de l'Organisation: MO- 1, MO-2, MO-3, et MO-4 décrits à la Figure 3.3 et détaillés dans les tableaux B.1 à B.5 de l'annexe B.

La faisabilité de la solution de connaissances est établie à l'aide du tableau Modèle de l'Organisation MO-5 (tableau B.5 de l'annexe B). Ce tableau nous permet d'analyser la faisabilité du point de vue des affaires en fonction des coûts et bénéfices anticipés, la faisabilité technique en fonction de la complexité des tâches et de la disponibilité des outils techniques, et la faisabilité du point de vue de l'organisation en fonction des ressources et des compétences disponibles, ainsi que de l'engagement des décideurs et gestionnaires. Cette démarche permet donc de tenir compte de différents points de vue. On peut alors choisir d'effectuer une analyse complète de la faisabilité ou encore de privilégier un aspect plutôt qu'un autre. Ce choix dépendra de la priorité des responsables du développement.

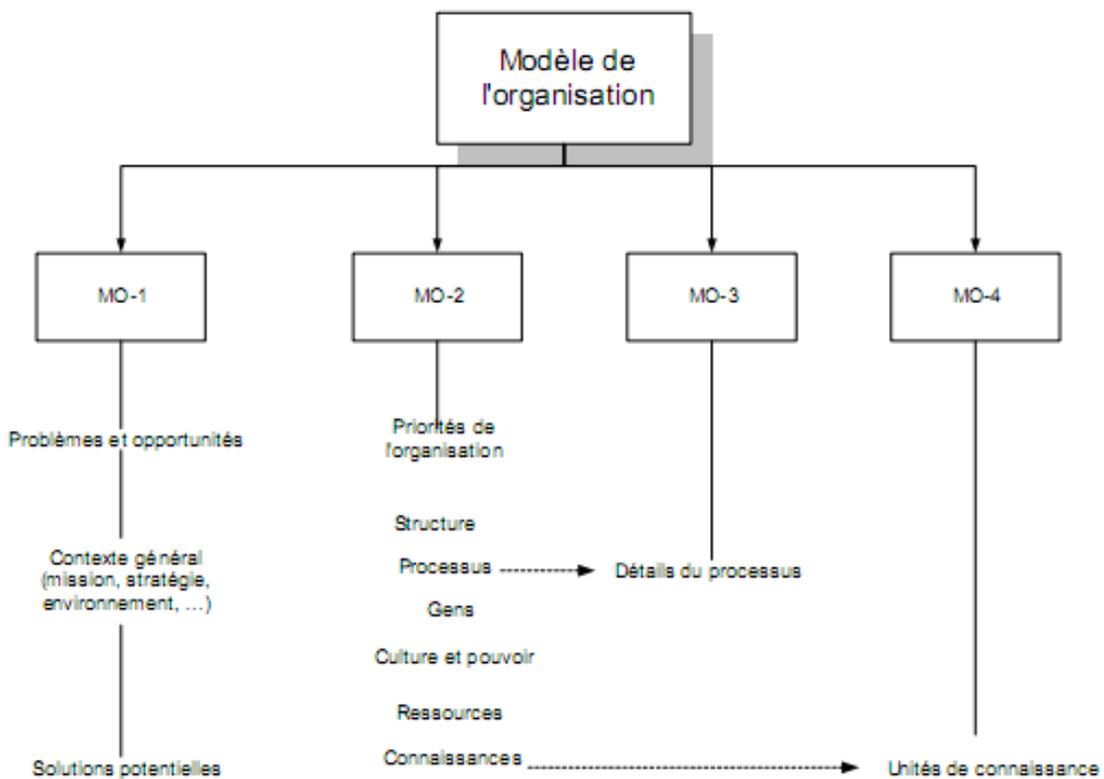


Figure 2.3. Le modèle de l'organisation [Sch, 99]

Lorsque la faisabilité d'un SBC a été établie, la deuxième étape est de construire les modèles de tâches et d'agents. Le résultat de cette étape est une connaissance détaillée des impacts d'un système de connaissances surtout au niveau des actions qui sont possibles ou nécessaires à la suite de l'introduction de ce SBC dans l'organisation. Cette étude d'impact permet d'accumuler les connaissances sur les liens entre les tâches, les agents impliqués, l'utilisation des connaissances pour une bonne performance et les améliorations qui peuvent y être apportées. Elle permet de décider des mesures organisationnelles et des changements de tâches de manière à assurer l'acceptation et l'intégration de la solution de connaissances.

### 8.3.1.2. Le modèle de tâches

Le modèle de tâches permet d'étudier les sous-processus d'affaires. Il analyse l'organisation globale des tâches, les entrées et les sorties, les pré-conditions et les critères de performance, ainsi que les ressources et compétences nécessaires.

Dans CommonKADS, une tâche est un sous-processus du processus d'affaires qui :

- représente une activité orientée vers un but et qui ajoute de la valeur à l'organisation, traite des entrées et fournit des sorties d'une manière structurée et contrôlée;
- utilise des ressources;
- a besoin de connaissances et en fournit;
- est effectuée selon des critères de qualité et de performance;
- est effectuée par des agents responsables et imputables.

Le modèle de tâches peut-être vu comme un raffinement du tableau MO-3. Ce raffinement est effectué à l'aide du tableau Modèle de Tâches-1 (MT-1). Le détail de chaque élément de connaissance associé à une tâche est obtenu au tableau MT-2 (tableaux B.6 et B.7 de l'annexe B).

### 8.3.1.3. Le modèle d'agents

Après la construction du modèle de tâches, le modèle d'agents décrit les caractéristiques des agents qui peuvent être soit des humains, soit des systèmes d'information, soit d'autres entités capables d'effectuer une tâche. Les agents sont les exécuteurs des tâches. Le modèle décrit leurs compétences, leur autorité et leurs contraintes ainsi que les liens de communication. Ce modèle est construit à l'aide du tableau Modèle de l'agent-1 (MA-1) (tableau B.8 de l'annexe B).

Les résultats de la modélisation du contexte sont intégrés à un document de décision destiné aux décideurs. Le tableau Organisation-Tâches-Agent (OTA-1) (tableau B.9 de l'annexe B) est un guide de rédaction de ce document qui doit contenir les actions proposées en vue d'améliorer le fonctionnement de l'organisation par une solution de connaissances. Le document contient aussi une évaluation de la faisabilité de cette solution de connaissances.

La Figure 3.4 présente le chemin à suivre afin de mener à bien cette modélisation. Elle décrit l'ordre dans lequel doivent être construits les tableaux présentés à l'annexe B et qui servent à construire les modèles de l'organisation, de tâches, d'agents.

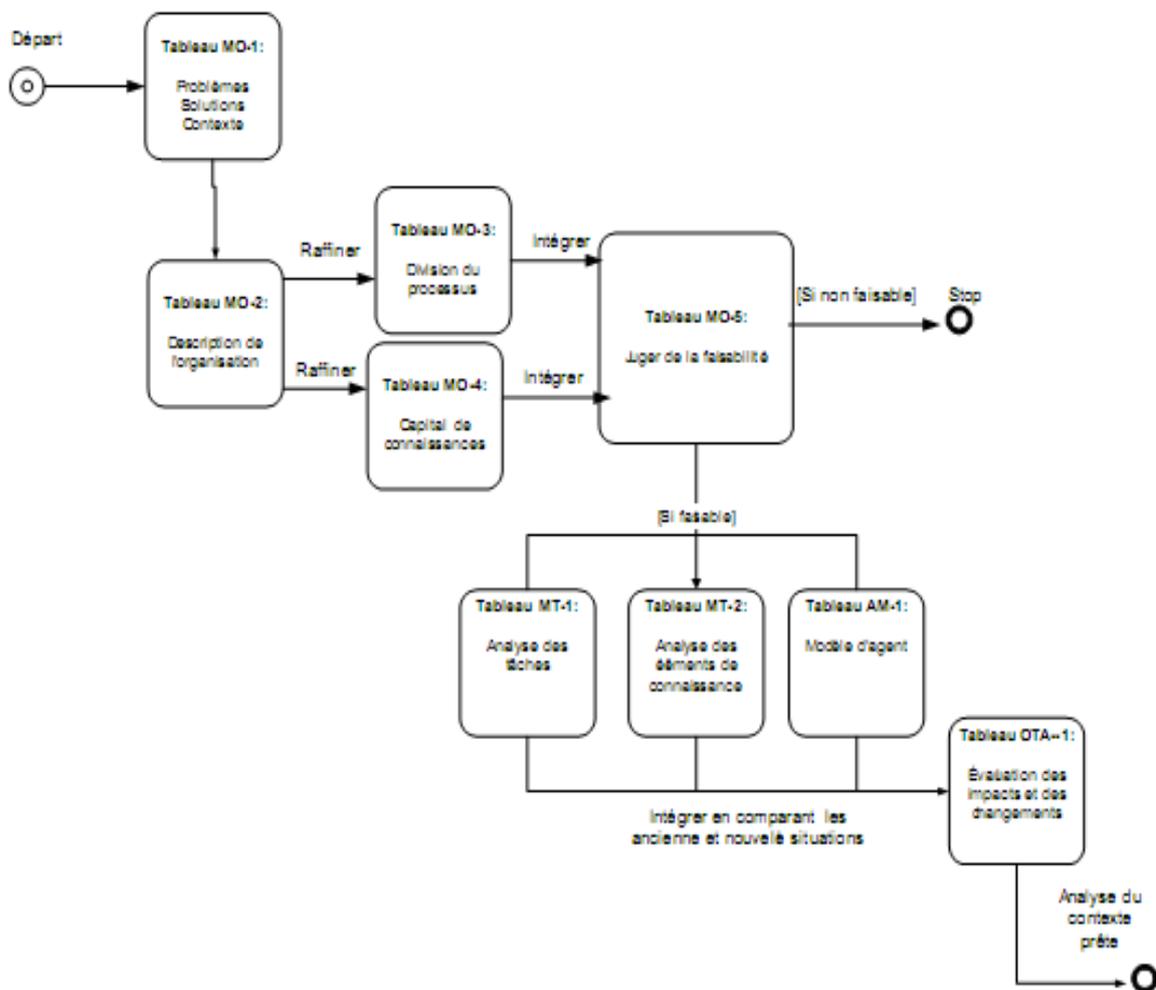


Figure 2.4 : Feuille de route pour la modélisation du contexte [Sch, 99]

### 8.3.2 Le modèle de connaissances

La connaissance est un terme qui a une signification intuitive pour tous. Il est difficile de s'entendre sur une définition universelle. La définition proposée dans [Sch, 99] est la suivante: la connaissance est une information à propos de l'information. Elle nous permet de dire quelque chose à propos de l'information. Elle peut souvent être utilisée pour inférer de nouvelles informations.

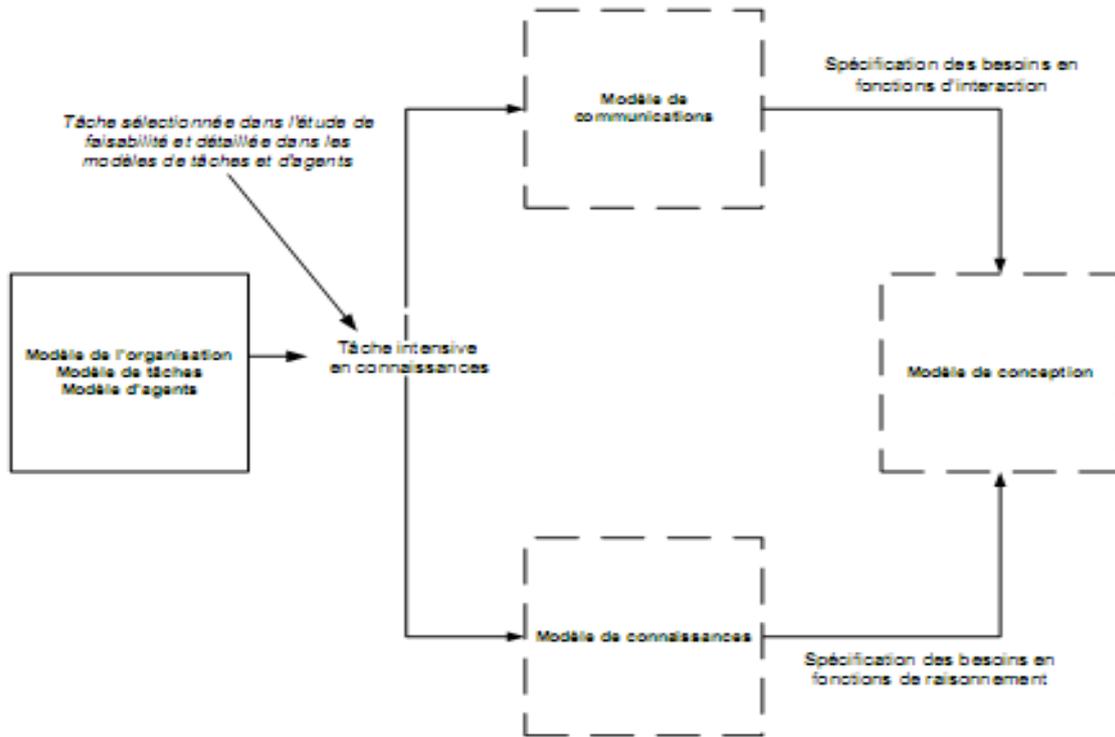


Figure 2. 5 : La modélisation du concept et de l'artefact [Sch, 99]

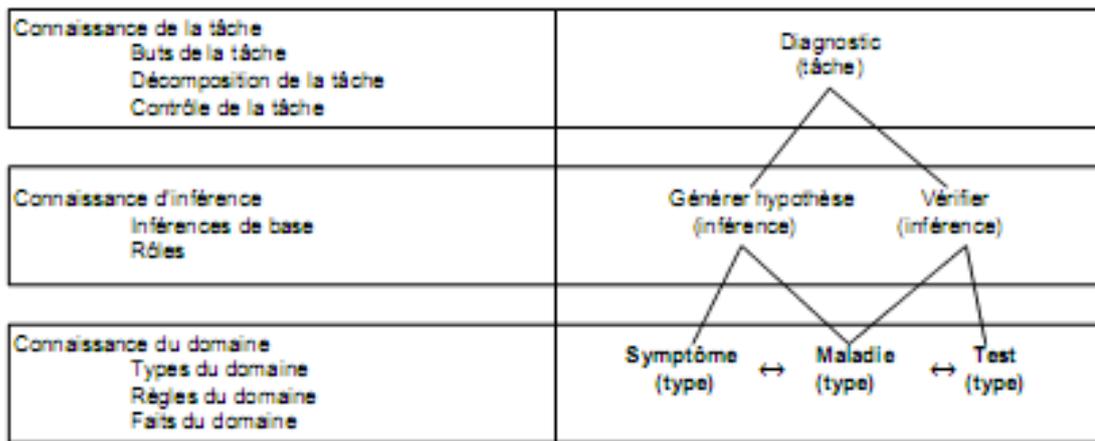
Dans CommonKADS le modèle de connaissances spécifie les besoins en connaissances/raisonnement du SBC à implanter. Ce modèle ainsi que le modèle de communications forment l'entrée au modèle de conception. Le modèle de connaissances sert à modéliser une tâche identifiée dans le modèle de l'organisation qui a été détaillée dans le modèle de tâches (MT-1 et MT-2). On suppose que la tâche choisie exige beaucoup de connaissances et que la formalisation de la tâche et des connaissances associées est réalisable.

Le modèle de connaissances est un outil qui nous aide à clarifier la structure d'une tâche de traitement d'information qui nécessite beaucoup de connaissances. Le modèle de connaissances d'une application est une spécification des données et des structures de

connaissances requises pour l'application. Il est construit en utilisant le vocabulaire du domaine d'application (p. ex. diagnostic médical).

Le modèle de connaissances a une structure similaire à celle des modèles d'analyse traditionnelle. La tâche de raisonnement est décrite par une décomposition hiérarchique de fonctions ou processus. Les types de données et de connaissances sur lesquelles les fonctions s'appliquent sont décrits par des schémas qui ressemblent à un modèle d'objets ou de données.

Un modèle de connaissances comprend trois parties appelées catégories de connaissances: connaissance du domaine, d'inférence et de la tâche comme c'est illustrée dans la figure 3.6).



**Figure 2. 6** : Les catégories de connaissance dans un modèle de connaissances [Sch, 99]

La première catégorie est la connaissance du domaine qui contient des types d'informations et de connaissances propres au domaine. Celle-ci ressemble au modèle d'objet en analyse traditionnelle. La deuxième partie est la connaissance d'inférence. Elle décrit les étapes d'inférence qui seront effectuées à l'aide de la connaissance du domaine. Les inférences correspondent au plus bas niveau d'une décomposition fonctionnelle. La troisième catégorie est la connaissance de tâche. Elle décrit les buts poursuivis par une application et la façon de les atteindre par une décomposition en sous-tâches et en inférences. L'aspect "comment" inclut une description du comportement dynamique des tâches, c.-à-d. définition de leur ordre d'exécution.

### 8.3.2.1. Directives pour construire le modèle de connaissances

La construction d'un modèle de connaissances s'effectue en trois étapes :

1. l'identification de la connaissance,
2. la spécification de la connaissance
3. et le raffinement de la connaissance.

Ces trois étapes sont résumées par la Figure 3.7.

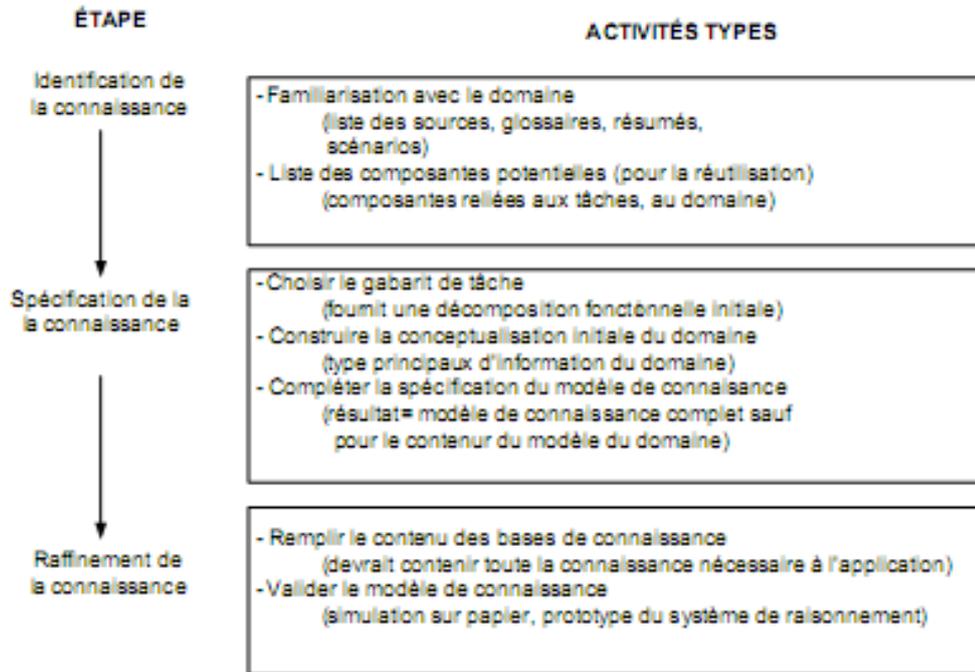


Figure 2.7 : Les étapes de construction du modèle de connaissances [Sch, 99]

### 8.3.3 Le modèle de communications

Le modèle de communications nous permet de représenter les transactions entre les agents impliqués dans une tâche.

### 8.3.4 Le modèle de conception

Le modèle de conception permet la spécification technique du système basé sur les cinq autres modèles en matière d'architecture, de plate-forme d'implantation, de modules logiciels, de modes de représentations et de mécanismes de calculs nécessaires pour mettre en application les fonctions spécifiées dans le modèle de connaissances et de communications.

### 8. 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.

Quand 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.

*CHAPITRE III*

---

**L' AIDE A LA DECISION**

---

### 1. INTRODUCTION

La majeure partie des activités humaines nécessite de prendre quotidiennement des décisions ; que cela soit au niveau d'un pays, d'une région, d'une administration, d'une collectivité locale, d'une entreprise, au sein de la cellule familiale ou tout simplement à l'échelle de l'individu [Roy, 85].

La décision est avant tout un choix que l'on doit réaliser devant différentes possibilités qui sont offertes et qui ne sont pas directement comparables ou qui présentent des aspects contradictoires.

### 2. L'AIDE A LA DECISION

#### 2.1. Définition

Roy [Roy, 85] propose pour l'aide à la décision la définition suivante:

*« l'aide à la décision est l'activité de celui qui, prenant appui sur des modèles clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés, aide à obtenir des éléments de réponses aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision, élément concourant à éclairer la décision et normalement à prescrire, ou simplement à favoriser, un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution d'un processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part » .*

L'aide à la décision ne consiste que partiellement en une « recherche de la vérité » mais est plus souvent utilisée comme une aide à la réflexion et à la communication destinée au décideur ; elle l'aide à construire et à faire partager ses convictions.

Les caractéristiques de l'aide à la décision ainsi que la conduite du processus dépendant fortement des objectifs fixés par le décideur, il est nécessaire d'identifier clairement celui-ci avant de débiter une étude.

Cependant, le décideur n'arrive parfois pas à fixer aussi clairement les objectifs de l'aide à la décision car il est parfois conscient de l'existence d'un problème, sans que celui-ci soit clairement formalisé [Veu, 94].

Le processus de décision est défini par [Roy, 85] comme étant le déroulement des confrontations et des interactions régulées par différents processus compensatoires, apparaissant successivement entre les différents acteurs.

La décision globale s'élabore progressivement, à tel point que « *la décision finale peut n'être qu'un acte de ratification des décisions antérieures ou une synthèse d'un faisceau de décisions* ».

### 2.2. Acteurs de l'aide à la décision

« *Un individu ou un groupe d'individus est acteur d'un processus de décision si, par son système de valeurs, que se soit au premier degré du fait des intentions de cet individu ou groupe d'individus ou au second degré par la manière dont il fait intervenir ceux d'autres individus, il influence directement ou indirectement la décision* » [Roy, 85].

Pour qu'un groupe d'individus soit identifié comme un acteur unique, il faut que « *relativement à ce processus, les systèmes de valeurs des membres de ce groupe soient identiques* » [Roy, 85].

Il est possible de définir les acteurs suivants dans un processus de décision [Eri, 81] :

1. Le décideur : est la personne à qui s'adresse l'aide à la décision, il occupe une place centrale dans le processus d'étude dont les caractéristiques dépendent de ces attentes. Il s'agit parfois d'une entité un peu floue, mais son identification est primordiale.
2. L'intervenant : c'est une personne qui cherche à influencer le décideur dans une phase du processus, en raison de la nature de ses valeurs et donc en fonction de son système de préférences.
3. Les Agis : ils sont concernés par les conséquences de la décision. Ils interviennent indirectement dans le processus par l'image que d'autres acteurs se font de leurs valeurs et plus concrètement de leurs systèmes de préférences.
4. Les Demandeurs : ils demandent l'étude et allouent les moyens.
5. L'homme d'étude (l'analyste) : est un individu ou un groupe d'individus, qui a pour rôle d'établir un système de préférences, de définir le modèle d'aide à la décision, de l'exploiter afin d'obtenir des réponses et d'établir des recommandations pour conseiller le décideur sur les solutions envisageables. L'homme d'étude est à distinguer du négociateur et du médiateur.
6. Le Négociateur : mandaté par un décideur en vue de faire valoir la position de celui-ci dans une négociation et de rechercher une action compromise.
7. Le Médiateur : intervient en vue d'aider les décideurs (ou les négociateurs) à rechercher une action compromise.

8. L'Arbitre (juge) : intervient en se substituant aux acteurs dans la recherche d'une action compromis.

### 3. DECISION ET PROCESSUS DE DECISION

#### 3.1 Définition d'une décision

Dans la vue de plusieurs chercheurs la décision est définie comme un choix entre plusieurs alternatives. Pour d'autres, la décision concerne aussi le processus de sélection de but et d'alternatives [Gue, 02].

Les approches cognitives traitent la décision comme étant le résultat d'un processus global de résolution de problèmes.

#### 3.2 Le processus de décision

La décision ne peut être définie indépendamment de la notion de processus décisionnel. C'est pourquoi nous nous attacherons particulièrement à l'étude du processus de décision dans sa globalité. Cette optique permet en outre de mettre en évidence l'importance relative des différentes étapes composant ce processus [Tre, 96].

De manière générale, un processus de décision consiste à restreindre un ensemble de possibilités à un sous ensemble stricte et à évaluer cette restriction. Simon [Sim, 77] détaille ce processus en quatre étapes, non nécessairement séquentielles (Figure 3.1).

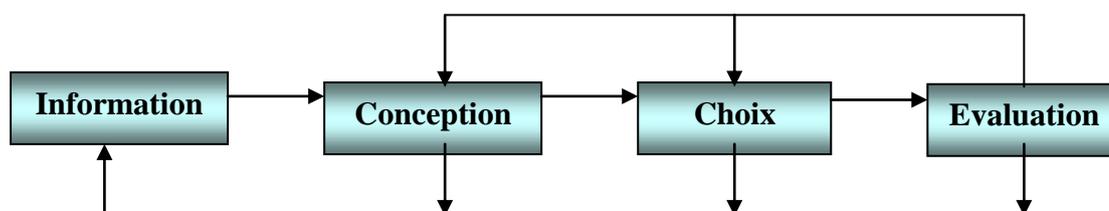


Figure 3.1 : Processus décisionnel selon [Sim, 77]

- L'Information: C'est la phase qui détermine l'ensemble des données nécessaires (mais pas forcément suffisantes) qui seront utilisées lors des phases suivantes;
- La Conception: Cette phase génère les différentes alternatives qui forment l'ensemble des possibilités. Les différentes solutions sont donc élaborées à ce stade;

- Le choix : C'est la phase consistant à restreindre l'ensemble des possibilités au sous-ensemble des possibilités sélectionnées ;
- L'évaluation : En regard des trois phases précédentes, de la solution provisoirement retenue comme satisfaisante, cette phase peut amener à la réactivation de l'une des trois phases précédentes ou, au contraire, à la validation de la solution.

Ces quatre niveaux de processus décisionnel sont dans l'ordre de leurs types de problématiques proposées par Simon et reprises par [Iév et al, 89] :

1. Problème structuré : problème posé d'une façon claire, les données sont fiables et numériques. Les modèles associés sont clairement définis, ils permettent une résolution algorithmique programmable du processus décisionnel.
2. Problème semi structuré : le problème peut ne pas être clairement posé, les données sont souvent qualitatives et la résolution est difficilement exprimable sous forme de programme.
3. Problème non structuré : le problème n'est pas clairement posé, le principe de la rationalité limitée<sup>1</sup> s'applique à toutes les étapes du processus décisionnel. La décision prise est difficilement justifiable.

#### 4. DEFINITION DES SYSTEMES D'AIDE A LA DECISION

Le concept de système d'aide à la décision (DSS, Décision Support System) est extrêmement vaste et ses définitions dépendent du point de vue de l'auteur. Un DSS peut prendre de nombreuses formes et peut s'utiliser de diverses manières. Certains définissent un DSS d'une façon générale comme "un système informatique qui facilite le processus de prise de décision." [Tre, 96]

D'une manière plus précise, d'autres définissent un DSS comme "un système d'information informatique, interactif, flexible et adaptable, spécialement développé pour aider à trouver une solution à un problème de gestion non structuré, en vue d'une meilleure prise de décision. Il utilise des données, offre une interface conviviale et permet au décideur d'apporter ses propres idées.

---

<sup>1</sup> Ce principe a été proposé par *Herbert Simon* afin de montrer que l'être humain est capable de justifier son comportement (ou sa décision) mais à certaines limites, car ses capacités mentales sont limitées.

### 5. LES MODELES DES SYSTEMES D'AIDE A LA DECISION

Les modèles pour l'aide à la décision reposent généralement sur des hypothèses de rationalité des décideurs et de solutions possibles [Att et al, 91]. On distingue deux types de modèles :

- a. Des modèles fondés sur la rationalité complète et la recherche de solutions optimales telle que la programmation linéaire.
- b. Des modèles non fondés sur cette rationalité complète et ayant des solutions considérées comme appropriées, tels que les systèmes interactifs d'aide à la décision (SIAD) et les systèmes multi agents (SMA).

Dans cette seconde approche, le processus de conduite de raisonnement est au centre de l'aide à la décision, alors que dans les approches plus normatives, la solution optimale est au centre de l'aide à la décision [Bou et al, 90].

#### 5.1 La rationalité complète

La théorie de la décision définit un agent avec une rationalité complète [Rus, 99] comme étant un agent qui maximise sa fonction d'utilité. Ainsi :

1. Les objectifs du décideur sont clairement exprimés dès le départ et peuvent être rangés selon un ordre de préférence.
2. L'ensemble des solutions possibles dans une décision est connu et peut être évoqué.
3. Les conséquences rattachées à chacune des solutions sont précisées.
4. Le choix de la solution s'effectue en retenant la solution optimale.
5. Dans ce courant, la solution existe en dehors des acteurs. Que l'on soit en statique, en incertain, on se ramène à un critère unique de synthèse que l'on optimise.

#### 5.2 La rationalité limitée

Ce concept a été introduit par [Sim, 47]. Les hypothèses sont les suivantes :

1. Le décideur perçoit un problème qui représente une version simplifiée de la réalité, et auquel il réagit.
2. Le décideur doit d'abord identifier les actions possibles (sans toutefois toutes les découvrir).
3. Le décideur doit recueillir l'information nécessaire pour déterminer et évaluer les conséquences des actions.
4. Les objectifs poursuivis par le décideur sont précisés tout au long du processus en termes de « niveaux d'aspiration » ou « de buts minima ».

5. Le décideur arrête son choix sur la première option analysée qui satisfait chacun des buts fixés.

La rationalité limitée est aussi définie comme étant « *la capacité de générer un comportement maximal en fonction des informations disponibles et des ressources de calcul* » [Rus, 99]. Le terme d'optimisation limitée a été défini par Horvitz [Hor, 89] comme étant « *l'optimisation d'une utilité calculable donnée par un ensemble d'hypothèses sur des problèmes et des contraintes de ressources* ».

### 5.3 La rationalité procédurale

A la suite de la rationalité limitée, [Sim, 82] introduit le concept de la rationalité procédurale qui met en avant le processus qui conduit l'acteur à prendre ses décisions.

### 5.4 La rationalité adaptative

Développée par Cyert et March [Cye et al, 63], elle possède les caractéristiques suivantes :

- 1- L'adaptation de l'organisation à son environnement provient d'enseignements découlant d'expériences antérieures (*learning by doing*).
- 2- L'apprentissage débouche sur :
  - La création d'indicateurs qui conditionnent la perception des situations rencontrées.
  - Des règles d'actions pour poursuivre des buts dédiés à des problèmes identifiés à travers des situations mémorisées.
  - Le développement de compétences particulières.

Cette dernière hypothèse pose un problème dans un environnement changeant, il peut y avoir un décalage entre les règles apprises dans un environnement donné par rapport à un environnement courant pouvant conduire à des comportements erronés [Hal, 84] et [Arg et al,78].

## 6. SYSTEMES INTERACTIFS D'AIDE A LA DECISION : (SIAD)

Les Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD) mettent l'accent sur le processus de recherche de solutions. Ces systèmes n'ont pas pour objectif d'identifier une décision optimale qu'il « suffirait » ensuite de mettre en application. Leur finalité consiste à « *amplifier le raisonnement du décideur sur la base de ses propres représentations* » [Cou, 93].

Ces systèmes ont une place privilégiée lorsque les problèmes sont peu, voire non structurés [Lév et al, 89]. Parallèlement au courant SIAD se sont développées des approches visant à aider des groupes, soit pour faire émerger une solution commune (*Group Décision Support System*) [Jel et al, 87], soit dans le cadre de négociation (*Negotiation Decision Support System*) [Bui, 94]. Comme les SIAD pour l'aide à la décision individuelle, les *Group Décision Support System* (GDSS) sont conçus pour fournir des outils d'aide à la décision orientés systèmes d'informations, base de modèles et d'interface homme/machine. Ces approches sont donc fondées sur un dispositif particulier de réunion, le travail essentiel étant dans le partage d'informations brutes ou issues de modèles.

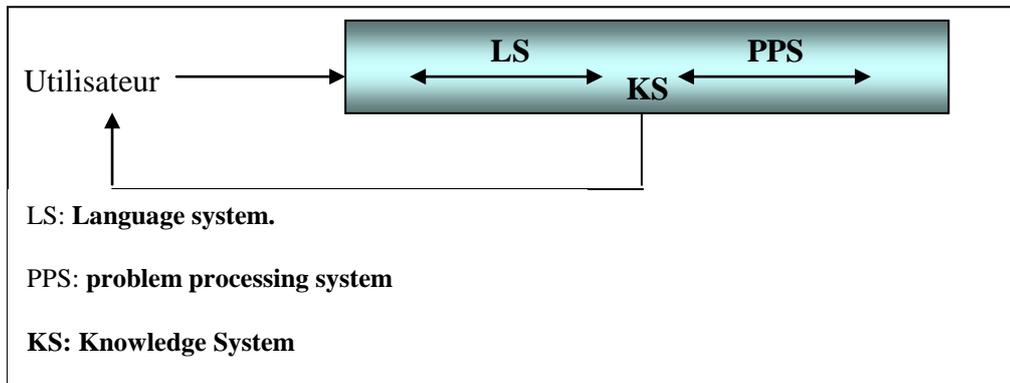


Figure 3.2 : Principe des DSS selon Brouczek [Bou, 06]

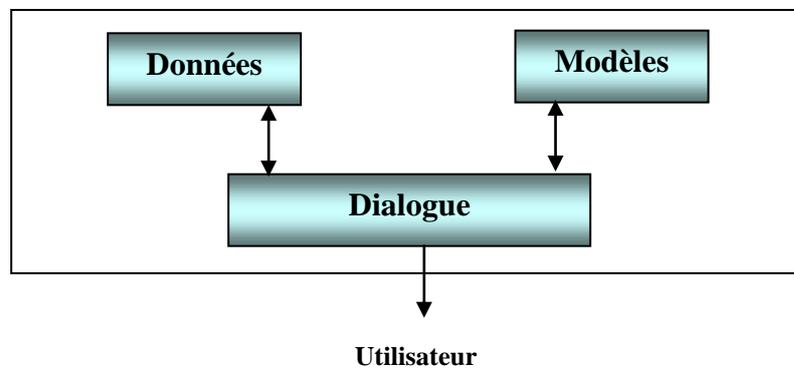


Figure 3.3 : Principe des SIAD selon Sprague [Spr, 87]

### 7. LES SYSTEMES D'AIDE A LA DECISION MULTI AGENTS

Les SAD Multi Agents Mis en lumière au début des années 1990 au MIT, le concept d'agents se retrouve dans de nombreuses recherches et notamment dans la conception de SAD. Définir ce qu'est un agent est devenu délicat tant son sens s'est développé. Ainsi, plusieurs types d'agents peuvent être décrits :

- Agents autonomes ayant des capacités sociales, et qui sont réactifs et proactifs ;
- Agents pouvant intégrer des idées mentales.

L'idée est d'utiliser les agents comme moyen de mettre en œuvre des décisions distribuées. Le concept de décisions distribuées provient de recherches en Intelligence Artificielle et consiste en la segmentation d'une tâche en différentes activités qui seront gérées par des agents travaillant en coopération.

Ainsi, les agents peuvent être une voie vers l'intégration d'un nouveau modèle décisionnel dans les SAD et donc vers la conception d'un nouveau type de SAD : les SAD Multi Agents.

Le modèle de Simon ainsi que les extensions qui y sont apportées ne prennent pas en compte trois éléments clés de la prise de décision: [Cha et al, 05 b]

- Participation : mettre à contribution l'expérience et le savoir-faire de chaque participant.
- Négociation : valable dans un contexte conflictuel, caractérisé par l'affrontement et l'antagonisme.
- Concertation : s'opère dans un climat coopératif, caractérisé par la synergie et la volonté de résolution des problèmes.

### 8. PROCESSUS DE DECISION DANS LE DOMAINE DE LA MAINTENANCE

#### INDUSTRIELLE

Ce type de processus procède en quatre étapes Constituer l'état des lieux comme c'est illustré dans la figure ( 3.4).

C'est une étape de description du territoire, elle met le point sur l'ensemble des informations disponibles relativement à la question posée et en recherche d'autres lorsque le besoin est défini.

- Réaliser le diagnostic

Cette étape vise à évaluer ces données pour mieux définir les problèmes à traiter, les informations manquantes, les acteurs à intégrer au processus et les moyens disponibles.

- Elaborer les scénarios

Cette étape concerne la définition des actions et de leurs conséquences, ainsi que l'élaboration des scénarios correspondants.

- Choisir les stratégies

C'est l'étape de choix d'un scénario. Elle définit la mise en œuvre concrète des actions, ce qui peut se traduire par des aménagements ou des règlements fournissant des contraintes pour les niveaux décisionnels intérieurs *comme la définition d'objectifs au niveau européen*.

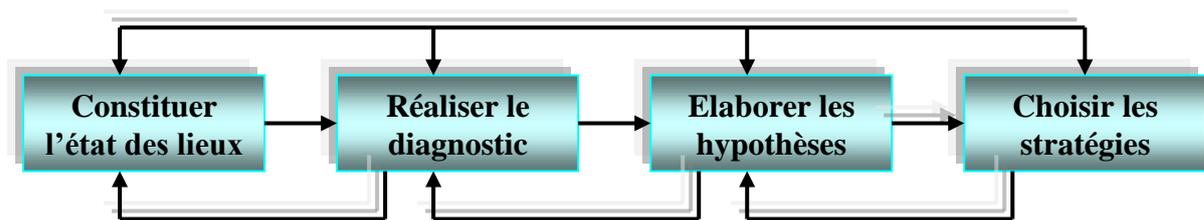


Figure 3.4 : Processus dans de décision dans le domaine de maintenance industrielle

## 9. CONCLUSION

Un système d'aide à la décision est un système d'informations qui supporte la prise de décision. Cet outil est utile pour le personnel de la maintenance industrielle qui est confronté à des circonstances complexes, exigeant des décisions fondées sur de nombreux objectifs comme le temps et le coût. Dans le chapitre suivant, nous allons décrire le modèle proposé ainsi qu'aux étapes de son implémentation.

## *CHAPITRE IV*

---

# MODELISATION ET IMPLEMENTATION

---

### 1. INTRODUCTION

Notre objectif, par la présente étude, est de présenter une approche originale pour le développement d'outils d'aide à la décision permettant de traiter la problématique d'aide à la maintenance industrielle: cette problématique consiste à assister et aider les acteurs clés de la maintenance dans leurs tâches quotidiennes. Basé sur l'utilisation d'un Système d'ingénierie des connaissances (IC) couplé à un système multi agents (SMA), le modèle que nous proposons met en scène la collaboration de plusieurs agents de la maintenance qui doivent consulter et mettre à jour une base de connaissances dédiée à leur travail.

Ce chapitre est consacré à la présentation en détails de notre modèle décisionnel (MTIC) basé sur un couplage SMA –IC permettant de traiter la problématique d'aide à la maintenance industrielle, ainsi qu'à son implémentation et des résultats obtenus.

### 2. LES DIFFERENTES TYPOLOGIES DE COUPLAGE SMA\_IC

Le degré de rapprochement d'un SMA et d'un Système d'IC peut aller du couplage lâche à l'intégration totale des systèmes. Dans ce qui suit, nous examinons les différents types de couplages existants dans la littérature : **[Ouf, 09]**

-Le couplage étroit (ou couplage fort) : dans ce genre de couplage, des fonctionnalités de modélisation du Système d'IC sont implantées dans un SMA ou réciproquement, des fonctionnalités de modélisation à base d'agents sont implantées dans les Systèmes d'IC

- Le couplage lâche (ou couplage faible) : dans lequel les deux systèmes restent indépendants et où seules les données sont échangées. Le couplage lâche n'autorise donc, généralement, que le couplage statique .Des états intermédiaires peuvent cependant être mémorisés et transmis au Système d'IC.

-Le couplage coopératif direct : dans lequel les deux systèmes restent indépendants et utilisent une liaison clients/serveurs pour communiquer. Ce couplage peut être dynamique mais nécessite une bonne compatibilité des modèles de données entre les deux systèmes. Il répond aux limites du couplage étroit, en conservant l'intégralité du potentiel fonctionnel des deux types de systèmes, tout en autorisant la dynamique des échanges par la liaison client/serveur.

- Le couplage coopératif indirect : utilise également des liaisons client/serveur mais rajoute un système médian assurant notamment la mise en compatibilité des données, et portant l'interface utilisateur. Le couplage coopératif indirect est assez lourd et requière de gros efforts de développement pour l'élaboration du troisième système médian.

### 3. LE MODELE DECISIONNEL PROPOSE (MTIC)

L'originalité de notre approche tient à l'utilisation simultanée d'un système multi agents (SMA) et d'un système d'ingénierie de connaissances(SIC). La littérature offre peu d'exemples de couplage de ces deux types de représentations de la réalité.

Les SMA sont très adaptés pour modéliser les phénomènes dans lesquels les interactions entre diverses entités sont assez complexes pour être appréhendées par les outils de modélisation classiques. Ils permettent de représenter des entités autonomes, dotées de comportements, pouvant collaborer, et communiquer avec les autres.

Les Systèmes d'IC sont de plus en plus mis en avant dans les projets de l'industrie car ils permettent de capitaliser les connaissances critiques des experts dans une base de connaissances. Cette base contribuera à aider les agents de maintenance dans leurs tâches et prise de décision.

Nous choisissons un "couplage lâche" entre les modules SMA et Systèmes d'IC qui restent indépendants et communiquent uniquement en s'échangeant des données. Ainsi, les fonctionnalités des SMA et des Systèmes d'IC sont bien distinctes. Le choix d'un "couplage étroit" aurait nécessité l'insertion des fonctionnalités SMA au sein du Système d'IC et des fonctionnalités du Système d'IC au sein du SMA, dupliquant une partie du code et rendant l'évolution du système très lourde. C'est pour cela que nous avons opté pour un « couplage lâche ».

Le modèle décisionnel (MTIC) est composé de deux modules : un module IC et un module SMA. L'architecture du modèle MTIC est illustrée par la Figure (4 .1).

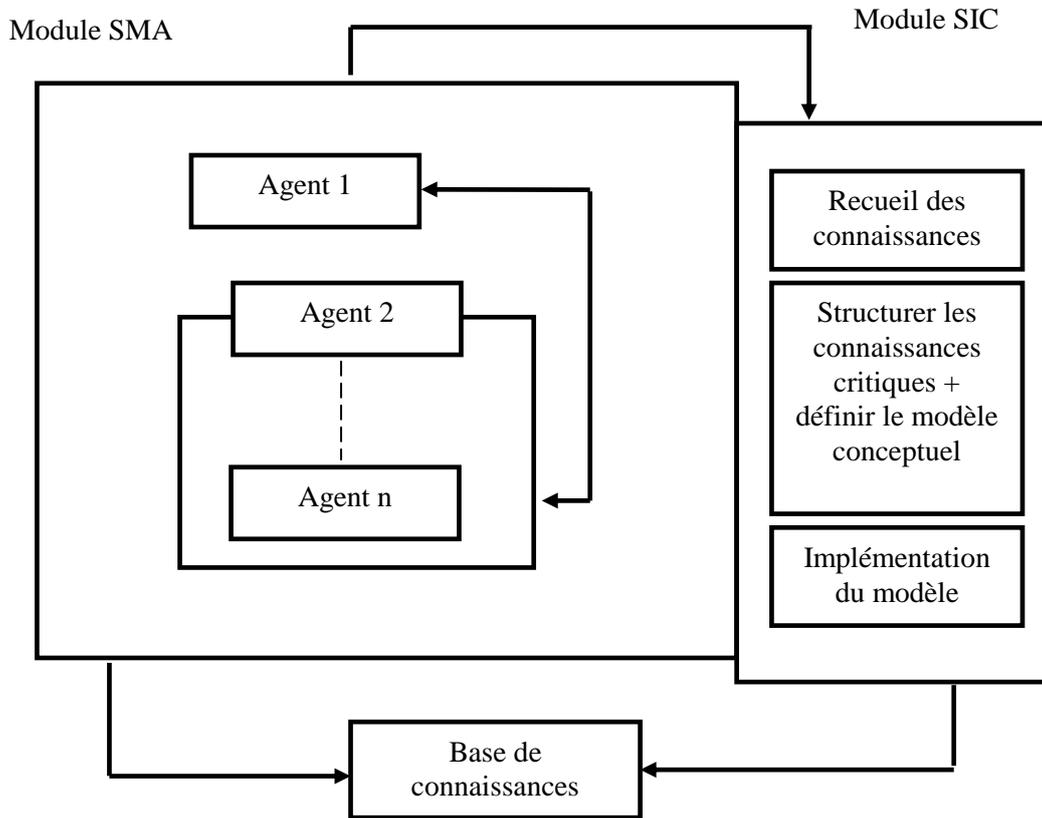


Figure 4.1 : modèle décisionnel MTIC

### 3.1. Le Module SIC

Le Système d'IC aura pour fonction essentielle de capturer les connaissances critiques du domaine d'expertise à travers les entretiens. Après les avoir formalisé et structurer, elles seront stockées dans la base de connaissances.

### 3.2. Le Module SMA

Les Systèmes Multi Agents sont très adaptés pour modéliser les phénomènes dans lesquels les interactions entre diverses entités sont assez complexes pour être appréhendées par les outils de modélisation classiques.

Apparu dans les années 90, ce domaine est en plein essor. Il se situe dans le prolongement de l'intelligence artificielle distribuée (IAD), qui s'occupe de la résolution de problèmes spécifiques en choisissant de répartir sur plusieurs modules les connaissances et les éléments nécessaires à la résolution de problèmes.

Les SMA permettent de représenter des entités autonomes, dotées de comportements et pouvant coopérer, négocier et communiquer avec d'autres entités. L'une des caractéristiques principales des SMA tient à l'interaction entre les différents agents du système tout au long de leur exécution. Cette interaction est primordiale, elle permet aux

agents de communiquer, d'agir sur leur environnement, collaborer pour permettre à chaque agent d'atteindre ses objectifs, de s'organiser et de coopérer pour atteindre un objectif ultime et global. [Fer, 95]. (Voir en annexe C les notions élémentaires du Système Multi Agents)

Dans notre contexte qui est l'aide à la maintenance, la collaboration est très importante pour la prise de décision.

Le module SMA aura pour mission de représenter les différents acteurs qui disposent de leurs propres compétences mais qui ont besoin de communiquer pour effectuer leurs tâches.

Des agents auront à prendre des décisions. La base de connaissances contribuera à les assister et les aider à prendre les bonnes décisions. Pour l'enrichir, les experts la mettront à jour.

#### 4. DOMAINE D'APPLICATION

Le modèle MTIC est un modèle décisionnel dédiée à l'aide à la maintenance industrielle. L'implémentation de ce modèle a été mise en place grâce à la direction centrale de maintenance (MNT) et plus précisément le département Méthodes au niveau de l'activité Aval /Sonatrach. Cette direction chapote tout les départements de maintenance des complexes.

Au niveau des complexes, chaque département a pour objectif de préserver l'outil de production par l'organisation et la prise en charge de l'entretien des équipements à des coûts minimums.

Les moyens internes de la fonction maintenance / complexe, aussi bien organisationnels, humains que matériels, doivent être consacrés essentiellement aux activités clés, à savoir :

- L'entretien des équipements stratégiques (turbocompresseurs, turbogénérateurs, pompe...)
- L'entretien de l'instrumentation et du contrôle (contrôle conventionnel, DCS).
- L'entretien des installations électriques (toutes tensions).

Ces objectifs seront à l'avenir modulés en fonction du développement de la sous-traitance en vue de :

- Minimiser les temps d'arrêts (prévus ou non).
- Minimiser les coûts d'exploitation (production et maintenance).
- Augmenter la durée de vie des équipements.

- Augmenter la qualité de la production.
- Améliorer les performances de l'appareil de production.
- Améliorer les conditions de travail et de sécurité.
- Préserver l'environnement.

Au niveau de l'Activité AVAL, la maintenance des équipements a été de tout temps une préoccupation majeure pour le management. Cette préoccupation s'explique par la complexité des installations en place et les difficultés inhérentes aux opérations de réapprovisionnement des pièces de rechange commandées aux différents fournisseurs étrangers.

Notre travail s'est déroulé au sein du complexe GP1Z considéré comme étant un site pilote pour l'implémentation de notre modèle.

La tâche la plus difficile que nous avons rencontré était les entretiens quotidiens avec les experts du domaine vu leur non disponibilité (charge de travail importante), ainsi que la qualité des questionnaires qui devait être supérieure afin d'identifier les connaissances critiques de ce domaine.

### 5. ENVIRONNEMENTS DE DEVELOPPEMENT

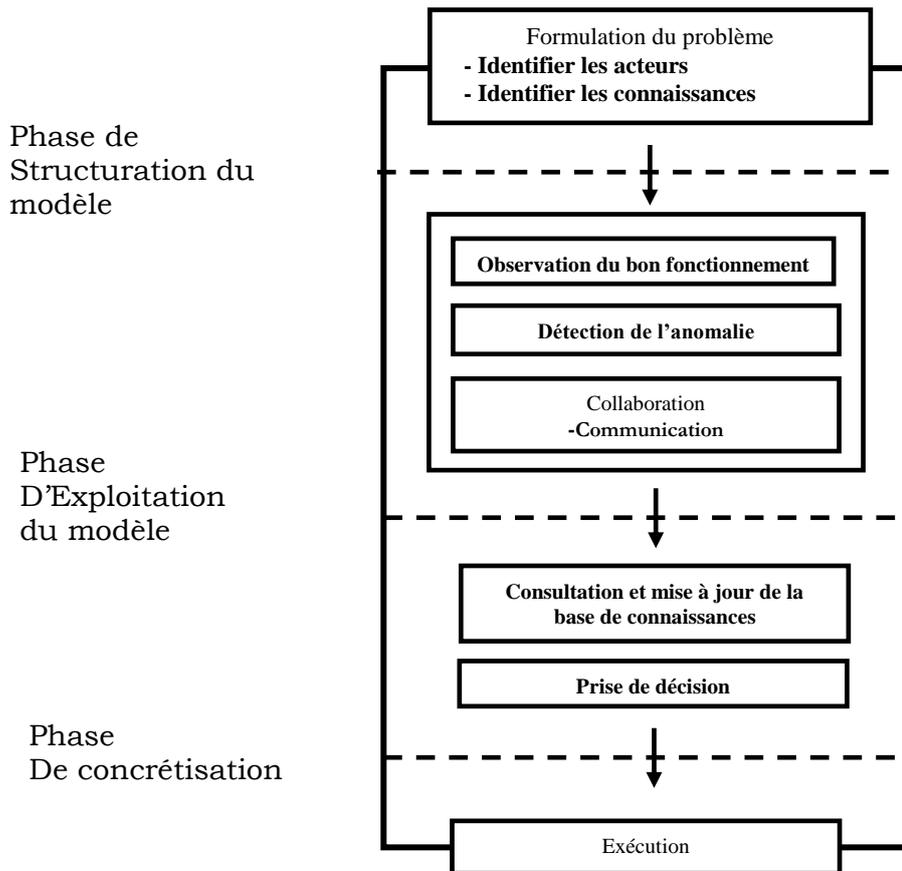
Afin d'implémenter notre modèle, nous avons utilisé

- JBuilder version9 car :
  1. C'est un environnement java nécessaire pour intégrer la plate forme SMA jade et construire une interface pour l'utilisateur.
  2. C'est un langage orienté objet qui correspond à implémenter la méthode d'ingénierie de connaissances (CommonKads) après avoir modéliser une bonne partie d'elle en UML.

### 6. LES PHASES DE LA PROCEDURE D'UTILISATION DU MODELE DECISIONNEL MDIC

Nous adoptons la démarche d'aide à la decision adaptée à la maintenance industrielle. Elle comprend trois phases principales : la structuration du modèle, son exploitation et la concrétisation des résultats. .

La Figure (4.2) illustre les différentes phases et étapes d'utilisation du modèle proposé :



**Figure 4.2 :** Phases et étapes d'utilisation du modèle décisionnel proposé MTIC

1. **La phase de structuration du modèle :** a pour objectif l'identification du problème et les choix fondamentaux sur la manière de l'aborder.

Le problème survient après l'observation d'un mauvais fonctionnement (la détection de l'anomalie).

Dans cette phase, il faut identifier tout les acteurs impliqués ainsi que les connaissances critiques qui sont mises à leur disposition pour le bon déroulement de leur travail.

2. **La phase d'exploitation du modèle :** Sert à effectuer certains types d'analyses sur le modèle conçu. Dans cette phase, toutes les parties prenantes seront modélisées sous forme d'agents participants. L'agent peut accéder à la base de connaissances et la mettre à jour afin de contribuer à l'aide à la décision
3. **La phase de concrétisation :** vise essentiellement l'exécution c'est-à-dire l'intervention des agents opérationnels.

7. ARCHITECTURE FONCTIONNELLE

L'architecture fonctionnelle du modèle MTIC est détaillée dans la Figure (4.3)

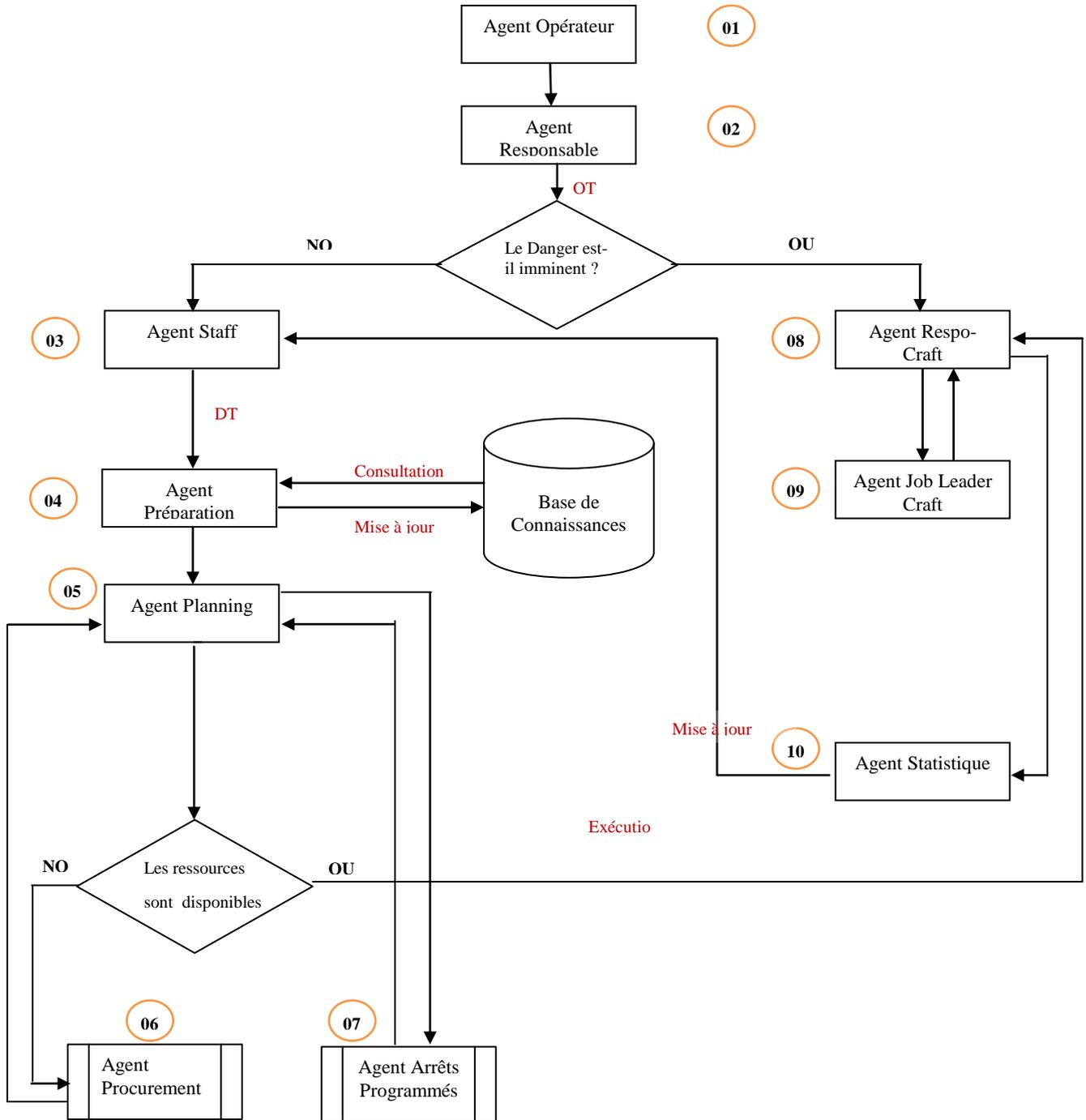


Figure 4.3 : Architecture fonctionnelle

Etape	Qui ?	Comment ?
01	Agent Opérateur	- Détecte l'anomalie après l'Inspection (le Contrôle) de l'équipement puis informe l'agent responsable production.
02	Agent Responsable Production	- Confirme l'anomalie, évalue le degré de danger et lance l'OT (Ordre de travail)
03	Agent Staff	- Reçoit l'OT - Confirme la nécessité de l'intervention - Lance la DT (Demande de travail) en précisant la priorité de la panne. - Reçoit et analyse le rapport d'intervention - Envoie le rapport d'analyse à l'agent préparation.
04	Agent Préparation	- Reçoit la DT - Estime la disponibilité des ressources - Consulte la BC (base de connaissances) - Reçoit le rapport d'intervention - Met à jour la BC.
05	Agent Planning	- Etablit les plannings - Vérifie la disponibilité des ressources - Lance l'exécution de l'intervention
06	Agent Procurement »	- Acquisition des Matériels et matériaux - Fait appel à la sous-traitance
07	Agent Arrêts Programmés	- Suivi du planning préventif
08	Agent Respo-Craft	- Lance l'OS (Ordre de service) - Nome l'agent job leader Craft - Suit l'exécution de l'intervention - Rédige le rapport d'intervention et l'envoie à l'agent staff.
09	Agent Job Leader Craft	- Chapote l'intervention - Rend compte à l'agent respo-Craft
10	Agent Statistique	- Met à jour les statistiques

## 8. IMPLEMENTATION DU MTIC

### 8.1. Implémentation du SMA

Le développement d'un SMA est une tâche lourde, complexe qui requiert un investissement très important. A cet effet, pour implémenter le module SMA de notre modèle décisionnel SMIC, nous optons pour l'utilisation d'une plateforme Multi Agents existante que nous adaptions à nos besoins. Notre choix s'est porté sur la plate forme SMA jade (Java Agent DEveloppement framework) [Fip, 02] qui est une plateforme gratuite, implémentée en java, son code source et celui de son environnement de développement sont ouverts et modifiables permettant ainsi une utilisation relativement aux besoins exprimés. Elle possède trois modules (normes FIPA).

- DF « Director Facilitator » : Fournit un service de « pages jaunes» à la plate-forme;
- ACC «Agent Communication Channel » : Gère la communication entre les agents;
- AMS « Agent Management System » : Supervise l'enregistrement des agents, leur authentification, leur accès et l'utilisation du système. Ces trois modules sont activés à chaque démarrage de la plate-forme;

#### 8.1.1 Outils de la plate forme jade

La plate forme jade est dotée d'un certain nombre d'outils tel que :

- *Agent RMA (Remote Management Agent)*

Le RMA permet de contrôler le cycle de vie de la plate-forme et tous les agents la composant. Plusieurs RMA peuvent être lancés sur la même plate-forme du moment qu'ils ont des noms distincts.

- Agent (Direcory Facilitator)*

L'interface du DF peut être lancée à partir du menu du RMA .Cette action est implantée par l'envoi d'un message ACL au DF lui demandant de charger son interface graphique. L'interface peut être juste vue sur l'hôte où la plate-forme est exécutée. En utilisant cette interface, l'utilisateur peut interagir avec le DF.

- Agent Sniffer*

Quand un utilisateur décide d'épier un agent ou un groupe d'agents, il utilise un agent sniffer. Chaque message partant ou allant vers ce groupe est capté et affiché sur l'interface du sniffer. L'utilisateur peut voir et enregistrer tous les messages, pour éventuellement les analyser plus tard.

-Agent Dummy

L'outil DummyAgent permet aux utilisateurs d'interagir avec les agents JADE d'une façon particulière. L'interface permet la composition et l'envoi de messages ACL et maintient une liste de messages ACL envoyés et reçus. Cette liste peut être examinée par l'utilisateur et chaque message peut être vu en détail ou même édité. Plus encore, le message peut être sauvegardé sur le disque et renvoyé plus tard.

8.1.2 Création des agents

Au niveau de jade, nous avons créé les différents agents participants représentant les différents acteurs qui interviennent au bon déroulement de la fonction maintenance.

Nous avons créé 10 agents: agent opérateur, agent respo prod, agent staff, agent préparation, agent planning, agent arrêt programmé, agent procurement, agent respo craft, agent job leader craft, agent statistique.

La Figure (4.4) illustre le diagramme de classe de l'agent opérateur.

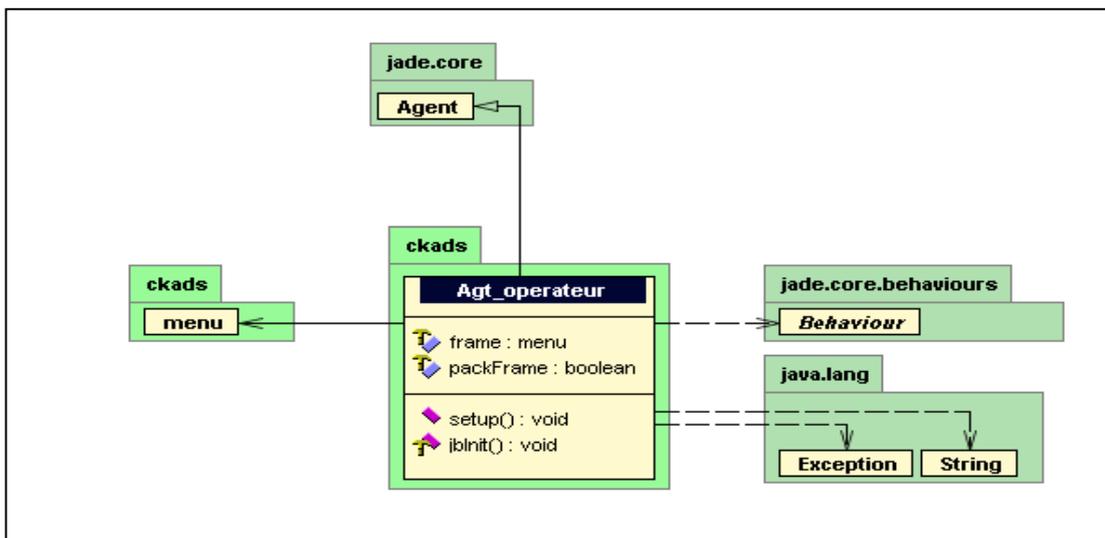


Figure 4.4: Diagramme de classe de l'agent opérateur

La création des différents agents de notre modèle est illustrée par la Figure (4.5).

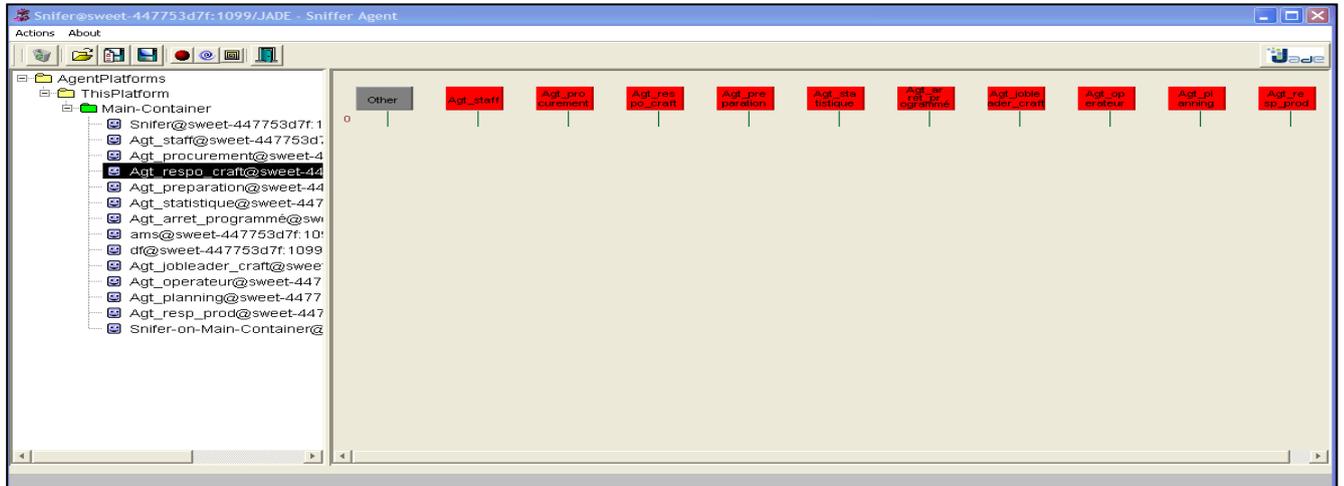


Figure 4.5 : Création des différents agents

### 8.1.3 Simulation de la communication

La communication est lancée suite à la détection de panne.

La Figure (4.6) visualise les messages échangés lors de la communication.

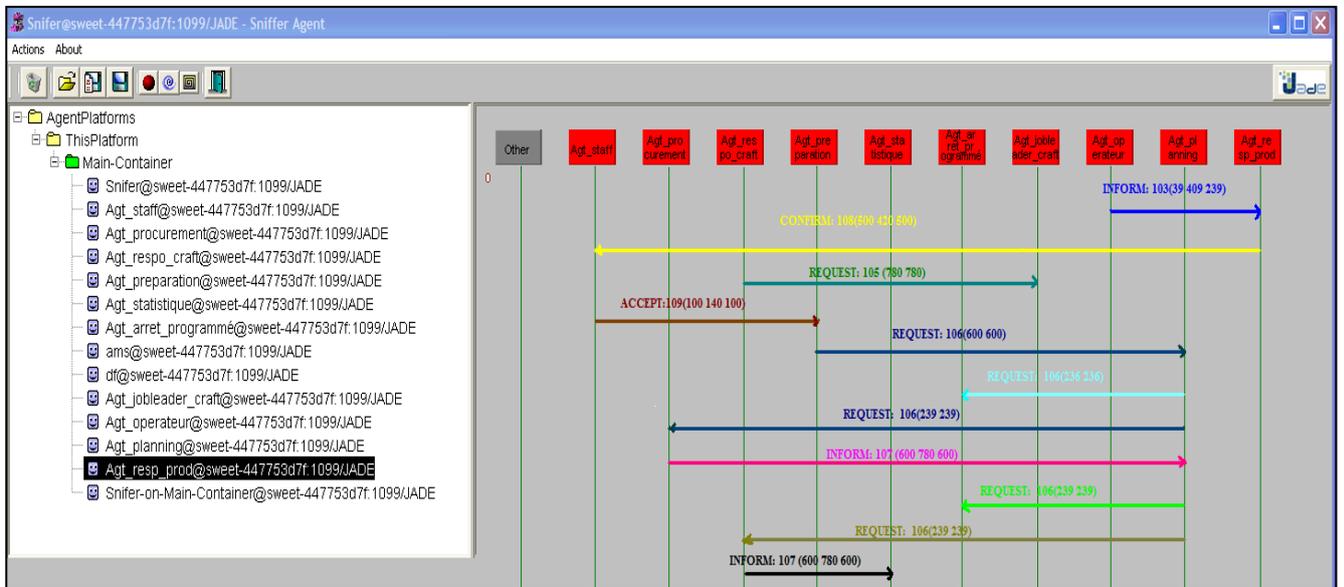


Figure 4.6 : Visualisation des messages échangés lors de la communication

Les primitives spécifiques aux agents sont :

- Request () : l'agent envoie un message à un autre agent pour l'inciter à effectuer sa tâche. Comme l'agent respo\_craft qui désigne l'agent job leader craft pour chapoter l'exécution du travail.
- Confirm () : l'agent envoie un message à un autre agent pour confirmer la situation en cour. Comme l'agent respo\_prod qui confirme la détection de la panne.
- Inform () : l'agent envoie un message à un autre agent pour l'informer. Comme l'agent procurement qui informe l'agent planing après avoir procurer les ressources nécessaires.
- Accept () : l'agent envoie un message à un autre agent après avoir accepté sa requête. Comme l'agent staff qui accepte de lancer une demande de travail (DT) à l'agent préparateur.
- Refuse () : l'agent envoie un message à un autre agent après avoir refusé sa requête. Comme l'agent staff qui refuse de lancer une demande de travail (DT).

### 8.2. Implémentation de CommonKads

Parmi les méthodes d'ingénierie des connaissances, nous nous sommes focalisé sur la méthode CommonKads.

C'est une méthode structurée pour la modélisation et le développement de systèmes à base de connaissances. Elle est construite par six modèles : Le modèle d'organisation, de tâches, d'agents, de connaissances, de communications et de conception.

Dans le cadre de notre application, nous avons principalement développé le modèle de connaissances et le modèle de conception.

Le système à base de connaissances implémenté a été dédié à un agent clé de la maintenance : l'agent préparateur.

L'agent préparateur, qui est considéré comme étant un expert du domaine de la maintenance dispose des connaissances critiques et essentielles pour la bonne prise de décision.

#### 8.2.1.1 La connaissance du domaine

La connaissance du domaine décrit l'information statique du domaine d'application. Elle est habituellement constituée de deux ingrédients: le schéma du domaine (modèle des données) et la base de connaissances (les instances des types spécifiés au schéma du domaine).

Il s'agit ici d'identifier les concepts et les relations, les types-de-règle (rule type) et de décrire la base de connaissances (BC) pour chaque relation et type-de-règle.

**8.2.1.1. Le schéma du domaine**

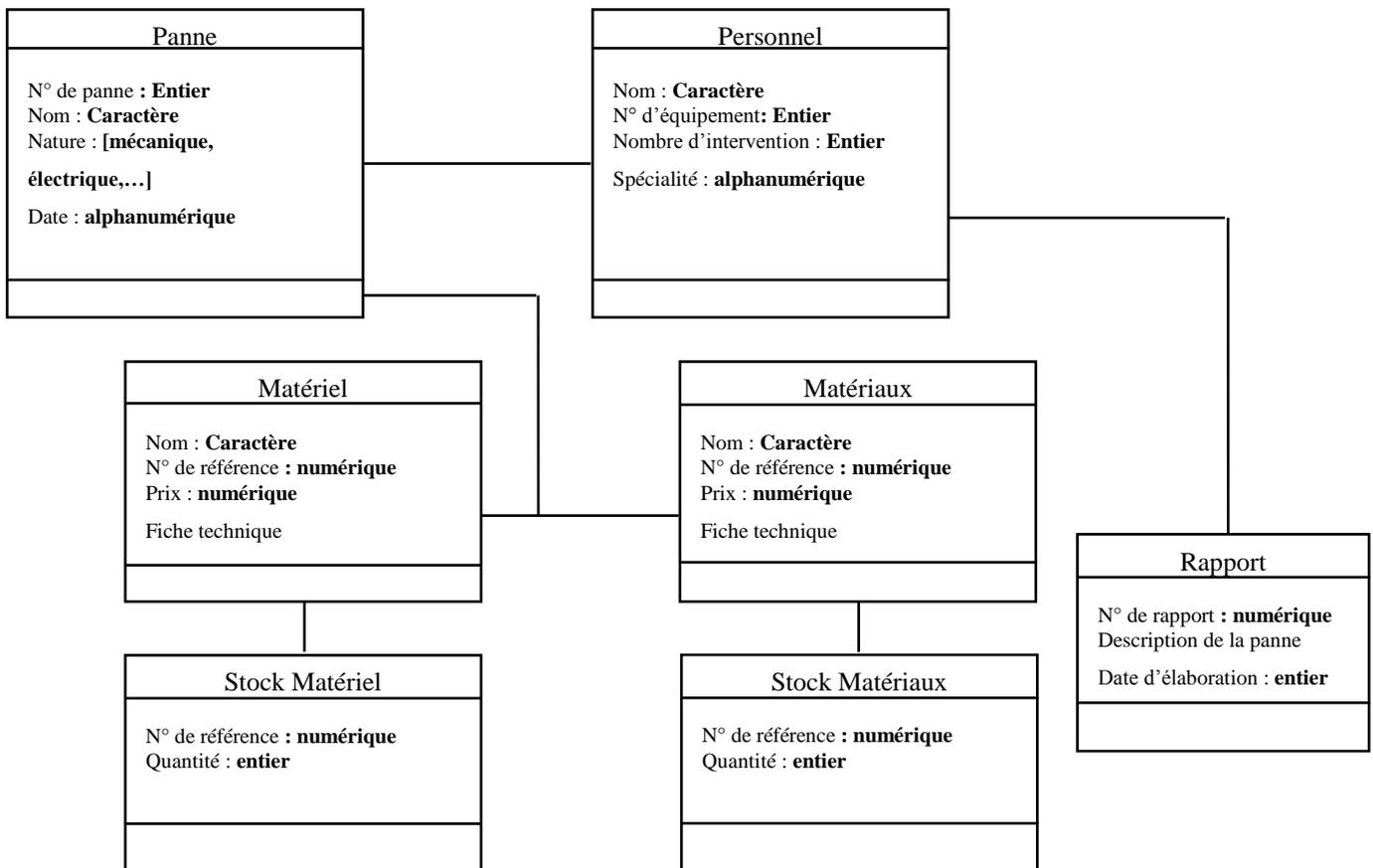
Les éléments d'un schéma de domaine sont les concepts, les relations, et les types-de-règle.

**8.2.1.1.1. Les concepts**

Un concept décrit un ensemble d'objets ou d'instances qui existent dans le domaine d'application et qui ont des caractéristiques similaires. Il correspond à la notion de classe dans la modélisation orientée-objet, à la différence que les fonctions ne sont pas incluses dans la définition d'une classe.

Nous utilisons la notation UML pour décrire graphiquement les éléments du schéma du domaine.

La Figure (4.7) présente les concepts du domaine de la maintenance.



**Figure 4.7** : Des concepts du domaine de la maintenance industrielle

Le langage CML2, dont la syntaxe est décrite dans est utilisé pour décrire les éléments du modèle de connaissances.

```

CONCEPT panne;
  DESCRIPTION:
    "Les attributs d'une panne ";
  ATTRIBUTES:
    numéro: INTEGER;
    nom: STRING;
    date: STRING;
END CONCEPT panne;
    
```

**Figure 4.8** : Le concept panne en CML2

### 8.2.1.1.2. Les relations

Les liens entre les différents concepts sont définis par une construction de type relation. Un exemple d'une relation est présenté à la Figure (4.9). Dans ce cas, on voit qu'un personnel peut rédiger 0 ou plusieurs rapports,



**Figure 4.9** : Exemple d'une relation

### 8.2.1.1.3. Les types-de-règle

Les types-de-règle, qui différencient le schéma du domaine d'un modèle de données traditionnel, nous permettent de représenter les dépendances entre différents concepts. Ils nous permettent d'exprimer des relations logiques entre les concepts à un niveau schématique abstrait, c.-à-d. sans avoir à énumérer toutes les instances. Ils correspondent habituellement à des expressions concernant les valeurs des attributs d'un concept. Un type-de règle ressemble à une relation dont les arguments sont des antécédents et des conséquents. Ces arguments ne sont pas des instances de concept, mais plutôt des expressions à propos de ces concepts. Ils ne décrivent pas toujours une implication, mais peuvent aussi représenter des relations heuristiques entre les expressions du domaine. Les antécédents et les conséquents d'un type-de règle sont un concept ou une relation.

```

RULE-TYPE    modèle-de-
décomposition;
ANTECEDENT:
    But;
    CARDINALITY: 1;
CONSEQUENT:
    Sous-buts;
    CARDINALITY: 0..*;
CONNECTION-SYMBOL:
    indicates;
END RULE-TYPE modèle-de-décomposition;
    
```

**Figure 4.10** : Exemple d'un type-de-règle

### 8.2.1.2. La base de connaissances

Le premier élément de la connaissance du domaine est le schéma du domaine qui décrit les types de connaissances, comme les concepts, les relations et les types-de règle. Le deuxième élément est la base de connaissances. Celle-ci contient des instances de ces types de connaissance. Une BC est typique de la modélisation des connaissances; elle contient les instances sur lesquelles le raisonnement devra s'effectuer. La séparation du schéma du domaine et de la base de connaissances implique que l'acquisition de connaissances se fait en deux étapes. La première consiste à définir les types de connaissances et la deuxième à obtenir les instances de ces connaissances avec des va-et-vient entre les deux. Une BC contient les instanciations des relations et de type-de-règle comme cette instanciation d'un type de-règle du modèle-de-décomposition. [Abi, 03]

### 8.2.2 La connaissance de la tâche

Un des aspects particulièrement importants lorsqu'on développe un modèle de connaissances est l'utilisation qu'on en fera, c'est-à-dire la tâche qui sera supportée par un Système BC.

Dans notre cas, la tâche que le Système BC supportera est l'estimation des ressources nécessaires pour l'intervention d'une panne (spécialités et nombre de crafts, matériels, matériaux, temps). C'est l'agent préparation qui est chargé de l'exécuter.

## 9. DEROULEMENT DU LOGICIEL

L'interface de notre logiciel est illustrée par la Figure (4.11).



Figure 4.11 : L’interface du logiciel

La liste des anomalies détectées dans le complexe GP1Z sont illustrées par la figure (4.12)

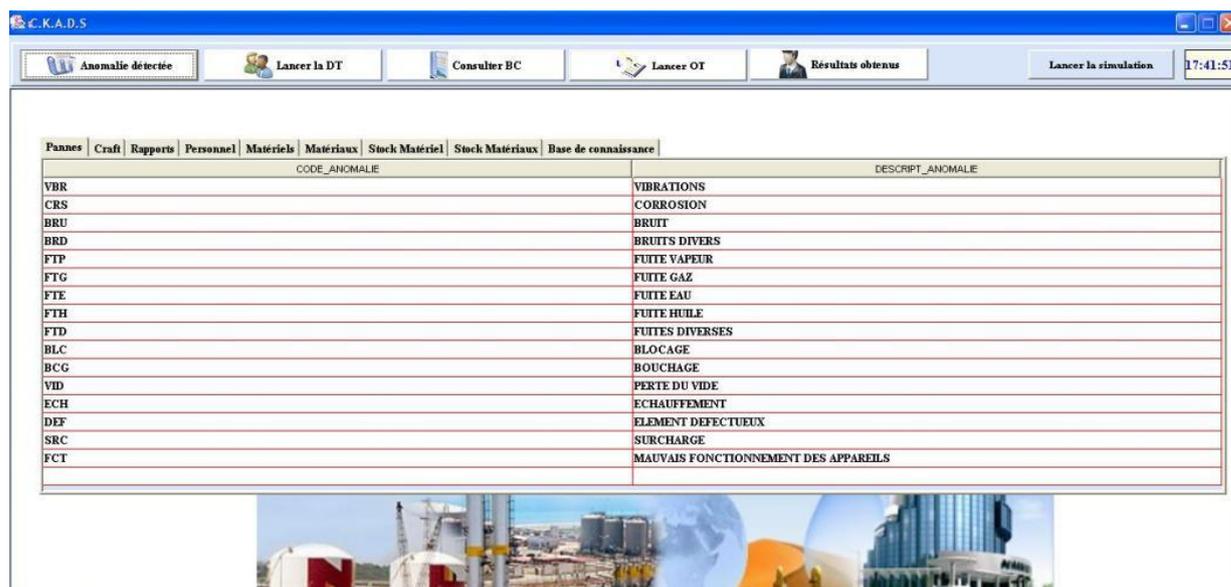


Figure 4.12 : Anomalies détectées au GP1Z

Une fois l’anomalie confirmée, une demande de travail (DT) est lancée comme c’est illustré dans la figure (4.13).

Figure 4.13: Demande de travail

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, coût, 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, coût...etc.).Pour ce fait, l’estimation des ressources est une tâche très délicate.

La base de connaissances conçue est illustrée par la figure (4.14).

**Base de connaissances :**

Ref	Craft	Désignation DT	Désignation OT	Coût	Nbr. Craft	Temps	LMX	LML
1	R	Fuite de vapeur d'eau l...	Etancher fuite de vapeu...	10650,00	3,00	83,00	LMX PCV-5753	LML PCV-1245
2	R	Vérification PCV-5754(...	Démontage vérification...	15150,00	2,00	68,00	LMX PCV-5754	LML PCV-6951
3	R	Perturbation du débit a...	Vérification de la boucl...	28618,00	4,00	31,00	LMX PCV-5755	LML PCV-1547
4	C	Fuite de gaz au niveau ...	REPARATION DE LA F...	36678,00	5,00	55,00	LMX PCV-5756	LML PCV-2541
5	C	Vanne de drain 3/4" déf...	Changement de vanne ...	11410,00	2,00	72,00	LMX PCV-5757	LML PCV-3654
6	C	Installations joints plei...	installations joints plei...	34865,00	4,00	91,00	LMX PCV-5758	LML PCV-124
7	R	Défaillance du PIC-035...	Calibration du PIC-035...	43463,00	1,00	103,00	LMX PCV-5759	LML PCV-987
8	C + LP	Changement de la part...	Changement de la part...	11353,00	5,00	56,00	LMX PCV-5760	LML PCV-1006
9	C	prévoir recommandatio...	-changement coude et p...	39702,00	3,00	92,00	LMX PCV-5761	LML PCV-457
10	T+LP+R	Anomalie sur rapport E...	Prévoir les recommand...	14824,00	2,00	118,00	LMX PCV-5762	LML PCV-568
11	C+LP	Changement des partie...	Sablage des coudes suiv...	39447,00	4,00	84,00	LMX PCV-5764	LML PCV-10
12	C+LP	Changement des partie...	Brossage & peinture de...	20792,00	4,00	82,00	LMX PCV-5765	LML PCV-984
13	C+LP	Changement des partie...	- Brossage & peinture d...	13396,00	4,00	36,00	LMX PCV-5766	LML PCV-124
14	C	Changement de la parti...	Changement de la parti...	38784,00	2,00	117,00	LMX PCV-5767	LML PCV-6851
15	C+LP	Changement des parti...	(Changement de toute L...	48483,00	6,00	105,00	LMX PCV-5769	LML PCV-6024

**Désignation DT:**

**Désignation OT:**

Suivant      Précédent

Figure 4.14 : Base de connaissances

Si la description de l'anomalie n'appartient pas à la liste décrite dans la figure (4.12), le préparateur peut la mettre à jour.

### 10. RESULTATS DE L'IMPLEMENTATION

Nous avons développé un outil décisionnel d'aide à la maintenance (MTIC), nous avons implémenté la méthode CommonKads qui nous a permis de construire un système à base de connaissances (SBC) dédié essentiellement à un acteur clé de la maintenance industrielle considéré comme étant un expert dans le domaine.

Malgré que les SBC présentent plusieurs inconvénients tels que les erreurs qui peuvent être coûteuses, la non connaissance des limites de leurs connaissances, les SBC offrent plusieurs avantages. Parmi elles la disponibilité accrue de l'expertise, son coût réduit, sa permanence, la rapidité de la réponse surtout dans les situations d'urgence.

La plate forme JADE nous a permis de faire une simulation pour observer la communication des différents acteurs de la maintenance à travers les messages.

### 11. CONCLUSION

Au terme de ce chapitre, nous avons présenté un modèle d'aide à la maintenance basé essentiellement sur l'ingénierie des connaissances (IC).

L'ingénierie des connaissances nous a permis de construire un système à base de connaissances complet.

Nous avons fait recours au SMA afin de représenter les différents acteurs qui interviennent dans le domaine de la maintenance industrielle.

L'outil d'aide à la maintenance proposé permet de traiter la problématique de la préparation des ressources nécessaires (coût, temps spécialité et nombre des crafts, taches à suivre pour la résolution de l'anomalie.

Cet outil peut s'avérer utile dans les situations où les experts sont très occupés, pour préserver l'expertise d'un employé qui prend sa retraite ou lorsque la tâche est répétitive.

---

**CONCLUSION GENERALE  
ET PERSPECTIVES**

---

# Conclusion Générale

Notre travail consistait à construire un modèle décisionnel basé sur l'ingénierie de connaissances. Ce modèle a été appliqué à la maintenance industrielle au sein d'une activité de production AVAL/Sonatrach.

Pour parvenir à cet objectif, nous avons fait recours à différentes notions permettant une appréhension globale des différents aspects du modèle.

Nous avons commencé par présenter les notions de base de la maintenance industrielle, tout en citant les différents acteurs qui y contribuent.

Nous avons par la suite abordé les outils utilisés dans le modèle proposé à travers un état de l'art sur les principales méthodes qui existent en ingénierie de connaissances, en précisant le principe et la particularité de chacune.

Afin de répondre à notre problématique nous avons choisi la méthode CommonKads.

CommonKads est une méthode structurée pour la modélisation et le développement des systèmes à base de connaissances (SBC). Elle est considérée comme le standard européen pour les méthodes de développement des SBC.

Afin de simuler et modéliser la communication entre les différents acteurs de la maintenance industrielle, nous avons introduit un deuxième outil, les Systèmes Multi Agents.

Il n'est pas judicieux de proposer un modèle décisionnel sans pour autant aborder les concepts ayant trait aux Systèmes d'Aide à la Décision. Dans cet esprit nous nous sommes intéressés à quelques principaux modèles rencontrés dans la littérature.

Afin de construire notre modèle, il fut primordial de mettre en œuvre les différentes notions et concepts (Ingénierie de connaissances, CommonKads, Système Multi Agent, Système d'Aide à la Décision) dans les différentes étapes de modélisation et d'implémentation.

Le résultat de nos travaux met en exergue la pertinence d'un modèle décisionnel basé sur un processus de capitalisation de connaissances.

Le modèle proposé constitue un bon outil d'aide aux décideurs de la maintenance industrielle. Il a permis de capitaliser les expertises des décideurs clés de la maintenance industrielle (les préparateurs de la demande de travail).

Il permet de traiter la problématique de la préparation des ressources nécessaires (coût, temps spécialité et nombre des crafts, tâches à suivre pour la résolution de l'anomalie).

Cet outil peut s'avérer utile dans les situations où les experts sont très occupés, pour préserver l'expertise d'un employé qui prend sa retraite ou lorsque la tâche est répétitive et devant des situations d'urgence où les décideurs de la maintenance doivent prendre des dispositions rapidement afin d'éviter des dégâts importants aussi bien sur le plan humain, que sur le plan matériel.

## Perspectives

Nous proposons en perspectives de notre travail, d'élargir l'étendue de la base de connaissances afin de capitaliser d'autres expertises dans la maintenance industrielle.

Nous proposons aussi d'appliquer notre modèle à d'autres domaines d'expertises tels que les centres de recherches.

Nous comptons d'expérimenter une autre méthode d'ingénierie de connaissances afin d'améliorer notre modèle décisionnel.

---

# BIBLIOGRAPHIE

---

# Bibliographie

- [Abi et al, 03] I.Abi-Zeid, L. Lamontagne, « Le modèle de connaissances CommonKADS pour la recherche et sauvetage», rapport technique, département recherche et développement pour la défense, Canada, 2003.
- [Arg et al, 78] C.Argyris, D.A.Schon, « Organizational learning: a theory of action perspective», Addison-Wesley Publishing Company, 1978.
- [Att et al, 91] J.M.Attonaty, M.H.Chatelin, J.C.Poussin, L.G.Soler, «Advice and decision support systems in agriculture: new issues», présentée dans Decision Support Systems, Bruges, Belgium, 1991.
- [Aus et al, 92] Aussenac-Guilles, NN.Krivine, « Introduction to the special issue on knowledge Acquisition», Sallantin Editorial, Revue d'Intelligence Artificielle, pp.7-18, 1992.
- [Ben et al, 07] D.Benmahamed, J.Ermine, « Concevoir des dispositifs de transfert des savoir-faire métiers dans une démarche de Management des Connaissances», Management des Connaissances en entreprise, Chapitre 15, 2ème édition par Lavoisier, France, 2007.
- [Ben, 08] D.Benmahamed, « Démarche globale de Gestion des connaissances en entreprise : de la stratégie au système d'information», Thèse de Doctorat, France, 2008.
- [Bou et al, 90] P.Bourgine, J.L.Lemoigne, «Les bonnes décisions sont-elles optimales ou adéquates ?» présentée au XII congrès européen de recherche opérationnelle, Athènes, Grèce, 1990.
- [Bou et al, 00] I.Boughzala, Zachlad, Manuel et Matta Nada: «Inter enterprise cooperative information systems for knowledge management», Workshop Knowledge Management: Theory and Applications, Lyon, France, 2000.
- [Bou et al, 05] I.Boughzala, J.Ermine, T.Tounkara, «Using Cartography to Sustain Inter-Generation Knowledge Transfer: The M3C Methodology», 2nd International Conference on Intellectual Management, Knowledge Management and Organisation, 2005.
- [Bre, 94] J.Breuker, W.Vande Velde, «Common KADS library for Expertise Modeling, Reusable Problem solving», IOS Press, Amsterdam, 1994.

- **[Bui, 94]** T.Bui, « Evaluating Negotiation Support Systems: A Conceptualization» presented at 27 TH Hawaii International Conference on System Science, Hawaii, 1994.
- **[Cal, 99]** M.Callot, K.Oldham, M.Stoke, N. Godwin, R. Brimble, R. Klein, F.Sellini, F. Merceron, D. Danino, «Methodology and tools oriented to knowledge based engineering applications», Rapport public 2.0, 1999.
- **[Cha,93]** B.Chandrasekaran, T.Johnson, « Generic tasks and task structures. History, critique and new directions». In Second Generation Expert Systems, Springer Verlag, 1993.
- **[Cha, 96]** B. Chaib-draa, «Interaction between agents in routine, familiar and unfamiliar situations», International Journal of Intelligent and Cooperative Information Systems, 1996.
- **[Cha et al, 05]** S. Chakhar, C.Pusceddu, «Un processus pour la prise de décision spatial» ROADEF'2005, 14-16, Février, Tours, France, 2005.
- **[Che, 93]** V.Chevrier, «Etude et mise en œuvre du paradigme Multi Agents' atome», Thèse de l'Université de Nancy I ,1993.
- **[Cou, 93]** J.C.Courbon, «Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision », 1993.
- **[Cye et al, 63]** R.M. Cyert, J.GMarch, « A Behavioural Theory of the Firm», New Jersey, Prentice-Hall, 1963.
- **[Dou et al, 87]** G.Doumeingts, B.Vallespir , D.Darracar et M.Roboam : , « Design methodology for advances manufacturing systems», computers in industry, 9(4) :271-296, 1987.
- **[Dro, 93]** A.Drogoul, «De la simulation Multi-Agents à la résolution collective de problèmes», Thèse de l'Université Pierre ET Mary Curie, 1993.
- **[Dur,94]** J.Durkin, «Expert Systems Design and Development», MacMillan Publishing Company, 1994.
- **[Erc, 93]** J.Erceau, «Intelligence Artificielle Distribuée et Systèmes Multi-Agents : de la théorie aux applications», 23ème Ecole Internationale d'Informatique de l'AFCEt, Neuchâtel, 1993.
- **[Erm, 96]** J.Ermine, «Les systèmes de connaissances», éditions Hermès, France 1996.

- [Erm, 00] J.Ermine, « Enjeux, démarches et processus de la gestion des connaissances», Actes des journées francophones d'ingénierie des connaissances IC2000, Toulouse, France 2000.
- [Fer, 95] J.Ferber., «Les systèmes multi-agents, vers une intelligence collective», Inter Editions, 1995.
- [Fip, 02] Fipa, «Fipa interaction protocol specifications. Technical report, Foundation for Intelligent Physical Agents», 2002.
- [Fis et al, 99] K. Fischer, B. Chaib-draa, H. J. Müller, J. P. Müller, M. Pischel. «A simulation approach based on negotiation and cooperation between agents», IEEE Trans. on Systems Man and Cybernetics, 1999.
- [Fra, 99] J.-C. Francastel, la fonction maintenance. De l'expression à la satisfaction du besoin, AFNOR, 1999.
- [Gue, 02] M.Guenified, A.Rais, «Réalisation d'un système interactif d'aide à la décision dans le domaine médicale, application : radiologie », mémoire d'ingénieur, Université d'Oran ; 2001-2002.
- [Hal, 84] R.I.Hall, «The natural logic management policy making its implications for the survival of an organization», Management Science, vol.30, pp.905-927, 1984.
- [Hor, 89] E.Horvitz, « Reasoning about beliefs and actions under computational resource constraints », in Uncertainty in Artificial Intelligence, vol. 3, pp.301-324, Elsevier, 1989.
- [Khi, 07] S.Khiat, DATA MINING INDUSTRIEL: Application à la maintenance AVAL-Sonatrach, mémoire de magistère, Université de l'USTO, Oran, 2007.
- [Lév et al, 89] P. Levine, J.C.Pomerol, «Systèmes Interactifs D'Aide à la décision et Systèmes Experts», Traité des nouvelles technologies, série décision assistée par ordinateur, Hermès, Paris, 1989.
- [Mal et al, 93] P.Malvache, P.Prieur, «Mastering Corporate Experience with the REX method: Management of industrial and Corporate Memory», actes de la conference International Symposium on the Management of Industrial and Corporate Knowledge, PP.33641, 1993.
- [Mar, 88] S.Marcus, «Automating: Knowledge Acquisition for Expert Systems», Kluge Academic Publisher, 1988.

- **[Mus, 95]** M.A Musen, Y.Shahar, « A Component-Based Architecture for Automation of Protocol-Directed Therapy», *Artificial Intelligence in Medicine, Proceedings of the 5th Conference on Artificial Intelligence in Medicine in Europe, AIME'95*, 934, Springer-Verlag, 1995.
- **[Net 1]** <http://www.swi.psy.uva.nl/projects/commonKADS/>
- **[Net 2]** [http://www.technologuepro.com/maintenance/chapitre\\_1.htm](http://www.technologuepro.com/maintenance/chapitre_1.htm)
- **[New,82]** A.Newell, «The Knowledge Level», *Artificial Intelligence*, vol. 18, 1982.
- **[Ouf, 09]** S.Oufella, «Conception d'un système interactif d'aide à la décision dans le domaine spatial», mémoire de magistère, Université Es-Senia, Oran, 2009.
- **[Pen, 90]** J.Penalva, «Sagace: une représentation des connaissances pour la supervision de procédés»,  *systèmes experts de deuxième génération' éditions EC2*, Avignon, France, 1990
- **[ Rat et al, 08a]** I.Ratani, B.Djebbar, D.Hamdadou «Proposition d'un processus décisionnel en aménagement de territoire: SIG et approche multicritère», *MCSEAI 2008*, 10 éme conférence maghrébine sur les technologies, Oran, Algérie, 2008.
- **[Rat et al, 08b]** I.Ratani, B.Djebbar, «De l'ingénierie de connaissances à l'aide à la décision», *CIIA2009*, conférence internationale sur l'informatique et ses applications, Saida, Algérie, 2009.
- **[Roy, 85]** B.Roy, «Méthodologie Multicritères d'Aide à décision», *Collection Gestion, Série production et techniques quantitatives appliqués à la gestion*, Economica, Paris, 1985
- **[Roy, 93]** B.Roy, «Science de la décision ou Science de l'aide à la decision?», *Revue Internationale de Systémique*, Vol. 6, 5, 497-529 or «Decision science or Decision-aid science?», Vol. (66, 2), 184-203, 1993.
- **[Rus, 99]** S.Russel, «in Foundations of rational agency», *Rationality and Intelligence*, vol.14, pp. 11-13, *Applier logic series*, 1999.
- **[Sch et al, 99]** G.Schreiber, H.Akkermans, A.Anjewierden, N.Shadbolt , W.Van de Vlde, «Knowledge Engineering and Management: The Common KADS Methodology», Hardcover, 1999
- **[Sch,99]** A.Schreiber, Th.Akkermans, J. M. Anjewierden, B.Wielinga, «Knowledge Engineering and Management: The CommonKADS Methodology», MIT Press, 1999.

- [Spr, 87] R.Sprague, «DSS in context: Decision Support Systems», 1987.
- [Sim, 77] H.A.Simon, «The New Science of Management Decision», 3<sup>e</sup> édition révisée, première édition en 1960), Prentic Hall, Englewood Cliffs, 1977.
- [Sim, 82 ] H.A.Simon, «From substantive to Procedural Rationality», in models of Bounded Rationality, vol. 2, pp.424-443, 1982.
- [Ste,93] L.Steels, «The componential framework and its role in reusability», Second Generation Expert Systems, Springer Verlag, 1993.
- [Tre, 96] D.Trenteaux, «Conception d'un système de pilotage distribué, supervisé et multicritère pour les systèmes automatisés de production», thèse de doctorat, Institut Nationale polytechnique de Grenoble, France, 1996.
- [Veu, 94] L.Veuve , «Urbanisme et génie civil», Support du cours enseigné à l'école polytechnique de Lausanne, Semestre d'hiver, 1994-1995.
- [Vog, 90] C.Vogel, «KODS : la mise en œuvre», Editions Masson, 1990.
- [Woo, 99] M.Wooldridge, «Multi Agent Systems: A Moderns Approach To distributed Artificial Intelligence», chapter Intelligent Agents, 1999.
- [Woo, 01] M.Wooldridge, «An introduction to multi-agent systems», editions John Wiley & Sons, 2001.

## *ANNEXES*

---

**ANNEXES A : LES PRIORITES**

**ANNEXES B : LES MODELES COMMONKADS**

**ANNEXES C : LES SYSTEMES MULTI AGENTS**

---

### 1. LA PRIORITE P1 : DANGER IMMEDIAT

Pour **les hommes** : Sécurité ;

Pour **les équipements** : Détériorations ;

Pour **la production** : Arrêt ou perte importante.

#### **Maintenance :**

- Démarrer le travail immédiatement et le poursuivre jusqu'à la suppression de l'anomalie.
- Interrompre un ou plusieurs travaux en cours et s'écarter des P.J.T. si nécessaire.
- Travailler sans préparation préalable des moyens sans pgs et sans égard aux couts.

### 2. LA PRIORITE P2 : DANGER IMMINENT

Pour **les hommes** : Situation dangereuse

Pour **les équipements** : Conditions préjudiciables

Pour **la production** : Risque d'arrêt

**Maintenance :** Le travail doit débiter le jour même.

- Démarrer le travail le jour ouvrable et suit la formulation de la demande.
- Interrompre ou retarder les travaux p3 suivant le besoin.
- Ne préparer ou programmer les moyens que partiellement

#### **Traitement de la priorité p2**

La demande de travail de p2 est remise par le demandeur au planificateur-Zone lors du Tope-Zone.

##### **1. Préparation :**

Estimation des besoins en Hh au moins pour le premier jour avant 11h.

Préparation des gammes et moyens si possible nécessaires

##### **2. Programmation :**

Introduction sur P.J.T du jour suivant.

##### **3. Réalisation :**

Exécution des travaux

### 3. LA PRIORITE P3 : IMPERATIF OU NECESSAIRE

Maintien ou Amélioration des Conditions de Sécurité.

Réparations ou Remplacements à Réaliser dans un délai Raisonnable.

Améliorations.

Dans Tous les Cas où il s'agit de demander bien à l'Avance des Travaux pouvant être exécutés aux moments opportuns.

### **Maintenance**

- Préparer et Programmer Soigneusement le Travail de façon à utiliser Rationnellement ses Moyens.
- Assurer les Conditions d'un Travail Efficient & Economique
- Respecter la date d'Achèvement Requise par le Demandeur.

Deux cas sont possibles :

1. **P3A** : Le demandeur fixe la date (date début ou date fin des travaux).
2. **P3B** : Le demandeur laisse la date de réalisation à l'appréciation de la maintenance.

### **Traitement de la priorité p3**

La Demande de Travail de Priorité 3 est remise par le Demandeur au Planificateur –Zone lors du Top-Zone.

1. **Préparation** : Préparation des gammes et moyens
2. **Procurement** : Disponibilité des Moyens Requis
3. **Programmation** : Introduction sur P.J.T. Selon Planning.
4. **Réalisation** : Exécution des travaux.

## **4. LA PRIORITE P4 : ARRET PROGRAMME**

**Maintenance** : Regroupe et achemine les demandes de travail (DT) de priorité P4 vers le système de demande de travail jusqu'à l'arrêt programmé.

## **5. LA PRIORITE P5 :**

Exclusivement pour indiquer le report d'un travail pour cause d'empêchement tel que :

1. Manque de personnel
2. Manque de matériel
3. Manque de matériaux

### **Maintenance**

- Aviser le Demandeur du déclassement de sa priorité en Priorité 5 et des raisons qui le motivent
- Activer pour lever le plus tôt possible l'empêchement

**Tableau B.1 : Identification dans l'organisation des problèmes et des opportunités  
Orientées vers une solution de connaissances [Sch, 99]**

<b>Modèle de l'organisation-1 (MO-1)</b>	
Problèmes et opportunités	<i>Dresser une courte liste des problèmes perçus et des opportunités à partir des entrevues, des discussions avec les gestionnaires, etc.</i>
Contexte organisationnel	<i>Indiquer de manière concise les éléments clés du contexte organisationnel, de façon à situer les possibilités et les problèmes: Mission, vision, buts de l'organisation Facteurs externes importants avec lesquels l'organisation doit traiter: la stratégie de l'organisation</i>
Solutions	<i>Énumérer les solutions possibles pour les problèmes perçus telles que suggérées par les entrevues, les discussions, et les éléments dégagés par la description du contexte organisationnel</i>

**Tableau B.2 : Les aspects organisationnels ayant un impact ou pouvant être  
Affectés par la solution de connaissances [Sch, 99]**

<b>Modèle de l'organisation-2 (MO-2)</b>	
Structure	<i>Un organigramme de l'organisation, sections, groupes etc.</i>
Processus	<i>Une brève description du processus d'affaires. Il est divisé en tâches détaillées dans MO-3</i>
Les gens	<i>Indiquer les personnes concernées, les acteurs, les parties prenantes, les décideurs, les bénéficiaires, les usagers, etc.</i>
Les ressources	<i>Décrire les ressources utilisées incluant: Systèmes d'information et autres outils informatiques Équipement et matériel Les qualités sociales et interpersonnelles Les brevets, les droits d'auteur</i>
La connaissance	<i>La connaissance est une ressource spéciale exploitée dans un processus d'affaires (décrit au tableau MO-4)</i>
La culture et le pouvoir	<i>Porter une attention particulière aux règles non écrites du jeu, incluant les réseaux d'influence informels, les styles de communication et de travail</i>

*Tableau B.3 : Détails du processus [Sch, 99]*

<b>Modèle de l'organisation-3 (MO-3)</b>						
No ( <i>identificateur de la tâche</i> )	Tâche ( <i>nom de la tâche</i> )	Effectuée par ( <i>agent</i> )	Où? ( <i>Endroit dans la structure</i> )	Unité de connaissance ( <i>voir MO-4</i> )	Connaissance intensive? ( <i>Oui/non</i> )	Signification ( <i>Sur une échelle de 1 à 5, en fonction de la fréquence, du coût, etc.</i> )

*Tableau B.4 : Description des unités de connaissance [Sch, 99]*

<b>Modèle de l'organisation-4 (MO-4)</b>						
Nom ( <i>unité de connaissance</i> ) ( <i>voir MO-3</i> )	Appartient à ( <i>agent</i> ) ( <i>voir MO-3</i> )	Utilisée dans ( <i>tâche</i> ) ( <i>voir MO-3</i> )	Bon format? ( <i>Oui/non</i> )	Bon endroit? ( <i>Oui/non</i> )	Bon moment? ( <i>Oui/non</i> )	Bonne qualité? ( <i>Oui/non</i> )

Tableau B.5 : Questions de faisabilité [Sch, 99]

<b>Modèle de l'organisation-5 (MO-5)</b>	
Faisabilité d'affaires	<p>Pour une paire problème/opportunité répondre aux questions suivantes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Quels sont pour l'organisation, les bénéfices anticipés de cette solution. Identifier les bénéfices économiques tangibles et intangibles</li> <li>2- Quel est l'ordre de grandeur de la valeur ajoutée espérée?</li> <li>3- Quelle est l'espérance de coût de cette solution?</li> <li>4- Comment cette solution se compare-t-elle à d'autres options?</li> <li>5- Des changements organisationnels seront-ils nécessaires?</li> <li>6- Dans quelle mesure y-a-t-il des risques et incertitudes d'affaires et économiques? Sont-ils associés à la direction préconisée par la solution?</li> </ol>
Faisabilité technique	<p>Pour une paire problème/opportunité répondre aux questions suivantes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Quelle est la complexité de la tâche qui sera effectuée par le SBC en matière de connaissances emmagasinées et de processus de raisonnement?</li> <li>2- Est-ce que les méthodes et les outils à la fine pointe de la technologie sont disponibles et adéquats?</li> <li>3- Y-a-t-il des aspects critiques liés au temps, à la qualité, aux ressources dont on a besoin? Si oui, comment traiter ces aspects?</li> <li>4- Est-ce que les mesures de succès sont claires et comment tester la validité, la qualité et une performance satisfaisante?</li> <li>5- Quelle est la complexité de l'interaction avec les usagers? Est-ce que les méthodes et les outils d'interfaces usager à la fine pointe de la technologie sont disponibles et adéquats?</li> <li>6- Quelle est la complexité de l'interaction avec d'autres systèmes d'information? Est-ce que les méthodes et les outils d'interfaces à la fine pointe de la technologie sont disponibles et adéquats?</li> <li>7- Y-a-t-il d'autres facteurs de risque et d'incertitude technologique?</li> </ol>
Faisabilité du projet	<p>Pour une paire problème/opportunité répondre aux questions suivantes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Y-a-t-il un engagement de la part des acteurs et des parties prenantes (gestionnaires, experts, usagers, clients, membres de l'équipe du projet) envers le projet?</li> <li>2- Les ressources nécessaires en termes de temps, budgets, équipements et personnel seront-elles disponibles?</li> <li>3- Les connaissances et compétences nécessaires sont-elles disponibles?</li> <li>4- Les attentes envers ce projet et ses résultats sont-elles réalistes?</li> <li>5- Est-ce que les organisations du projet interne et externe (communication) sont adéquates?</li> <li>6- Y-a-t-il d'autres risques et incertitudes associés au projet?</li> </ol>
Actions proposées	<p>Cette partie du document est dirigée vers l'engagement des gestionnaires et des décideurs. Elle comprend les éléments de l'analyse précédente dans un ensemble de recommandations concrètes en matière d'action.</p> <p>Priorité: Que recommande-t-on en matière de priorité dans l'espace problème-possibilité?</p> <p>Solution ciblée: Quelle est la solution recommandée pour cette priorité?</p> <p>Quels sont les résultats et bénéfices anticipés?</p> <p>Quelles actions doivent-elles être effectuées par le projet?</p> <p>Si les circonstances internes ou externes venaient à changer, dans quelles conditions devra-t-on reconsidérer les actions proposées?</p>

Tableau B.6 : La description raffinée des tâches du processus ciblé [Sch, 99]

<b>Modèle de Tâche-1 (MT-1)</b>		
Tâche	<i>Voir MO-3</i>	<i>Nom et identificateur de la tâche (No)</i>
Organisation	<i>Voir MO-2</i>	<i>Indiquer le processus d'affaires auquel appartient cette tâche, et l'endroit dans l'organisation où elle est effectuée</i>
But et valeur		<i>Décrire le but de cette tâche et la valeur que son exécution ajoute au processus auquel la tâche appartient</i>
Dépendance et flux	<i>Les tâches précédantes Les tâches suivantes</i>	
Objets traités	<i>Objets en entrée Objets en sortie Objets internes</i>	
Temps et contrôle	<i>Fréquence, Durée  Contrôle  Contraintes &amp; Conditions</i>	<i>Quelle est la fréquence à laquelle la tâche est effectuée et quelle est la durée d'exécution? La structure de contrôle de cette tâche et les tâches desquelles elle dépend (entrée/sortie) Préconditions qui doivent être satisfaites avant l'exécution; post-conditions qui doivent tenir suite à l'exécution de cette tâche; contraintes qui doivent être satisfaites durant la tâche</i>
Agents	<i>MO-2: Gens, Systèmes Ressources; MO-3: effectuée par</i>	<i>Le personnel (voir MO-2/3, Gens) et/ou les systèmes d'information (voir MO-2/3, Ressources) qui sont responsables de ces tâches</i>
Connaissances et compétences	<i>Voir MO-4</i>	<i>Compétences nécessaires pour bien effectuer la tâche. Pour les éléments de connaissances, remplir le tableau MT-2. Énumérer ici les autres compétences pertinentes. Indiquer les éléments de la tâche qui sont intensifs en connaissances. À noter que certaines tâches peuvent aussi livrer des connaissances à l'organisation. Indiquer ici lesquelles</i>
Ressources	<i>Détails de MO-2</i>	<i>Décrire et quantifier les différentes ressources utilisées par la tâche (personnel, systèmes et équipements, matériels, budget financier)</i>
Qualité et performance	<i>Mesures</i>	<i>Énumérer les mesures de qualité et de performance utilisées par l'organisation pour déterminer le succès de l'exécution d'une tâche</i>

Tableau B.7 : La spécification des connaissances utilisées pour une tâche, ainsi que les goulots d'étranglement et les points d'amélioration [Sch, 99]

<b>Modèle de Tâche-2 (MT-2)</b>		
Nom	<i>Élément de connaissance</i>	
Appartient à	<i>Agent</i>	
Utilisé dans	<i>Nom de tâche et identificateur</i>	
Domaine	<i>Le domaine auquel la connaissance appartient (champ du spécialiste, discipline, branche de sciences ou de génie, communauté professionnelle)</i>	
<b>Nature de la connaissance</b>		<b>Goulot d'étranglement/ à améliorer?</b>
Formelle, rigoureuse		
Empirique, quantitative		
Heuristique, règles du pouce		
Hautement spécialisée, propre au domaine		
Basée sur l'expérience		
Basée sur les actions		
Incomplète		
Incertaine, pourrait être incorrecte		
Peut changer rapidement		
Difficile à vérifier		
Tacite, difficile à transférer		
<b>Forme de la connaissance</b>		
Dans l'esprit		
Sur papier		
Électronique		
Reliée à l'action		
Autre		
<b>Disponibilité de la connaissance</b>		
Limites temporelles		
Limites spatiales		
Limites d'accès		
Limites de qualité		
Limites de forme		

Tableau B.8 : La spécification des agents[Sch, 99]

<b>Modèle d'agent-1 (MA-1)</b>	
Nom	<i>Nom de l'agent</i>
Organisation	<i>Indiquer comment l'agent se positionne dans l'organisation telle que définie par le modèle de l'organisation, incluant le type (humain, système d'information), fonction, position dans la structure organisationnelle</i>
Impliqué dans	<i>La liste des tâches (nom et identificateur, MT-1)</i>
Communique avec	<i>Liste des autres agents</i>
Connaissance	<i>Liste des éléments de connaissance appartenant à l'agent (MT-2)</i>
Autres compétences	<i>Liste des autres compétences que l'agent doit posséder</i>
Responsabilités et contraintes	<i>Liste des responsabilités que l'agent a dans l'exécution des tâches et les restrictions. Les contraintes peuvent être au niveau de la limite de son autorité, mais aussi au niveau des normes légales et professionnelles internes ou externes</i>

Tableau B.9 : Les éléments à inclure dans le document de décision [Sch, 99]

<b>Modèle de l'Organisation-Tâche-Agent OTA-1</b>	
Impacts et changements	<p><i>Décrire les impacts et les changements que la solution de connaissances retenue apporte à l'organisation en faisant ressortir les différences entre le modèle actuel de l'organisation (MO-2) et sa forme future. Ceci doit être fait pour les points suivants: structure, processus, ressources, gens, connaissance, culture et pouvoir.</i></p>
Impacts et changements spécifiques aux tâches/agents.	<p><i>Décrire les impacts et les changements que la solution de connaissances retenue apporte au niveau des tâches et des agents en faisant ressortir les différences entre les modèles de tâches et d'agents actuels (MT-1/2 et MA-1) et leurs formes futures. On doit tenir compte de toutes les parties prenantes en incluant les travailleurs, les clients, les usagers, les décideurs. Ceci doit être fait pour les points suivants:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Changements au niveau de l'organisation des tâches (flux, dépendances, objets traités, timing, contrôle)</i></li> <li><i>Changements au niveau des ressources nécessaires</i></li> <li><i>Critères de qualité et de performance</i></li> <li><i>Changements dans la dotation, les agents concernés</i></li> <li><i>Changements dans les positions individuelles, responsabilités, autorité, contraintes dans l'exécution des tâches</i></li> <li><i>Changements requis au niveau des connaissances et des compétences</i></li> <li><i>Changements au niveau de la communication</i></li> </ul>
Attitudes et engagement	<p><i>Tenir compte de comment les personnes concernées et les parties prenantes réagiront aux actions proposées et établir s'il y a une base de soutien suffisante pour implanter ces changements</i></p>
Actions proposées	<p><i>Cette partie du document contient les impacts et améliorations qui feront l'objet d'une décision et d'un engagement des gestionnaires. Elle comprend les résultats des analyses précédentes et recommande des actions concrètes:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Améliorations: Quels sont les changements recommandés par rapport à l'organisation, aux tâches individuelles, aux membres du personnel et aux systèmes?</i></li> <li><i>Mesures d'accompagnement: Quelles mesures seront prises afin de faciliter ces changements (p. ex. formation, nouvelles installations)</i></li> <li><i>Quelles sont les recommandations reliées à la solution d'un système de connaissances?</i></li> <li><i>Résultats attendus, coûts, bénéfices? (Revoir ces éléments dans le document de faisabilité)</i></li> <li><i>Si les circonstances à l'intérieur ou à l'extérieur de l'organisation venaient à changer, dans quelles conditions faudra-t-il revoir les décisions proposées?</i></li> </ul>

*ANNEXEC*

---

**LES SYSTEMES MULTI AGENTS (SMA)**

---

## 1. DEFINITIONS

La notion d'agent est issue de différents domaines telles que la Psychologie Sociale, l'Intelligence Artificielle, les Sciences de l'Homme et de la Vie, etc. En effet, plusieurs travaux ont porté sur la notion d'agent engendrant des définitions aussi riches que variées parmi elles celle donnée par Jacques Ferber [**Fer, 95**] :

*« Un agent est une entité réelle ou virtuelle évoluant dans un environnement capable de le percevoir et d'agir dessus, qui peut communiquer avec d'autres agents, qui exhibe un comportement autonome, lequel peut être vu comme la conséquence de ses interactions avec d'autres agents et des buts qu'il poursuit ».*

Ou celle donnée par Erceau [**Erc, 93**] :

*« Les agents sont des entités physiques (capteurs, processeurs,...) ou abstraites (tâches à réaliser, déplacements, etc.), qui sont capables d'agir sur leur environnement et sur elles-mêmes, c'est-à-dire de modifier leur propre comportement. Elles disposent, pour ce faire, d'une représentation partielle de cet environnement et de moyens de perception et de communication. » .*

## 2. LA TYPOLOGIE DES AGENTS

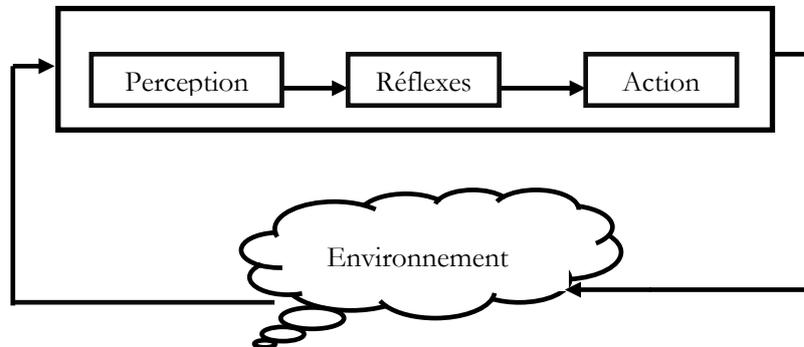
Les agents peuvent être classés selon différentes propriétés: le rôle, la mobilité, la capacité de coopérer, le degré de granularité, etc. Les agents peuvent être classés selon deux catégories : Des agents cognitifs dits « intelligents » et des agents réactifs dits « moins intelligents ». A ces deux types d'agents, s'ajoute l'architecture hybride et l'architecture BDI conçus pour résoudre les inconvénients des agents réactifs et cognitifs.

### 3.1. Les Agents réactifs

L'approche réactive se base sur le concept d'émergence. Elle avance par ailleurs, l'idée qu'il n'est pas nécessaire que chaque agent soit personnellement « intelligent » pour parvenir à un comportement intelligent de l'ensemble [**Woo, 99**].

Les agents réactifs sont les plus faciles à concevoir et peuvent être capables d'actions de groupe complexes et coordonnées. Ce type d'agent n'a pas de représentation de son environnement ou des autres agents, son comportement est décrit par des règles simples du type stimulus/réponse. Il ne tient pas compte du passé et ne planifie pas le futur, ce qui

présente un grand avantage et rend les systèmes réactifs plus rapides [Dro, 93]. La structure de l'agent réactif est illustrée par la Figure (C.1).



**Figure C.1:** Structure d'un agent réactif

Malgré la simplicité apparente et les bons résultats obtenus pour certaines applications, bien des reproches ont été adressés à cette approche dite “réactive”, parmi lesquelles, il convient de voir que [Woo, 01] :

- Si les agents ne possèdent pas de modèle de leur environnement, ils doivent posséder suffisamment d'informations locales leur permettant de choisir une action acceptable;
- Il est difficile de voir comment un agent purement réactif peut apprendre de son expérience et améliorer ainsi ses performances;

### 3.2. Les Agents cognitifs

C'est un type d'agents plus complexe [Erc, 93] doté de capacités de raisonnement importantes et disposant d'une représentation de son environnement. Chaque agent est muni d'une base de connaissances comprenant l'ensemble des informations et des savoir-faire nécessaires à la réalisation de sa tâche ainsi qu'à la gestion des interactions avec les autres agents et avec son environnement. Pour atteindre leurs buts, ces agents sont capables d'échafauder des plans et de coopérer, ils utilisent l'expérience qu'ils ont acquise pour prendre des décisions, ils suivent le plan qu'ils ont établi jusqu'à son terme avant d'entreprendre une nouvelle tâche. Ils font souvent appel à des modes de communication plus complexes qu'une simple perception [Che, 93].

L'agent cognitif est donc intéressant individuellement et collectivement et reprend les différentes méthodes de l'intelligence artificielle auxquelles vient s'ajouter un comportement social. L'architecture de l'agent cognitif est illustrée par la Figure (C.2).

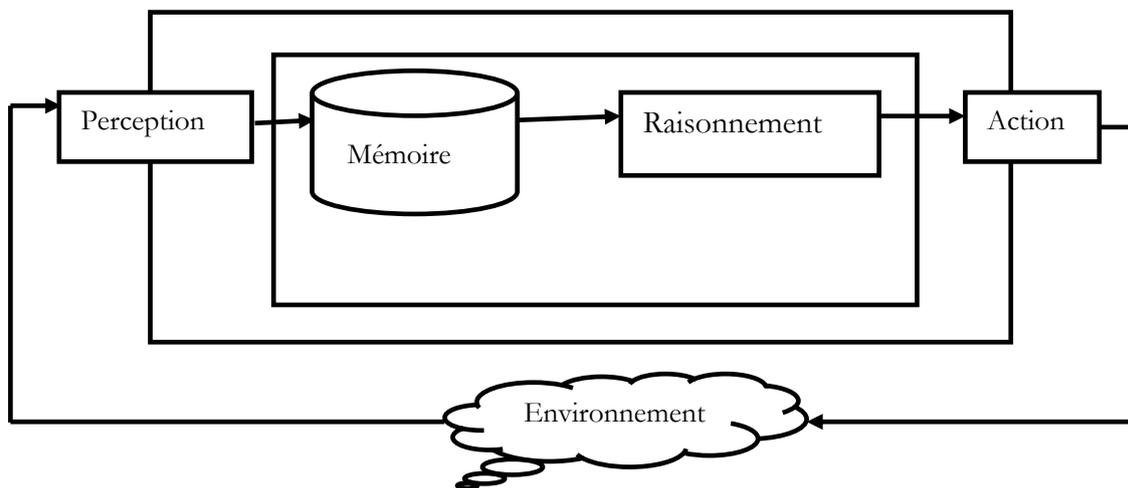
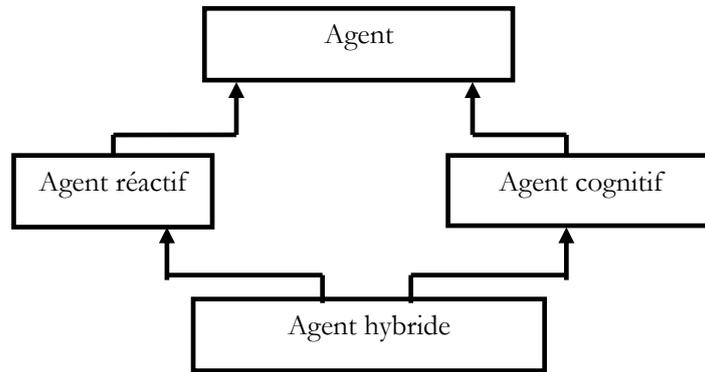


Figure C.2 : Architecture d'un agent cognitif

### 3.3. Architecture hybride

Dès le début des années 90, on savait que les agents réactifs pouvaient bien convenir pour certains types de problèmes et moins bien pour d'autres. De même, pour les agents cognitifs. On commence, dès lors, à investiguer la possibilité de combiner les deux approches afin d'obtenir une architecture hybride [Cha, 96], [Fis et al, 99].

L'architecture hybride est en quelque sorte un compromis entre un agent purement réactif et un agent purement cognitif. Cette vision permet de concilier les capacités intéressantes des deux types d'agents précédents. La structure d'un agent hybride peut être divisée en trois couches. Une couche réactive qui va s'intéresser au traitement des données provenant de capteurs sensoriels, une couche intermédiaire raisonnant sur les connaissances de l'agent à propos de son environnement et enfin, une couche supérieure prenant en considération les autres agents du système dans la phase de raisonnement. [Cha, 96]. L'architecture de l'agent hybride est illustrée par la Figure (C.3).



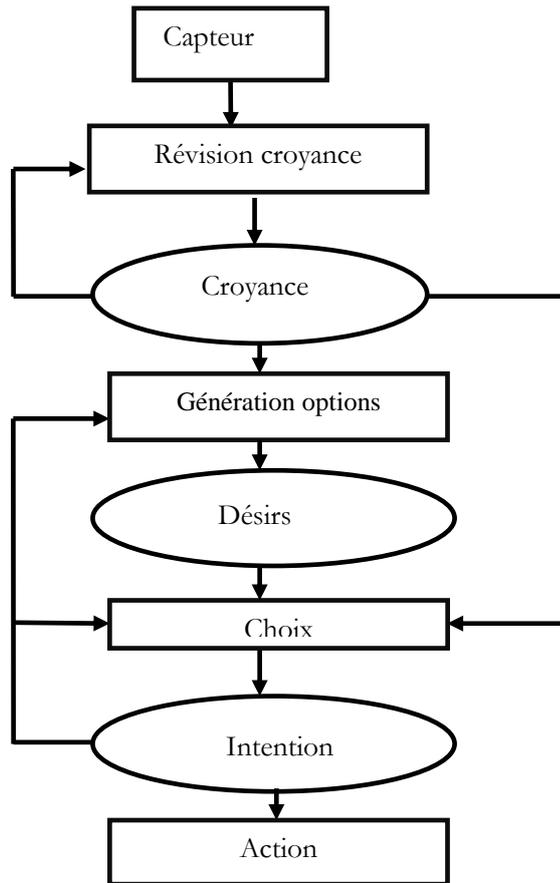
**Figure C.3 :** Architecture d'un agent hybride [Cha, 96]

### 3.4. Architecture BDI (Beliefs Desires and Intentions)

Les agents BDI sont inspirés des travaux relatifs aux raisonnements pragmatiques, c'est-à-dire le processus de décision permettant de sélectionner les actions à effectuer pour atteindre ses objectifs. C'est une architecture très répandue, elle est basée sur un raisonnement prenant en compte les états mentaux, pour les agents ayant un état mental reposant sur : [Cha, 96]

- Les croyances : ce que l'agent connaît de son environnement;
- Les désirs : les états possibles vers lesquels l'agent peut vouloir s'engager;
- Les intentions : les états vers lesquels l'agent s'est engagé ou a engagé ses ressources.

L'architecture BDI est illustrée par la Figure (C.4)



**Figure C.4** : Principe d'une architecture BDI [Cha, 96]

Un agent BDI doit donc mettre à jour ses croyances avec les informations qui lui parviennent de son environnement, décider quelles options lui sont offertes, filtrer ses options afin de déterminer de nouvelles intentions et poser ses actions au vu de ses intentions.

### 3. LES SYSTEMES MULTI AGENTS (SMA)

#### 4.1. Définition

Un SMA est généralement défini comme étant un ensemble d'agents, en interaction les uns avec les autres, pouvant coopérer négocier ou collaborer. Ils évoluent dans un environnement qu'ils perçoivent, dans lequel ils peuvent se déplacer et qu'ils peuvent modifier.

Il est défini d'une façon plus détaillée par Ferber [Fer, 95] comme un système composé des éléments suivants :

- Un environnement E, dans notre cas, c'est l'espace où peuvent se déplacer les agents ;
- Un ensemble d'objets O. Ces objets sont situés, c'est-à-dire que pour tout objet, il est possible, à un moment donné, d'associer une position dans E ;
- Un ensemble A d'agents qui sont des objets particuliers représentant les entités actives du système ;
- Un ensemble de relations R qui unissent des objets (et donc des agents) entre eux ;
- Un ensemble d'opérations OP permettant aux agents de A, de percevoir, produire, consommer, transformer, et manipuler des objets de O. Cela correspond à la capacité des agents de percevoir leur environnement, de manager, etc.
- Des opérateurs chargés de représenter l'application de ces opérations et la réaction du monde à cette tentative de modification, que l'on appellera les lois de l'univers [Fer, 95].

## 4.2. Les Caractéristiques des environnements SMA

L'environnement fournit une structure spécifiant les protocoles de communication et d'interaction. Il est ouvert, non centralisé et contient des agents autonomes et distribués qui peuvent agir soit pour leur intérêt personnel, soit en coopération avec les autres agents de l'environnement. Dans la Table 1.1, nous présentons une classification des différentes propriétés de l'environnement d'un SMA suggérée par Russel et Norvig [Fer, 95].

Propriété	Définition
Connu	Jusqu'à quel point l'agent connaît l'environnement.
Prédictible	Jusqu'où l'environnement peut-il être prédit par l'agent.
Contrôlable	Dans quelle mesure l'agent peut-il modifier son environnement.
Historique	Les états futurs dépendent ils de l'historique ou seulement de l'état courant.
Téléologique	Y a-t-il d'autres agents ?
Temps Réel	L'environnement peut-il changer pendant que l'agent délibère ?

Tableau C.1 : Caractéristiques de l'environnement SMA

### 4.3. Les Différentes formes d'interaction

La force du paradigme agent provient de la flexibilité et de la variété des interactions entre les agents. Ces derniers coopèrent, négocient, se coordonnent les uns avec les autres, tant pour poursuivre leurs propres buts que pour atteindre un objectif commun. Jacques Ferber [Fer,95] propose la définition suivante de l'interaction :

*« Une interaction est la mise en relation dynamique de deux ou plusieurs agents par le biais d'un ensemble d'actions réciproques. Les interactions sont non seulement la conséquence d'actions effectuées par plusieurs agents en même temps, mais aussi l'élément nécessaire à la constitution d'organisations sociales ».*

Nous citons ci- dessous trois modes d'interactions [Fis et al, 99] :

#### 4.3.1 La Coopération

La coopération est nécessaire quand un agent ne peut pas atteindre ses buts sans l'aide des autres agents .La coopération entre les différents agents est un problème difficile car les agents ont une connaissance plus au moins précise des autres agents du système, mais ils doivent aussi être informés sur les compétences des autres agents, et les tâches que ces derniers sont entrain de réaliser. Il existe trois types de coopération :

1. Coopération confortative : Une tâche est exécutée par plusieurs agents exploitant simultanément un même ensemble de données et poursuivant un but en commun, selon des compétences différentes .Une étape de fusion conditionne ensuite la production du résultat.
2. Coopération augmentative : Elle correspond à une décomposition de la tâche à traiter en sous tâches qui s'exécutent d'une manière concurrente. Ce type de coopération est émergent : les agents remplissent des objectifs locaux, leurs activités modifient localement l'environnement qui va influencer les agents voisins. La solution est l'union des sous résultats locaux.
3. Coopération intégrative : Cette coopération est intentionnelle : elle nécessite la définition d'un plan d'actions concernant la réalisation de la tâche. Les agents concernés vont alors travailler selon un plan séquentiel où chaque agent intègre les résultats des agents précédents.

### 4.3.2 La Coordination

Pour garantir la cohérence globale d'un SMA , il est nécessaire que les agents coordonnent leur différentes actions .La coordination d'action est l'ensemble des actions supplémentaire qu'il est nécessaire d'accomplir dans un environnement multi agent et qu'un seul agent poursuivant les mêmes buts n'accomplirait pas [Dur, 94] .Le but de la coordination est de trouver, parmi un ensemble de comportements d'agents qui interagissent , une collection de comportements réalisant d'une façon satisfaisante les objectifs les plus importants des agents .Il existe deux types de coordination [Dur, 94]

1. Coordination centralisée : Dans ce type de coordination, il existe deux types d'entités un coordinateur responsable de la bonne exécution d'un plan donné et un ensemble d'agents esclaves qui exécute les ordres du coordinateur. Cette approche suppose une hiérarchie de l'organisation. Cependant, la centralisation des messages vers le coordinateur peut provoquer le ralentissement des performances du système.
2. Coordination distribuée : Plusieurs agents ont décidé de coopérer, ils vont donc être responsables chacun d'une parti du plan, chacun d'eux va choisir un protocole d'interaction adapté à la coopération qu'il souhaite mettre en œuvre. Ces protocoles représentent des enchaînements d'interaction possibles sous forme d'un automate à état finis ou d'un réseau de Petri. Cette approche vise à augmenter l'autonomie des agents, ce qui va améliorer la flexibilité du système.

### 4.3.3 La Négociation

La négociation permet de résoudre des conflits qui pourraient mettre en péril des comportements coopératifs. La négociation est le processus par lequel plusieurs individus prennent une décision commune. Les participants expriment d'abord des demandes contradictoires, puis ils essaient de trouver un accord par concession ou par la recherche de nouvelles alternatives.

## 4.4. La Communication entre agents

Les communications dans SMA, comme chez les humains, sont à la base des interactions et de l'organisation des agents. Nous distinguons essentiellement deux modes de communication :

- La communication indirecte qui est une communication par signaux via l'environnement ;

- La communication directe qui procède à un échange de messages entre les agents

La communication entre les agents est un point central de la théorie des SMA. En effet, sans communication entre les agents, le comportement global du système ne serait que la somme des comportements individuels sans prendre en compte les résultats des interactions qui permettent l'émergence de nouveaux phénomènes.

La littérature présente de nombreux moyens entre les agents. Nous ne considérons ici que ceux qui nous paraissent être les plus importants.

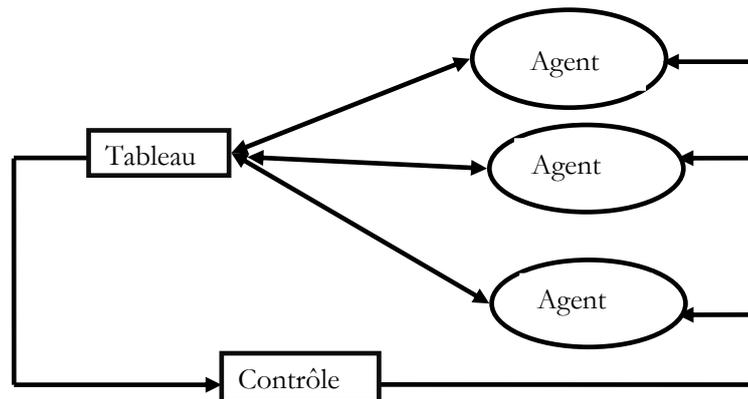
#### **4.4.1 Les Tableaux noirs**

En intelligence artificielle la technique du tableau noir est très utilisée pour spécifier une mémoire partagée par divers systèmes. Le principe du tableau noir, appelé blackboard, est basé sur deux éléments :

- Un ensemble d'entités qui sont sources de savoir, chacune étant spécialisée dans un type de connaissance.
- Un espace structuré de partage des données utilisé par les entités pour communiquer. Les entités produisent des informations qui sont stockées dans un espace commun, le tableau noir. Les agents qui sont concernés par ces informations en prennent possession pour les modifier ou produire de nouvelles informations qui sont à leur tour déposées dans l'espace commun.

Le tableau noir est, en général, partitionné en plusieurs niveaux qui sont spécifiques à l'application.

Les agents qui travaillent sur un niveau particulier peuvent accéder aux informations contenues dans le niveau correspondant du tableau noir ainsi que dans des niveaux adjacents. 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 les agents qui œuvrent à ces niveaux. Le transfert de messages et les communications basées sur un tableau noir sont souvent combinés dans des systèmes complexes. Dans de tels systèmes, chaque agent est composé de plusieurs sous-systèmes (ou "sous agents") communiquant à travers un tableau noir. L'architecture d'un SMA à base de tableau noir est représentée par la Figure (C.5).

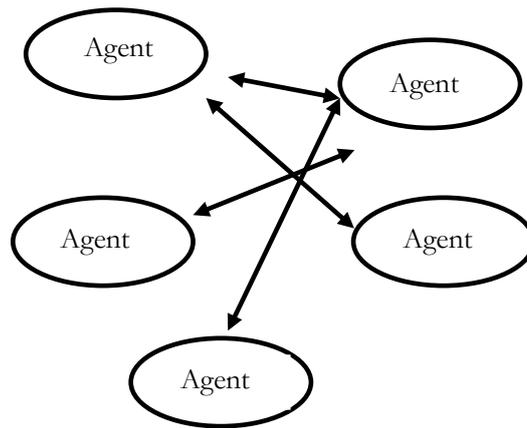


**Figure C.5 :** Architecture d'un système multi-agents à base de Tableau noir

#### 4.4.2 Transfert de plan ou de message

Dans l'approche de transfert de plans, un agent X communique son plan en totalité à un agent Y qui a son tour lui communique le sien. Cette approche présente plusieurs inconvénients, car le transfert de plans est coûteux en ressources de communication et constitue une approche difficile à mettre en œuvre dans des applications réelles. Dans des situations réelles, il n'est pas possible de formuler à l'avance des plans en totalité. Par conséquent, on a besoin de communiquer des stratégies générales aux agents plutôt que des plans, et il est nécessaire, par la suite, que les agents puissent s'échanger des messages.

Les SMA fondés sur la communication par messages se caractérisent par le fait que chaque agent possède une représentation propre et locale de l'environnement qui l'entoure. Chaque agent va alors interroger les autres agents sur cet environnement ou leur envoyer des informations sur sa propre perception des choses ; les agents doivent pouvoir envoyer et recevoir des messages à travers un réseau de communication (qui devra être fiable). Les messages peuvent être de différents types, les deux types minimaux sont la requête et la réponse. N'importe quel agent (quelque soit son rôle) peut accepter ou refuser un message et donc recevoir une assertion. Pour tenir un rôle passif, un agent doit être capable d'accepter une question externe et envoyer la réponse à la source (assertion). Pour tenir un rôle actif, un agent doit pouvoir poser une question et faire des assertions. Il peut ainsi contrôler un autre agent par le biais des questions/réponses. La communication par envoi de message est illustrée par la Figure (C.6).



**Figure C.6** : Communication par envoie de message

#### 4.4.3 Communication via KQML (Knowledge Query and Manipulation Language)

KQML est un langage issu des travaux de la knowledge sharing effort [Fis et al, 99]. Il s'agit d'un langage qui vise à définir un ensemble d'actes de langages qui soient standard et utile .Ces actes de langages appelés aussi performatifs, sont utilisés par les agents pour échanger des informations. La forme de base du protocole est [Fip, 02] :

*KQML-performative*

*Sender* <word>

*Receiver* <word>

*Language* <word>

*Ontology* <word>

*Content* <expression> ...)

KQML enveloppe un message dans une structure qui peut être comprise par n'importe quel agent. Les langages qui peuvent être utilisés dans un message KQML sont multiples (PROLOG, LISP, SQL etc.), Ces dernières années, KQML semble perdre du terrain au profit d'un autre langage plus riche sémantiquement ACL (pour Agent Communication Language).

ACL est basé, également, sur la théorie du langage et a bénéficié grandement des résultats de recherche de KQML. Si toutefois, les deux langages se rapprochent au niveau des actes du langage, il n'en est rien au niveau de la sémantique.