

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITÉ IBN KHALDOUN – TIARET

**FACULTÉ DES SCIENCES, DE LA TECHNOLOGIE ET DES SCIENCES DE LA MATIÈRE
DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE**

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

**POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME
DE MASTER 2 EN GÉNIE INFORMATIQUE**

OPTION : Système d'information et Technologie du Web

Type : Académique

Par :

M^{elle}. BOUKERMA ASMA

Thème :

**MODELISATION DE LA COOPERATION
ENTRE LES DIFFERENTS
INTERVENANTS LORS D'UNE
OPERATION DE E-MAINTENANCE**

Dirigé par : **Mr. SIABDELHADI Ahmed.**

Année universitaire 2011/2012

RESUMÉ :

Ce travail traite des problèmes liés à la modélisation de la coopération entre différents agents (experts) situés à différents endroits, pour aider à réparer des défaillances, dans un contexte de e-maintenance. On propose des façons d'organiser la coopération entre les experts et de rendre l'information nécessaire. Ceci tenant compte de plusieurs facteurs dont la disponibilité des experts, le caractère hétérogène des moyens de communication, et l'évolution dans le temps de l'état des installations à maintenir.

MOTS-CLES : *E-maintenance, coopération, simulation, agents.*

Table Des Matières

Introduction Générale	1
Chapitre I : Introduction à la maintenance.	
I.1. Introduction	2
I.2. Les concepts de base de la maintenance	2
I.2.1. Définitions de bases	3
I.2.2. Définition de maintenance	3
I.2.3. Différents types de maintenance.....	3
I.2.3.1. Maintenance préventive	3
I.2.3.2. La maintenance corrective.....	4
I.2.4. Les opérations de maintenance.....	4
I.2.5. Les niveaux de maintenance	5
I.2.6. Gestion de maintenance	6
I.2.6.1 Principe de la gestion	6
I.2.6.2 Les objectifs de la maintenance.....	6
I.2.7. Fonctions et tâches associées à la maintenance	6
I.2.7.1 Études et méthodes	6
I.2.7.2 Exécution / Mise en œuvre	7
I.2.7.3 La fonction documentation et ressources.....	8
I.2.8. Choix de la politique de maintenance.....	8
I.3. Classification des différentes architectures en maintenance	10
I.3.1. Caractéristiques des systèmes complexes	11
I.3.2. Historique des systèmes informatiques en maintenance	12
I.3.3. Définitions des différentes architectures	13
I.3.3.1. Architecture d'un système de maintenance	13
I.3.3.2. Architecture de télémaintenance	14
I.3.3.3. E-maintenance	15
I.3.3.4. Architecture de s-maintenance.....	17
I.4. L'état de l'art	18
I.4.1. État de l'art dans la gestion.....	18
I.4.2 Les programmes intégrés et les processus de planification.....	18
I.4.2.1. Maintenance axée sur la fiabilité.....	18
I.4.2.2. Total Productive Maintenance	19
I.4.2.3. La qualité totale de maintenance.....	19
I.4.3 Stratégies	19
I.4.4. Information Maintenance et Systèmes de Contrôle	20
I.4.5. État de l'art dans la technologie.....	21
I.4.6. Développement dans la prise de décision.....	22
I.4.7 Nouveaux développements dans les outils technologiques.....	23

Table Des Matières

I.5 Conclusions	24
------------------------------	----

Chapitre II : Les agents.

II.1. Introduction	25
II.2. Motivation de l'utilisation des agents dans la maintenance des S.P	25
II.2.1. Définition d'un agent et d'un SMA	25
II.2.1.1. Agent	25
II.2.1.2. Caractéristiques des agents	25
II.2.2. Le pilotage des systèmes de production par des agents	26
II.3. Une démarche opérationnelle pour la maintenance	26
II.4. Un modèle multi agents pour la maintenance	27
II.4.1. Les modèles organisationnels.....	27
II.4.2. Le modèle Aladin	27
II.4.2.1. Le modèle agent groupe rôle	27
II.4.2.2. Apports et limitations du modèle Aladin	28
II.4.3. Le modèle d'interaction SMA	29
II.4.3.1. Proposition d'un modèle de maintenance basé sur l'interactivité	29
II.4.3.2. Notion de conversation	30
II.4.3.3. Le système de communication	30
II.4.3.4 Protocole de négociation pour le pilotage	34
II.5. Architecture de la plate-forme pour maintenance	35

Chapitre III : Conception et Implémentation.

III.1. Introduction	36
III.2. La plateforme JADE	36
III.2.1. Description des agents composants JADE	37
III.2.2 Cycle de vie d'un agent JADE	38
III.2.3 Packages JADE	38
III.2.4 Les behaviours (comportements).....	39
III.2.5 Communication entre agents.....	39
III.2.6 Les outils de Jade	40
III.3. La Conception	40
III.2. Implémentation	42
III.2. Conclusion	44

Conclusion générale	45
----------------------------------	----

Table Des Matières

Liste Des Figures

<i>Fig. I.1: Classification des méthodes de maintenance</i>	3
<i>Fig. I.2 : les Fonctions et tâches associées à la maintenance</i>	6
<i>Fig. I.3 : Choix de la politique de maintenance</i>	9
<i>Fig. I.4 : Importance de la machine</i>	10
<i>Fig. I.5 : Intensité de la relation entre les systèmes</i>	11
<i>Fig. I.6 : Classification de différentes architectures en maintenance</i>	11
<i>Fig. I.7 : Architecture d'un système de maintenance</i>	14
<i>Fig. I.8 : Architecture de télémaintenance</i>	14
<i>Fig. I.9 : Architecture du concept de e-maintenance</i>	15
<i>Fig. I.10: Project OSA/CBM</i>	16
<i>Fig. I.11:Plate-forme d'e-maintenance Proteus</i>	16
<i>Fig. I.12 : Architecture du concept de s-maintenance</i>	17
<i>Fig. II.1: L'approche opérationnelle pour la maintenanc</i>	26
<i>Fig. II.2: Structure organisationnelle du SMA pour le pilotage des systèmes de production</i>	27
<i>Fig. II.3: Organisation de la maintenance selon la communauté scientifique</i>	28
<i>Fig. II.4: Résolution des problèmes complexes de système de maintenance par l'interactivité</i>	29
<i>Fig. II.5: Exemple de message FIPA-ACL</i>	29
<i>Fig. II.6: Le protocole Request</i>	28
<i>Fig. II.7: Le protocole Query</i>	29
<i>Fig. II.8: Rôle et protocole</i>	30
<i>Fig. II.9: Une architecture de plate-forme pour maintenance sous les spécifications de FIPA</i>	31
<i>Fig.III.1 : Exemple de plate-forme multi agents JADE</i>	32
<i>Fig.III.2 : L'interface utilisateur</i>	33
<i>Fig.III.3 : Cycles de vie d'un agent JADE</i>	33
<i>Fig.III.4 : Echange de message entre deux containers</i>	35

Liste Des Tableaux

Tableau II.1: paramètres des messages de FIPA ACL.....	31
Tableau II.2: Classification des principaux actes de langage de FIPA ACL.....	32
Tableau II.3: <i>Les performatifs d'ACL utilisés pour la négociation</i>.....	34

Introduction générale:

La maintenance a connu ces dernières années une évolution spectaculaire. Les entreprises d'aujourd'hui doivent répondre aux demandes de plus en plus exigeantes en termes de qualité et quantité de produits et de services ainsi que de réactivité et de réduction des coûts. Afin de satisfaire ces demandes, l'entreprise doit disposer d'un système de production fiable, donc bien entretenu par un système de maintenance efficace et peu coûteux.

Un service de maintenance performant et bien organisé contribue à la bonne « santé » du système de production, il permet de prolonger la vie des équipements industriels et participe ainsi à la meilleure performance globale de toute l'entreprise. La maintenance qui a pour vocation d'assurer le bon fonctionnement des outils de production, est une fonction stratégique dans les entreprises. Intimement liée à l'incessant développement technologique, à l'apparition de nouveaux modes de gestion, à la nécessité de réduire les coûts de production, elle est en constante évolution. Elle n'a plus aujourd'hui comme seul objectif de réparer l'outil de travail mais aussi de prévoir et éviter les dysfonctionnements. Au fil de ces changements, l'activité des personnels de maintenance a également évolué, pour combiner compétences technologiques, organisationnelles et relationnelles.

L'avènement des nouvelles technologies de l'information et de la communication représente le moteur principal derrière ces mutations. Les concepts de maintenance à distance ou de e-maintenance mettant en œuvre une coopération entre différents agents (experts) situés à différents endroits, pour aider à réparer des défaillances.

La nouvelle génération des plateformes d'E-maintenance doit assurer non seulement un échange de données entre ses systèmes intégrés, mais il doit assurer un échange de la connaissance.

Dans le cadre de ce travail on s'intéresse à la modélisation de la coopération entre les différents intervenants lors d'une opération de e-maintenance.

- Dans le premier chapitre, on revient sur les concepts de base de la maintenance et on présente ensuite la classification de différentes architectures en maintenance dont le concept de la e-maintenance et ses différentes applications.
- Le deuxième chapitre présente des notions fondamentales liées aux agents et aux systèmes multi-agents (SMA).
- Dans le troisième chapitre qui représente une approche de modélisation de l'organisation de la coopération en e-maintenance avec pour objectif principal de modéliser d'une façon la plus flexible que possible les agents coopérants et leurs comportements interne et externe.

Enfin on prospecte les possibilités de réaliser des simulations de processus coopératifs de e-maintenance.

I.1. Introduction

La maintenance est le pilier de la performance industriel. Sa vocation de contribuer et d'assurer le bon fonctionnement des outils de production, sa fonction est très stratégique pour l'autonomie et le développement des entreprises et devient une des activités essentielles dans un système de production .Elle est liée au développement technique de la bonne gestion de l'entreprise contemporaine. La maintenance apporte une participation essentielle à la sûreté de fonctionnement de l'entreprise.

En choisissant les moyens préventifs, correctifs et de rénovation du matériel pour optimiser le coût global, d'éviter le dysfonctionnement, d'assure et d'améliore la continuité de la productivité.

Dans ce chapitre nous allons définir la maintenance et ses types et ses niveaux, ainsi ses politiques et stratégies.

I.2. Les concepts de base de la maintenance

I.2.1. Définitions de bases [AFN01]

Dans ce contexte, on entame quelques notions de bases de la norme AFNOR et plus particulièrement les concepts de la maintenance.

1. **La maintenance** : est « un ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de gestion durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise ».
2. **La sûreté de fonctionnement** : est « un ensemble des propriétés qui décrivent la disponibilité et les facteurs qui la conditionnent: fiabilité, maintenabilité, et logistique de maintenance ».
3. **La disponibilité** : est « une aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires est assurée ». Cette aptitude dépend de la combinaison de la fiabilité, de la maintenabilité et de la supportabilité de maintenance.
4. **La fiabilité** : « une aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, durant un intervalle de temps donné ».
5. **La maintenabilité** : « dans des conditions données d'utilisation, une aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits ».

6. **La sécurité** : « une aptitude d'un dispositif à éviter de faire apparaître des événements critiques ou catastrophiques »
7. **Défaillance** : « altération ou cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise ».
8. **La fonction requise** : est définie comme « une fonction, ou un ensemble de fonctions d'un bien considérées comme nécessaires pour fournir un service donné ».

I.2.2. Définition de maintenance

La maintenance est ensemble des actions techniques, administratives et de management permettant à prévenir ou à corriger les dégradations d'un matériel afin de maintenir ou de rétablir sa conformité aux spécifications, tout en utilisant les actions de dépannage et de réparation, de réglage, de révision, de contrôle et de vérification de matériels ou même de logiciels ainsi la participation à des études d'amélioration du processus industriel. [AFN.01], [IVA.06].

I.2.3. Différents types de maintenance [CHR.09], [PAU09]

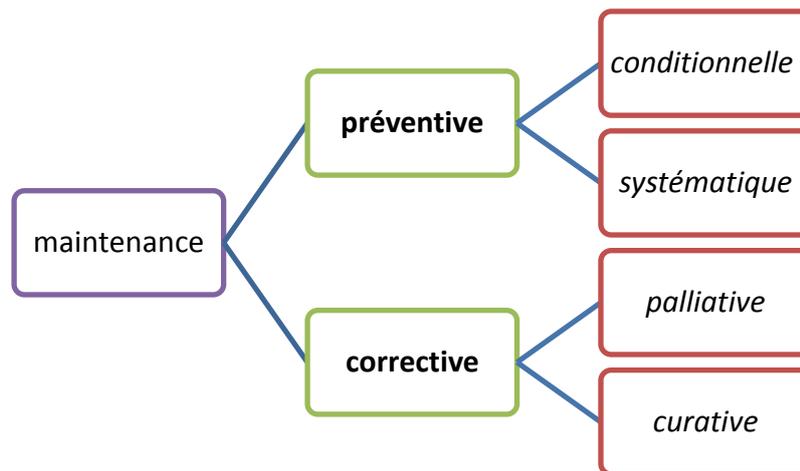


Fig. I.1: Classification des méthodes de maintenance.

I.2.3.1. Maintenance préventive

C'est une action qui permet d'intervenir ou de réduire le risque défailant du matériel. Il existe deux types de maintenances préventives :

1. Maintenance préventive systématique (périodique)

C'est la planification des inspections périodiques selon un échéancier (temps, unité d'usage) sans tenir compte de l'état du matériel pour assurer la bonne continuité du fonctionnement d'équipement. Elle a pour objectif de déterminer le coût, de choisir la fréquence d'intervention et le renforcement des mesures de sécurité.

2. Maintenance préventive conditionnelle

Maintenance conditionnelle est définie à l'avance selon les critères d'intervention, elle rend plus efficace la détection des défauts en permettant d'améliorer la disponibilité pour la planification des opérations. Elle a pour objectif d'éviter les démontages inutiles, d'éviter les interventions d'urgence et d'augmenter la sécurité des personnes.

I.2.3.2. La maintenance corrective

C'est des actions effectuées après la détection d'une panne son rôle de rendre l'objet défaillant à un état lui permettant d'accomplir sa fonction initiale.

La maintenance corrective est divisée en deux parties :

1. Maintenance palliative :

C'est une intervention d'urgence pour dépanner un incident localisé provisoirement en attendant de trouver une solution durable.

2. Maintenance curatives :

C'est une action de profondeur, son intervention est durable sur l'anomalie localisé pour réparer un équipement de façon définitive et de rendre l'objet conforme à sa destination.

I.2.4. Les opérations de maintenance

I.2.4.1. Les opérations de maintenance préventive

1. **Inspections** : C'est une activité de surveillance périodique pour relever des anomalies et effectuer des réglages simples sans l'utilisation d'outillage spécifique et sans arrêt de l'équipement.
2. **Visites** : C'est une opération de surveillance périodique et plus précise d'un matériel.
3. **Contrôles** : C'est une vérification de conformité selon le dossier technique établis

Ces opérations de surveillance (contrôles, visites, inspections) sont très nécessaires, on les entame de manière contenue afin de maîtriser l'évolution du matériel.

I.2.4.2. Les opérations de maintenance corrective

1. Diagnostic :

Permet d'identifier la cause de la défaillance ou de déterminer l'origine de la panne à partir de l'observation, le contrôle et les tests.

2. Dépannage :

C'est une action provisoire (maintenance palliative) de courtes durées, elle est suivie généralement par une réparation utilisée pour gagner du temps

3. Réparation :

La réparation est la remise en état ce qui a été endommagé, elle intervient après l'anomalie diagnostiquée. Elle permet à l'objet de revenir à un bon fonctionnement, tout en déterminant les différentes phases de travail pour réparer ainsi le temps nécessaire et les moyens d'exécution.

I.2.5. Les niveaux de maintenance [SIT01]

1. NIVEAU 1:

Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement, ou échanges d'éléments consommables accessibles en toute sécurité, tels que voyants ou certains fusibles, etc.

L'intervention se fait sans outillage et à l'aide de la notice et des instructions du constructeur.

2. NIVEAU 2 :

Dépannages par échange standard des éléments prévus à cet effet et opérations mineures de maintenance préventive, telles que graissage ou contrôle de bon fonctionnement.

L'intervention se fait à l'aide de l'outillage défini par le constructeur par un simple technicien.

3. NIVEAU 3:

Identification et diagnostic des pannes, réparations par échange de composants ou d'éléments fonctionnels, réparations mécaniques mineures, et toutes opérations courantes de maintenance préventive telles que réglage général ou réaligement des appareils de mesure.

Après identification de la panne, l'intervention se fait par un spécialiste avec un outillage prévu dans les instructions.

4. NIVEAU 4:

Tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. Ce niveau comprend aussi le réglage des appareils de mesure utilisés pour la maintenance, et éventuellement la vérification des étalons de travail par les organismes spécialisés.

Ce type d'intervention se fait par une équipe spécialisée par un outillage particulier à l'aide d'une documentation.

5. NIVEAU 5:

Rénovation, reconstruction ou exécution des réparations importantes confiées à un atelier central ou à une unité extérieure.

Intervention se fait par le constructeur lui-même ou par un proche du fabricant.

I.2.6. Gestion de maintenance [SIT02]

I.2.6.1 Principe de la gestion

La gestion c'est une opération bien détermines de points de vue administratif c'est savoir gérer, gouverner et exercer des fonctions de direction et de contrôle.

La gestion de maintenance dans une entreprise c'est de définie des objectifs et de mettre en place des moyens pour les atteindre et de mesurer les résultats en comparant avec les objectifs, analyser les écarts et décider des moyens à maître en œuvre pour corriger la déviation.

I.2.6.2 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 et donc de traiter des défaillances afin de réduire et d'éviter les arrêts de production si possible.

I.2.7.Fonctions et tâches associées à la maintenance [HED01]

On identifie trois fonctions associées à la gestion de la maintenance :

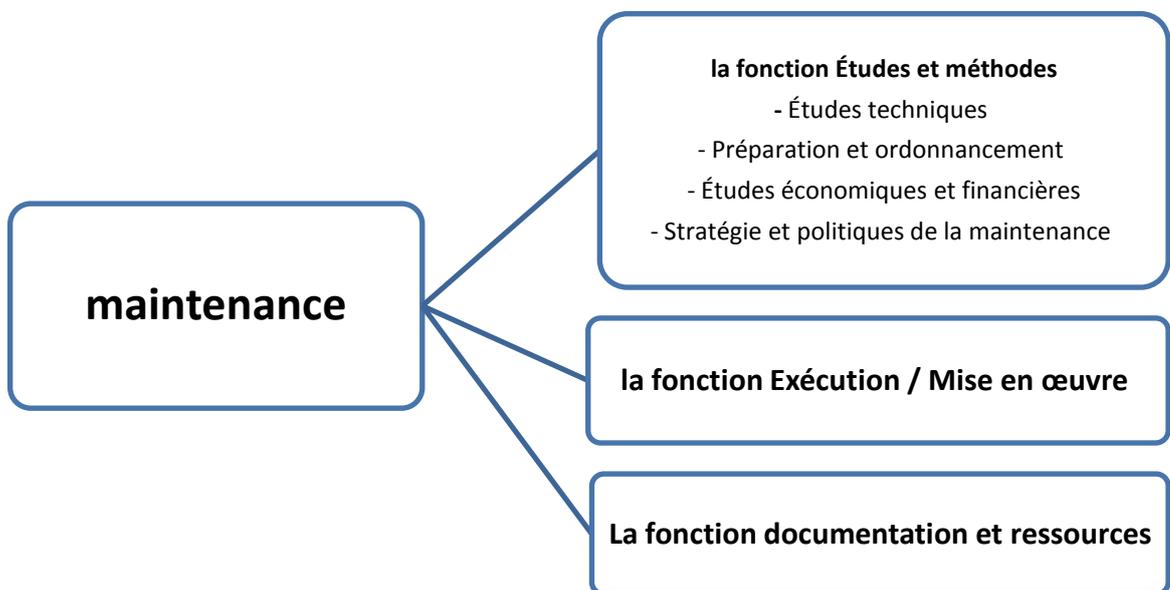


Fig. I.2 : les Fonctions et tâches associées à la maintenance [HED 01]

I.2.7.1 Études et méthodes

Cette fonction permet d'optimiser les tâches en fonction des critères retenus dans le cadre de la politique de maintenance définie par l'entreprise. Elle regroupe quatre tâches :

a) Études techniques : consiste à :

- Rechercher des améliorations dans le système susceptibles d'apporter la valeur ajoutée recherchée.
- Participer à la conception des travaux neufs tout en tenant compte de l'aspect maintenance de l'appareil de production.
- Participer à l'analyse des accidents de travail pour essayer d'y remédier en apportant des consignes de sécurité dans un premier lieu, et des actions de maintenance préventive et corrective dans un second lieu. [HED01]

b) Préparation et ordonnancement : consiste à :

- Établir les fiches d'instruction nécessaires pour effectuer les interventions.
- Constituer la documentation pour tous les genres d'interventions.
- Établir les plannings des interventions préventives et d'approvisionnement (la politique de gestion du stock dépendante de celle de l'entreprise).
- Recevoir et classer les documents relatifs à l'intervention. [HED01]

c) Études économiques et financières : consiste à :

- Gérer les approvisionnements pour optimiser la gestion des matières premières nécessaire au processus de production.
- Analyser les coûts de maintenance, de défaillance et de fonctionnement, ce qui aura un impact direct sur la politique de maintenance choisie par l'entreprise manufacturière et aussi sur le cout de production.
- Participer à la rédaction des cahiers de charges pour tenir compte de la maintenabilité et de la fiabilité des systèmes à commander.
- Gérer le suivi et la réalisation des travaux pour ainsi mettre à jour la partie historique du dossier technique des machines. [HED01]

d) Stratégie et politiques de la maintenance :

Définition, choix et élaboration des procédures de maintenance (corrective, préventive), des procédures de contrôle, des procédures d'essais et de réception, détermination des domaines d'actions préventives prioritaires, étude des procédures de déclenchement des interventions, gestion de la sécurité dans l'organisation de l'environnement industriel.

I.2.7.2 Exécution / Mise en œuvre

L'aspect pluri techniques de cette fonction nécessite une grande expérience sur les matériels et une connaissance approfondie des différentes technologies. Il faut agir avec beaucoup de rigueur pour rendre son action efficace avec l'aide des documents et des procédures établis par la fonction « études et préparation ». [SIT03]

Les principales tâches pour remplir cette fonction sont les suivants :

- Installer les machines et les matériel (réception, contrôle, etc....).
- Informer le personnel sur la façon d'utiliser les équipements et faire la mise à niveaux.
- Appliquer les consignes d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail.
- Gérer l'ordonnancement et l'intervention de la maintenance et établir le diagnostic de défaillance du matériel.
- Coordonner les interventions de la maintenance et remettre en marche le matériel après l'intervention.
- Gérer les ressources matérielles(les pièces de rechange ; l'outillage, etc ...) [HED01]

I.2.7.3 La fonction documentation et ressources

Indispensable à tout le service, cette fonction est la mémoire de l'activité sur laquelle s'appuieront les études ultérieures en vue de définir une politique de maintenance. Elle est aussi une source inestimable de renseignements pour la fonction « études et méthodes ». Ses principales tâches consistent à : [SIT03]

- Établir et mettre à jours l'inventaire des matériels et des installations.
- Constituer et compléter les dossiers techniques, historiques et économiques ainsi que le dossier des fournisseurs.
- Constituer et compléter une documentation générale (technique, scientifique, d'hygiène et de sécurité). [HED01]

I.2.8. Choix de la politique de maintenance

La stratégie de la politique de la maintenance dépend de la défaillance de l'objet et elle répond à plusieurs critères d'intervention.

I.2.8.1. L'évaluation du risque

Nécessaire et très rentable dans la planification et l'intervention pour déterminer la politique de maintenance.

L'évaluation dépend de la gravité du risque de défaillance des équipements (des produits de mauvaise qualité, défectueux notamment à cause des arrêts et des redémarrages) ainsi de l'étude globale d'évaluation des risque (retards de livraison, pollution de l'environnement).

Elle a pour objectifs de déterminer les risques tel que :

- a) **Risque inacceptable** : éliminer les effets de panne cela nécessite une maintenance préventive conditionnelle.

- b) **Risque acceptable si limité** : le choix est entre maintenance préventive systématique et maintenance conditionnelle.
- c) **Risque acceptable** : la maintenance corrective est primordiale.

I.2.8.2. La charge la machine

Elle dépend de la charge du produit :

- S'il est totalement chargé de préférence d'éviter la défaillance en utilisant la maintenance préventive.
- Si la charge est faible en utilise la politique de maintenance corrective.

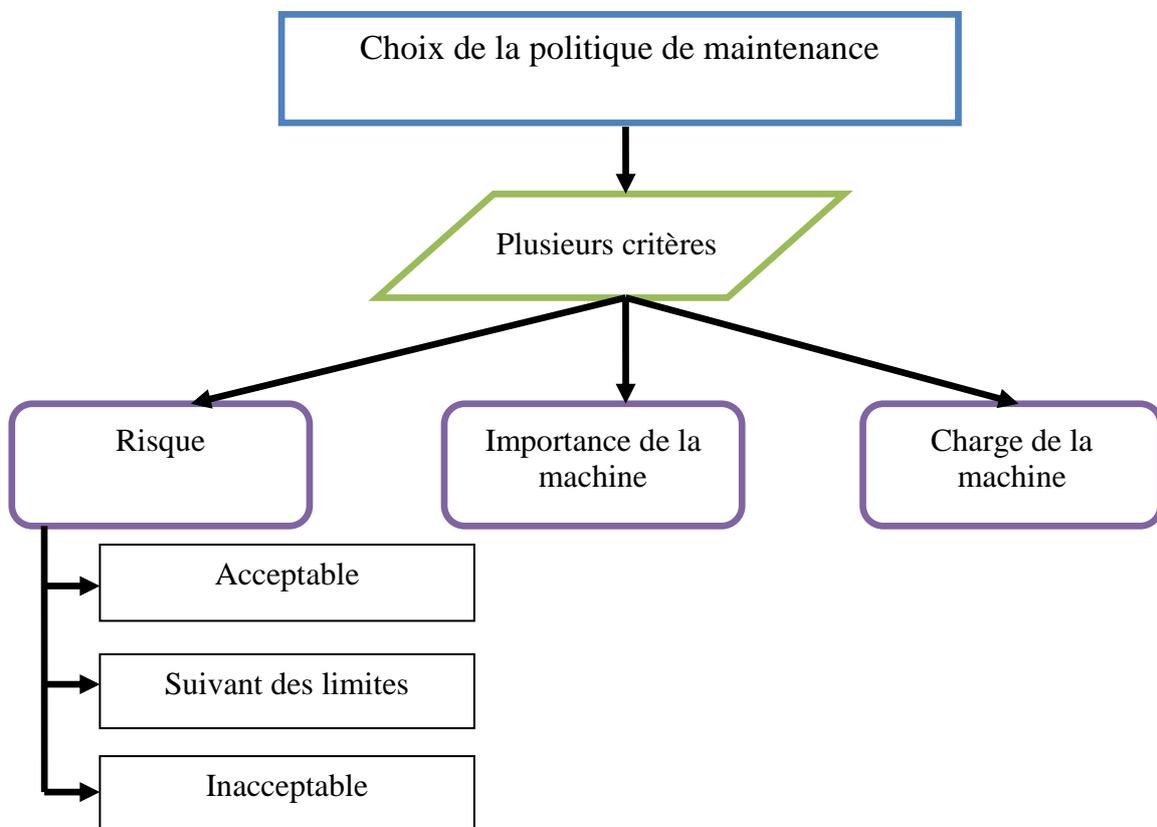


Fig. I.3 : Choix de la politique de maintenance [SIT04]

I.2.8.3. Importance de la machine

Rentrant plus dans l'aspect de la machine, le choix de politique de maintenance peut être aussi défini suivant l'importance de l'incidence qu'elle peut être causée sur la production, et le coût de la défaillance de cette machine.

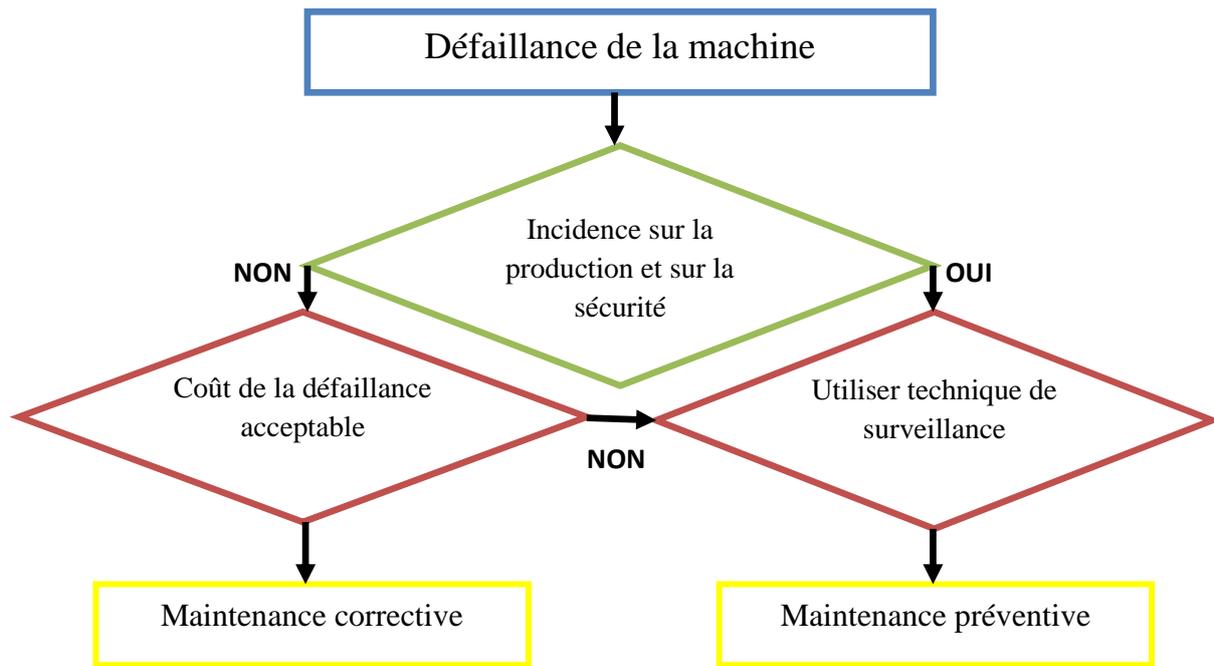


Fig. I.4 : Importance de la machine [SIT 04]

I.3. Classification des différentes architectures en maintenance

Pour avoir un système de production fiable L'industrie récente doit répondre aux critères de points de vue qualité et quantité de produits et de services, de réactivité, de réduction des coûts. Donc elle doit disposer d'un système de maintenance performant et organisé.

Une phase de compétitivité et de structuration et de normalisation est entrée en joue ces dernières années pour l'évolution des marchés et leur mondialisation provoquant ainsi des nouveaux concepts et l'aspect de qualité et de sûreté et de fonction de maintenance commence à jouer un grand rôle dans l'entreprise d'organisation de maintenance des entreprises. L'existence de deux niveaux stratégique pour l'amélioration de système actuel de maintenance :

- Le premier niveau c'est le renforcement interne de l'entreprise en maintenance (l'internalisation de la fonction de la maintenance).
- Le deuxième niveau c'est l'intervention des ressources externe (l'externalisation de la fonction de maintenance).

La fonction de maintenance actuelle s'oriente vers l'externalisation qui a évolué vers la modification du système d'information et les pratique de l'entreprise.

Grâce aux NTIC (les nouvelles technologies de l'information et de la communication), à l'apparition de la technologie Web et du réseau internet, on peut automatiquement, à distance et à l'aide des différents systèmes informatiques qui nous permet de passer du système autonome au système intégré dont la coopération et la collaboration sont primordiales pour tous fonctionnement du concept des services de maintenance.

La plateforme d'e-maintenance exécutée récemment et plus performante qui permet l'échange entre plusieurs systèmes de maintenance. Une des caractéristiques de cette plateforme est d'être générique et de fournir les méthodes et les interfaces applicatives nécessaires à l'intégration de différents composants proposés comme services génériques appelés des services Web.

La variété des différents systèmes informatiques et leur évolution dans la maintenance nous dirige à étudier l'architecture logicielle, particulièrement au type d'informations échangées et à la complexité des relations liant les différents systèmes et applications intégrés dans ces architectures. Quatre architectures génériques sont identifiées, à savoir maintenance, télémaintenance, e-maintenance et s-maintenance.

I.3.1. Caractéristiques des systèmes complexes

Cette section est basée sur deux critères qui caractérisent les architectures logicielles.

I.3.1.1. Évolution de l'information :

L'information a évolué ces derniers temps, elle est devenue structurée et formalisée afin d'être manipulée par le système informatique. En même temps, les systèmes de production deviennent plus dynamiques ce qui ramène l'information à évoluer en fonction du contexte changeant. Cette diversité de connaissance et d'information devient la source d'acquisition des systèmes informatiques pour fournir l'aide aux utilisateurs de résoudre et d'améliorer leur compétence dans les domaines.

I.3.1.2. Relations entre les systèmes :

Le système d'information, indépendant et autonome commence à évoluer en communiquant, coopérant et en échangeant les informations vers un système intégré d'où la coopération et la collaboration sont vitales pour tout fonctionnement.

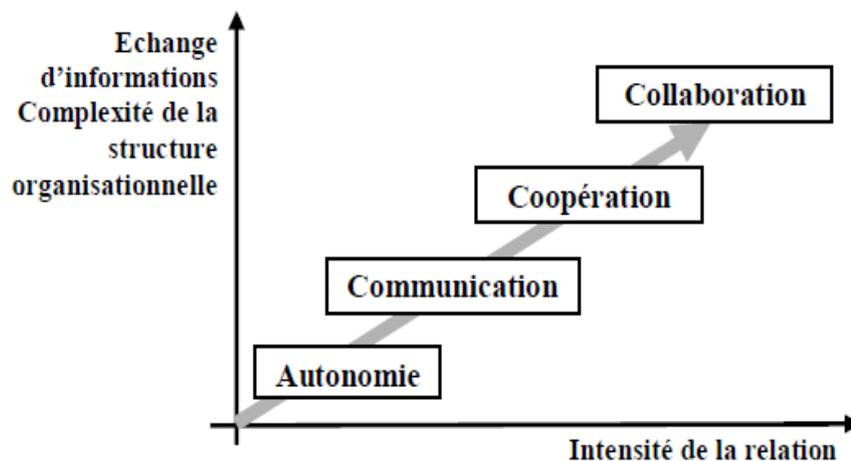


Fig. I.5 : Intensité de la relation entre les systèmes [IVA.06], [IVA.07].

1. **La relation d'autonomie :** Auto-suffisance des informations, il n'y a ni « change ni communication avec d'autres systèmes indépendant.
2. **La relation de communication :** Le lien entre les systèmes pour transmettre et échanger les informations, cette communication n'est pas limitée et souvent employé comme synonyme de télécommunication.
3. **La relation de coopération :** c'est un travail coopératif dans laquelle chaque acteur est responsable d'une partie de la résolution des problèmes.
4. **La relation de collaboration :** elle est basée sur le partenariat, elle implique l'engagement mutuel des acteurs pour résoudre l'ensemble des problèmes.

I.3.2. Historique des systèmes informatiques en maintenance [IVA.07]

Dans les domaines de la maintenance industrielle, le développement de système informatique a commencé lorsque la maintenance est devenue une fonction fondamentale dans l'entreprise. On peut identifier différents aspects dans l'évolution des systèmes informatique en maintenance :

1. Informatisation des procédures de maintenance :

La création des plusieurs procédures d'informatisation dans la gestion des entreprises (fichiers, équipements, interventions, stocks, schéma et plans etc.). Pour exécuter la maintenance préventive, la gestion et les pannes. L'automatisation de ces activités de maintenance en été réalisé grâce aux progiciels de GMAO (Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur).

2. Interfaçage avec des progiciels :

Ces progiciels s'interface avec les autres logiciels de gestion déjà informatiser. Le PGI (les Grands progiciels de gestion intégrée) a une étape de rationalisation de processus de l'entreprise et d'intégration de la maintenance avec les autres fonctions de l'entreprise.

3. Évolution du domaine technique :

L'évolution de l'informatique a permet de modéliser les techniques de maintenance et de contrôle (analyse vibratoire, analyse d'huile, thermographie IR, ultrasons à chaud, etc.). On distingue de grand groupe : les systèmes d'analyses et les systèmes d'acquisitions et de contrôle.

- Les systèmes d'analyse, quelques fois couplés aux systèmes experts ont été décrits sous le sigle TTAO (travaux techniques assistés par ordinateur) ou TMAO (techniques de maintenance assistées par ordinateur). Les systèmes d'analyse sont également destinés à fournir de l'aide à la décision en diagnostic, pronostic et réparation des équipements aux opérateurs, etc.

- Parmi les systèmes d'acquisition et de contrôle, nous pouvons citer SCADA (système de contrôle et d'acquisition des données), contrôles-commandes des équipements, systèmes de gestion des données techniques et de la documentation, etc.

4. Intégration de modules intelligents en architectures de maintenance :

Les différents modules intelligents communiquent et collaborent entre eux pour aider les indicateurs à prendre la bonne décision de stratégie et de politiques de maintenance.

5. Développement des NTIC :

Le NTIC (les nouvelles technologies de l'information et des communications) et l'extension de l'internet ont permis des nouveautés de l'informatisation de la maintenance et sa politique (appelée maintenance intelligente) qui permet la coopération, la distribution et la communication entre les réseaux des systèmes de maintenance.

I.3.3. Définitions des différentes architectures

Les caractéristiques des différents systèmes informatiques en maintenance (fig. II.2) plus la relation est intense plus les systèmes sont reliés et intégrés. Chaque système augmente selon l'intensité de la collaboration et la complexité d'information.

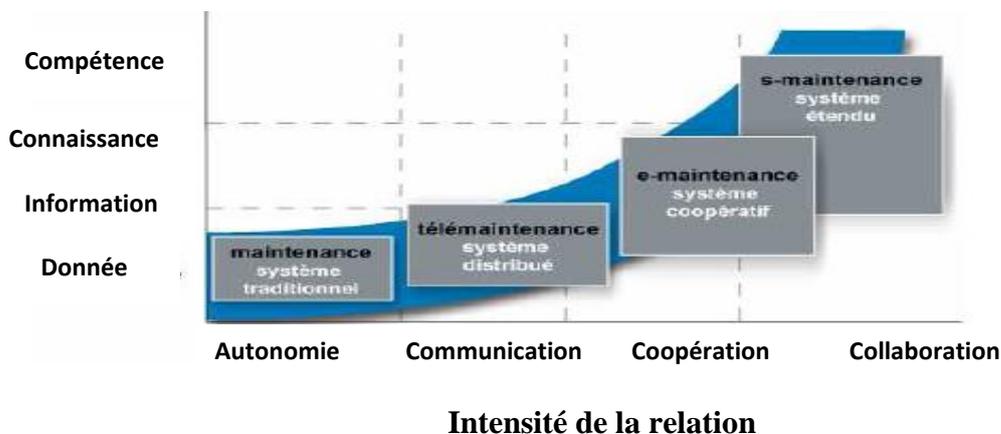


Fig. I.6 : Classification de différentes architectures en maintenance [IVA.06], [IVA.07].

I.3.3.1. Architecture d'un système de maintenance

Comparant un seul système informatique présent sur le site. Il est autonome sans lien avec d'autres systèmes. C'est une architecture traditionnelle d'un système d'information (manuelle).

Le système de maintenance est représenté par une application de maintenance ou de fiabilité des différentes activités de la fonction de maintenance telles que logistique, planning des interventions, gestion des stocks (géré par la GMAO, ERP), diagnostic et réparation (systèmes experts, bases de données), surveillance d'un équipement (SCADA, commande numérique sur un équipement).

L'architecture de système de maintenance est composée de deux parties (fig. II.3) valable dans n'importe quel système d'entreprise. Le système de gestion est basé sur les informations provenant de système physique [KAF.01],(fig. II.3) et l'acquisition des informations est manuelle limitée de son automatisation et les décisions proviennent de système d'information.

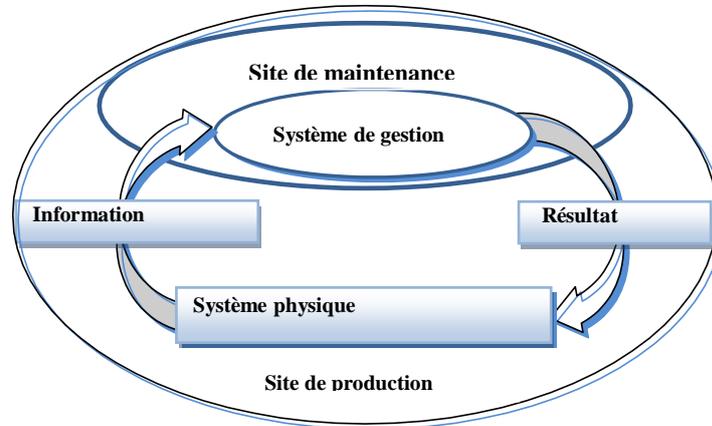


Fig. I.7 : Architecture d'un système de maintenance [IVA.06].

I.3.3.2. Architecture de télémaintenance

L'architecture de la télémaintenance est constituée de deux ou plusieurs systèmes informatiques qui sont éloignés, communiquent et échangent à distance des données. Selon la définition d'AFNOR la télémaintenance est « la maintenance d'un bien exécutée sans accès physique du personnel au bien ».

L'un des systèmes peut fonctionner comme un système d'acquisition de données ; il représente l'émetteur de données structurées. Le deuxième système est le récepteur, fonctionnant comme un système de traitement de données. Le système émetteur peut envoyer les données automatiquement ou comme réponse à une requête de la part du système récepteur des données. L'acteur humain intervient pour les traitements des données (sorties) qui doit être structurées pour être acceptables par les deux systèmes.

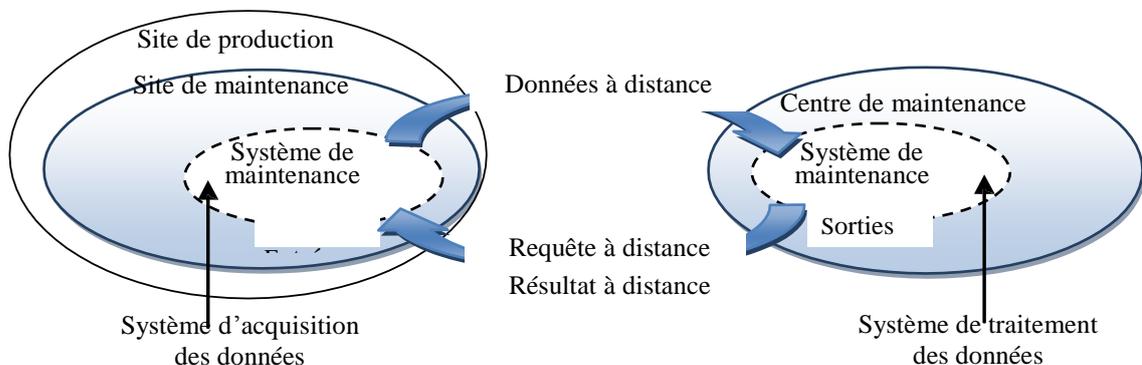


Fig. I.8 : Architecture de télémaintenance [IVA.07].

I.3.3.3. E-maintenance

L'architecture d'e-maintenance se fait via un réseau web qui permet de coopérer, d'échanger, partager et de distribuer ces informations aux différents systèmes partenaires de ce réseau (fig. II.9). Le principe consiste à intégrer l'ensemble des différents systèmes de maintenance dans un seul système d'information. Les systèmes reçoivent des différents formats qui sont incompatibles ce qui nécessite la coordination et coopération entre les systèmes pour les rendre homogènes (interopérabilité) donc on peut dire que l'architecture d'e-maintenance assure l'interopérabilité avec chaque différent système.

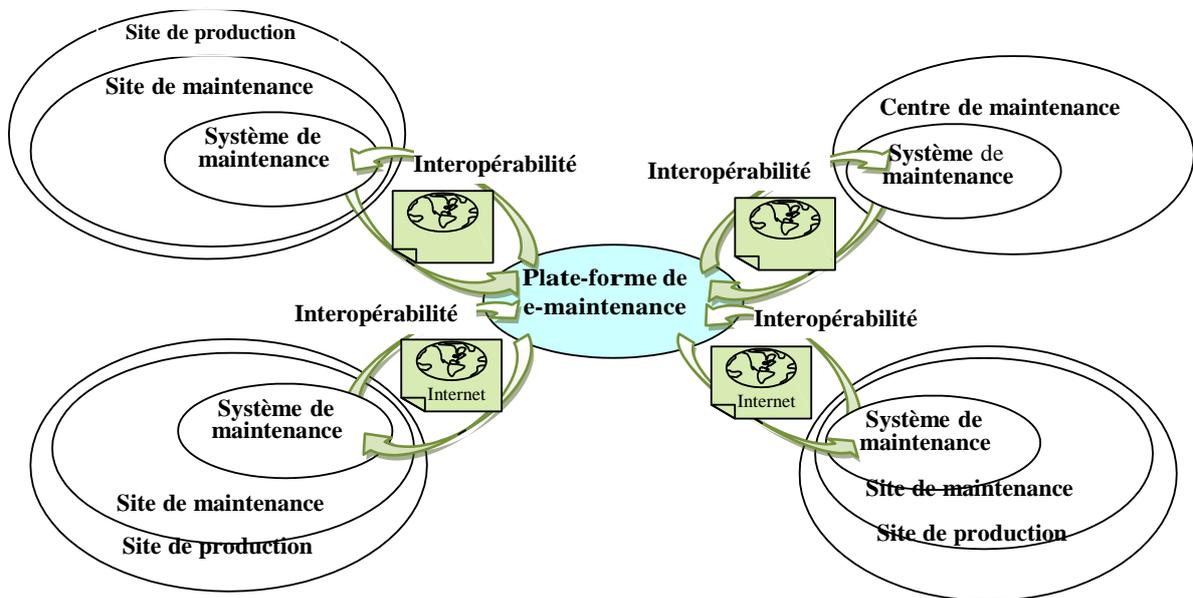


Fig. I.9 : Architecture du concept de e-maintenance [IVA.06].

Une architecture fonctionnelle OSA/CBM (Open System Architecture for Condition-Based Maintenance) dédiée au développement de stratégies de maintenance conditionnelle ou prévisionnelle [Lebold & Thurston, 2001] a été développée à partir du schéma relationnel MIMOSA CRIS. Elle contient sept modules flexibles dont le contenu (méthodologie et algorithmes) est configurable par l'utilisateur (fig. II.6). Elle peut être simplifiée et adaptée à chaque besoin industriel en réduisant des modules.

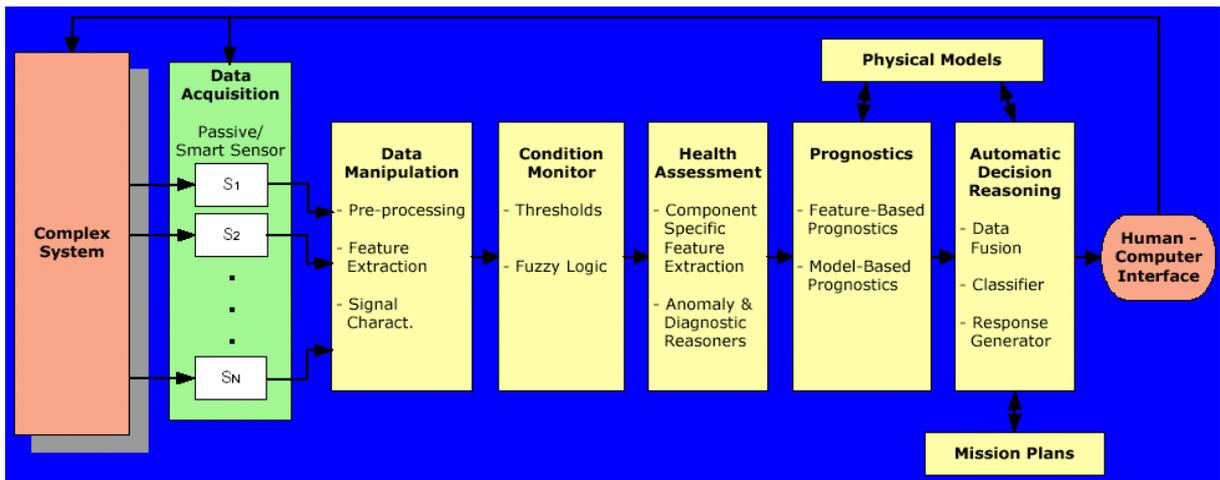


Fig. I.10: Project OSA/CBM [Lebold & Thurston, 2001]

La plateforme d'e-maintenance proposée par proteus (fig. II.7) a pour objectif de distribuer, de coopérer pour l'acquisition de données, de contrôle de commande et la gestion de la maintenance en basant sur l'architecture générique sur le concept de Web service, pour proposer des solution technologique d'intégration pour permettre l'interopérabilité des systèmes différents pour assurer l'échange et le partage d'information. Son but n'est pas seulement d'intégration mais aussi de prévoir l'évolution.

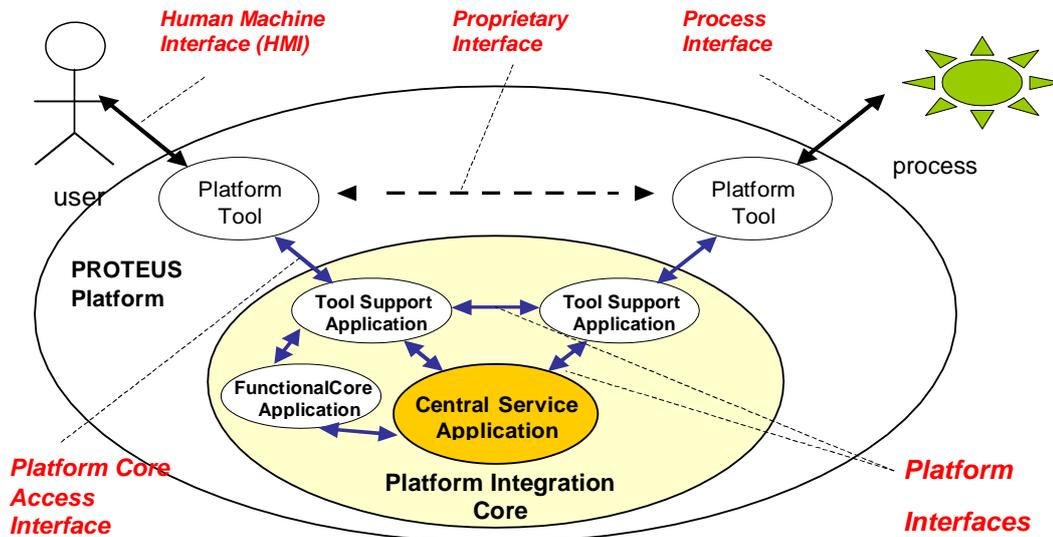


Fig. I.11 :Plate-forme d'e-maintenance Proteus [www.proteus-iteaproject.com]

Les web services ont été conçus pour garantir l'interopérabilité entre les différentes applications de la plateforme. Mais ils s'avèrent que le protocole d'interconnexion des interfaces ne traite pas de la sémantique des données en entrée et en sortie. Le langage XML utilisé comme base d'échange de données gère des structures plates et doit être utilisé avec la norme RdF pour garantir les liens entre ces entités. Cette architecture garantit l'interopérabilité technique - lien entre les systèmes informatiques et les services qu'ils procurent mais ne tient pas compte de l'interopérabilité sémantique.

I.3.3.4. Architecture de s-maintenance

Consiste à donner du « sens » (une sémantique) aux informations échangées. En assurant que ce sens soit distribué dans tous les systèmes pour la mise en œuvre. Elle prend appui sur l'architecture de e-maintenance où l'interopérabilité est garantie entre les différents systèmes par un échange de connaissance représenté par une ontologie. Joue le rôle de la mémoire permettant de mettre en place un système de gestion et de capitalisation des connaissances et exploiter ainsi le retour d'expériences pour améliorer le fonctionnement de système de maintenance. Ce système va employer les outils du domaine de l'ingénierie des connaissances ainsi que de la gestion des connaissances. L'outil logiciel doit jouer le rôle d'intégrateur de service capable de se connecter aux autres systèmes, propres aux entreprises (fig. II.8). La sémantique a trois niveaux, à savoir les concepts généraux de la maintenance, les concepts du domaine d'application, et les concepts spécifiques à chaque entreprise.

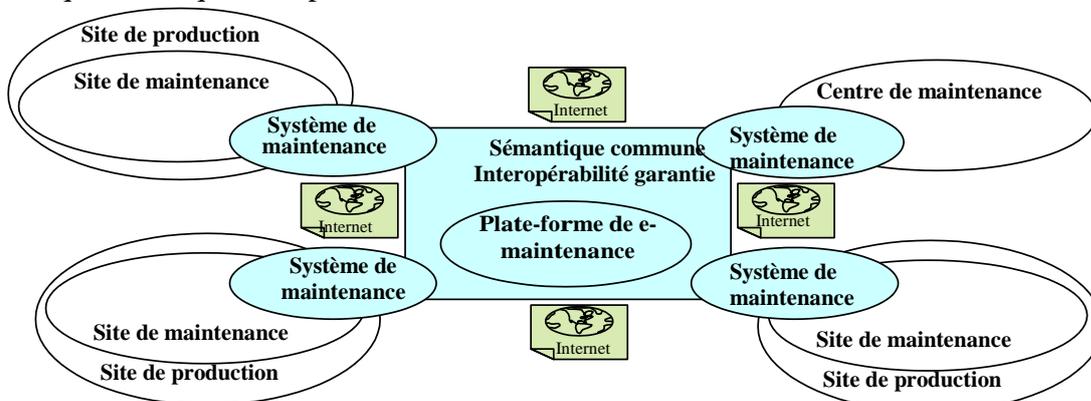


Fig. I.12 : Architecture du concept de s-maintenance [IVA.07]

L'interopérabilité sémantique intéresse actuellement différents travaux qui ont été classés suivant Park et Ram (2004) en trois grandes approches :

1. L'interopérabilité par cartographie (mapping based approach)
2. L'interopérabilité par des langages interopérables
3. L'interopérabilité par des mécanismes intermédiaires tels que des médiateurs des agents des ontologies.

Les services de maintenance ces dernières années en tendances à des nouvelles technologies de l'information ce qui permettent d'intégrer différents systèmes à l'aide des plateformes ainsi la classification des différents architectures de maintenance existantes qui est faite en fonction de l'intensité des relations entre les systèmes.

La plateforme présente deux caractéristiques importantes :

- la facilité d'intégration de nombreux systèmes informatiques en maintenance,
- la mise en relation de tout acteur concourant à la maintenance des équipements donnés dans un parc machines donné.

I.4. L'état de l'art

I.4.1. État de l'art dans la gestion

Entretien d'aujourd'hui contribue à l'objectif du développement durable dans la société, y compris les aspects d'économie de l'environnement et l'énergie, des aspects de sécurité et les aspects économiques. La maintenance avancée à un rôle crucial à jouer dans l'amélioration de la compétitivité des entreprises. La Technologie ne sera pas efficace sans une excellente gestion. La fiabilité et la disponibilité des machines et des instruments sont des facteurs cruciaux de la compétitivité, en particulier dans les applications où la sécurité et la disponibilité sont importantes.

Méthodes de conception de produits d'aujourd'hui sont principalement basées sur l'optimisation de la performance des produits et que peu d'attention est donnée à des estimations de fiabilité et de durée de vie.

Lorsque les parties critiques du système de production qui ont besoin d'amélioration ont été identifiées, les bonnes techniques et des outils pour des actions d'amélioration sont trouvés dans les domaines du contrôle composant de la panne mécanique, le contrôle de l'échec de l'électronique, le contrôle de panne de logiciel ou de contrôle d'erreur humaine.

I.4.2 Les programmes intégrés et les processus de planification

Le concept de maintenance globale a été largement développé au cours des dernières décennies Il s'agit notamment de la maintenance axée sur la fiabilité, maintenance productive totale, de la maintenance de la qualité totale. Dans le monde industriel, la conception de produit consiste à inventer, développer et commercialiser sur un marché, un produit ou un service nouveau. Historiquement, le processus de conception de produit a pris des formes différentes selon le degré d'innovation des objets et selon les organisations et les stratégies des firmes où ils ont été développés.

I.4.2.1. Maintenance axée sur la fiabilité

Maintenance axée sur la fiabilité (RCM) est une stratégie de maintenance globale d'un système technologique utilisant une méthode d'analyse structurée permettant d'assurer la fiabilité inhérente à ce système.

I.4.2.2. Total Productive Maintenance

La disponibilité des équipements contribue à la réduction des coûts et des délais nécessaire à une politique de juste à temps, mais la pérennité des résultats n'est concevable qu'avec la participation de la production. La démarche TPM orchestre la répartition des tâches en intégrant les techniques d'organisation des postes de travail. L'objectif de maximiser l'efficacité des équipements.

I.4.2.3. La qualité totale de maintenance

La qualité totale de maintenance est une démarche de gestion de la qualité dont l'objectif est l'obtention d'une très large mobilisation et implication de toute l'entreprise pour parvenir à une qualité parfaite en réduisant au maximum les gaspillages et en améliorant en permanence les éléments de sortie (outputs).

I.4.3 Stratégies

La maintenance est un élément clé de toute activité commerciale, puisque son objectif principal est de préserver la disponibilité des actifs qui sont utilisés pour l'entreprise. En formulant un plan d'entretien, l'objectif est de minimiser le coût combiné de l'exploitation de l'entreprise et le maintien de l'usine. L'organisation de l'activité de maintenance est basée autour du processus continu de l'entreprise, les pannes des usines, la disponibilité du personnel et des pièces de rechange. Planification et administration est nécessaire pour équilibrer les ressources (hommes, pièces de rechange et équipement) pour la charge de travail de maintenance prévu. La politique de l'état de l'art utilise une combinaison d'exécution à l'échec, maintenance basé sur le temps, hors conception, état d'entretien et de maintenance basée sur l'opportunité.

I.4.3.1. Exécuter à l'échec

L'option de courir à l'échec est dangereuse et extrêmement coûteuse. Cela étant dit, il ya de nombreux cas où de telles pratiques se produisent, par négligence, manque de ressources des opérateurs et comme une conséquence de la mauvaise gestion. Un propriétaire d'un actif, à la recherche d'une réduction des coûts à court terme peut décider de réduire les coûts d'entretien au minimum. Dans de telles circonstances « run-to-échec » (courir à l'échec) se produit dans une industrie moins apte à gérer les conséquences.

I.4.3.2. Maintenance basée sur le Temps

La maintenance est programmée à l'avance pour éviter l'échec. Inutiles de dépouiller vers le bas et palier les modifications qui peuvent causer des problèmes. Elle préconise le remplacement ou la réparation à un moment fixe après l'installation, indépendamment de sa condition. Le calendrier des activités de maintenance dans un programme de PPM est calculé pour minimiser les coûts globaux.

I.4.3.3. Les possibilités de la maintenance

Une extension importante du temps basée sur l'entretien ou PPM est la planification de l'entretien autour de la possibilité d'accès. Entretien prévues possible peut aussi résulter d'un événement imprévu. Si le travail qui a été prévu pour un arrêt peut être entrepris pendant une période de réparation non programmée, il est alors possible d'étendre une période d'exploitation ou de retarder une enquête prévue.

I.4.3.4. Hors conception

«Le Design Out » comme une stratégie d'entretien signifie que l'échec est adressé par un nouveau processus de conception ou de mise à jour, avec l'intention de réduire ou de prévenir de futurs échecs.

I.4.3.5. Maintenance conditionnelle

La maintenance avancée évite l'échec dans les entreprises détectant la détérioration précoce, repérer les défaillances cachées ou potentiels. Maintenance conditionnelle (CBM) initie maintenance lorsque la détérioration de l'état des machines se produit. L'élément déclencheur de l'activité CBM est un paramètre mesuré qui est indicatif de l'état de la machine. Cela peut être un indicateur de performance, ou une mesure de diagnostic qui donne un avertissement précoce de la détérioration, et est appelé surveillance de l'état (CM).

I.4.4. Information Maintenance et Systèmes de Contrôle

I.4.4.1. Caractéristiques du système de maintenance typiques: de la PME à Global Entreprises

Le système d'entretien c'est un outil de gestion de l'information et de contrôle. Les modèles informatiques ont été utilisés très tôt à gérer et contrôler des stocks importants. L'intégration de systèmes, y compris les données techniques et de gestion ont conduit à des avancées importantes dans l'optimisation des programmes de maintenance intégrant CBM, et réalisé d'importantes économies pour les utilisateurs, tout en améliorant radicalement la fiabilité et la sécurité.

I.4.4.2. Planification des ressources de l'entreprise

ERP est l'acronyme d'Enterprise Resources Planning (planification des ressources de l'entreprise). Un ERP est une stratégie d'entreprise qui aide les entreprises à gérer leurs principaux secteurs d'activité, tels que les achats, la gestion des stocks, les fournisseurs, les services à la clientèle et le suivi des commandes. Cette stratégie peut également être appliquée aux finances et aux ressources humaines. Un système ERP est généralement constitué d'un ensemble de modules logiciels intégrés à une base de données relationnelle.

I.4.5. État de l'art dans la technologie

I.4.5.1. Outils de calcul

L'utilisation de systèmes informatiques est cruciale pour l'organisation des systèmes relatifs à la maintenance. Faible coût, les outils de l'informatique omniprésente, de l'Internet à la baguette de données, sont facilement adoptés dans le cadre de solutions de systèmes de maintenance. Différentes solutions sont adoptées par les salariés des grandes entreprises et fournisseurs de services à ces sociétés. Les réseaux locaux région (par câble) sont souvent inaccessibles au personnel d'entretien parce qu'ils appartiennent à la fonction de production de l'hôte, les communications sans fil de sorte indépendantes sont un avantage distinct.

Élément clé des systèmes de maintenance est la compatibilité. Dans le passé, des erreurs ont été faites dans le choix du matériel et des logiciels, conduisant à des connexions maladroites, voire impossible, entre les systèmes techniques et les systèmes de gestion. Il est désormais une condition préalable que le matériel et le logiciel non seulement être compatible maintenant, mais cet héritage et l'avenir des systèmes de se connecter aussi bien que possible. La génération actuelle des portables PC léger, couplée avec des interfaces USB pour le matériel, et un modem Wifi pour l'Internet, est capable de transformation locale et l'accès base de données distante, mais nous pouvons être sûrs qu'il sera remplacé.

I.4.5.2. Outils de mesure et des Services

Surveillance de l'état utilise une gamme de méthodes pour estimer la santé des machines et des processus, avec le but de confirmer l'action d'entretien de la santé ou la planification préalable à l'échec. Cette section passe brièvement en revue quelques unes des techniques populaires disponibles, mais il existe des techniques beaucoup plus pour des problèmes de mesure spécifiques.

- 1. Surveillance de la température** - capteurs de divers de sophistication et le coût peut détecter la température de l'équipement électrique, de refroidissement, lubrifiants et composants mécaniques. Simples capteurs mesurent des points spécifiques, ou sur la surface d'un système.

2. **L'analyse infrarouge** - émissions dans l'infrarouge de la lumière sont indicatifs des températures élevées. La méthode est utile pour localiser les «points chauds» sur une large zone physique et peut être utilisé pour l'extérieur des bâtiments, les tuyauteries et conduits, les systèmes mécaniques et des systèmes électriques / électroniques.
3. **L'analyse des lubrifiants** La technique est efficace pour les machines mobiles et alternative lente où les techniques de vibrations sont parfois moins efficaces.
4. **Détection de fuites** - les méthodes de «l'eau et du savon » à ultrasons et des techniques gaz traceur peut détecter les fuites minute.
5. **Surveillance de la corrosion** - résistance électrique et les techniques possibles, de détection d'hydrogène, coupon sacrificiel et trous de forage peuvent être utilisés pour mesurer la corrosion et son taux variant des progrès réalisés au cours des cycles de production.
6. **Détection de fissures** - beaucoup de non-destructif (CND) des méthodes peuvent être utilisées pour la détection de fissures, par exemple, pénétrants colorant, des tests de flux, et des ultrasons.

I.4.5.3. Instruments Portable

La plupart des processus de mesure bénéficient d'accès en temps réel à leur environnement mesuré, par opposition à l'échantillonnage suivi par la mesure de laboratoire. En milieu industriel, l'accès pour l'instrumentation et des fournitures de grandes pouvoir a toujours été limitée, mais "portable" implique que le chariot n'est plus nécessaire. Toutefois, la portabilité est une mesure relative. Les dispositifs qui sont trop gros et lourds pour les avions peuvent être tout à fait acceptables sur un bateau.

I.4.5.4 Services basés sur laboratoire

De nombreux praticiens utilisent les services d'experts et de laboratoires. Certains instruments sont fondamentalement important, par exemple, microscopes électroniques à balayage ou à des spectromètres de masse. Laboratoire des services d'entretien offrent des praticiens un service industriel en utilisant des principes scientifiques.

I.4.6 Développement dans la prise de décision

Décisions de la maintenance industrielle impliquent des risques à l'équipement, les dépenses et le personnel, et pourtant elles sont fondées sur des données inexactes. La décision est généralement dans les mains d'un homme, qui doit peser les risques techniques par rapport aux ressources limitées, en tenant compte des limitations physiques, les exigences de la loi, et la "politique" des implications des décisions contradictoires.

I.4.7 Nouveaux développements dans les outils technologiques

Prestations de maintien à partir d'un large éventail de technologies, qui ont souvent été développés dans un but différent. Un certain nombre de nouveaux off-the-shelf outils sont décrits ci-dessous, qui est susceptibles de créer des avancées significatives, y compris les capteurs sans fil, la miniaturisation et technologie des MEMS (Micro Electro-Mechanical Systems), une gamme de nouvelles technologies révolutionnaires, et la détection omniprésente et l'intelligence.

I.4.7.1 Capteurs sans fil

La communication sans fil connaît une croissance explosive dans de nombreux domaines de l'électronique. Le coût des dispositifs d'électronique grand public, tels que téléphones portables, des périphériques informatiques, a chuté.

Le logiciel pour effectuer à distance, automatisée, le contrôle distribué, d'une manière robuste sans recourir à l'intervention humaine, reste un défi pour la réussite d'un tel système. L'intégration de la connaissance et la procédure sera important pour la pénétration des nouveaux dispositifs de surveillance sans pilote dans les applications futures.

I.4.7.2 La miniaturisation de réduction des coûts et des MEMS

Miniaturisation peut être simplement définie comme plus petites. La réduction de la taille, en informatique, par exemple, a réduit d'un ordinateur portable, et maintenant à un appareil de poche, les données des clés USB sont réduites à la taille d'un timbre-poste. Presque tous les appareils utilisés dans l'entretien a réduit en taille, il ya, toutefois, certaines limites humaines. L'utilisation d'appareils sans fil a fait l'avance considérable dans la taille .Le prochain défi est la réduction de la taille. MEMS avons vu beaucoup de développement dans ces dernières années, et de nombreux produits sont maintenant sur le marché (Nexus 2009).

I.4.7.3 Technologies perturbatrices et l'avenir

Une technologie de rupture est celle qui change le jeu, par exemple, le commerce sur Internet a changé la façon pour mener les affaires, pour toujours. Gestion de la maintenance et la technologie a énormément bénéficié de plusieurs technologies perturbatrices, même s'ils étaient destinés à des publics cibles complètement différentes, par exemple, l'informatique personnelle a profondément changé la nature du logiciel de gestion de maintenance et de son absorption.

I.5. Conclusions

Maintenance a une approche sophistiquée de l'optimisation des performances. Dans le contexte concurrentiel des industries qui bénéficient de maintenance avancée, la disponibilité et la fiabilité des processus et des systèmes sont les facteurs de différenciation. Ces facteurs ont favorisé le concept de maintien de l'un des centres de coûts qui sous-tend à devenir une partie essentielle de centres de profit de premier plan.

La mise en œuvre future des systèmes de maintenance verra une plus grande intégration des systèmes techniques et commerciaux, avec une utilisation plus intelligente des données recueillies. Ils protègent les utilisateurs contre les changements de personnel, avec la perte inhérente de leur apprentissage, et permettent des choix mieux informés pour les décideurs.

Limites au progrès comprennent la normalisation des systèmes et composants de communication et de formation. Certains matériels, par exemple, l'informatique mobile, a une durée de vie considérablement plus courte que les biens d'équipement d'ingénierie de haut.

Les projets pilotes actuellement en cours permettra certainement d'améliorer la compréhension et construire la confiance nécessaire pour étendre la stratégie et des techniques plus loin dans ces industries. Les avantages devront être réalisés dans la sûreté et la sécurité autant que l'économie afin de persuader les opérateurs à haut risque de développer des applications.

II.1. Introduction

Un système multi-agents est un ensemble organisé d'agents qui s'intéressent aux comportements collectifs produits par les interactions de plusieurs entités autonomes et flexibles appelées agents, que ces interactions tournent autour de la coopération, de la concurrence ou de la coexistence entre ces agents. Afin de pallier les contraintes survenues dans les modèles et dans l'organisation de la maintenance, il faut développer un avantage concurrentiel durable, acceptable et ceci par une organisation basée sur un système multi-agents

Dans ce chapitre on essaiera d'expliquer l'avantage de l'utilisation des agents pour la maintenance, et nous présenterons un modèle générique de systèmes multi agents basés sur des concepts organisationnels tels que les groupes et les rôles spécifiques pour la maintenance des systèmes de production. Ce modèle permet une description simple de structures d'organisation et d'interactions dans les systèmes de maintenance. Nous décrivons également la plate-forme, basée sur les spécifications de la FIPA (Foundation for intelligent physical agents).

II.2. Motivation de l'utilisation des agents dans la maintenance des S.P

II.2.1. Définition d'un agent et d'un SMA

II.2.1.1. Agent :

Il n'y a encore aucun consensus, quant à la définition du mot « agent ». Le concept d'agent a été l'objet d'études pour plusieurs décennies dans différentes disciplines. Un agent est une entité qui fonctionne sans cesse, autonome dans un environnement avec d'autres agents.

Ces dernières années avec l'évolution de nouvelles technologies et l'expansion de l'Internet, ce concept d'agent est associé à plusieurs nouvelles applications comme agent ressource, agent courtier, assistant personnel, agent interface, agent ontologique.

II.2.1.2. Caractéristiques des agents : [CHA01]

Un agent est un système informatique, situé dans un environnement, et qui agit d'une façon autonome et flexible pour atteindre les objectifs pour lesquels il a été conçu.

Il y a trois concepts clés présents dans cette définition :

1. **Situé** : l'agent est capable d'agir sur son environnement à partir des entrées sensorielles qu'il reçoit de ce même environnement.
2. **Autonome** : l'agent est capable d'agir sans l'intervention d'un tiers (humain ou agent) et contrôle ses propres actions ainsi que son état interne.
3. **Flexible** signifie que l'agent est :
 - **Proactif** : l'agent doit exhiber un comportement proactif et opportuniste, tout en étant capable de prendre l'initiative au bon moment.
 - **Capable de répondre à temps** : l'agent doit être capable de percevoir son environnement et d'élaborer une réponse dans le temps requis.
 - **Social** : l'agent doit être capable d'interagir avec d'autres agents (logiciels ou humains) afin d'accomplir des tâches ou aider ces agents à accomplir les leurs.

II.2.2. Le pilotage des systèmes de production par des agents

Selon Mark Fox qui a proposé l'organisation des centres de décisions qui pilotent la maintenance comme un réseau d'agents intelligents [DOD01] qui peut être composé de sous-systèmes de maintenance hétérogènes regroupant en vastes coalitions dynamiques et virtuelles. Les systèmes intelligents distribués comme le SMA représente la croissance de l'autonomie de chaque élément. Chaque sous système de maintenance suit ses buts individuelles et à la fois il satisfait ses contraintes locales et externes.

De cette manière, les caractéristiques de son comportement seront prises en compte : un agent agit seul sans intervention externe (autonomie), un agent communique et aide autre agent (habilité sociale), un acteur modifie son comportement si le marché ou la concurrence évolue (réactivité), un agent qui prend ses initiatives au moment opportun (pro-activité). Le SMA permet de diminuer les contraintes provenant par contrôle centralisé, planifié et séquentiel. Malheureusement, l'approche basée sur les agents n'est pas un remède pour les logiciels industriels comme les autres technologies, utilisée pour les problèmes dont les caractéristiques nécessitent ses capacités. Cinq caractéristiques sont particulièrement cruciales: les agents sont adaptés pour les applications modulaires, décentralisées, changeantes, mal structurées et complexes. [PAR 98]

II.3. Une démarche opérationnelle pour la maintenance

Gérer c'est dirigé, guidé en assurant la pertinence et la cohérence du système c'est un art qui adapte les objectifs d'une entreprise à l'évolution. Cette gestion dépend de certaines données internes et externes du système.

La maintenance c'est un espace dans lequel évolue trois populations : les produit de maintenir, les moyens de maintenance (équipement), les opérations.

À partir de cela une approche est faite chaque produit est capable de communiquer et de négocier avec les autres agents pour organiser, planifier, et contrôler la maintenance. Les agents produits demandent des services aux agents équipements qui peuvent ou refuser ces services. L'opérateur humain (opérateur) contrôle la production par la communication avec les autres agents du système.

Dans cette approche la décision est partagée entre les agents, il n'existe pas une relation d'ordre, chaque agents coopère avec ses voisins et prend ces décisions en concevant la cohérence globale et en respectant les objectifs fixé par le système. Avantage de cette approche est sa simplicité, sa flexibilité, sa réactivité et sa tolérance.

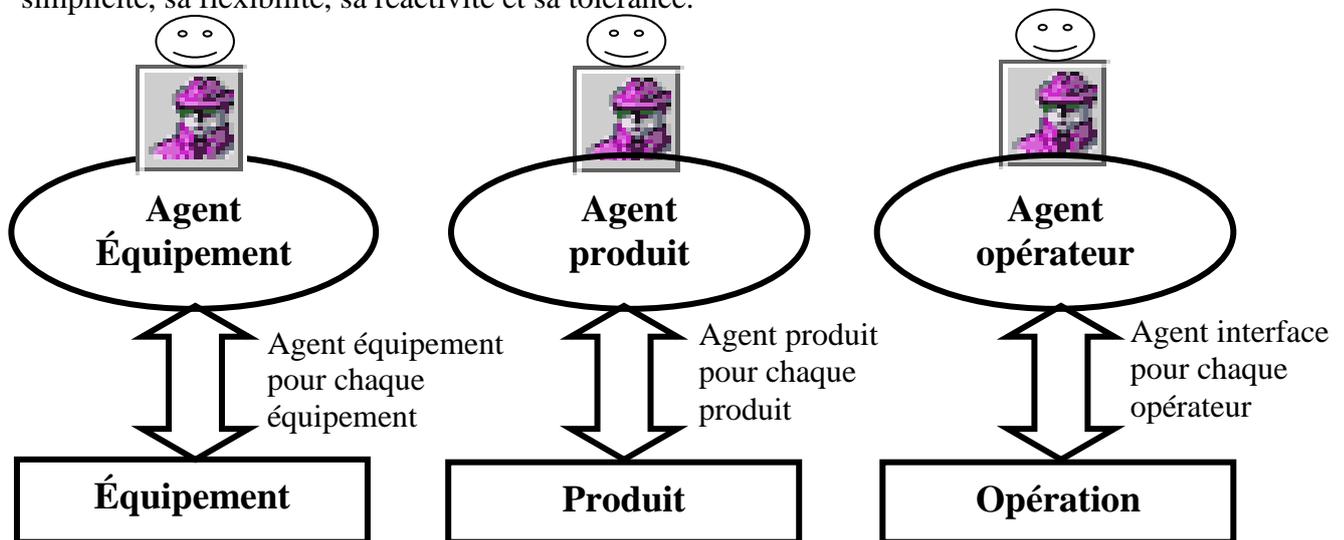


Fig. II.1: L'approche opérationnelle pour la maintenance.

II.4. Un modèle multi agents pour la maintenance

Un système multi agents est communément caractérisé par : des agents, un environnement, une organisation et un modèle d'interaction.

Il existe plusieurs modèles mais dans cette partie on présente le modèle social basé sur l'interactivité et on décrit le modèle d'organisation et d'interaction de notre système multi agents pour le pilotage des systèmes de production.

II.4.1. Les modèles organisationnels

Leur intérêt est de pouvoir intégrer la notion d'agent et celle de système multi agent. Sa notion de niveau d'organisation permet de comprendre l'emboîtement d'un niveau dans un autre. Le modèle proposé par Ferber, appelé Aladin, repose sur les notions de rôle, de groupe et d'agent. Un agent est une entité communicante qui joue un ou plusieurs rôles dans des groupes. Un groupe est un ensemble atomique d'agents qui peuvent se déplacer. Le rôle c'est l'identification d'un agent. La communication ne se fait qu'à partir des rôles. Ainsi dans Aladin, une organisation est vue comme un cadre pour les activités et les interactions grâce à la définition de groupes, de rôles et de leurs relations.

II.4.2. Le modèle Aladin

Le modèle Aladin décompose l'analyse des structures collectives en deux niveaux :

1. **Le niveau méthodologique** : Définit l'ensemble des rôles possibles, spécifie les interactions et décrit les structures abstraites de groupe et d'organisation.
2. **Le niveau descriptif** : Correspond aux concepts centraux d'agent, de groupe et de rôle. C'est à ce niveau que se décrit une organisation réelle. Les relations entre agents sont donc primordiales par rapport à l'agent lui-même et à son comportement. Le groupe sera utilisé pour étudier la formation de différentes organisations.

II.4.2.1 Le modèle agent groupe rôle

Permet d'exprimer et d'analyser divers systèmes multi-agents en utilisant avant tout des concepts organisationnels.

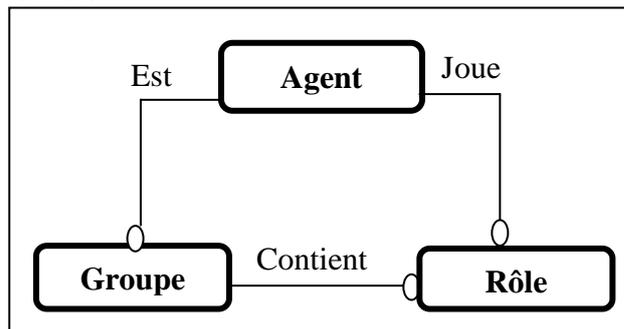


Fig. II.2: Le modèle agent groupe rôle.

1. **Agent** : C'est une entité autonome communicante qui joue des rôles au sein des différents groupes. Il existe trois types d'agents pour le pilotage des systèmes de production, responsable de traitement, de pilotage et d'opérateur (humains).
2. **Le groupe** : C'est une notion primitive. C'est un ensemble d'agents contrôleurs qui coopèrent pour réaliser un objectif dont lequel est fixé par un agent opérateur. Les objectifs de pilotage sont liés à l'environnement industriel de l'entreprise grâce à un groupe composé d'agents contrôleurs.
3. **Le rôle** : Le rôle est une représentation abstraite. Il peut être tenu par plusieurs agents dont l'agent peut avoir plusieurs rôles distincts au sein de plusieurs groupes.
 - a) **Rôle de l'agent produit** : Son rôle est de planifier et piloter le produit dans le but d'effectuer tous les traitements dictés par la procédure en respectant les contraintes de temps, coût et qualité.
 - b) **Rôle de l'agent réparateur** : C'est un groupe d'agents qui pilote les ressources de maintenances dans le but de minimiser l'utilisation des ressources pour éviter les conflits et d'effectuer le traitement et les tâches sur le produit.
 - c) **Rôle de l'agent Opérateur** : Humain est défini comme agent opérateur dans le but d'échanger les informations.

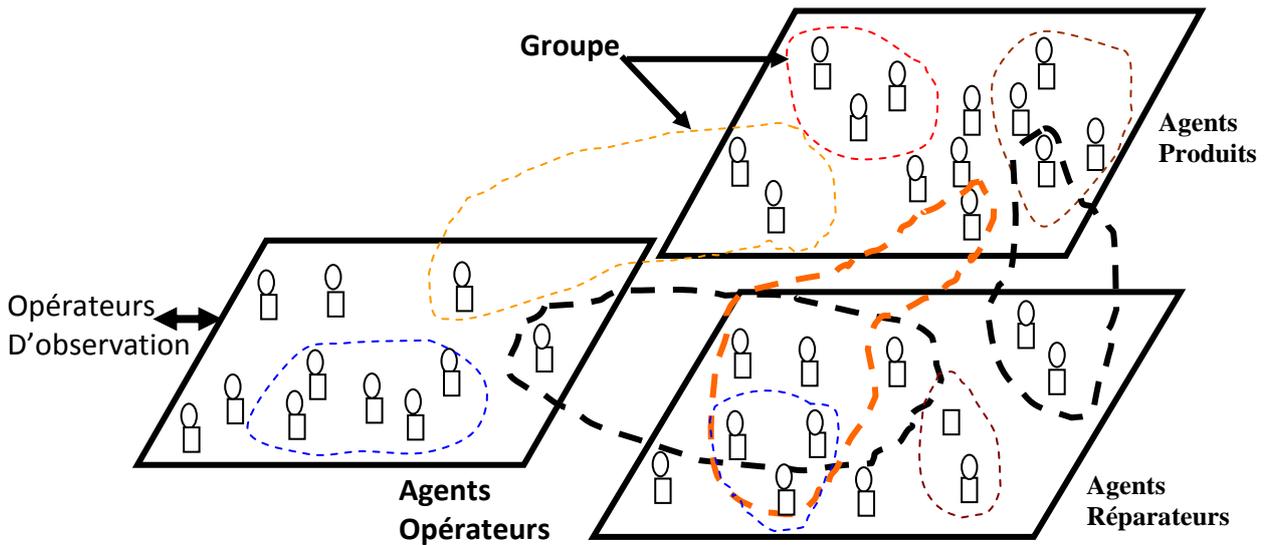


Fig. II.3: Structure organisationnelle du SMA pour le pilotage des systèmes de production

II.4.2.2 Apports et limitations du modèle Aladin

Ce modèle comporte un certain nombre de limitations :

- Interaction et l'environnement sont intégraux dans l'organisation du système de pilotage.
- L'organisation est attribuée à un ensemble d'agents ou disparaît en tant que tel dans [GUT99]. La position intermédiaire permet aux agents de manipuler explicitement des organisations [MüL02] et d'émerger les organisations souhaitées.
- Inexistence de description d'organisation dans une autre. Les changements peuvent devenir importantes que les états stables.
- La notion d'organisation est structurelle entre les rôles définis au sein des groupes. La notion d'interaction n'est pas franchement représentée ni manipulable dans le système.

En résumé : la description des systèmes multi agents en termes d'organisation est utile pour traiter les interactions et de gérer les fonctionnalités multiple d'un agent.

II.4.3. Le modèle d'interaction SMA

Les agents coopèrent selon leur diversité et leurs variétés d'actions, doivent coordonner et résoudre les conflits en coopérant.

Traiter le problème de l'interaction c'est de faciliter la tâche d'analyser et de concevoir différentes formes d'interactions pour que les agents accomplissent leurs tâches et satisfaire leurs buts. Les agents doit être capables par le biais de la communication de transmettre les informations en induisant un comportement spécifique. L'interaction consiste aussi à dire comment le système multi-agents va résoudre les problèmes de conflits, comment les entités doivent coopérer pour réaliser leurs buts et l'outil avec lequel les agents échangent des connaissances.

II.4.3.1 Proposition d'un modèle de maintenance basé sur l'interactivité

La maintenance est complexe pour des modèles théoriques d'où leur intérêt est double, faciliter la compréhension de monter les interactions et d'offrir un cadre pour la décomposition du système complexe en sous système plus simple et le second intérêt c'est de spécifier des architecture de maintenance pour ensuite les implanter.

1. Les fonctions de la maintenance :

Selon plusieurs approches qui convergent vers une représentation de l'activité de maintenance constituée de quatre grandes fonctions (planifier, exécuter, suivre, réagir) organisées comme indiqué sur la figure (Fig. II.3).

- La fonction planifier propose une solution d'ordonnancement de la maintenance.
- La fonction exécuter transmet les ordres au système en tenant compte de l'état des équipements,
- La fonction suivre fournit des informations sur l'état de la maintenance,
- La fonction réagir corrige les dérivations en respectant au mieux les objectifs. Elle a elle-même des capacités pour la planification, c'est-à-dire qu'elle peut adapter partiellement un planning pour répondre à une perturbation.

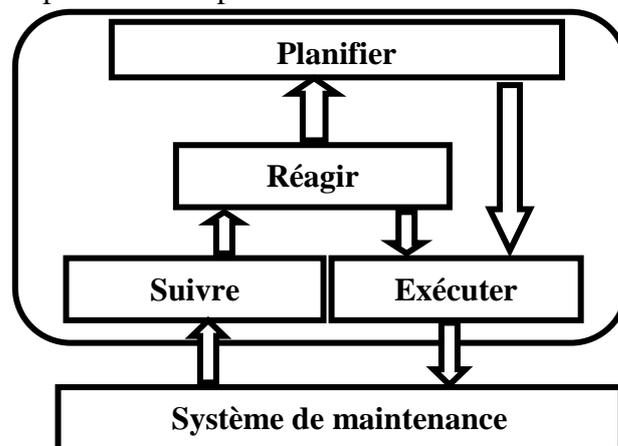


Fig. II.4: Organisation de la maintenance selon la communauté scientifique [PUJ02].

2. Architecture de pilotage :

Le but est de traiter les activités complexes sous forme d'interactions entre agents plutôt que sur un raisonnement d'une seule entité qui planifie et décide.

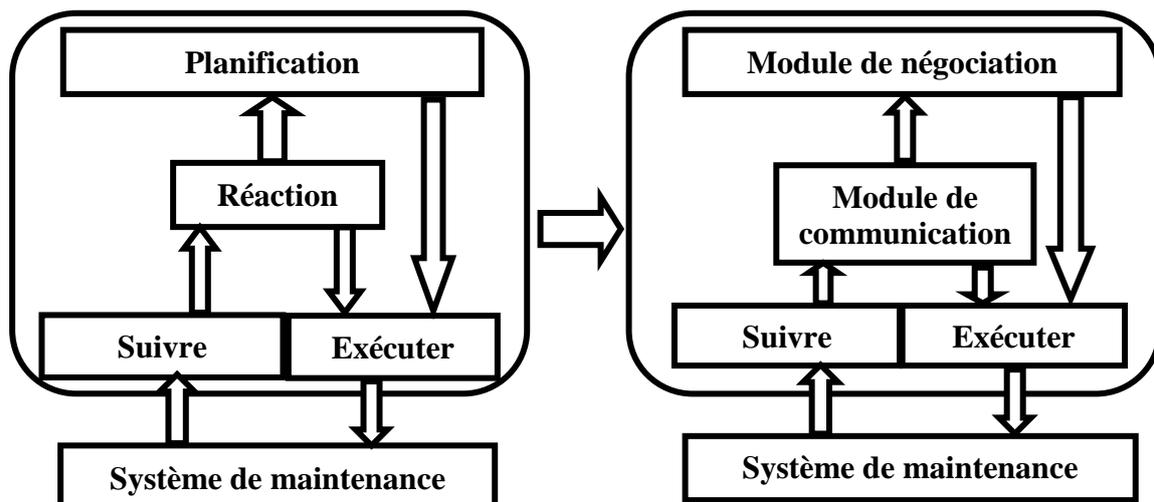


Fig. II.5: Résolution des problèmes complexes de système de maintenance par l'interactivité

La figure ci-dessus est une architecture synthétique générale issue de la représentation décrite dans le modèle pour la maintenance. Elle est constituée de quatre composantes qui sont : le module de communication, le module de négociation, et les deux autres modules exécuter et suivre.

Pour le découplage de la partie opérative et de son contrôleur parti conduite [PAR98] la maintenance est présentée comme un environnement qui possède un état de process qui peut changer l'environnement indépendamment des actions des agents. Dans cette vision l'environnement est actif. Les agents et l'environnement peuvent communiquer via des interfaces de communication. Une maintenance complète est alors réalisée par l'association de différents agents contrôleurs.

II.4.3.2 Notion de conversation

Deux grands courants existent dans l'interaction entre agents, une approche qui tend à simuler une conversation entre humains et une deuxième approche issue des travaux dans les systèmes distribués. Dans le premier cas, les agents discutent librement guidés par l'objectif fixé. La deuxième approche emploie des protocoles d'interaction afin d'orienter l'interaction. Pour la maintenance on utilise de la deuxième approche.

La conversation est un contexte d'interaction permet aux agents contrôleurs de participer à plusieurs tâches collectives simultanément, la conversation elle-même doit être identifiée, le but de la conversation entre agents est la réalisation d'un objectif de pilotage.

II.4.3.3 Le système de communication

La communication est la base des systèmes multi agents. Il faut donc savoir quoi communiquer, quand communiquer et avec qui communiquer. Dans le domaine des SMA, plusieurs langages d'interactions ont été proposés [FIN 92][SAD 97][FIPA 02]. Définir un acte de langage comme tout comportement destiné à être observé (perçu, reçu) par un autre agent. Un acte de langage est formé d'une composante représentationnelle (contenu propositionnel) et d'une composante intentionnelle (force illocutoire, exprimée par un verbe performatif).

1. FIPA ACL:

	Envelope
: From {agent ID}	
: To {liste d'agents IDs}	
: Intended-to {agent ID}	
: received {agent ID, time-stamp}	
	ACL Message
{Performative}	
: Sender {agent ID}	
: Receiver {liste d'agent IDs}	
: Protocol {chaîne de caractères}	
: Conversation-id {chaîne de caractères}	
: Ontology {chaîne de caractères}	
: Content-language {chaîne de caractères}	
: Content-encoding {chaîne de caractères}	
	Content
{Contenu encodé}	

Fig. II.6: Exemple de message FIPA-ACL

La figure (Fig. II.5) donne une représentation synthétique de la structure des messages de FIPA ACL.

Elément	Type	Description
Performative	Performatif	Nom du performatif typant ce message
Sender	Agent ID	Agent qui envoie le message (source)
Receiver	Liste d'ID	Destinataires du message
Reply-to	Agent ID	Agent à qui les "réponses à ce message doivent être envoyées"
Content	(variable)	Contenu du message, objet du performatif
Langage	String	Langage dans lequel le contenu est exprimé (langage du contenu)
Encoding	String	Encodage du plus bas niveau (ex : XML)
Ontology	String	Ontologie utilisée pour interpréter le contenu
Protocol	String	Protocole d'interaction de cette conversation
Conversation-id	String.Ou Spécifique	Identificateur de la conversation de ce message, qui peut éventuellement suivre un schéma de nomenclature spéciale (exemple : hiérarchique).
Reply-with	String	Tag à employer pour identifier une réponse à ce message prédit
In-reply-to	String	Tag en réponse d'un reply-with
Reply-by	Date	Date limite (deadline) pour une réponse
(enveloppe)	Agent ID	Source initiale d'un message redirigé
(enveloppe)	Liste d'AID	Destination finale d'un message à rediriger

Tableau II.1: paramètres des messages de FIPA ACL

Au vu de ce tableau (II.2), nous observons que, sans compter le performatif, cinq paramètres sont liés à la gestion de la conversation : protocole, conversation-id, reply-with, in-reply-to, et reply-by. En pratique, reply-with et in-reply-to sont peu utilisés, au profit de conversation-id qui identifie globalement la conversation. Le paramètre reply-to est essentiellement utilisé dans le cas de courtage de type recrutement (protocole recrutement).

Nom (actes de langage)	Type d'acte	Signification
INFORM/CONFIRM/ DISCONFIRM	Assertion	Informe le destinataire d'un fait ou d'une croyance
QUERY-IF/ QUERY-REF	Directive	Requête d'information
REQUEST/CANCEL	Directive	Requête / annulation d'une requête
FAILURE	Assertion	Informe de l'échec du locuteur
NOT- UNDERSTOOD	Déclaration ou assertion	Incapacité du locuteur à interpréter le message, ou non respect du protocole par l'interlocuteur
SUBSCRIBE	Directive	Requête d'information avec mise à jour régulière (monitoring)
PROXY	Directive	Délégation d'une requête simple
PROPAGATE	Directive	Requête et diffusion
AGREE / REFUSE	Engagement Déclaration	Accepte d'accéder à une requête / refuse la requête
REQUEST-WHEN/REQUEST -WHENEVER	Déclarative	Associe la requête à une condition temporelle sur la requête

Tableau II.2: Classification des principaux actes de langage de FIPA ACL

2. Protocole d'interaction :

Pour satisfaire un but les agents peuvent avoir des conversations en envoyant des performatifs entre eux. L'ordre des performatifs dans une conversation définit un protocole d'interaction. Il y a quelques modèles typiques dans les protocoles d'interaction, et un ordre spécifique des performatifs est prévu dans chaque modèle. De tels modèles typiques sont indiqués comme le protocole de FIPA. Le protocole d'interaction c'est une combinaison de plusieurs rôles compatibles, définissant les règles d'interaction pour la réalisation d'une tâche collective.

a) Le protocole Request :

Pour le protocole FIPA-Request, un agent envoie un message à un autre agent dans le but d'exécuter des actions et l'agent récepteur renvoie une réponse selon l'exécution ou non de l'action. Les trois diagrammes suivants sur la figure (Fig. II.6) illustrent la procédure du protocole FIPA-Request.

Supposons que l'agent produit invite l'agent équipement à exécuter l'action "action"

1. L'agent produit envoie un message avec le performatif « request » à l'agent équipement. Si l'agent équipement est d'accord avec la demande, il envoie un message avec le performatif « agréé ». Quand l'agent équipement finit d'exécuter l'action, il informe l'agent produit en envoyant un message avec le performatif « inform ».
2. Si l'agent équipement ne peut pas exécuter l'action pour quelque raison, il renvoie un message avec le performatif « failure » et les raisons.
3. Si l'agent équipement ne peut pas être d'accord avec la demande de l'agent produit, il renvoie un message avec le performatif « refuse » et les raisons du refus.

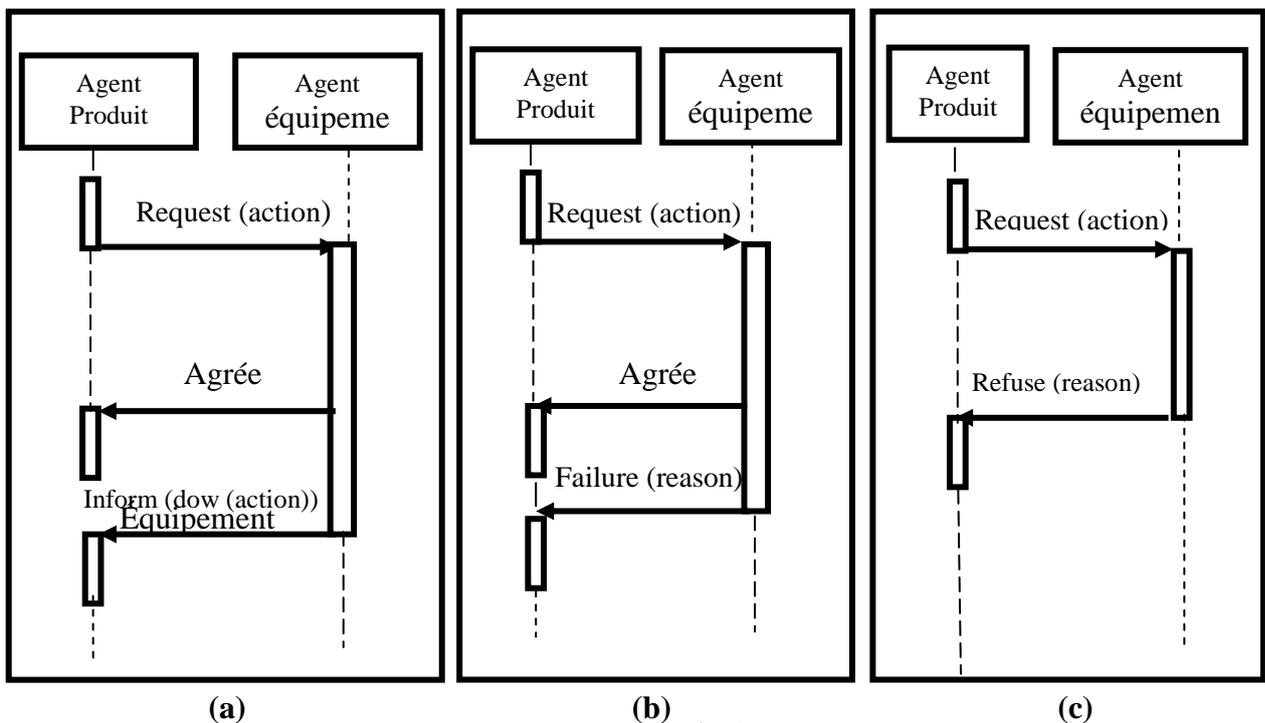
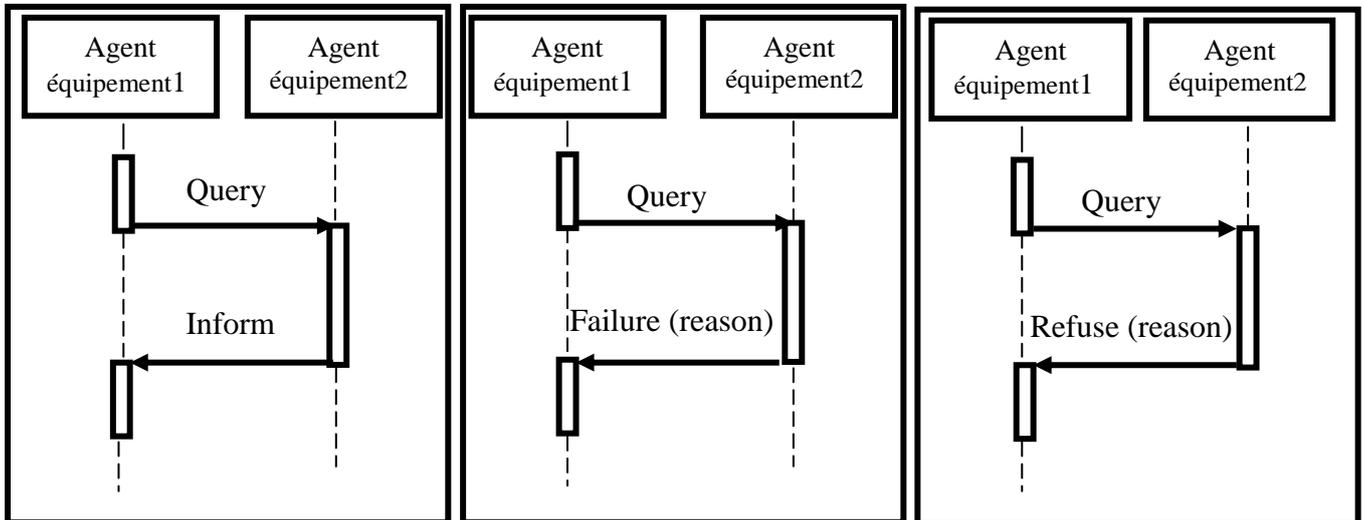


Fig. II.7: Le protocole Request

b) Le protocole Query :

Le protocole Query est la demande de l'agent expéditeur à l'agent récepteur d'exécuter un certain genre de performatif « inform » pour répondre à des questions spécifiques. Les trois diagrammes de la figure (Fig. II.7) illustrent la procédure du Protocole Query. Supposons que l'agent équipement 1 demande à l'agent équipement 2 une information I.

1. L'agent équipement 1 envoie un message « query » à l'agent équipement 2. Si l'agent équipement 2 sait la réponse de query, il répond en envoyant performatif « inform ».
2. Si l'agent équipement 2 essayait de répondre à la question et ne peut pas répondre pour quelques raisons, il renvoie un message avec performatif « failure ».
3. Si l'agent équipement 2 refuse de répondre à la question pour quelques raisons, il renvoie un message avec performatif "refuse".



(a)

(b)

(c)

Fig. II.8: Le protocole Query

II.4.3.4 Protocole de négociation pour le pilotage

Défini par Smith [SMI 80]. Le CNP (Contract Net Protocol) est un mécanisme de négociation par appel d'offres (ou Contract) entre deux types d'agent : l'agent gestionnaire et les agents contractants. L'agent gestionnaire, souhaitant sous-traiter une tâche qu'il doit accomplir, est l'initiateur du contrat. Le gestionnaire et les contractants échangent les informations nécessaires durant l'accomplissement des tâches. Ce protocole très souvent utilisé, a été normalisé par l'organisation FIPA.

Nom	Type d'acte	Signification
CANCEL	Directive	Annulation d'une requête
PROPOSE	Engagement Directive	Proposition avec des conditions supplémentaires
ACCEPT_PROPOSAL	Engagement	Accepte une proposition et ses conditions
REJECT_PROPOSAL	Engagement	Rejette une proposition et ses conditions
CFP	Directive	Appel à proposition pour une tâche
FAILURE	Assertion	Informe de l'échec du locuteur
NOT_UNDERSTOOD	Déclaration Assertion	Incapacité du locuteur à interpréter le message ou non respect du protocole par l'interlocuteur

Tableau II.3: Les performatifs d'ACL utilisés pour la négociation

II.4.4 Le lien entre le rôle et l'interaction dans le domaine du pilotage

Dans notre modèle SMA la notion de rôle peut être vue sur plusieurs niveaux [TCH 02]:

a) - Les rôles élémentaires (niveau 1) : c'est le rôle le plus simple qu'un agent puisse faire. Parmi les rôles élémentaires, on trouve celui d'initiateur d'une négociation, le rôle d'offrant et le rôle d'exécution.

b) - Les rôles complexes (niveau 2) : On distingue le rôle de l'agent équipement, le rôle de l'agent produit et le rôle de l'agent opérateur.

C'est un ensemble de rôles élémentaires. Un agent peut jouer plusieurs rôles élémentaires simultanément, dans une ou plusieurs conversations différentes. Par exemple, un agent produit peut négocier son traitement avec les équipements et gérer sa boîte aux lettres et communiquer avec un autre agent produit.

c) - Les rôles émergents (niveau 3) : Ces rôles sont propres aux groupes et émergent de l'interaction entre les agents. Par exemple effectuer le traitement sur le produit en respectant les contraintes de gamme, favoriser la maintenance d'un produit par rapport à un autre, minimiser l'utilisation des équipements, ...

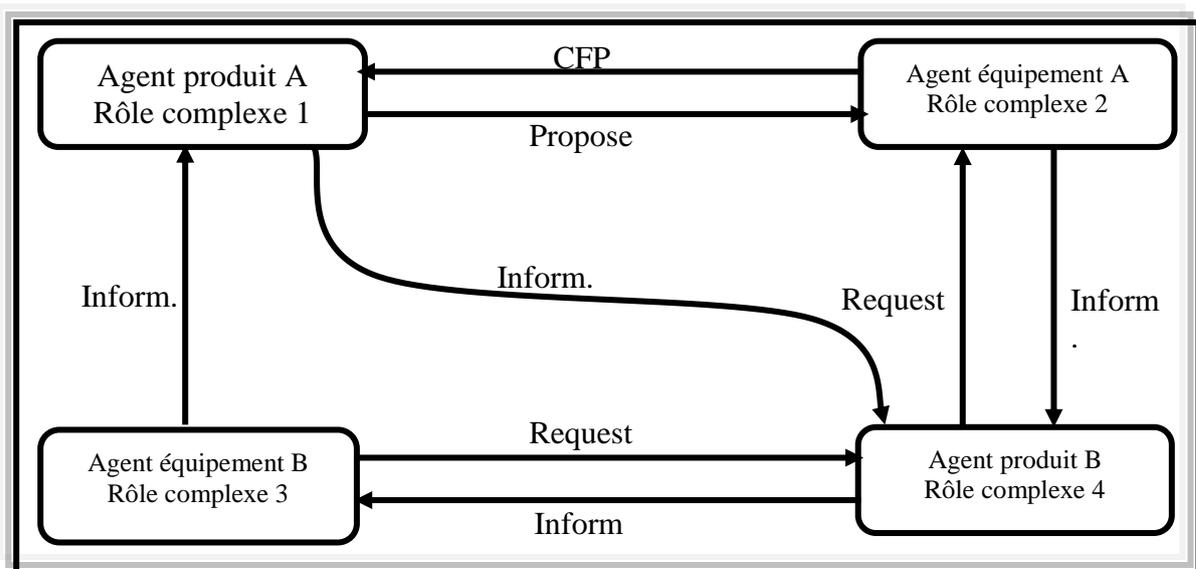


Fig. II.9: Rôle et protocole

II.5. Architecture de la plate-forme pour maintenance

La conception de la plate-forme s'appuie sur un modèle d'organisation et d'interaction. L'agent particulier, le noyau, assure la gestion de ces différents services et prend plusieurs rôles. Les services de base proposés par le noyau sont le Directory Facilitator (DF) et l'Agent Management System (AMS). Peut tenir divers service de Message Transport Service (MTS) pour communiquer entre plusieurs plates-formes. L'agent est l'acteur fondamental de la plate-forme, un Agent Identifier (AID) identifie un agent de manière unique.

Le DF permet de mettre en relation les agents avec leurs compétences. L'AMS contrôle l'accès et l'utilisation de la plate-forme et maintient un répertoire contenant les adresses de transport des agents de la plate forme. Chaque agent doit s'enregistrer à un AMS pour avoir un AID. Il n'y a qu'un AMS par plate-forme. Le MTS est une méthode par défaut de communication entre agents de différentes plates-formes.

L'Agent Plateforme (AP) contient le DF, l'AMS et le MTS. Enfin, l'Agent Identifiant (AID) est un identifiant précis d'un agent. On lui donne plusieurs paramètres tels que l'adresse de transport, l'adresse de service de résolution de nom, ...Un exemple est : name@HAP (Home Agent Plateforme)

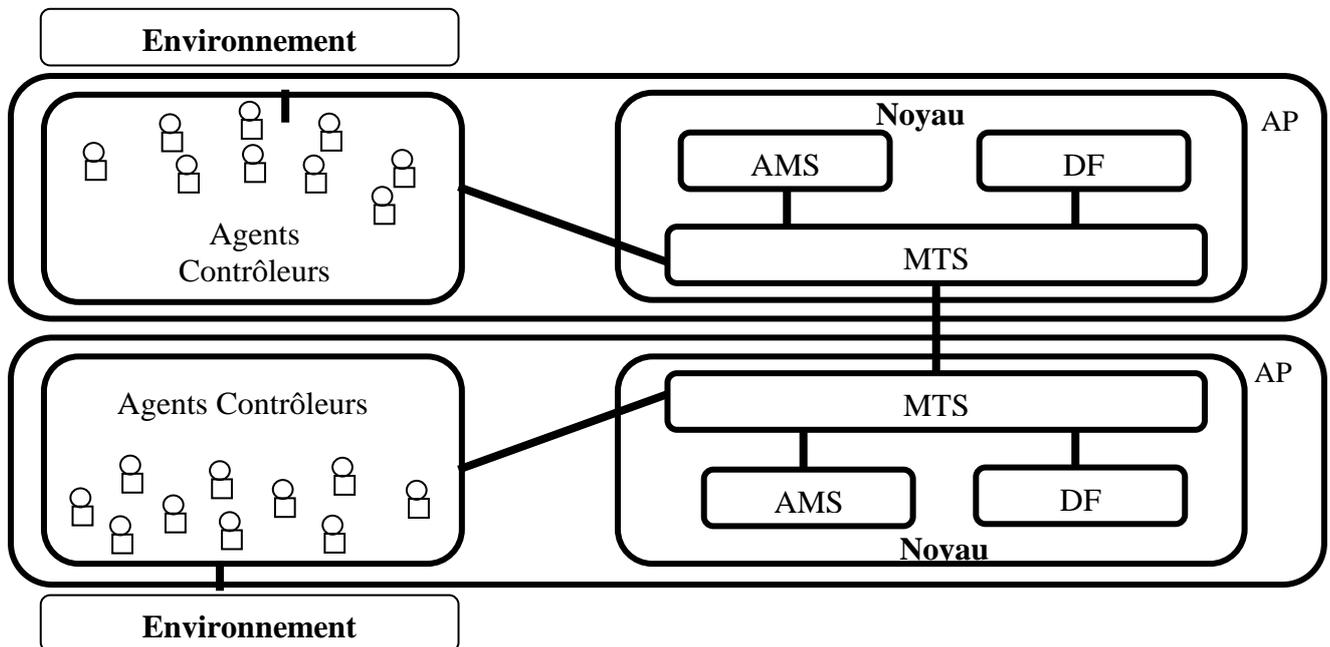


Fig. II.10: Une architecture de plate-forme pour maintenance sous les spécifications de FIPA.

III.1. Introduction

Dans ce chapitre on présente la modélisation de notre système de maintenance. Ainsi que l'implémentation de notre application, On basant sur une plateforme JADE.

Le but est de développer une plateforme distribuée, coopérative d'e-maintenance fournissant un ensemble d'outils d'aide à la décision associés aux différentes activités de maintenance, et concernant les différents acteurs allant du réparateur d'équipement au manager de contrat de maintenance. Ce travail a contribué à la croissance de l'efficacité du processus de maintenance, augmenter la productivité dans les meilleurs délais, et de façon exploitable, améliorer l'organisation en diminuant le gaspillage, réduire les coûts et le temps de maintenance et éviter les pannes et les défaillances par la surveillance des équipements.

III.2. La plateforme JADE

Jade (Java Agent DEvelopment Framework) est un logiciel libre développé par la société CSELT (Groupe de recherche de Gruppo Telecom, Italie). Jade est une plateforme pour les systèmes multi agents respectant le standard FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents). JADE comprend deux composantes de base : Une plate-forme agents compatible FIPA, Un paquet logiciel pour le développement des agents Java.

La plateforme d'agents jade possède trois modules principaux : l'ACC, l'AMS et le DF. Toute la communication entre agents est exécutée par message FIPA ACL.

Cette plate-forme d'agent peut être répartie sur plusieurs serveurs. Une seule application Java, et donc une seule machine virtuelle de Java (JVM) est exécutée sur chaque serveur. Chaque JVM contrôle et permet à plusieurs agents de s'exécuter en parallèle sur le même serveur.

JADE est composée de plusieurs conteneurs d'agents. La distribution de ces conteneurs est permise à condition que la communication RMI (Remote Methode Invocation) entre leurs hôtes soit réservée. Gère et règle le cycle de vie des agents (création, suspension, attente et destruction), assure en plus, le traitement de tous les aspects de la communication.

La plate-forme d'agent fournit une interface graphique utilisateur (GUI) qui assure un traitement plus commode de la plateforme pour la gestion des agents RMA (Remote Management Agent) qui surveille, arrête et de remet en marche des agents. Le GUI permet également de créer et de lancer un agent sur un serveur à distance, à condition qu'il fonctionne. Le GUI permet de commander d'autres plates-formes d'agent à distance.

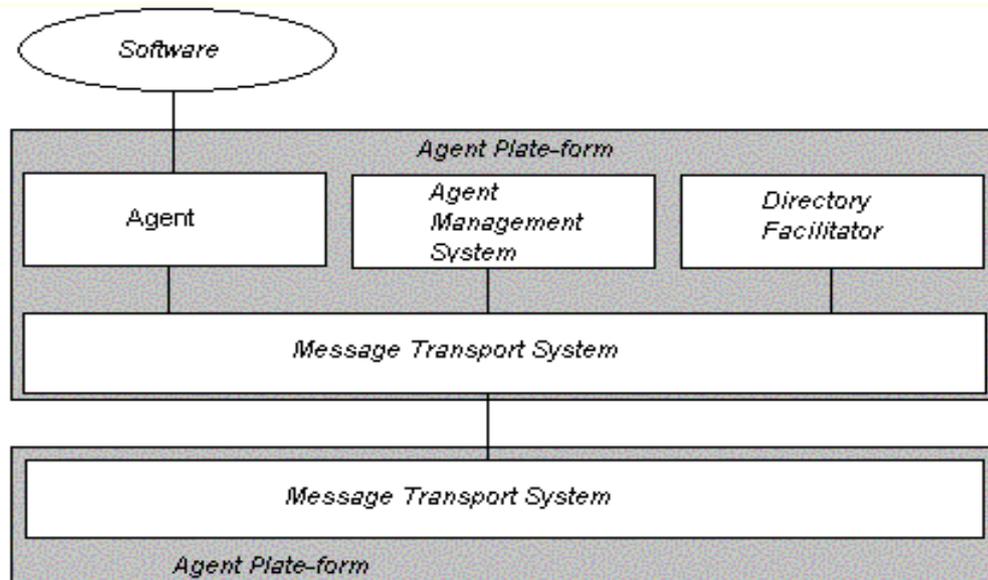


Fig.III.1 : Exemple de plate-forme multi agents JADE [OLI.10].

III.2.1 Description des agents composants JADE :

Jade possède trois modules principaux :

1. **AMS** (Agent Management System) : Le système de gestion d'Agents supervise l'enregistrement des agents, leur authentification, leur accès et l'utilisation du système.
2. **ACC** (Agent Communication Channel) : Le canal de communication entre Agents gère la communication entre les agents.
3. **DF** (Director Facilitator): Le Facilitateur d'Annuaire fournit le service de « pages jaunes» à la plate-forme qui permet de mettre en relation les agents avec leurs compétences.

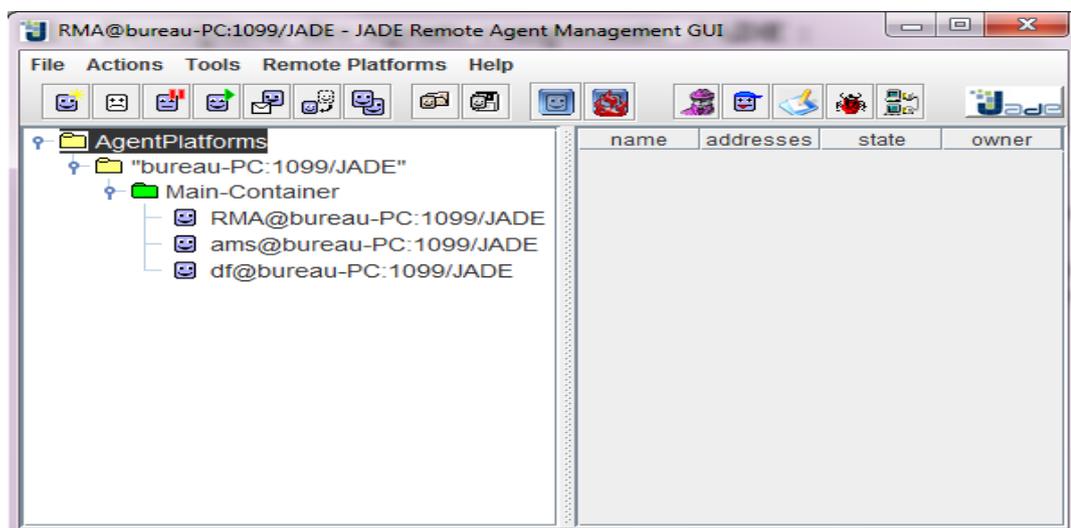


Fig.III.2 : L'interface utilisateur (GUI)

III.2.2 Cycle de vie d'un agent JADE :

- Un agent possède toujours un état (AP_ACTIVE, AP_DELETED...).
- Cycle de vie géré par cet état.
- Changement d'état possible.

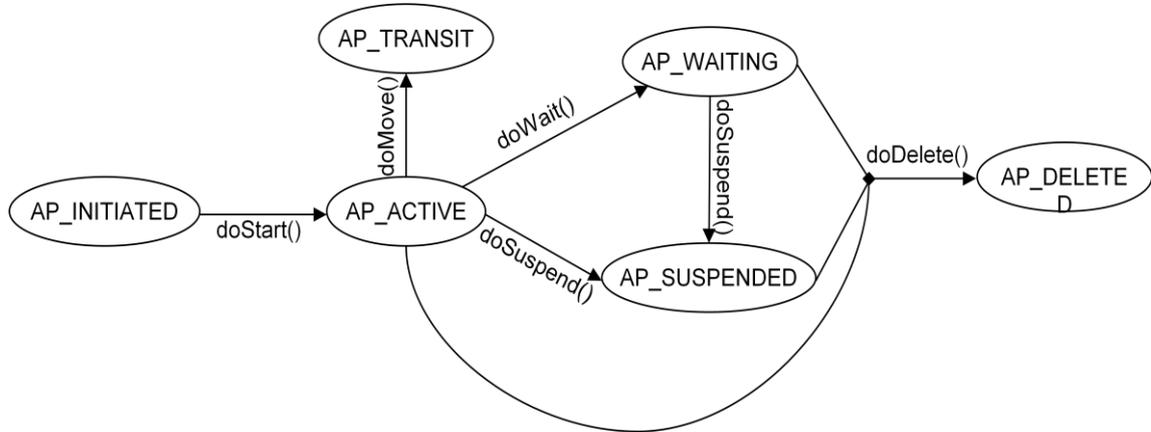


Fig.III.3 : Cycles de vie d'un agent JADE.

Ces états sont :

- **AP_INITIATED** : l'agent est lancé mais non enregistré auprès de l'AMS, aucun nom, aucune adresse.
- **AP_ACTIVE** : l'agent est inscrit à l'AMS, à un nom et une adresse réguliers et peut accéder à tous les divers dispositifs de JADE.
- **AP_SUSPENDED** : l'agent est actuellement arrêté. Son thread est suspendu et aucun de ces comportements (Behaviour) n'est exécuté.
- **AP_WAITING** : l'agent est bloqué, il attend quelque chose. Son thread est en sommeil et se réveillera quand un événement survient (exp : l'arrivée d'un message).
- **AP_DELETED** : l'exécution de l'agent est terminée et n'est plus répertorié au sein de l'AMS.
- **AP_TRANSIT** : l'agent migre vers une autre plateforme..
- **AP_COPY** : cet état est exécuté par JADE pour cloner un agent.
- **AP_GONE** : cet état est exécuté par JADE quand un agent mobile à un nouvel endroit et à un état stable.

III.2.3 Packages JADE :

1. **Jade.core** implante le noyau du système. Il possède la classe agent qui doit être étendue par les applications des programmeurs. Une classe behaviour qui est la classe permettant de modéliser le comportement des agents.

2. Le package *jade.lang* contient un sous-package pour chaque langage de communication utilisé par JADE en particulier *jade.lang.acl*.
3. *Jade.content* contient toutes les classes Java qui représentent les entités Agent Management définies par FIPA en particulier AMS et DF.
4. *Jade.gui* : l'ensemble de classes permettant de fournir des interfaces graphiques pour la gestion des agents.
5. *Jade.mtp* contient une interface Java que chaque MTP (Message Transport Protocol) doit implémenter.
6. *Jade.proto* contient des classes qui modélisent les protocoles standard d'interaction. Les classes permettent aussi aux programmeurs d'ajouter d'autres protocoles.

JADE est accompagné de certains outils qui facilitent l'administration de la plate forme et le développement d'applications. Chacun de ces outils est contenu dans un sous package de *jade.tools*.

III.2.4 Les behaviours (comportements) :

Les agents ont des comportements qui se modélisent par des tâches à accomplir. Chaque tâche est un behaviour qui est une classe contenant principalement deux méthodes:

- Action() : qui définit les opérations à exécuter.-
- Done(): qui retourne un booléen indiquant si la tâche est terminée.

Différents types de behaviours :

1. *Cyclic behaviour* : C'est une tâche répétitive, qui ne se termine 'jamais', sa méthode done() retourne toujours faux.
2. *OneShotBehaviour* : Sa méthode action() est exécutée seulement une fois et sa méthode done() retourne vrai.

III.2.5 Communication entre agents :

Un dispositif important que la plateforme JADE offre à ses agents la possibilité de communiquer via le langage de communication FIPA-ACL. Le modèle de communication adopté est le mode asynchrone. Chaque agent possède une boîte de stockage de message reçus (la file d'attente de message d'agent). A chaque fois qu'un message arrive, il est ajouté à la queue de la file et l'agent commence par traiter le premier message arrivé.

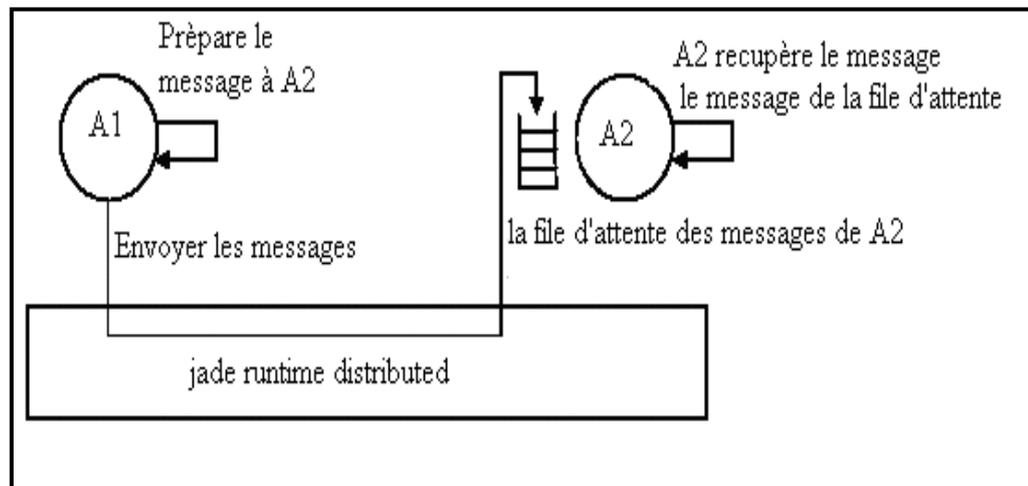


Fig.III.4 : Echange de message entre deux containers.

III.2.6 Les outils de Jade : [SIT.05]

Il existe dans Jade un certain nombre d'outils graphiques :

1. **L'agent Dummy** : L'agent Dummy est un outil simple très utile pour visualiser des échanges de messages entre agents. facilite la validation d'un agent avant l'intégration dans le SMA et permet le débogage et le suivi des agents, c'est un système de test, permet d'envoyer et de recevoir des messages ACL.
2. **L'agent Sniffer** : L'agent Sniffer permet la surveillance des messages échangés dans une plateforme d'agent jade.
3. **L'agent Introspector** : L'agent Introspector permet de surveiller et de commander le cycle de vie d'un agent courant ainsi que ses messages reçus ou émis par cet agent.

III.3 La Conception :

III.3.1 Le modèle de notre chaîne de maintenance :

Un système de e-maintenance peut être assimilé à un Système Multi-Agents (SMA) coopératif. C'est un système distribué composé d'un ensemble d'agents. Chaque agent dispose d'un nombre limité d'informations et de connaissances et des capacités limitées de résolution de problèmes. De ce fait émerge l'utilité de la coopération entre ces agents en vue de résoudre des problèmes de e-maintenance.

Dans notre modèle on constate trois types d'agents (produit, réparateur, opérateur) qui nous ramène à une solution de notre chaîne de maintenance.

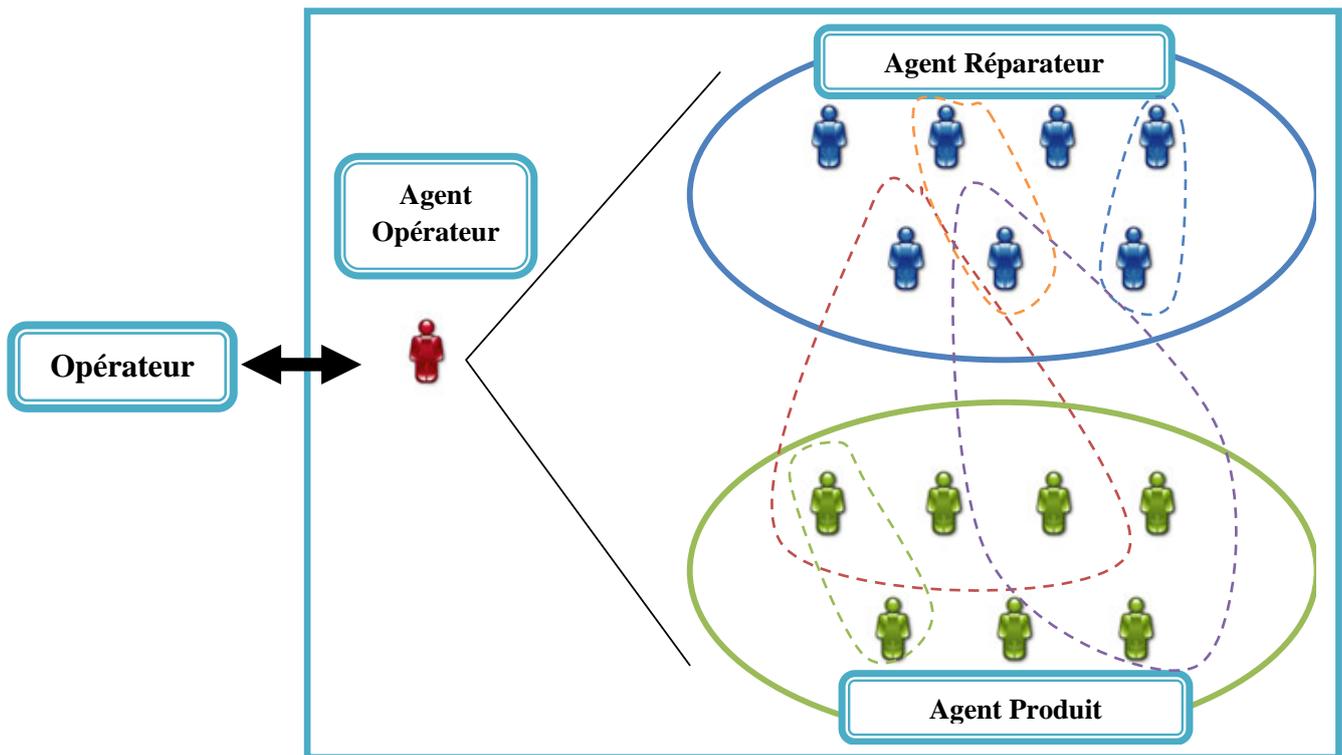


Fig.III.5 : Identification des agents.

III.3.1.1 Agent Produit :

Le rôle principal de cet agent est de planifier et de piloter le produit dans un but d'effectuer toutes les opérations de la gamme, en tenant compte des contraintes à savoir le temps et le coût.

III.3.1.2 Agent réparateur :

Agent réparateur à sa propre base de données, son rôle est de réparer le produit.

III.3.1.3 Agent opérateur :

Agent opérateur défini comme être humain qui observe et supervise à travers une interface conçue à cet effet. Son rôle est d'assurer les interactions entre les agents du système et l'opérateur afin de prendre la bonne décision.

III.3.2. Les données :

Les données correspondent à un ensemble de tables qui ont fait l'objet d'une étude détaillée, et concernent le réparateur, le produit et l'opération. Ces tables sont décrites à l'aide de Micro Soft Access.

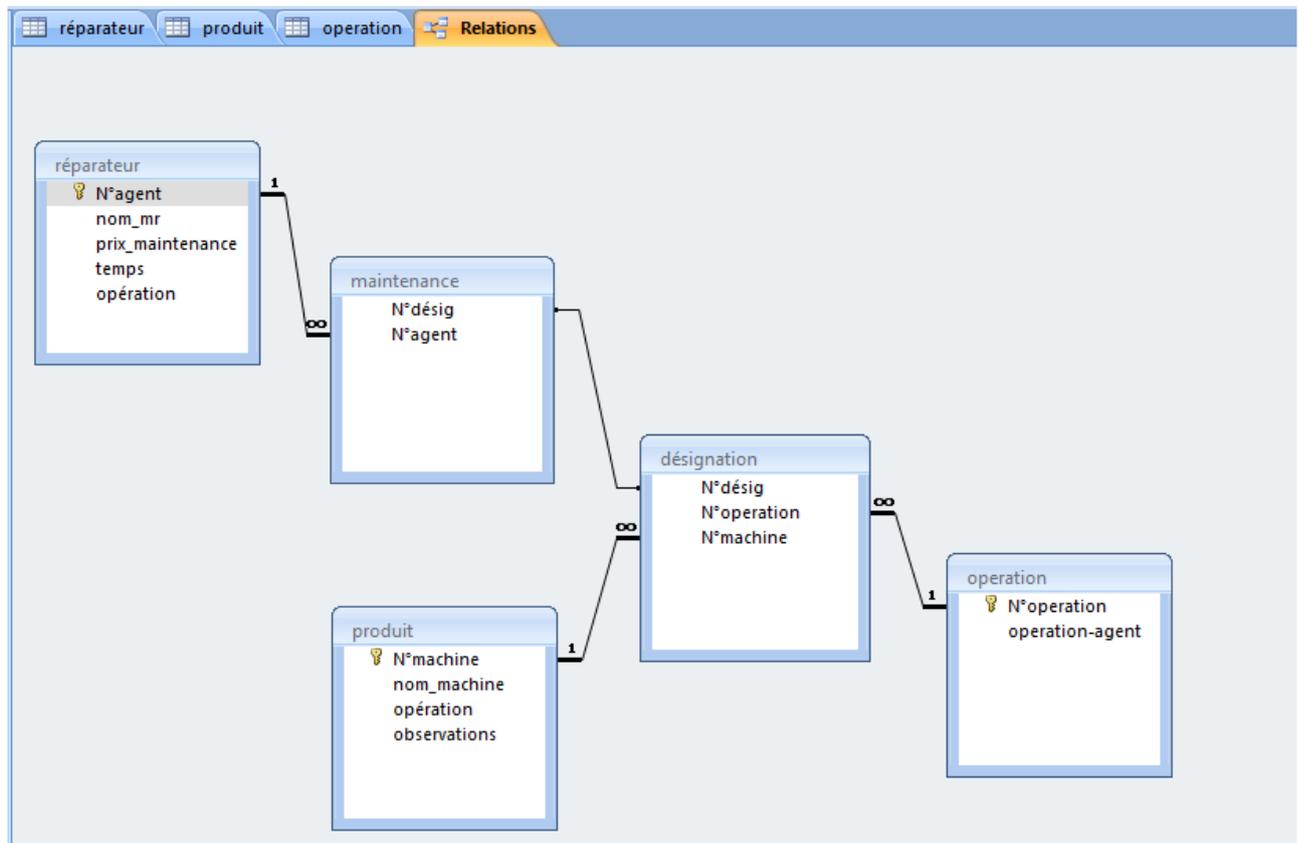


Fig.III.6 : Les tables de données.

III.3.3. l'objectif de l'application :

L'objectif de cette application est d'améliorer la disponibilité de l'outil de production et de limiter les temps d'arrêt des machines en intégrant les tâches de maintenance dans leur stratégie de gestion. Ainsi de minimiser le temps et le coût. Dans ce contexte, il faut accroître l'efficacité des interventions en apportant aux opérateurs, l'expertise nécessaire.

III.4 Implémentation :

Cette application permet de traiter les risques de développement d'un système industriel dans un contexte de maintenance à distance (E-maintenance) à travers une architecture multi agents impliquant différents acteurs de manière coopératif.

III.4.1. Le langage de programmation :

Dans cette application nous avons utilisé NETBEANS IDE version 6.5 : est un environnement de développement intégré (EDI) modulaire basé sur des normes, écrit dans le langage de programmation Java.

III.4.2. L'interface graphique de l'application :

La fenêtre Principale de notre application est présentée dans la figure(III.6) suivante :

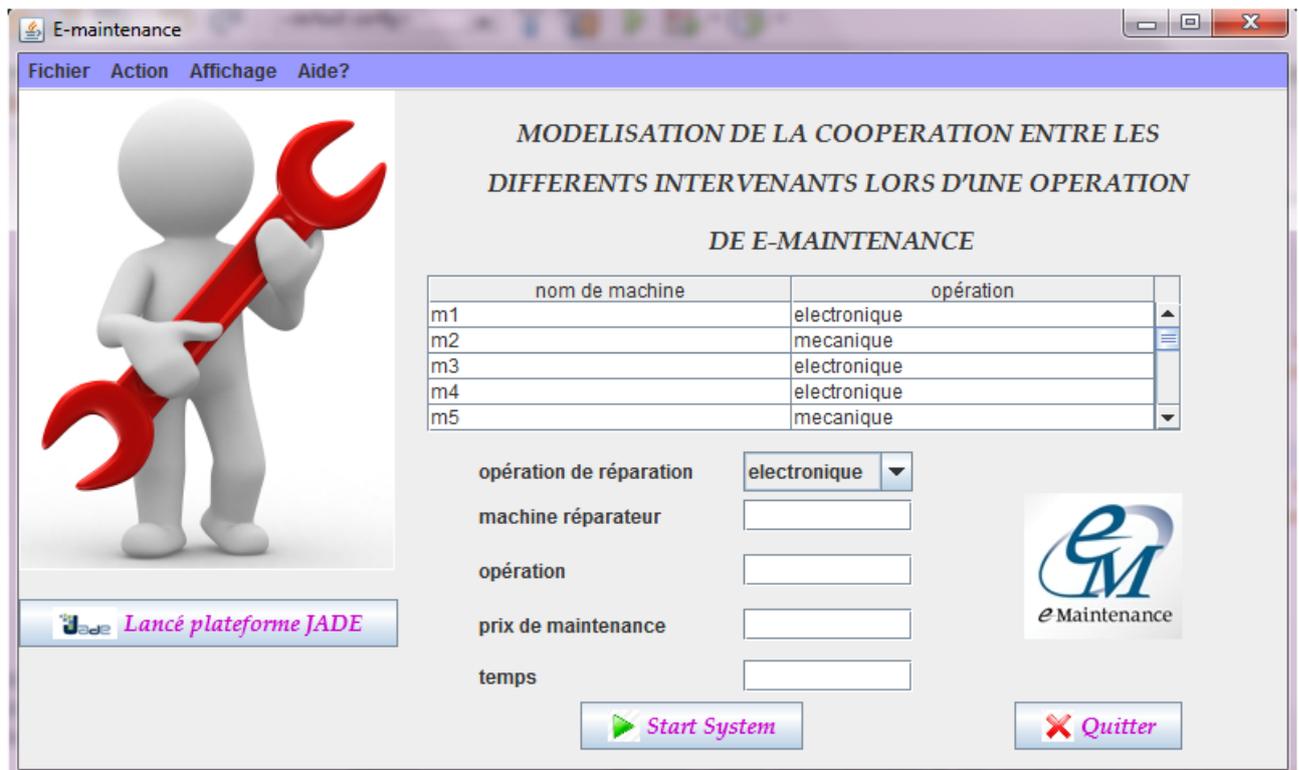
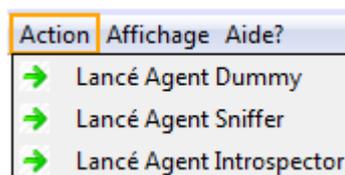


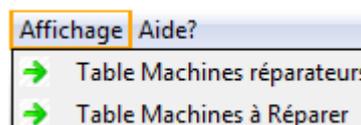
Fig.III.6 : Fenêtre Principale.

A partir de cette fenêtre nous utilisons :

- Bouton **Start System** pour lancer la négociation entre les agents du system.
- Bouton **Lancé plateforme jade** pour lancer l'interface graphique utilisateur.
- Menu **Action** pour lancer les agents de l'outil de la plateforme jade (agent Dummy, sniffer et Introspector).



- Menu **Affichage** pour afficher les tables de données.



Après le lancement du System, l'agent opérateur doit afficher la négociation entre les agents pour minimiser le coût et le temps de maintenance visualisé dans la fenêtre (III.7) suivante

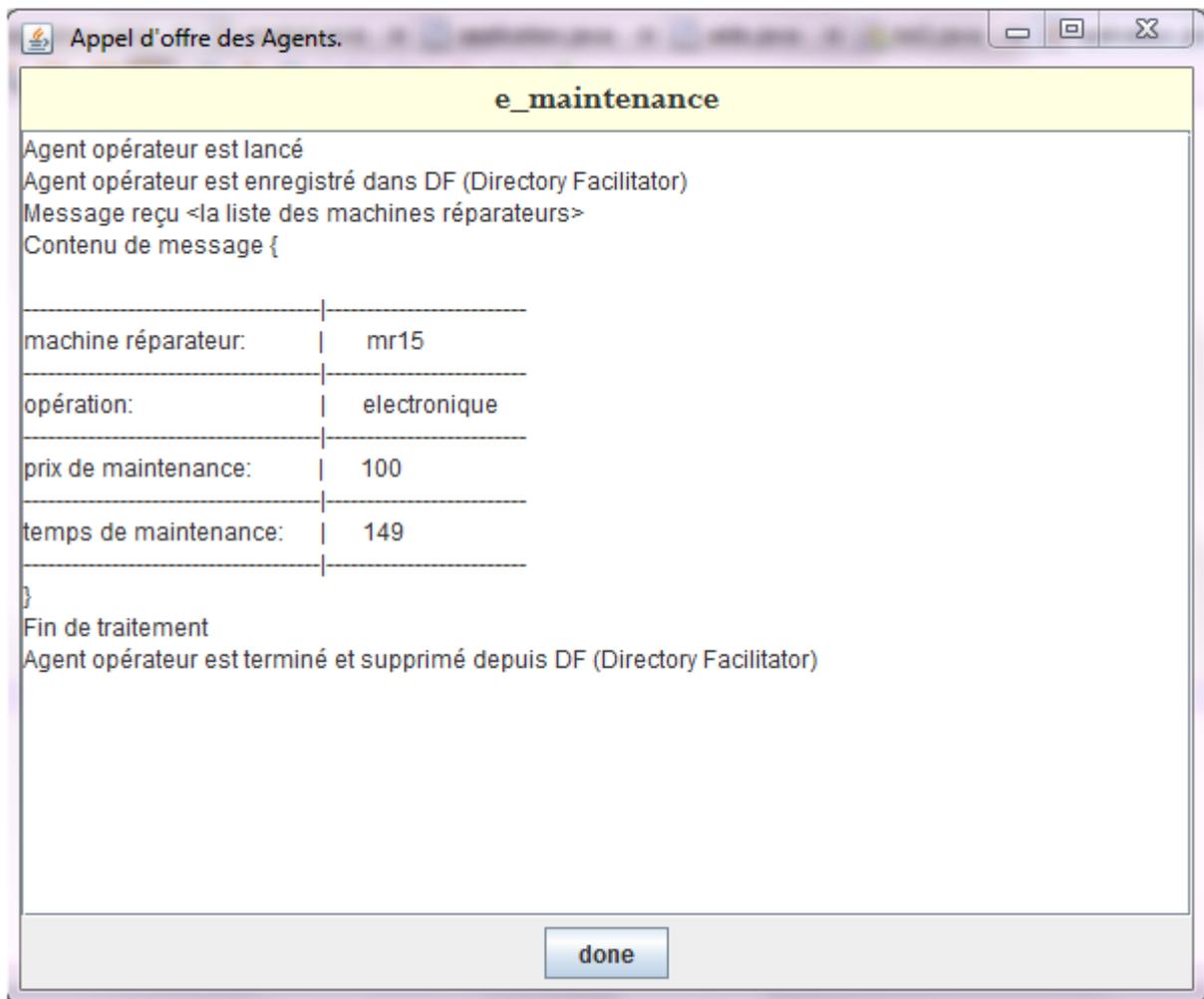


Fig.III.7 : Fenêtre de l'Opérateur.

III.4 Conclusion :

Dans ce chapitre, l'application de notre modèle SMA nous a permis de prospecter les possibilistes de réaliser des simulations de processus coopératifs de e-maintenance à l'aide de la plateforme JADE.

Conclusion générale :

La maintenance est aujourd'hui une activité où la collaboration est fondamentale. En effet, de nombreux agents coopèrent pour atteindre un but commun et réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un objet.

Le concept de E-maintenance permet à l'entreprise de réduire le coût de production et de proposer un outil de control de production fiable et de qualité.

Il repose sur la mise en place de la plateforme de e-maintenance qui permet d'intégrer les différentes applications de maintenance qui sont en relation avec des différentes phases afin de proposer des systèmes d'aide à l'intervention des agents de maintenance.

Dans ce thème on propose la plateforme JADE pour les systèmes multi-agents dans la modélisation de la coopération entre les différents intervenants lors d'une opération de e-maintenance dans l'objectif de minimiser le temps et le coût et réduire les temps d'arrêt de l'équipement en question, pour que le système de production assure son fonctionnement correctement.

Enfin ce mémoire ouvre la voie à un ensemble de sujet et devra servir à l'avancement des connaissances de la plateforme de e-maintenance.

Bibliographies:

- [AFN.01]: *la norme de AFNOR, « AFNOR Maintenance terminology. European standard », NF EN 13306, 2001.*
- [CHA.10]: *CHAMI Djazia « Une plate forme orientée agent pour le data mining » Thèse Magister en informatique Université HADJ LAKHDAR – BATNA, 2009-2010.*
- [CHR.09]: *Christophe Bérengue , Antoine Grall « Modélisation et évaluation des stratégies de maintenance complexes sur des systèmes multi-composants» Thèse de Doctorat préparée dans le cadre d'un partenariat entre - l'Université de Technologie de Troyes, Institut Charles Delaunay, - le département Management de Risques Industriels de la division R&D d'EDF 28 janvier 2009.*
- [DAO.09]: *DAOUDI Samir « Conception et implémentation à base d'agents, d'un système de détection d'intrusions inspiré des systèmes immunitaires » Ecole nationale Supérieure d'Informatique (ESI) Oued-Smar, Alger.*
- [DOD.01]: *Dodd C., Kumara, S. R. T., « A distributed multi-agent model for value nets», IEA/AIE 2001, pages 718-727, 2001.*
- [GUT99]: *Gutknecht O, Ferber J: «Vers une méthodologie organisationnelle de conception de système multi-agents Thèse de doctorat, LIRMM, 1999.*
- [HED.06]: *Hédi kaffer « LA MAINTENANCE DISTRIBUÉE CONCEPT, ÉVALUATION ET MISE EN ŒUVRE » thèse de philosophie Doctor à la faculté des études supérieurs de l'Université Laval, octobre 2001.*
- [IVA.06]: *Ivana Rasovska, «Contribution à une méthodologie de capitalisation des connaissances basé sur le raisonnement à partir de cas : Application au diagnostic dans une plateforme d'e-maintenance » thèse de Doctorat L'UFR des Sciences et Techniques de l'Université de Franche-Comté Soutenue le 4 juillet 2006.*
- [IVA.07]: *Ivana Rasovska, Brigitte Chebel-Morello, Noureddine Zerhouni « Classification des différentes architectures en maintenance ».*
- [KAF.01]: *Kaffel H, «La maintenance distribuée: concept, évaluation et mise en œuvre», Thèse de doctorat, Université Laval, Quebec, 2001.*

Bibliographies

- [MüL02]:** Müller J.P., Amiguet M., Baez J., Nagy A., « *The MOCA platform: simulating the dynamics of social networks* », MABS'02, Bologne, july 2002.
- [OLI.10]:** Olivier Boissier « *JADE Environnement pour la programmation multi-agent* » MASTER WEB INTELLIGENCE 05 Janvier 2010.
- [PAR98]:** Parunak H.V.D « *Practical and Industrial Applications of Agent-Based Systems* » Environmental Research Institute of Michigan (ERIM). 1998.
- [PAU09]:** Pauline RIBOT, « *Vers l'intégration diagnostic/pronostic pour la maintenance des systèmes complexes* ». Thèse de Doctorat de l'université de Toulouse, 4 décembre 2009.
- [PUJ02]:** Pujo P., kieffer J.P, « *Fondements du pilotage des systèmes de production* ». Livre édité par les Editions HERMES - Lavoisier "Productique", 2002.
- [TCH.02]:** Tchikou M., Gouardères E., « *Multi Agent Model to Control Production System: a Reactive and Emergent Approach by Cooperation and Competition between Agents, Agent Technologies, Infrastructures, Tools, and Applications for E-Services* » Edition Springer, p. 329-342, sélection d'articles de MALCEB.2002.

Les sites:

- [SIT.01]:** <http://tpmattitude.fr/methodes.html>
- [SIT.02]:** <http://www.technologuepro.com/cours-maintenance-industrielle/La-maintenance-industrielle.htm>
- [SIT.03]:** <http://www.scribd.com/doc/78525830/La-Maintenance-CHAP-I>
- [SIT.04]:** http://gii.polytech.up.univ-mrs.fr/deuterium/page_guide.php?num_page=3
- [SIT.05]:** http://turing.cs.pub.ro/auf2/html/chapters/chapter6/chapter_6_5_1.html