

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**

**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE IBN KHALDOUN-TIARET**

**FACULTE DES SCIENCE DE LA TECHNOLOGIE ET DES SCIENCE DE LA MATIERE**

**DEPARTEMENT INFORMATIQUE**

**OPTION: système embarqué et temps réel**

Type: Academique

Par :

SELAB YAHIA

**THEME:**

**Ordonnancement des activités de maintenance sous contrainte de  
compétence et disponibilité par les règles de priorité**

Dirigé par: Mr KARAOUZENE ZOHEIR

**Année universitaire 2011/2012**

## **Introduction général**

## Introduction

Nous présentons dans cette partie une synthèse bibliographique sur les principaux concepts de la fonction de maintenance, avec ses enjeux et ses différentes stratégies de mise en application.

Tout d'abord, nous précisons les évolutions que la maintenance a subie récemment, tant sur le plan technologique qu'organisationnel.

## I Définition de fonction la maintenance

### I.1.1 fonction la maintenance

La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié, ou dans un état où il est en mesure d'assurer un service déterminé. [Muller et al., 2005]

### I.1.2 La Maintenance comme politique

La maintenance est une politique qui prend en compte :

- le choix des méthodes d'entretien (les différents modes de maintenances)
- les améliorations
- la place des équipements dans le procédé de fabrication (hiérarchisation)
- la formation du personnel d'entretien et de production

### I.1.3 L'environnement de la maintenance

La maintenance s'intègre dans le concept global de la Sûreté de Fonctionnement, qui lui-même s'intègre dans l'Assurance Produit.

### I.1.4 La maintenance commence bien avant la première panne

- dès la conception : la maintenance s'intègre dans le concept de maintenabilité qui évalue la capacité d'un produit à être dépanné.
- à l'achat, c'est un conseil et aussi un argument.
- à l'installation, à la mise en route elle apporte une connaissance du produit.
- à l'utilisation, le rôle de la maintenance est triple : le dépannage, les actions préventives et la surveillance.

## Le concept de Sûreté de fonctionnement regroupe 4 disciplines

**La Fiabilité** : Aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans des conditions d'utilisation données à un instant donné. [AFNOR X-06-501]

**La Disponibilité** : Aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans des conditions d'utilisation données pendant une période donnée. [AFNOR X-06-010]

**La maintenabilité** : Aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il puisse accomplir une fonction requise lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions d'utilisation données avec des moyens et procédures prescrits. [AFNOR X-06-010]

**La sécurité** : Aptitude d'un dispositif à éviter de faire apparaître des événements critiques ou catastrophiques. [AFNOR X-06-010]

## I.2 Représentations de la fonction maintenance

### I.2.1 Les différents types de Maintenance

#### I.2.1.1 La maintenance corrective

Maintenance effectuée après la détection d'une panne et destiné à remettre une entité dans un état lui permettant d'accomplir une fonction requise. [AFNOR, 2001]

Cette maintenance est utilisée lorsque l'indisponibilité du matériel n'as pas de conséquences majeures sur le processus de production ou quand les contraintes de sécurité sont faibles.

#### Le fonctionnement la maintenance corrective

##### Le diagnostic :

Permet d'identifier la cause d'une panne à l'aide d'un raisonnement logique s'appuie sur :

- des schémas fonctionnels
- des tableaux du type effet, cause, remède.
- les tests
- des systèmes experts

##### L'action curative :

La réparation à caractère définitif qui est déduit du diagnostic et qui permet au système de fonctionner correctement, la réparation permet de :

- décomposer l'intervention en phases
- décrire précisément le travail
- allouer les temps
- définir mes moyens d'exécution
- définir les moyens de contrôle

#### I.2.1.2 La maintenance préventive

Maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu. [AFNOR (X-60-010)]

##### L'intérêt d'une telle maintenance

- Rendre possible la préparation, l'ordonnancement et la gestion des stocks
- augmenter la sécurité.
- Diminuer les travaux urgents.
- Favoriser la planification des travaux.
- Faciliter la gestion de la maintenance.

#### Deux types de maintenance préventive

##### 1) La maintenance préventive systématique

Maintenance préventive effectuée suivant un échéancier établi, suivant le temps ou le nombre d'unité d'usage. Cette maintenance comprend des inspections périodiques et des interventions planifiées. [Christine Lobè, 2006]

### La mise en place de cette maintenance

- Etude préalable pour déterminer un coût probable
- Planification des tâches et mesures de sécurité
- Préparation des documents
- Exécution des résultats : pour l'historique et le réajustement des fréquences

C'est une maintenance facile à gérer car les périodes d'interventions sont fixes elle permet d'éviter les détériorations importantes et diminuer les risques d'avaries imprévues

#### 2) La maintenance préventive conditionnelle

Maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé révélateur de l'état du bien. [Kennedy et al., 2002]

Ses objectifs :

- Eviter les démontages inutiles liés au systématique, qui eux-mêmes peuvent engendrer des défaillances.
- Accroître la sécurité des biens et des personnes.
- Eviter les interventions d'urgences en suivant l'évolution dans le temps des débuts d'anomalies, afin d'intervenir dans les meilleures conditions.

Paramètres d'alerte :

- Contrôle du produit fabriqué (qualité, quantité, couleur)
- Contrôle des normes du matériel (vibrations, épaisseurs, températures)
- Contrôle des consommations.

### I.2.2 Représentation centrée sur les activités de maintenance

Toutes ces interventions techniques s'appuient sur des activités « amont » qui les organisent, leur fournissent des moyens, et qui interviennent pour beaucoup dans leur efficacité technico-économique :

- il faut établir des programmes de maintenance préventive et préparer les interventions ;
- il faut gérer des moyens logistiques (pièces de rechange, documentation, formation, outillages..)
- il faut ordonnancer : planifier les interventions, établir des plans de charge, communiquer et coordonner les activités... ;
- il faut faire de la gestion technique et économique : établir un budget, concevoir des tableaux de bord, suivre des contrats... ;
- il faut manager : définir les objectifs de maintenance, définir la stratégie, négocier les contrats, constituer des équipes...

Il y a aussi des activités « aval » qui bouclent le processus et qui permettent de progresser :

- la collecte et l'analyse du retour d'expérience ;
- le calcul d'indicateurs et de tableaux de bord.

La (figure 1) présente une décomposition selon cette logique axée sur l'intervention, qui souligne le découpage entre le correctif et le préventif. Cette représentation à l'avantage de bien identifier les deux grands types de maintenance et leurs fonctions supports.

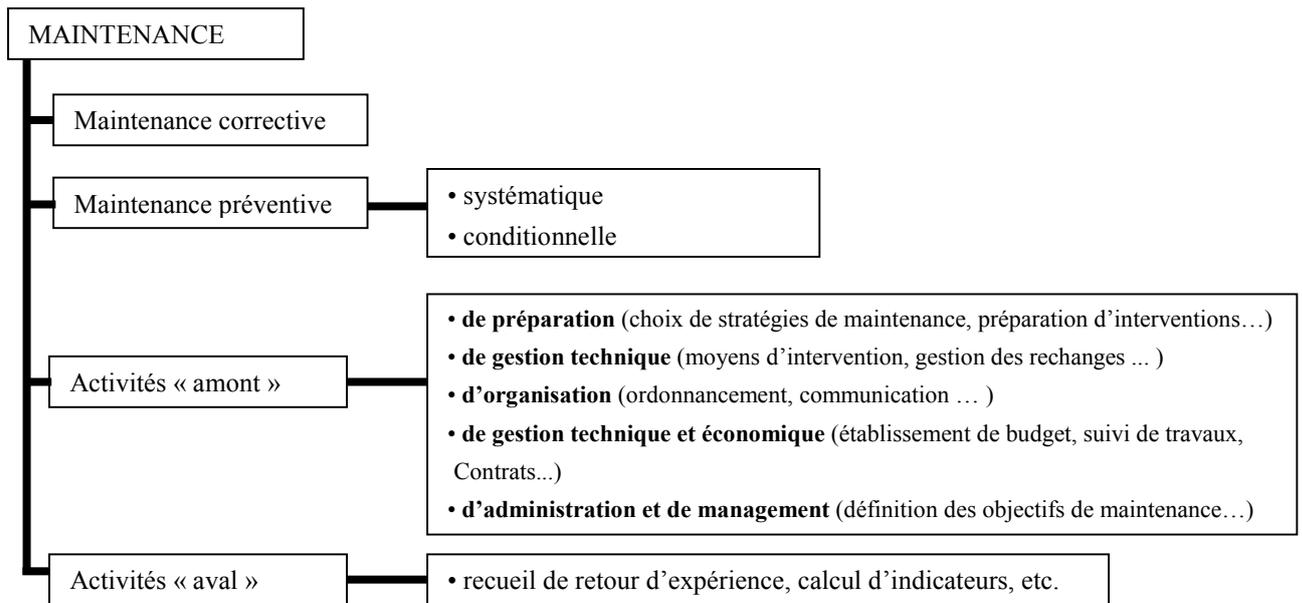


Figure 1 – Représentation de la fonction maintenance centrée sur les activités  
[Antoine ,D.,2001]

### 1.3 Représentation fonctionnelle de la maintenance

La ( figure 2 ) propose une représentation de la fonction maintenance qui s'appuie d'une part sur une chronologie des actions à mener (**études, préparation, ordonnancement, réalisation**) et d'autre part sur les principales fonctions qui les sous-tendent (**approvisionnement, gestion...**).

Au centre, les activités à caractère « opérationnel », à commencer par les **études** qui analysent l'historique pour élaborer les programmes de maintenance préventive et déterminer les ressources nécessaires en moyens logistiques (outillage, rechanges...). La préparation et l'ordonnancement permettent ensuite de décrire et d'organiser les interventions en gérant les temps et en utilisant les moyens les mieux adaptés. La réalisation des interventions correctives et préventives, accompagnée de la collecte du retour d'expérience, constitue l'aboutissement de cette chaîne d'activités.

Celles-ci s'appuient sur des données de base à caractère générique établies en principe une fois pour toutes comme l'identification des matériels, les analyses de fonctionnement et de dysfonctionnement, l'organisation des ressources. Certaines activités de préparation, décrivant par exemple des démontages de matériel à caractère répétitif, en font également partie.

Dans le domaine du soutien logistique, on trouve la fonction « **approvisionnement** » qui sert à commander et à distribuer les pièces de rechanges et les matières nécessaires aux interventions ainsi qu'à négocier des prestations extérieures.

En lien avec l'approvisionnement, les gestions technique et budgétaire permettent de fournir et de surveiller les ressources requises.

En fin, une fonction de « **management** » orchestre l'ensemble et détermine la politique et la stratégie de maintenance.

Ce schéma met plus en évidence la circulation des informations et paraît mieux adapté pour servir de base à une réflexion sur l'organisation d'un service maintenance. Par contre, il ne fait pas apparaître clairement les objectifs et les interactions avec d'autres fonctions.

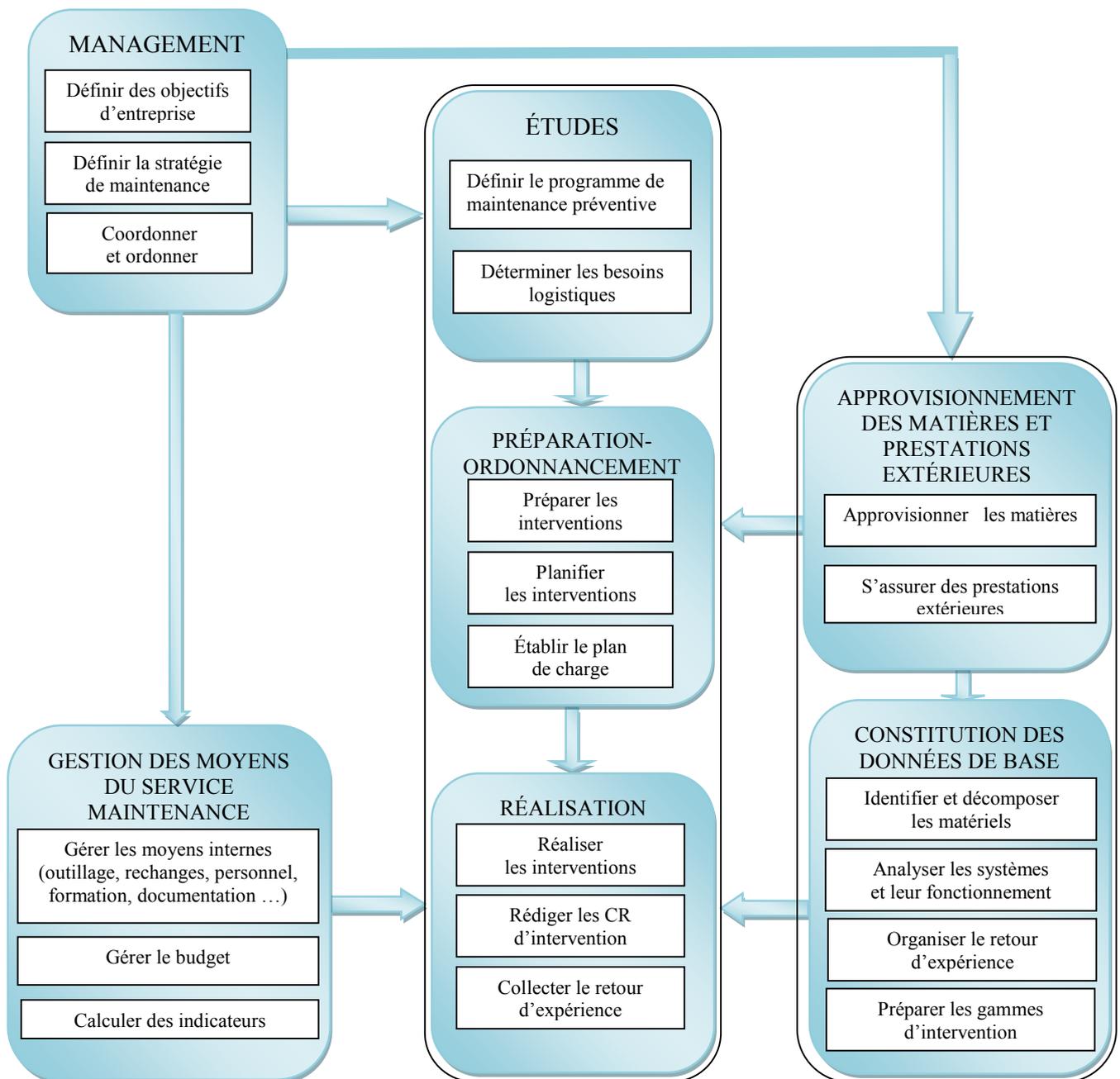


Figure 2 – Décomposition fonctionnelle de la maintenance  
[Antoine ,D.,2001]

#### 1.4 Découpages structurels et organisationnels de la maintenance

À côté de ces exemples de représentation fonctionnelle de la maintenance, on trouve aussi des découpages structurels qui dépendent du fonctionnement de l'installation, de l'organisation de l'entreprise et de ses choix stratégiques.

La maintenance courante, réalisée en fonctionnement ou pendant de courts arrêts d'exploitation, et la maintenance effectuée durant les grands arrêts programmés. Il s'agit ici de distinguer les activités en fonction de la période durant laquelle la production est requise.

Cela implique généralement des différences quant à la profondeur d'intervention, la qualification des intervenants, la programmation du travail... ;

La maintenance « internalisée », exécutée par le personnel de l'entreprise, et la maintenance sous-traitée ou co-traitée. La classification porte sur l'appartenance, ou non, des intervenants à l'entreprise. Les relations contractuelles ont alors des caractéristiques différentes et le travail du personnel de l'entreprise change de nature, passant de l'exécution des tâches à leur contrôle ;

Les activités de maintenance effectuées au niveau d'un parc de production, par exemple celles qui sont à la charge des services centraux, et les activités de maintenance qui sont réalisées au niveau d'une usine. Cette double articulation des activités de maintenance est plus spécifique des parcs de production. Se posent alors les questions de niveau d'autonomie à laisser aux sites, ou au contraire de l'intérêt à mettre en facteur certaines activités.

Au niveau des interventions de maintenance, on trouvera également des découpages organisationnels :

- selon les métiers (robinetterie, machines tournantes, électricité, chaudronnerie, automatismes...)
- selon les matériels (par exemple : alternateurs, robinetterie, générateurs de vapeur...)
- selon les techniques (analyse vibratoire, thermographie, contrôles non destructifs...).

L'intérêt de ces décompositions est de différencier des domaines dont les caractéristiques conduisent à des activités de maintenance différentes. Elles ne permettent pas d'avoir une vue globale de la fonction mais présentent une complémentarité intéressante avec les représentations précédentes qui ne soulignent pas ces aspects.

## 1.5 Maintenance et cycle de vie

Un autre regard sur la fonction maintenance, complémentaire des précédents, consiste à la considérer selon les différentes phases du cycle de vie d'un bien (figure 3) : [Kennedy et al., 2002]

### 1.5.1 La phase de conception (APS)

C'est essentiellement lors de la phase de **conception** (avant-projet sommaire - APS) que se jouent les performances de « sûreté de fonctionnement ». C'est à ce moment qu'apparaissent les premières exigences de fiabilité et de maintenabilité des matériels. On y définit le « concept de maintenance » qui prévoit les bases de la politique générale de maintenance en précisant notamment où (sur place, en atelier, chez le constructeur), et par qui (personnel interne, entreprises prestataires), seront effectuées les interventions correctives et préventives selon leur niveau de complexité. Ces données déterminent les besoins en soutien logistique et permettent une première ébauche des programmes de maintenance préventive.

### 1.5.2 La phase de développement APD

Pendant la phase de **développement** (avant-projet détaillé - APD), des solutions techniques plus explicites sont élaborées et il devient possible de préciser les ressources nécessaires et de commencer à constituer la documentation technique. Ces analyses sont utiles pour faire des choix entre différentes alternatives de conception. Elles aident aussi à préciser les performances que l'on peut exiger dans les spécifications, et à vérifier celles annoncées par les constructeurs dans les réponses aux appels d'offres.

### 1.5.3 Les phases de fabrication et d'installation

Pendant les phases de **fabrication et d'installation**, on réalise des contrôles de qualité, puis des essais de référence qui pourront être utiles par la suite pour surveiller l'évolution des dégradations. C'est le début de l'approvisionnement en pièces de rechange et en outillage. Les moyens de soutien logistique et les programmes de maintenance sont vérifiés avant la mise en service industrielle

| Activités de maintenance   | Conception<br>APS | Développement<br>APD | Fabrication | Installation | Exploitation | Démantèlement |
|--|-------------------|----------------------|-------------|--------------|--------------|---------------|
| • Définition des exigences de fiabilité, de maintenabilité et de testabilité             | ←→                |                      |             |              |              |               |
| • Définition des besoins généraux en soutien logistique                                  | ←→                |                      |             |              |              |               |
| • 1 <sup>re</sup> définition des maintenances préventive et corrective                   | ←→                |                      |             |              |              |               |
| • Détermination des ressources nécessaires à la maintenance                              |                   | ←→                   |             |              |              |               |
| • Élaboration de la documentation technique  |                   | ←→                   |             |              |              |               |
| • Vérification du soutien logistique et des activités de maintenance                     |                   |                      | ←→          |              |              |               |
| • Tests et collecte d'informations utiles à la maintenance avant MSI                     |                   |                      | ←→          |              |              |               |
| • Approvisionnement en matières et pièces de rechange, outillage, systèmes d'information |                   |                      | ←→          |              |              |               |
| • Préparation-ordonnancement   |                   |                      |             |              | ←→           |               |
| • Mise en œuvre de la maintenance  |                   |                      |             |              | ←→           |               |
| • Évaluation de la maintenance   |                   |                      |             |              | ←→           |               |
| • Amélioration de la maintenance   |                   |                      |             |              | ←→           |               |
| • Activités de maintenance en phase de démantèlement                                     |                   |                      |             |              |              | ←→            |

Figure3 – La maintenance pendant le cycle de vie

[Antoine ,D.,2001]

### 1.5.4 La phase d'exploitation

C'est pendant la phase **d'exploitation** que les interventions préventives et correctives sont réalisées après avoir été généralement préparées et ordonnancées. Le processus d'amélioration continue de la maintenance est mis en œuvre pour adapter les actions en fonction du retour d'expérience, de l'évolution des conditions de fonctionnement, des avancées techniques, et de diverses contraintes d'exploitation (en particulier la réglementation).

La gestion et l'approvisionnement en pièces de rechange et le management de l'obsolescence de certains équipements sont effectués pour limiter les durées d'indisponibilité tout en maîtrisant les coûts.

### 1.5.4 La phase de démantèlement

Le **démantèlement** est la dernière phase d'un cycle de vie. Bien que la destruction d'un bien ne soit pas une activité de maintenance, pour certains ensembles industriels (industrie nucléaire par exemple), elle dure parfois longtemps et devient en quelque sorte une nouvelle « phase d'exploitation » pendant laquelle des opérations de maintenance doivent être réalisées, en particulier sur les structures et les systèmes de sauvegarde. Il arrive également que le démantèlement soit repoussé pour faire place à une phase d'attente qui laisse la possibilité d'une remise en service dans un délai donné.

Pendant cette période, qui peut correspondre à « une mise sous cocon », une stratégie de maintenance particulière doit être appliquée.

## I.6 Fonctions de la maintenance

C'est sur les données décrites brièvement ci-dessus que s'appuieront les différentes fonctions de la maintenance :

La fonction « **études** » pour déterminer :

- pourquoi on fait de la maintenance (dans quels buts) ;
  - sur quoi on en fait (sur quels matériels) ;
  - qu'est-ce qu'on fait (quel type de tâche appliquer) ;
  - quelle est l'efficacité technico-économique des actions effectuées ;
  - quelles sont les ressources globales nécessaires.
- La fonction « **préparation des travaux** » pour savoir :
    - comment on fait précisément (description détaillée des tâches) ;
    - avec quoi on fait précisément (quels sont les moyens nécessaires à une tâche).
  - La fonction « **ordonnancement** » pour décider :
    - comment on planifie les ressources ;
    - quand on réalise les tâches.
  - La fonction « **réalisation** » pour :
    - exécuter les tâches ;
    - collecter les données du retour d'expérience.
  - La fonction « **gestion des moyens du service maintenance** » pour déterminer :
    - comment on s'organise ;
    - combien ça coûte.
  - La fonction « **approvisionnement des matières et des prestations extérieures** » pour :
    - mettre à disposition les ressources externes nécessaires.
  - La fonction « **management** » pour dire :
    - qui est responsable des différentes activités ;
    - quels sont les écarts par rapport aux objectifs globaux ;
    - où des améliorations doivent être apportées.» [Antoine ,D.,2001]

## I.7 Études de maintenance

### I.7.1 Objectifs généraux

La maintenance doit être orientée par les objectifs généraux de l'entreprise et se réguler à partir de l'écart constaté entre les performances attendues et celles qui sont observées.

Il est donc utile, en premier lieu, d'identifier les performances attendues sur lesquelles la maintenance pourra avoir un effet de levier important :

- ❖ la disponibilité de l'outil de production, compte tenu de sa capacité et de la demande du marché ;
- ❖ la qualité du service ou du produit délivré ;
- ❖ le coût d'exploitation qui comprend en particulier les coûts de maintenance et la réduction de surcoûts qui peuvent être induits par un rendement insuffisant ;
- ❖ la durée d'exploitation de l'installation.

La maintenance contribue également à faire respecter des contraintes qui sont généralement :

- ❖ la sécurité des personnes ;
- ❖ la préservation du patrimoine ;
- ❖ l'innocuité pour l'environnement.

Ces performances et contraintes sont, pour certaines, antagonistes et les objectifs assignés ne peuvent être que le résultat d'un compromis. C'est à partir de celui-ci que les activités de maintenance doivent être définies et planifiées. Il faut donc se munir de moyens de mesure de ces critères, de valeurs cibles et de niveaux de satisfaction pour orienter les stratégies de maintenance et permettre au management de prendre des décisions.

La fonction études rassemble toutes les analyses effectuées à l'abri de la pression du quotidien pour définir une stratégie de maintenance en se fixant des objectifs mesurables. Elle inclut :

- ❖ l'analyse des besoins en fiabilité, maintenabilité et soutien logistique ;
- ❖ l'analyse du retour d'expérience ;
- ❖ l'élaboration du programme de maintenance préventive ;
- ❖ la détermination des pièces de rechange et des matières à tenir en stock ;
- ❖ les études de modifications de matériels ;
- ❖ une participation à la définition du cahier des charges des investissements.

### I.7.2 Analyse des besoins en fiabilité, maintenabilité, et soutien logistique

Les études de maintenance commencent par une identification des conditions de fonctionnement des biens et la définition des objectifs visés. C'est sur cette base, et sur les contraintes à respecter, qu'il devient possible d'allouer aux biens des valeurs quantitatives ou qualitatives de fiabilité et de maintenabilité opérationnelle, et de définir les moyens logistiques nécessaires (figure 6).

Ontiendra compte pour cela des fonctions qui sont remplies par les matériels et qui peuvent être :

- ❖ participer à la production ;
- ❖ préserver des fonctions en cas de dysfonctionnement de certains équipements ;
- ❖ préserver d'autres biens contre des dommages ;
- ❖ préserver des personnes contre des accidents ou des atteintes à leur santé ;
- ❖ préserver l'environnement ;
- ❖ permettre ou faciliter des interventions de maintenance.

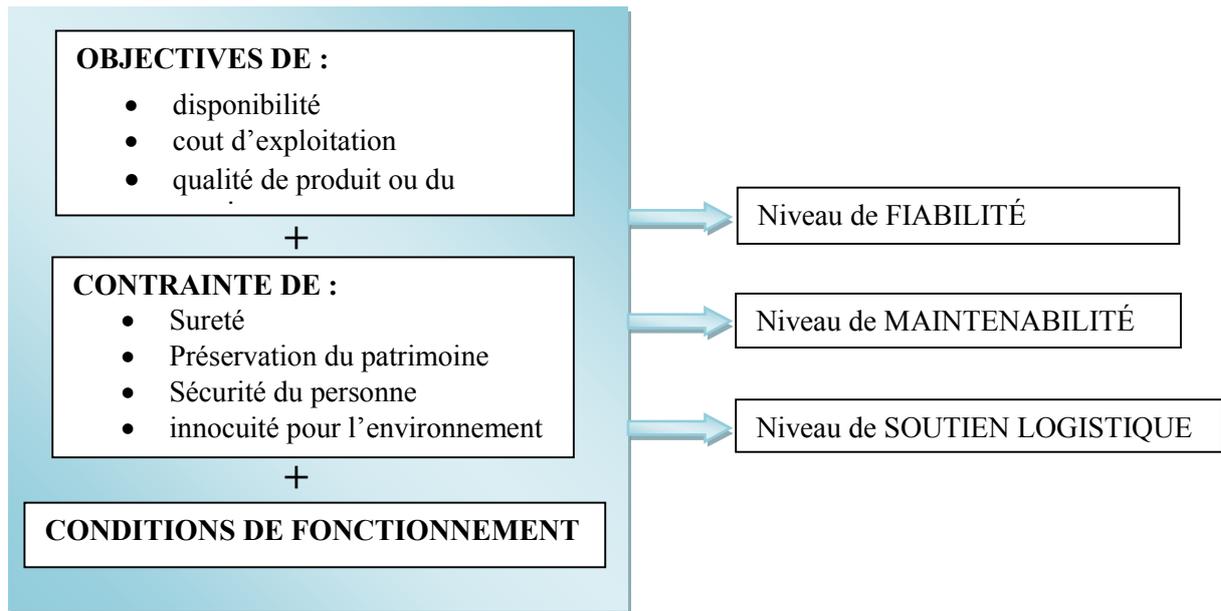


Figure 4 – Définition des niveaux de fiabilité, maintenabilité et des moyens logistiques

[Antoine ,D.,2001]

Le responsable de maintenance doit avoir une vision fonctionnelle. Une vision trop matérielle, qui recherche généralement pour chaque bien une fiabilité maximale sans se préoccuper des conséquences des défaillances, risque de conduire à une maintenance excessive incompatible avec les objectifs de coût et de disponibilité. La fiabilité est donc un moyen qu'il faut ajuster pour assurer une production de qualité au meilleur coût.

Il en est de même pour la maintenabilité et les ressources logistiques qui vont déterminer les possibilités d'intervention et leur durée. Ce sont donc les objectifs et les contraintes, conjuguées avec les conditions de fonctionnement, qui définissent les niveaux de fiabilité, de maintenabilité et de soutien logistique nécessaires.

### I.7.3 Analyse du retour d'expérience

Pour pouvoir déterminer le programme d'actions de maintenance préventive à entreprendre ainsi que le soutien logistique (rechanges, outillage, personnel...), outre les performances attendues qui résultent de l'analyse des besoins, il est nécessaire de disposer d'un retour d'expérience. Idéalement, celui-ci peut être constitué :

- ❖ de l'ensemble des événements qui sont observés sur les équipements (les défaillances, leurs modes, leurs effets, leurs causes, leur localisation et leur date, les conditions d'exploitation et les informations utiles relatives aux biens et à leurs réparations) ;
- ❖ des interventions préventives et de leurs résultats (dégradations constatées, remplacements et mises en état effectuées, et les informations utiles relatives aux actions réalisées).

Dans les faits, la collecte de l'historique est souvent incomplète. Une part plus ou moins grande des informations utiles est perdue, ou reste disséminée dans la mémoire des intervenants. Pour s'assurer de la crédibilité des données utilisées, ou pour la renforcer, il est donc important de mener des actions complémentaires.

En particulier :

- ❖ passer par une phase de validation en sachant que celle-ci sera d'autant plus longue et difficile qu'elle sera éloignée, dans le temps, de l'événement ;
- ❖ s'attacher à constituer des familles rassemblant des matériels dont les caractéristiques technologiques et les conditions de fonctionnement sont suffisamment proches pour justifier d'un comportement similaire. On pourra en particulier chercher à profiter du retour d'expérience provenant d'autres exploitants ;
- ❖ compléter les données prises en compte par des avis d'experts. Pour cela, il faut établir une coopération et des échanges techniques entre le constructeur et le service maintenance de l'utilisateur pendant toutes les phases du cycle de vie de l'installation.

On pourra également utiliser comme référence les résultats des tests de fiabilité et de maintenabilité qui auront pu être effectués avant la mise en service.

#### **I.7.4 Élaboration du programme de maintenance préventive**

Quoique l'on fasse, il subsistera des risques de défaillances résiduelles et il est préférable de concevoir la maintenance corrective non pas comme un échec du préventif mais comme un type d'intervention complémentaire. Le responsable de maintenance doit choisir la maintenance préventive qu'il effectuera et, autant que possible, la part qu'il laissera à la maintenance corrective.

Ce choix est basé sur l'analyse des conséquences des défaillances. Le retour d'expérience disponible est utilisé pour évaluer les risques vis-à-vis des enjeux de l'entreprise, ce qui permet de les comparer aux effets des interventions préventives qui réduiraient ces risques. La décision prise par le responsable de maintenance repose sur une analyse plus ou moins approfondie qui compare les conséquences de différentes alternatives possibles en termes de sûreté de fonctionnement, de coûts, et de qualité de la production.

L'élaboration d'un programme de maintenance préventive a pour but de choisir où seront réalisées les interventions préventives (sur quels biens), quel type d'intervention sera effectué, et quand elle le sera. À ces décisions technico-économiques s'ajoutent des choix d'organisation faits par le management, qui conduisent à répartir les tâches et les responsabilités entre les différents acteurs (opérateurs de production ou de conduite, agents de maintenance de l'entreprise, prestataires de services). Des méthodes spécifiques peuvent éventuellement être utilisées pour éclairer ces décisions (OMF : Optimisation de la Maintenance par la Fiabilité , TPM : Total Productive Maintenance ). Leur application, outre la définition du programme de maintenance, peut également conduire à modifier les biens, à améliorer les modes opératoires, ou à faire évoluer l'organisation.

### **I.7.5 Détermination des pièces de rechange à tenir en stock**

Le délai d'approvisionnement des pièces de rechange et parfois les risques d'obsolescence de certains équipements ou composants conduisent les entreprises à constituer des stocks pour limiter les conséquences des défaillances, notamment sur la disponibilité. La liste des articles à tenir en magasin est établie en tenant compte :

- des conditions de fonctionnement, de la fiabilité intrinsèque des biens, et de la durée d'exploitation attendue de l'installation, qui influent sur la consommation des articles ;
- du délai d'approvisionnement qui peut allonger le temps d'indisponibilité des biens ;
- des coûts d'achat et de stockage des articles et des coûts financiers ;
- du manque à gagner dû à l'indisponibilité des biens en panne ;
- de la maintenabilité des biens qui conditionne à la fois le niveau des pièces en stock dans la décomposition des matériels et le temps de réparation.

Ce travail peut être effectué sur la base du retour d'expérience analysé et des recommandations du constructeur. La quantité de pièces de rechange à commander est calculée en tenant compte de leur consommation et de leurs coûts d'achat, de possession, et d'approvisionnement. Les seuils de réapprovisionnement sont établis en fonction des risques de rupture de stock.

Pour ce qui concerne les pièces de rechange utilisées lors des interventions de maintenance préventive,

### **I.8 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons défini la fonction de maintenance, Nous présentons par la suite la fonction de l'ordonnancement des activités de maintenance par les règles de priorité.

## Introduction

La réalisation d'un projet nécessite souvent une succession de tâches auxquelles s'attachent certaines contraintes :

**De temps** : délais à respecter pour l'exécution des tâches ;

**D'antériorité** : certaines tâches doivent s'exécuter avant d'autres ;

**De production** : temps d'occupation du matériel ou des hommes qui l'utilisent..

Les techniques d'ordonnancement dans le cadre de la maintenance ont pour objectif de répondre au mieux aux besoins exprimés par un client, au meilleur coût et dans les meilleurs délais, en tenant compte des différentes contraintes.

### II.1 Ordonnancement des activités

La fonction ordonnancement consiste à engager les moyens nécessaires, au moment où il le faut, pour satisfaire au mieux les objectifs de performance de l'entreprise (disponibilité, coûts, etc.).

Elle prend sa place entre la préparation et la réalisation. À partir des informations qui proviennent de la préparation et qui indiquent la charge de travail, les contraintes et les moyens nécessaires en compétences, outillages et pièces de rechange, elle détermine quand la tâche peut être réalisée, et qui doit la réaliser.

Enfin, elle a pour but de fournir et de gérer l'ensemble de ces moyens. Il s'agit bien ici de la « fonction » ordonnancement. Selon l'organisation de l'entreprise, la tâche de désigner qui doit effectuer les travaux peut être du ressort d'un préparateur ou de tout autre responsable de maintenance. [J. Kaabi, C. Varnier, and N. Zerhouni ; 04 ]

#### II.1.1 Définition 1

Ordonnancer, c'est programmer l'exécution d'une réalisation en attribuant des ressources aux tâches et en fixant leurs dates d'exécution. Les problèmes d'ordonnancement, apparaissent dans tous les domaines de l'économie: l'informatique, la construction (suivi de projet), l'industrie (problèmes d'ateliers, gestion de production), l'administration (emploi du temps).

#### II.1.2 Définition 2

Un problème d'ordonnancement consiste à organiser dans le temps la réalisation de tâches, compte tenu de contraintes temporelles (délais, contraintes d'enchaînement) et de contraintes portant sur la disponibilité des ressources requises.

L'Ordonnancement appartient aux trois fonctions techniques de l'industrie:

- Études
- Production
- Maintenance

**II.1.2.1 L’ordonnancement dans l’ Étude**

Un ordonnancement constitue une solution au problème d'ordonnancement. Il est défini par le planning d'exécution des tâches (« ordre » et « calendrier ») et d'allocation des ressources et vise à satisfaire un ou plusieurs objectifs.

**II.1.2.2 L’ordonnancement dans la Production**

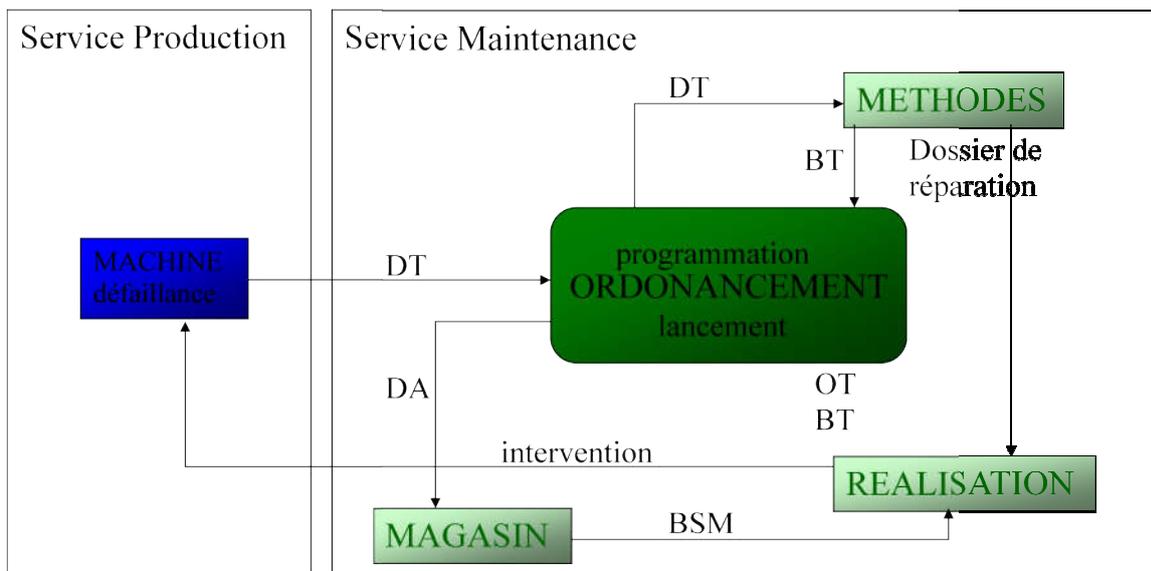
En production (manufacturière, de biens, de service), on peut le présenter comme un problème où il faut réaliser le déclenchement et le contrôle de l'avancement d'un ensemble de commandes à travers les différents centres composant le système.

**II.1.2.3 L’ordonnancement dans la Maintenance**

Systeme de communication relatif à une intervention corrective, entre le moment d’apparition et la remise a niveau de l’équipement défaillant

Pour pouvoir fonctionner correctement le service d’ordonnancement a besoins d’informations provenant du bureau des méthodes

Ces principales:



DT = Demande de Travail      OT = Ordre de Travail      BT = Bon de Travail  
 DA = Demande d'approvisionnement      BSM = Bon de Sortie de Magasin

Figure 5 – Principales d’ordonnancement dans la Maintenance  
 [juan\_ordonnancement , 1999]

## II.2 Rôle de la fonction

L'ordonnancement est avant tout un travail d'organisation qui se situe entre une action demandée sur un bien et la remise de celui-ci à la disposition de l'exploitant ou de l'utilisateur. Son rôle consiste :

- dans le cas d'événements fortuits : à planifier les interventions qui font suite à des ordres de travaux ;
- à déclencher la maintenance préventive à partir des échéanciers en tenant compte des contraintes de production ;
- à assurer un suivi des interventions en remettant à jour la planification et en coordonnant les travaux, de manière à assurer une chronologie optimale conforme aux exigences liées à la disponibilité de la production et à la sécurité

L'ordonnancement doit donc intégrer des impératifs d'exploitation, des données qui proviennent de la préparation (charge de travail prévue, enchaînement des tâches...) et les données relatives à la disponibilité des moyens nécessaires. Il y a dans cette activité une forte demande en informations.

## II.3 Etapes d'ordonnancement

L'ordonnancement se déroule en trois étapes :

**II.3.1 La planification** : qui vise à déterminer les différentes opérations à réaliser, les dates correspondantes, et les moyens matériels et humains à y affecter.

**II.3.2 L'exécution** : qui consiste à la mise en œuvre des différentes opérations définies dans la phase de planification.

**II.3.3 Le contrôle** : qui consiste à effectuer une comparaison entre planification et exécution, soit au niveau des coûts, soit au niveau des dates de réalisation.

## II.4 Les règles de priorité

Les règles de priorité sont des critères sur la base desquels s'appuie la décision de lancer un ordre ou une commande parmi plusieurs qui sont en cours. Que se soit dans un atelier de fabrication ou dans le cadre d'un projet, un nombre réduit de ressources est utilisé pour réaliser un ensemble d'opérations parfois non rattachées à une même gamme. Lorsqu'une opération est terminée à un poste de travail, l'opérateur utilise une règle de priorité pour déterminer laquelle sera la suivantes parmi celles qui sont en attente. Il s'agit en d'autres termes de définir la séquence des opérations au niveau d'un atelier ou poste de travail en s'appuyant sur une seule règle.

Voici en somme les règles standards de priorité utilisées dans l'ordonnancement de la maintenance : [\[kaabi ,2004\]](#)

**First In First Out FIFO**

La priorité est donnée aux opérations/commandes selon leur ordre d'arrivée, Les tâches sont classées dans leur ordre d'arrivée, soit par ordre de fin de la tâche précédente croissante. Cette règle se traduit simplement par la gestion de file d'attente.

**First In Last Out LIFO**

La priorité est donnée aux opérations/commandes qui arrivent en retard ( *Traitement par ordre décroissant du temps d'arrivé*);

**Earliest due date EDD**

Les tâches sont classées par ordre de date d'échéance croissante. Autrement dit, on donne priorité aux travaux les plus pressés. Cette règle de bon sens va souvent donner de bons résultats lorsque l'on cherche à diminuer les retards. Elle peut cependant s'avérer pénalisante dans plusieurs circonstances:

- plusieurs tâches sont en retard. Dans ce cas, on risque de donner priorité à des tâches déjà en retard, et ce faisant créer encore plus de retard.
- les durées opératoires sont très variables. Dans ce cas, donner priorité en utilisant EDD à une tâche longue peut entraîner un retard de plusieurs tâches plus courtes, qui auraient pu être faites rapidement.

**Shortest processing time SPT**

L'idée de cette règle est de faire au plus tôt les tâches les plus courtes pour "vider" l'atelier d'un maximum de travaux. Cette règle a pour but de diminuer l'encours moyen. Comme la précédente, cette règle a ses limites. Si l'horizon est glissant, une tâche longue va toujours être "doublée" par les tâches plus courtes qui arrivent après elle. Si l'horizon est fixe (on fait périodiquement l'ordonnancement) les tâches longues seront faites en fin de période et les courtes en début.

Généralement, cette règle est "couplée" avec des principes de bon sens évitant ces problèmes. C'est le cas par exemple de la séparation en deux flux "caisses rapides" "caisses normales" dans les épiceries. Les caisses rapides sont une manière de prioriser les tâches courtes, mais on s'assure (aux caisses normales) que tout le monde sera servi.

**Longest Processing Time LPT**

la priorité est donnée aux opérations/commandes qui ont un temps de fabrication le plus long. On parle aussi de (Traitement par ordre décroissant du temps opératoire)

### II.3.1 Exemple d'application des règles de priorités

Pendant la maintenance d'équipement, les différentes commandes (tâches à effectuer) sont reçues et numérotées selon leur ordre d'arrivée. Sur la table des commandes, on lit le temps de réparation nécessaire et le délai de livraison.

| N° tâche maintenance | Code | Temps de réparation (jours) | Date plus tôt | Date plus tard | Nbr de jours restant avant la date plus tard |
|----------------------|------|-----------------------------|---------------|----------------|--|
| 1                    | A    | 2                           | 6/07          | 13/07          | 7  |
| 2                    | B    | 4                           | 8/07          | 15/07          | 9  |
| 3                    | C    | 3                           | 11/07         | 16/07          | 5  |
| 4                    | D    | 3                           | 15/07         | 21/07          | 6  |
| 5                    | E    | 2                           | 18/07         | 20/07          | 2  |

**Résultat par règle de priorité :**

| Séquence        | FIFO | LIFO | SPT | LPT | EDD |
|-----------------|------|------|-----|-----|-----|
| 1 <sup>er</sup> | A    | E    | A   | B   | E   |
| 2 <sup>e</sup>  | B    | D    | E   | C   | C   |
| 3 <sup>e</sup>  | C    | C    | C   | D   | D   |
| 4 <sup>e</sup>  | D    | B    | D   | A   | A   |
| 5 <sup>e</sup>  | E    | A    | B   | E   | B   |

A la suite de ces résultats, plusieurs analyses peuvent être entreprises. Il est par exemple important de savoir, selon la règle choisie,

- Les dates de fin réelles des tâches ;
- Le retard subit par chaque tâche (en nombre de jours) ;
- Le nombre de tâches en retard ;

Ces règles de priorité sont les plus adaptées pour faire un ordonnancement des tâches maintenances dans notre système

## II.4 présentation de la minoterie

### II.4.1 Schéma fonctionnel de la minoterie

Ce diagramme représente la relation fonctionnelle entre les équipements de la minoterie.

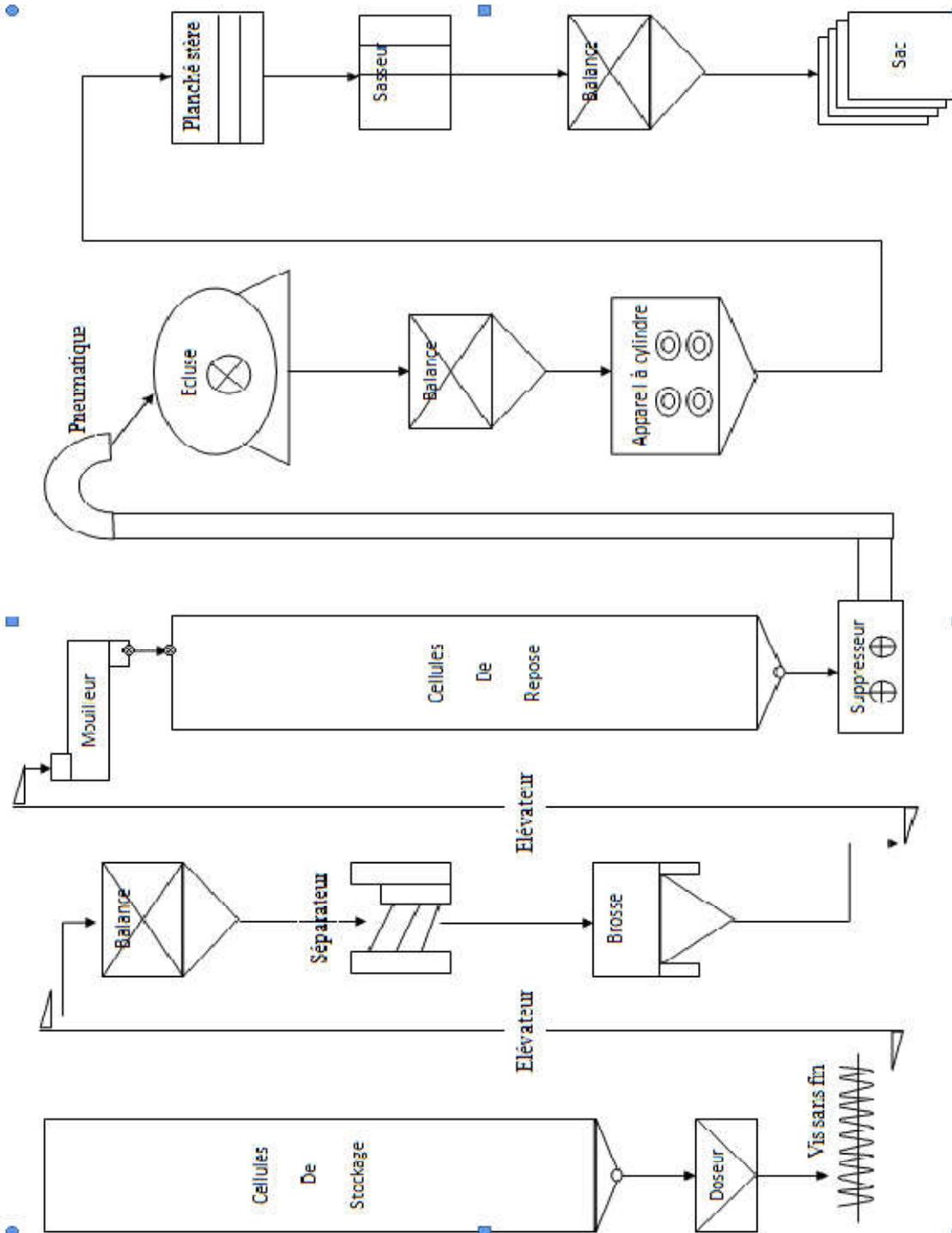


Figure 6 – Schéma fonctionnel de la minoterie de Mahdia

### II.4.2 Les données concernant les durées de réparation des pannes

Nous avons développé un système pour d'ordonnancement des activités de maintenances basée sur les données concernant les pannes possibles et leurs durées de réparations qui ont été acquises de la minoterie de **Mahdia**.

| N° | Machines          | Fonctionnement                                       | Problemes                           | Pannes possibles                               | Durée de réparation/jour |
|----|-------------------|--|-------------------------------------|--|--------------------------|
| 1  | Doseur            | <i>Déterminer la quantité de blé passé</i>           | Blocage de la vis de doseur         | les joints d'étanchéité sont défectueux        | 4                        |
|    |                   |  |                                     | la vis de réglage tourne vers extérieur        | 6                        |
|    |                   |  |                                     | la vis de réglage ne tourne pas vers extérieur | 7                        |
| 2  | Vis sans fin      | <i>Transporter de blé</i>                            | Le blé n'arrive pas                 | le moteur électrique est en panne              | 3                        |
|    |                   |  |                                     | la vis sans fin est bloquée                    | 2                        |
|    |                   |  |                                     | la vis sans fin est coupée                     | 3                        |
| 3  | Élévateur à godet | <i>Transport de blé à partir du bas vers le haut</i> | Le blé n'arrive pas en haut         | le moteur électrique est en panne              | 3                        |
|    |                   |  |                                     | les godets sont cassés                         | 4                        |
| 4  | Séparateur        | <i>Séparation des impuretés du blé</i>               | Le séparateur est bloqué            | le vibreur est en panne                        | 6                        |
| 6  | Brosse            | <i>Trou nettoyer la poussière du blé</i>             | Les graines de blé dans les déchets | le tamis est troué                             | 8                        |
|    |                   |  | Blocage de la brosse                | le moteur électrique est en panne              | 3                        |
|    |                   |  |                                     | Courroie est coupée                            | 2                        |
| 7  | Le mouilleur      | <i>Laver le blé</i>                                  | Blocage du mouilleur                | le moteur électrique est en panne              | 3                        |
|    |                   |  |                                     | la Courroie est coupée                         | 2                        |
|    |                   |  |                                     | le mélangeur est bloqué                        | 6                        |
| 8  | Suppresseur       | <i>pneumatique</i>                                   | N'arrive pas la pression            | fuite au niveau de tube                        | 3                        |
|    |                   |  |                                     | le moteur électrique est en panne              | 3                        |
|    |                   |  |                                     | la Courroie est coupée                         | 2                        |
|    |                   |  |                                     | le tube en panne                               | 4                        |
| 9  | Ecluse            | <i>Séparation des produits de l'air</i>              | Blocage de l'écluse                 | le moteur électrique est en panne              | 3                        |
|    |                   |  |                                     | les bagues sont usées                          | 5                        |
|    |                   |  |                                     | les roulements sont usés                       | 6                        |

|                    |                           |                               |                          |  |    |
|--------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|--|----|
| 10                 | Appareil à cylindre       | <i>mouture meulage broyer</i> | Les bruits               |  |    |
|                    |                           |                               |                          | les cylindres sont déformés                        | 7  |
|                    |                           |                               |                          | les pignons sont usés                              | 7  |
|                    |                           |                               |                          | distributeur est en panne                          | 3  |
|                    |                           |                               | Mauvaise mouture         | les cylindres sont usées                           | 5  |
| 11                 | Planchister               | <i>tamisage de la farine</i>  | Bruit                    | les roulements sont usées                          | 5  |
|                    |                           |                               |                          | l'axe excentrique est en panne                     | 9  |
|                    |                           |                               |                          | les rotins sont défectueuses                       | 6  |
|                    |                           |                               | Arrêt                    | la Courroie est coupée                             | 2  |
|                    |                           |                               |                          | le moteur électrique est en panne                  | 3  |
|                    |                           |                               | Blocage                  | le tamis est perforé                               | 5  |
| il y a un bourrage | 3                         |                               |                          |  |    |
| 12                 | Sasseur                   | <i>sasser la farine</i>       | Bruit                    | les bielles sont défectueuses                      | 3  |
|                    |                           |                               |                          | l'axe excentrique est en panne                     | 6  |
|                    |                           |                               |                          | les sabots sont défectueux                         | 5  |
| 13                 | Compresseur               | <i>Engendre de l'air</i>      | N'arrive pas la pression | le Moteur électrique est en panne                  | 3  |
|                    |                           |                               |                          | il y a une fuite d'air                             | 5  |
| 14                 | Filtre                    | <i>Filtrage de la farine</i>  | Manque de la pression    | les électrovannes sont en pannes                   | 6  |
|                    |                           |                               |                          | les membranes sont percées                         | 2  |
|                    |                           |                               |                          | les soupapes sont défectueuses                     | 10 |
| 15                 | Ventilateur haut pression | <i>L'aide de filtrage</i>     | Bruit                    | les roulements sont usés                           | 5  |
|                    |                           |                               |                          | corps étranges ou la poussière dans le ventilateur | 1  |
|                    |                           |                               | Arrêt                    | le moteur électrique est en panne                  | 3  |
|                    |                           |                               |                          | les Soupapes d'ouverture en panne                  | 7  |

Figure 7– durées de réparation des pannes possibles

## II.5 Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons présenté quelques notions de base concernant les Problèmes d'ordonnancement des activités de la maintenance et la modélisation de notre système. Dans le chapitre suivant nous présentons l'implémentation de notre application.

### III.1 Introduction

Dans ce chapitre nous présentons la modalisation et la réalisation de notre application pour ordonnancer les activités de maintenance

### III.2 Langage du Programmation

Pour la réalisation de notre projet on a choisi **Windev10** comme un langage de programmation parce qu'il est simple à utiliser.

La figure suivante présente l'interface principale de langage **Windev10**

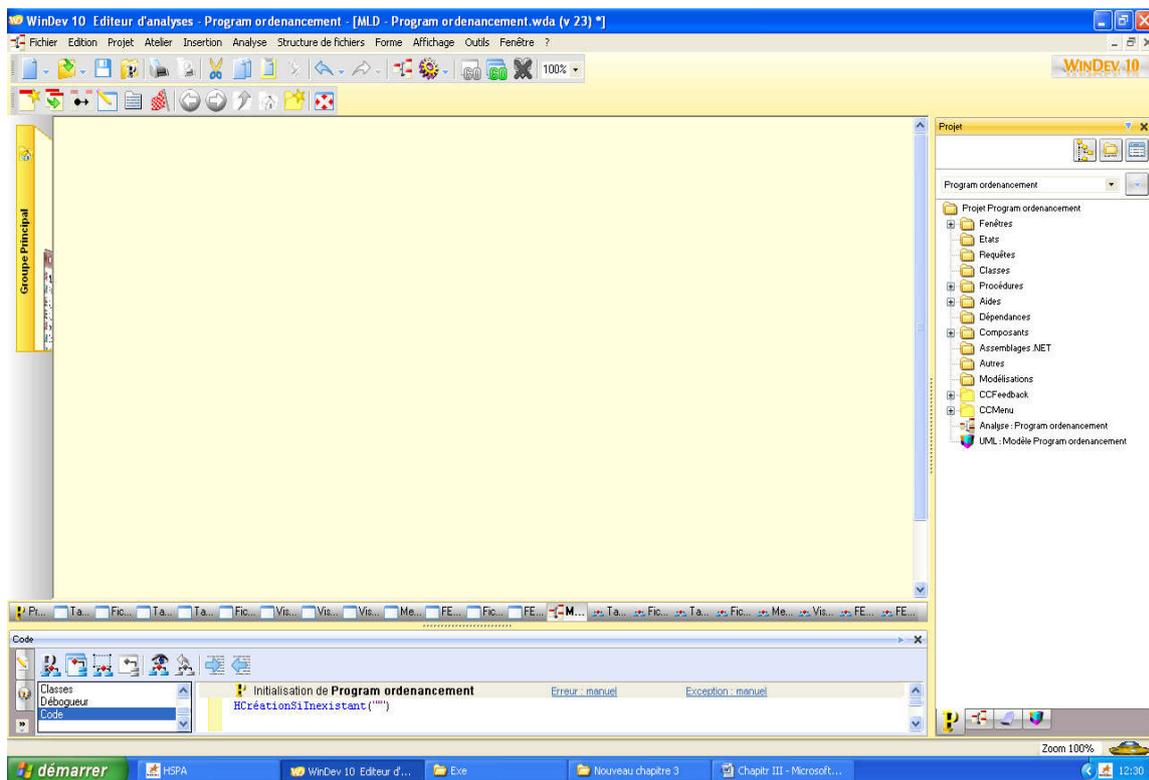


Figure 8 - Fenêtre principale de Windev10

### III.3 Modélisation de l'application

Le système est basé sur deux étapes principales :

Pendant la première étape on vérifié si cette tache de maintenance est disponible (compétence, pièce rechange et outils) sinon elle est reste en attente

Pendant la deuxième étape le system faire la classification les taches maintenance par date selon la règle du priorité choisie ( FIFO , LIFO , SPT , LPT ,EDD ) . [ Figure 8]

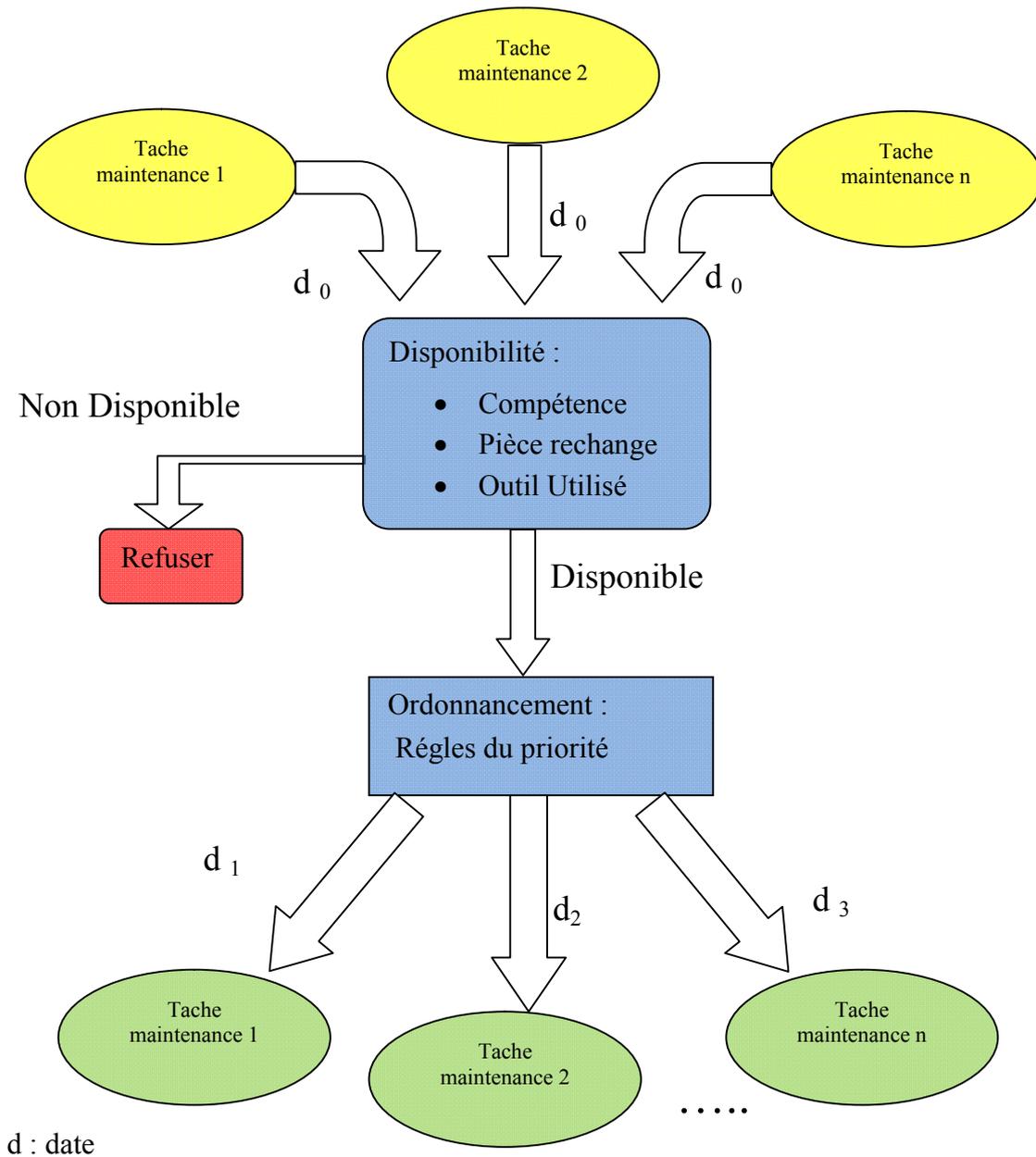


Figure 9 - Modélisation du Système

### III.4 Les tables de la base de données

La base de données de notre application « ordonnancement des activités maintenance » est créée par **windev 10**, elle contient les rubriques de chaque table avec son type (chaîne de caractère, Numérique, Date...)

#### III.4.1 Table de la tache maintenance :

Cette table montre les taches de maintenances et leurs propriétés

| <b>Tache_maintenance</b>                              |               |   |                       |   |
|---|---------------|---|-----------------------|---|
| Nombre de rubriques : <input type="text" value="10"/> |               | Taille en octets : <input type="text" value="151"/> |                       | <input type="checkbox"/> Afficher dans l'ordre physique |
| Clé   | Nom           | Libellé   | Type                  | Taille  |
|   | Num_t         | numero tache  | Numérique             | 4   |
|   | Panne         | Panne   | Texte                 | 25  |
|   | d_p_to        | Date plus tot                                       | Date                  | 8   |
|   | d_p_ta        | Date plus tard                                      | Date                  | 8   |
|   | dure_rep      | Durè de réparation                                  | Numérique             | 4   |
|   | Competence    | Compotence  | Texte                 | 20  |
|   | piec_rech     | Piece rechange                                      | Texte                 | 30  |
|   | Outil         | Outi  | Texte                 | 30  |
|   | Disponibilité | Disponibilité                                       | Sélecteur,Liste,Combo | 2   |
|   | Num_equi      | Num_equi  | Numérique             | 4   |

Table 1 -Tache Maintenance

### III .4.2 Table Equipment

Cette table contient les équipements et leurs fonctionnements

| Clé | Nom       | Libellé                | Type      | Taille |
|-----|-----------|------------------------|-----------|--------|
|     | Num_equi  | Numero de l'équipement | Numerique | 4      |
|     | Desig     | Designation            | Texte     | 20     |
|     | Fonct     | Fonctionnement         | Texte     | 50     |
|     | Taux_prod | Taux de production     | Numerique | 2      |

Table 2 -Equipment

### III .4.3 Table Historique

Après la réparation de chaque panne on fait l'enregistrement les pannes réparées leur date de la réparation

| Clé | Nom        | Libellé            | Type      | Taille |
|-----|------------|--------------------|-----------|--------|
|     | NUM_HIST   | Num_hist           | Texte     | 50     |
|     | Num_tach   | Num_tach           | Texte     | 50     |
|     | Pannes     | Pannes             | Texte     | 50     |
|     | Date_defie | Date de defience   | Date      | 8      |
|     | Date_repa  | Date de reparation | Date      | 8      |
|     | Num_t      | Num_t              | Numerique | 4      |

Table 3 -Historique

### III .5 Modélisation de données

La - Figure 10 - propose une modélisation globale des données et précise la relation entre les tables d'enregistrement et leur cardinalité maximal et minimal

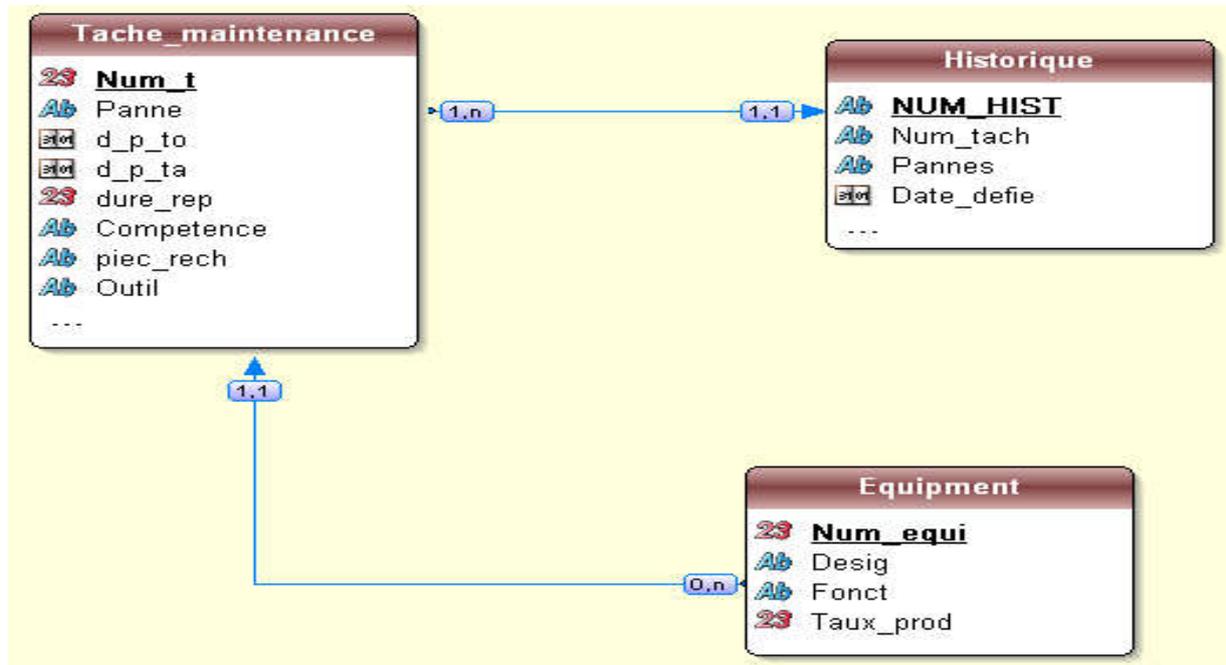


Figure 10 - Modélisation de données

## III .6 Diagramme d'activité ordonnancement

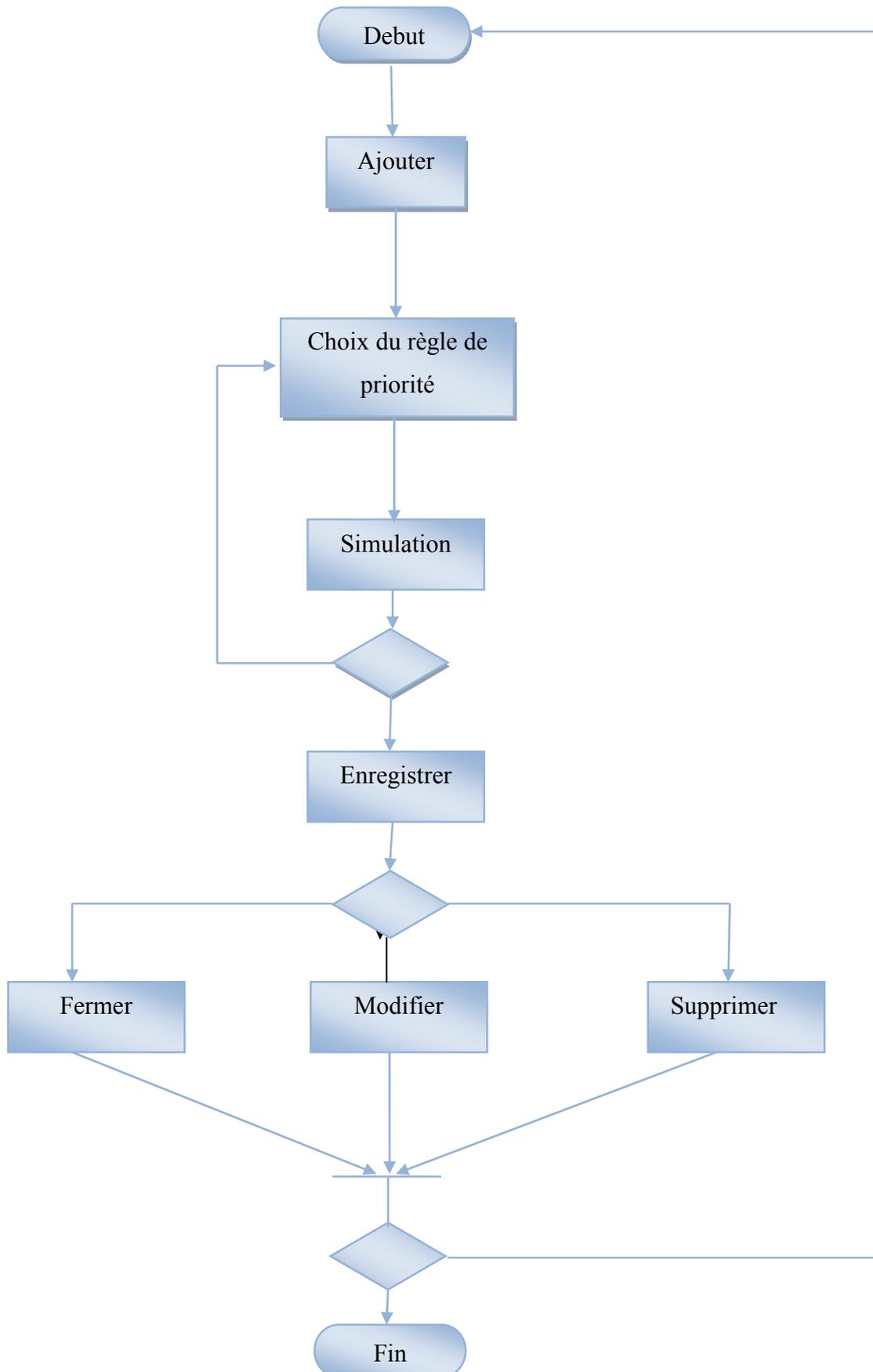


Figure 11 - Diagramme d'activité ordonnancement

### III.7 Présentation de l'application

Notre application est composée de plusieurs fenêtres chacune à une opération spécifique

#### III.7.1 Fenêtre Menu

Après l'identification par le nom utilisateur et le mot de passe on trouve directement la fenêtre de menu principale qui contient les buttons :

**Equipment** : pour insérer ou modifier un équipement

**Taches maintenances** : pour ajouter ou modifier une tache

**Historique** : pour archiver l'historique des taches déjà exécutées

**Simuler** : pour lancer la simulation de l'ordonnancement des taches enregistrées



Figure 12 – Fenêtre Menu principale

#### III.7.2 Fenêtre Equipment

Dans cette fenêtre on peut consulter la table des équipements, ajouter ou modifier un équipement

| Numero de Equipment | Designation | Fonctionnement                      | Taux de production de l'equipment |
|---------------------|-------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1                   | Doseur      | Déterminer la quantité de blé passé | 40                                |
| 4                   | Séparateur  | Séparation des impuretés du blé     | 22                                |
| 13                  | Compresseur | Engendre de l'air                   | 35                                |

Figure 13 – Fenêtre Equipment

**III.7.3 Fenêtre tache maintenance**

Cette fenêtre est contient la table des taches de maintenances à ordonnancer, et on peut aussi les modifier ou supprimer

| numero tache | Panne a reparer           | Date plus tot | Date plus tard | Duré de réparation | Competece   | Piece rechange | Outil                   | Disponibilité |
|--------------|---------------------------|---------------|----------------|--------------------|-------------|----------------|-------------------------|---------------|
| 69           | les soupapes sont defectu | 24/09/2012    | 29/09/2012     | 6                  | Mécanicien  | Soupapes       | les clés                | Oui           |
| 80           | le vibreur est en panne   | 12/09/2012    | 20/09/2009     | 5                  | Electricien | /              | boite outil electricité | Oui           |
| 123          | les joints defectueux     | 16/09/2012    | 24/09/2012     | 4                  | Mécanicien  | Les joints     | les clés                | Oui           |

Figure 14 – Fenêtre Tache maintenance

**III.7.4 Fenêtre historique**

Cette fenêtre contient la table historique pour sauvegarder les taches maintenances exécutées et enregistrer les dates de défiance et date de réparation de chaque panne réparée



**Le bouton SPT** : pour ordonnancer les tâches en ordre croissante selon leur durée de réparation

**Le bouton LPT** : pour ordonnancer les tâches en ordre décroissante selon leur durée de réparation

**Le bouton EDD**: pour faire ordonnancer les tâches en ordre décroissante selon leur taux de production de l'équipement à réparer

### **III.8 Conclusion**

Nous avons présenté dans ce chapitre notre système d'aide au ordonnancer des activités de maintenances basée sur la disponibilité ou non de (la compétence, pièce rechange, outil utilisé) et les différent règles de priorité

## **Conclusion général**

Chapitre I : Représentations de la fonction maintenance

Chapitre II : Ordonnancement des activités de maintenance

Chapitre III : Implémentation et réalisation

## Sommaire

|   |   |
|---|---|
| Introduction général .....  | 1 |
| Chapitre I : Représentations de la fonction maintenance               |   |
| Introduction .....  | 2 |
| I Définition de fonction la maintenance .....                         | 2 |
| I.1.1 fonction la maintenance .....                                   | 2 |
| I.1.2 La Maintenance comme politique.....                             | 2 |
| I.1.3 L'environnement de la maintenance .....                         | 2 |
| I.1.4 La maintenance commence bien avant la première panne.....       | 2 |
| Le concept de Sûreté de fonctionnement regroupe 4 disciplines .....   | 2 |
| I.2 Représentations de la fonction maintenance .....                  | 3 |
| I.2.1 Les différents types de Maintenance.....                        | 3 |
| I.2.1.1 La maintenance corrective .....                               | 3 |
| Le fonctionnement la maintenance corrective .....                     | 3 |
| Le diagnostic : .....   | 3 |
| L'action curative : .....   | 3 |
| I.2.1.2 La maintenance préventive .....                               | 3 |
| L'intérêt d'une telle maintenance.....                                | 3 |
| Deux types de maintenance préventive .....                            | 3 |
| 1) La maintenance préventive systématique .....                       | 3 |
| La mise en place de cette maintenance .....                           | 4 |
| 2) La maintenance préventive conditionnelle .....                     | 4 |
| I.2.2 Représentation centrée sur les activités de maintenance .....   | 4 |
| 1.3 Représentation fonctionnelle de la maintenance .....              | 5 |
| 1.4 Découpages structurels et organisationnels de la maintenance..... | 6 |
| 1.5 Maintenance et cycle de vie .....                                 | 7 |
| 1.5.1 La phase de conception APS .....                                | 7 |
| 1.5.2 La phase de développement APD .....                             | 7 |
| 1.5.3 Les phases de fabrication et d'installation .....               | 8 |
| 1.5.4 La phase d'exploitation .....                                   | 8 |
| 1.5.4 La phase de démantèlement .....                                 | 9 |
| I.6 Fonctions de la maintenance .....                                 | 9 |

|   |    |
|---|----|
| I.7 Études de maintenance.....  | 10 |
| I.7.1 Objectifs généraux .....  | 10 |
| I.7.2 Analyse des besoins en fiabilité, maintenabilité, et soutien logistique ..... | 10 |
| I.7.3 Analyse du retour d'expérience .....  | 11 |
| I.7.4 Élaboration du programme de maintenance préventive.....                       | 12 |
| I.7.5 Détermination des pièces de rechange à tenir en stock.....                    | 13 |
| I.8 Conclusion .....  | 13 |
| Chapitre II :                   Ordonnancement des activités de maintenance         |    |
| Introduction .....  | 14 |
| II.1 Ordonnancement des activités .....   | 14 |
| II.1.1 Définition 1 .....   | 14 |
| II.1.2 Définition 2.....  | 14 |
| II.1.2.1 L'ordonnancement dans l' Étude.....  | 15 |
| II.1.2.2 L'ordonnancement dans la Production .....                                  | 15 |
| II.1.2.3 L'ordonnancement dans la Maintenance .....                                 | 15 |
| II.2 Rôle de la fonction.....   | 16 |
| II.3 Etapes d'ordonnancement.....   | 16 |
| II.3.1 La planification.....  | 16 |
| II.3.2 L'exécution.....   | 16 |
| II.3.3 Le contrôle.....   | 16 |
| II.4 Les règles de priorité .....   | 16 |
| First In First Out FIFO .....   | 17 |
| First In Last Out LIFO .....  | 17 |
| Earliest due date EDD.....  | 17 |
| Shortest processing time SPT.....   | 17 |
| Longest Processing Time LPT .....   | 17 |
| II.3.1 Exemple d'application des règles de priorités .....                          | 18 |
| II.4 présentation de la minoterie.....  | 19 |
| II.4.1 Schéma fonctionnel de la minoterie .....                                     | 19 |
| II.4.2 Les données concernant les durées de réparation des pannes .....             | 20 |
| II.5 Conclusion .....   | 21 |
| Chapitre III :                   Implémentation et réalisation                      |    |
| III.1 Introduction .....  | 22 |
| III.2 Langage du Programmation .....  | 22 |
| III.3 Modélisation de l'application.....  | 23 |
| III.4 Les tables de la base de données .....  | 24 |

---

|  |    |
|--|----|
| III .4.1 Table de la tache maintenance .....                   | 24 |
| III .4.2 Table Equipment .....                                 | 25 |
| III .4.3 Table Historique .....                                | 25 |
| III .5 Modélisation de données .....                           | 26 |
| III .6 Diagramme d'activité ordonnancement .....               | 27 |
| III.7 Présentation de l'application .....                      | 28 |
| III.7.1 Fenêtre Menu.....                                      | 28 |
| III.7.2 Fenêtre Equipment.....                                 | 28 |
| III.7.3 Fenêtre tache maintenance .....                        | 29 |
| III.7.4 Fenêtre historique .....                               | 29 |
| III.7.5 Fenêtre ordonnancement des taches de maintenance ..... | 30 |
| III.8 Conclusion.....  | 31 |
| Conclusion général.....  | 32 |

## Introduction générale

Les conditions économiques actuelles du marché mondial poussent les entreprises à améliorer, d'une manière récurrente, leur compétitivité et à anticiper les évolutions par une stratégie d'envergure, à mobiliser leurs ressources humaines et techniques et à les adapter à l'évolution du contexte. La fonction maintenance tient une position stratégique dans l'organisation de l'entreprise et répond à des besoins pour maîtriser techniquement et économiquement des équipements industriels. Les services maintenance, qui s'occupent de cette fonction, interviennent pour maintenir, en condition opérationnelle ou remettre en état de bon fonctionnement, tout équipement quelque soit sa nature. Quatre types d'approche de maintenance en découlent : la maintenance **préventive** (approche programmée), la maintenance **corrective** (approche réactive), **proactive** et **améliorative**.

La maintenance préventive est exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits, et est destinée à réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation du fonctionnement du bien. Quant à la maintenance corrective, elle est exécutée après la détection d'une panne et est destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise.

Nous situons notre travail dans le cadre de l'ordonnancement des tâches de maintenance. Dans le premier chapitre nous allons présenter la fonction de la maintenance dans un système de production, Nous rappelons dans le deuxième chapitre les différents éléments qui composent le problème d'ordonnancement, ainsi que les notations utilisées permettant de le caractériser, et dans le dernier chapitre nous présentons la conception et la réalisation de notre application

## Introduction

Nous présentons dans cette partie une synthèse bibliographique sur les principaux concepts de la fonction de maintenance, avec ses enjeux et ses différentes stratégies de mise en application.

Tout d'abord, nous précisons les évolutions que la maintenance a subie récemment, tant sur le plan technologique qu'organisationnel.

## I Définition de fonction la maintenance

### I.1.1 fonction la maintenance

La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié, ou dans un état où il est en mesure d'assurer un service déterminé. [Muller et al., 2005]

### I.1.2 La Maintenance comme politique

La maintenance est une politique qui prend en compte :

- le choix des méthodes d'entretien (les différents modes de maintenances)
- les améliorations
- la place des équipements dans le procédé de fabrication (hiérarchisation)
- la formation du personnel d'entretien et de production

### I.1.3 L'environnement de la maintenance

La maintenance s'intègre dans le concept global de la Sûreté de Fonctionnement, qui lui-même s'intègre dans l'Assurance Produit.

### I.1.4 La maintenance commence bien avant la première panne

- dès la conception : la maintenance s'intègre dans le concept de maintenabilité qui évalue la capacité d'un produit à être dépanné.
- à l'achat, c'est un conseil et aussi un argument.
- à l'installation, à la mise en route elle apporte une connaissance du produit.
- à l'utilisation, le rôle de la maintenance est triple : le dépannage, les actions préventives et la surveillance.

## Le concept de Sûreté de fonctionnement regroupe 4 disciplines

**La Fiabilité** : Aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans des conditions d'utilisation données à un instant donné. [AFNOR X-06-501]

**La Disponibilité** : Aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans des conditions d'utilisation données pendant une période donnée. [AFNOR X-06-010]

**La maintenabilité** : Aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il puisse accomplir une fonction requise lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions d'utilisation données avec des moyens et procédures prescrits. [AFNOR X-06-010]

**La sécurité** : Aptitude d'un dispositif à éviter de faire apparaître des événements critiques ou catastrophiques. [AFNOR X-06-010]

## I.2 Représentations de la fonction maintenance

### I.2.1 Les différents types de Maintenance

#### I.2.1.1 La maintenance corrective

Maintenance effectuée après la détection d'une panne et destiné à remettre une entité dans un état lui permettant d'accomplir une fonction requise. [AFNOR, 2001]

Cette maintenance est utilisée lorsque l'indisponibilité du matériel n'as pas de conséquences majeures sur le processus de production ou quand les contraintes de sécurité sont faibles.

#### Le fonctionnement la maintenance corrective

##### Le diagnostic :

Permet d'identifier la cause d'une panne à l'aide d'un raisonnement logique s'appuie sur :

- des schémas fonctionnels
- des tableaux du type effet, cause, remède.
- les tests
- des systèmes experts

##### L'action curative :

La réparation à caractère définitif qui est déduit du diagnostic et qui permet au système de fonctionner correctement, la réparation permet de :

- décomposer l'intervention en phases
- décrire précisément le travail
- allouer les temps
- définir mes moyens d'exécution
- définir les moyens de contrôle

#### I.2.1.2 La maintenance préventive

Maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu. [AFNOR (X-60-010)]

##### L'intérêt d'une telle maintenance

- Rendre possible la préparation, l'ordonnancement et la gestion des stocks
- augmenter la sécurité.
- Diminuer les travaux urgents.
- Favoriser la planification des travaux.
- Faciliter la gestion de la maintenance.

#### Deux types de maintenance préventive

##### 1) La maintenance préventive systématique

Maintenance préventive effectuée suivant un échéancier établi, suivant le temps ou le nombre d'unité d'usage. Cette maintenance comprend des inspections périodiques et des interventions planifiées. [Christine Lobè, 2006]

### La mise en place de cette maintenance

- Etude préalable pour déterminer un coût probable
- Planification des tâches et mesures de sécurité
- Préparation des documents
- Exécution des résultats : pour l'historique et le réajustement des fréquences

C'est une maintenance facile à gérer car les périodes d'interventions sont fixes elle permet d'éviter les détériorations importantes et diminuer les risques d'avaries imprévues

### 2) La maintenance préventive conditionnelle

Maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé révélateur de l'état du bien. [Kennedy et al., 2002]

Ses objectifs :

- Eviter les démontages inutiles liés au systématique, qui eux-mêmes peuvent engendrer des défaillances.
- Accroître la sécurité des biens et des personnes.
- Eviter les interventions d'urgences en suivant l'évolution dans le temps des débuts d'anomalies, afin d'intervenir dans les meilleures conditions.

Paramètres d'alerte :

- Contrôle du produit fabriqué (qualité, quantité, couleur)
- Contrôle des normes du matériel (vibrations, épaisseurs, températures)
- Contrôle des consommations.

### I.2.2 Représentation centrée sur les activités de maintenance

Toutes ces interventions techniques s'appuient sur des activités « amont » qui les organisent, leur fournissent des moyens, et qui interviennent pour beaucoup dans leur efficacité technico-économique :

- il faut établir des programmes de maintenance préventive et préparer les interventions ;
- il faut gérer des moyens logistiques (pièces de rechange, documentation, formation, outillages..)
- il faut ordonnancer : planifier les interventions, établir des plans de charge, communiquer et coordonner les activités... ;
- il faut faire de la gestion technique et économique : établir un budget, concevoir des tableaux de bord, suivre des contrats... ;
- il faut manager : définir les objectifs de maintenance, définir la stratégie, négocier les contrats, constituer des équipes...

Il y a aussi des activités « aval » qui bouclent le processus et qui permettent de progresser :

- la collecte et l'analyse du retour d'expérience ;
- le calcul d'indicateurs et de tableaux de bord.

La (figure 1) présente une décomposition selon cette logique axée sur l'intervention, qui souligne le découpage entre le correctif et le préventif. Cette représentation à l'avantage de bien identifier les deux grands types de maintenance et leurs fonctions supports.

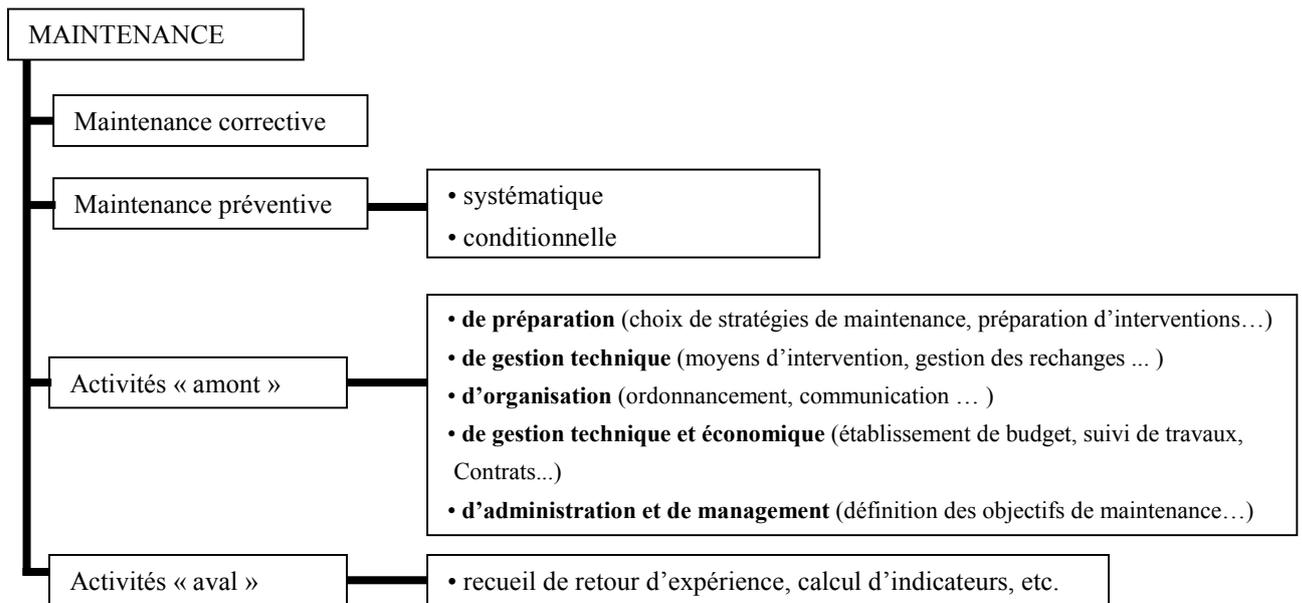


Figure 1 – Représentation de la fonction maintenance centrée sur les activités

[Antoine ,D.,2001]

### 1.3 Représentation fonctionnelle de la maintenance

La ( figure 2 ) propose une représentation de la fonction maintenance qui s'appuie d'une part sur une chronologie des actions à mener (**études, préparation, ordonnancement, réalisation**) et d'autre part sur les principales fonctions qui les sous-tendent (**approvisionnement, gestion...**).

Au centre, les activités à caractère « opérationnel », à commencer par les **études** qui analysent l'historique pour élaborer les programmes de maintenance préventive et déterminer les ressources nécessaires en moyens logistiques (outillage, rechanges...). La préparation et l'ordonnancement permettent ensuite de décrire et d'organiser les interventions en gérant les temps et en utilisant les moyens les mieux adaptés. La réalisation des interventions correctives et préventives, accompagnée de la collecte du retour d'expérience, constitue l'aboutissement de cette chaîne d'activités.

Celles-ci s'appuient sur des données de base à caractère générique établies en principe une fois pour toutes comme l'identification des matériels, les analyses de fonctionnement et de dysfonctionnement, l'organisation des ressources. Certaines activités de préparation, décrivant par exemple des démontages de matériel à caractère répétitif, en font également partie.

Dans le domaine du soutien logistique, on trouve la fonction « **approvisionnement** » qui sert à commander et à distribuer les pièces de rechanges et les matières nécessaires aux interventions ainsi qu'à négocier des prestations extérieures.

En lien avec l'approvisionnement, les gestions technique et budgétaire permettent de fournir et de surveiller les ressources requises.

En fin, une fonction de « **management** » orchestre l'ensemble et détermine la politique et la stratégie de maintenance.

Ce schéma met plus en évidence la circulation des informations et paraît mieux adapté pour servir de base à une réflexion sur l'organisation d'un service maintenance. Par contre, il ne fait pas apparaître clairement les objectifs et les interactions avec d'autres fonctions.

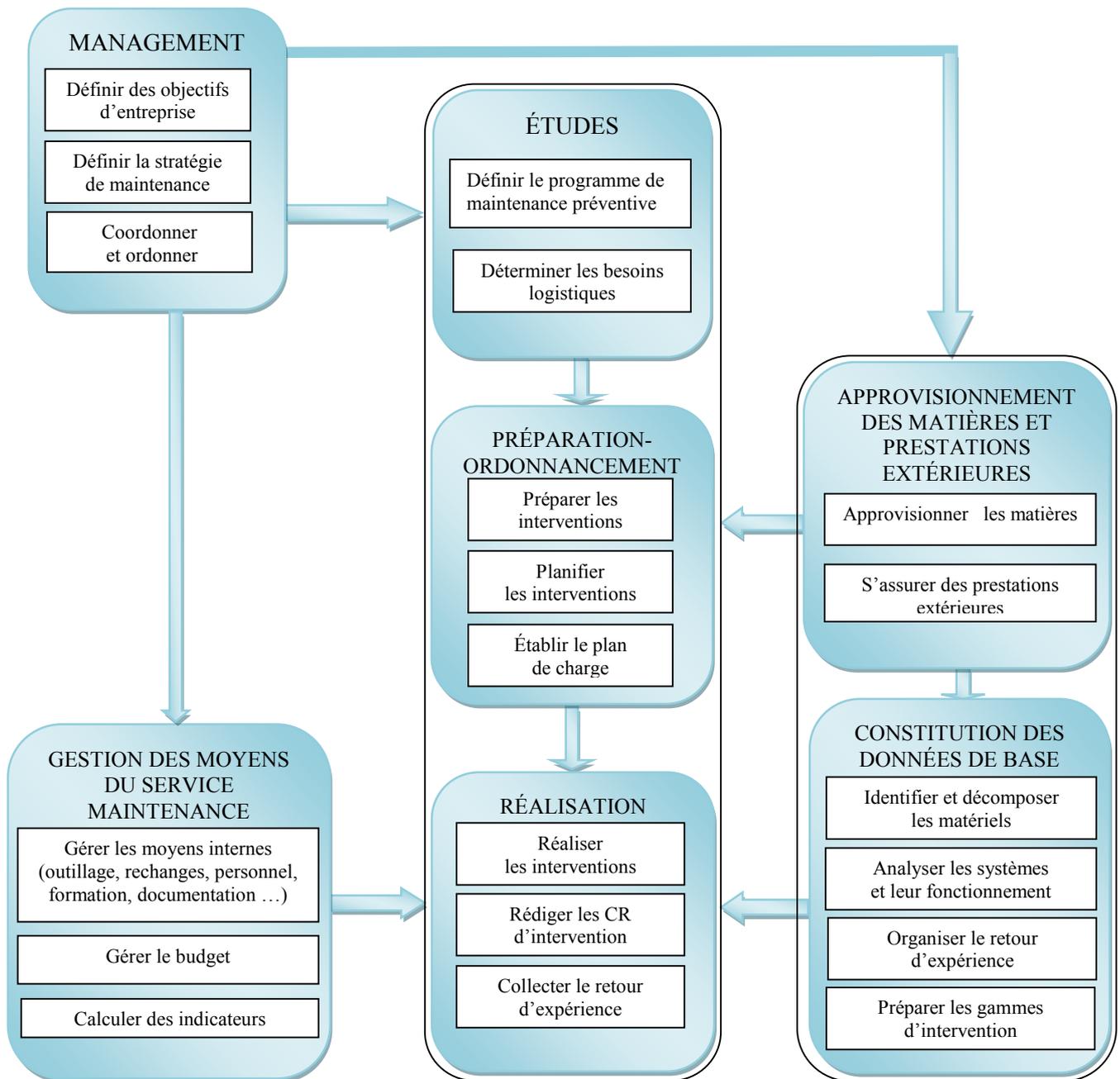


Figure 2 – Décomposition fonctionnelle de la maintenance

[Antoine ,D.,2001]

#### 1.4 Découpages structurels et organisationnels de la maintenance

À côté de ces exemples de représentation fonctionnelle de la maintenance, on trouve aussi des découpages structurels qui dépendent du fonctionnement de l'installation, de l'organisation de l'entreprise et de ses choix stratégiques.

La maintenance courante, réalisée en fonctionnement ou pendant de courts arrêts d'exploitation, et la maintenance effectuée durant les grands arrêts programmés. Il s'agit ici de distinguer les activités en fonction de la période durant laquelle la production est requise.

Cela implique généralement des différences quant à la profondeur d'intervention, la qualification des intervenants, la programmation du travail... ;

La maintenance « internalisée », exécutée par le personnel de l'entreprise, et la maintenance sous-traitée ou co-traitée. La classification porte sur l'appartenance, ou non, des intervenants à l'entreprise. Les relations contractuelles ont alors des caractéristiques différentes et le travail du personnel de l'entreprise change de nature, passant de l'exécution des tâches à leur contrôle ;

Les activités de maintenance effectuées au niveau d'un parc de production, par exemple celles qui sont à la charge des services centraux, et les activités de maintenance qui sont réalisées au niveau d'une usine. Cette double articulation des activités de maintenance est plus spécifique des parcs de production. Se posent alors les questions de niveau d'autonomie à laisser aux sites, ou au contraire de l'intérêt à mettre en facteur certaines activités.

Au niveau des interventions de maintenance, on trouvera également des découpages organisationnels :

- selon les métiers (robinetterie, machines tournantes, électricité, chaudronnerie, automatismes...)
- selon les matériels (par exemple : alternateurs, robinetterie, générateurs de vapeur...)
- selon les techniques (analyse vibratoire, thermographie, contrôles non destructifs...).

L'intérêt de ces décompositions est de différencier des domaines dont les caractéristiques conduisent à des activités de maintenance différentes. Elles ne permettent pas d'avoir une vue globale de la fonction mais présentent une complémentarité intéressante avec les représentations précédentes qui ne soulignent pas ces aspects.

## 1.5 Maintenance et cycle de vie

Un autre regard sur la fonction maintenance, complémentaire des précédents, consiste à la considérer selon les différentes phases du cycle de vie d'un bien (figure 3) : [Kennedy et al., 2002]

### 1.5.1 La phase de conception (APS)

C'est essentiellement lors de la phase de **conception** (avant-projet sommaire - APS) que se jouent les performances de « sûreté de fonctionnement ». C'est à ce moment qu'apparaissent les premières exigences de fiabilité et de maintenabilité des matériels. On y définit le « concept de maintenance » qui prévoit les bases de la politique générale de maintenance en précisant notamment où (sur place, en atelier, chez le constructeur), et par qui (personnel interne, entreprises prestataires), seront effectuées les interventions correctives et préventives selon leur niveau de complexité. Ces données déterminent les besoins en soutien logistique et permettent une première ébauche des programmes de maintenance préventive.

### 1.5.2 La phase de développement APD

Pendant la phase de **développement** (avant-projet détaillé - APD), des solutions techniques plus explicites sont élaborées et il devient possible de préciser les ressources nécessaires et de commencer à constituer la documentation technique. Ces analyses sont utiles pour faire des choix entre différentes alternatives de conception. Elles aident aussi à préciser les performances que l'on peut exiger dans les spécifications, et à vérifier celles annoncées par les constructeurs dans les réponses aux appels d'offres.

### 1.5.3 Les phases de fabrication et d'installation

Pendant les phases de **fabrication et d'installation**, on réalise des contrôles de qualité, puis des essais de référence qui pourront être utiles par la suite pour surveiller l'évolution des dégradations. C'est le début de l'approvisionnement en pièces de rechange et en outillage. Les moyens de soutien logistique et les programmes de maintenance sont vérifiés avant la mise en service industrielle

| Activités de maintenance   | Conception<br>APS | Développement<br>APD | Fabrication | Installation | Exploitation | Démantèlement |
|--|-------------------|----------------------|-------------|--------------|--------------|---------------|
| • Définition des exigences de fiabilité, de maintenabilité et de testabilité             | ←→                |                      |             |              |              |               |
| • Définition des besoins généraux en soutien logistique                                  | ←→                |                      |             |              |              |               |
| • 1 <sup>re</sup> définition des maintenances préventive et corrective                   | ←→                |                      |             |              |              |               |
| • Détermination des ressources nécessaires à la maintenance                              |                   | ←→                   |             |              |              |               |
| • Élaboration de la documentation technique  |                   | ←→                   |             |              |              |               |
| • Vérification du soutien logistique et des activités de maintenance                     |                   |                      | ←→          |              |              |               |
| • Tests et collecte d'informations utiles à la maintenance avant MSI                     |                   |                      | ←→          |              |              |               |
| • Approvisionnement en matières et pièces de rechange, outillage, systèmes d'information |                   |                      | ←→          |              |              |               |
| • Préparation-ordonnancement   |                   |                      |             |              | ←→           |               |
| • Mise en œuvre de la maintenance  |                   |                      |             |              | ←→           |               |
| • Évaluation de la maintenance   |                   |                      |             |              | ←→           |               |
| • Amélioration de la maintenance   |                   |                      |             |              | ←→           |               |
| • Activités de maintenance en phase de démantèlement                                     |                   |                      |             |              |              | ←→            |

Figure3 – La maintenance pendant le cycle de vie

[Antoine ,D.,2001]

### 1.5.4 La phase d'exploitation

C'est pendant la phase **d'exploitation** que les interventions préventives et correctives sont réalisées après avoir été généralement préparées et ordonnancées. Le processus d'amélioration continue de la maintenance est mis en œuvre pour adapter les actions en fonction du retour d'expérience, de l'évolution des conditions de fonctionnement, des avancées techniques, et de diverses contraintes d'exploitation (en particulier la réglementation).

La gestion et l'approvisionnement en pièces de rechange et le management de l'obsolescence de certains équipements sont effectués pour limiter les durées d'indisponibilité tout en maîtrisant les coûts.

### 1.5.4 La phase de démantèlement

Le **démantèlement** est la dernière phase d'un cycle de vie. Bien que la destruction d'un bien ne soit pas une activité de maintenance, pour certains ensembles industriels (industrie nucléaire par exemple), elle dure parfois longtemps et devient en quelque sorte une nouvelle « phase d'exploitation » pendant laquelle des opérations de maintenance doivent être réalisées, en particulier sur les structures et les systèmes de sauvegarde. Il arrive également que le démantèlement soit repoussé pour faire place à une phase d'attente qui laisse la possibilité d'une remise en service dans un délai donné.

Pendant cette période, qui peut correspondre à « une mise sous cocon », une stratégie de maintenance particulière doit être appliquée.

## I.6 Fonctions de la maintenance

C'est sur les données décrites brièvement ci-dessus que s'appuieront les différentes fonctions de la maintenance :

La fonction « **études** » pour déterminer :

- pourquoi on fait de la maintenance (dans quels buts) ;
- sur quoi on en fait (sur quels matériels) ;
- qu'est-ce qu'on fait (quel type de tâche appliquer) ;
- quelle est l'efficacité technico-économique des actions effectuées ;
- quelles sont les ressources globales nécessaires.

• La fonction « **préparation des travaux** » pour savoir :

- comment on fait précisément (description détaillée des tâches) ;
- avec quoi on fait précisément (quels sont les moyens nécessaires à une tâche).

• La fonction « **ordonnement** » pour décider :

- comment on planifie les ressources ;
- quand on réalise les tâches.

• La fonction « **réalisation** » pour :

- exécuter les tâches ;
- collecter les données du retour d'expérience.

• La fonction « **gestion des moyens du service maintenance** » pour déterminer :

- comment on s'organise ;
- combien ça coûte.

• La fonction « **approvisionnement des matières et des prestations extérieures** » pour :

- mettre à disposition les ressources externes nécessaires.

• La fonction « **management** » pour dire :

- qui est responsable des différentes activités ;
- quels sont les écarts par rapport aux objectifs globaux ;
- où des améliorations doivent être apportées.» [Antoine ,D.,2001]

## I.7 Études de maintenance

### I.7.1 Objectifs généraux

La maintenance doit être orientée par les objectifs généraux de l'entreprise et se réguler à partir de l'écart constaté entre les performances attendues et celles qui sont observées.

Il est donc utile, en premier lieu, d'identifier les performances attendues sur lesquelles la maintenance pourra avoir un effet de levier important :

- ❖ la disponibilité de l'outil de production, compte tenu de sa capacité et de la demande du marché ;
- ❖ la qualité du service ou du produit délivré ;
- ❖ le coût d'exploitation qui comprend en particulier les coûts de maintenance et la réduction de surcoûts qui peuvent être induits par un rendement insuffisant ;
- ❖ la durée d'exploitation de l'installation.

La maintenance contribue également à faire respecter des contraintes qui sont généralement :

- ❖ la sécurité des personnes ;
- ❖ la préservation du patrimoine ;
- ❖ l'innocuité pour l'environnement.

Ces performances et contraintes sont, pour certaines, antagonistes et les objectifs assignés ne peuvent être que le résultat d'un compromis. C'est à partir de celui-ci que les activités de maintenance doivent être définies et planifiées. Il faut donc se munir de moyens de mesure de ces critères, de valeurs cibles et de niveaux de satisfaction pour orienter les stratégies de maintenance et permettre au management de prendre des décisions.

La fonction études rassemble toutes les analyses effectuées à l'abri de la pression du quotidien pour définir une stratégie de maintenance en se fixant des objectifs mesurables. Elle inclut :

- ❖ l'analyse des besoins en fiabilité, maintenabilité et soutien logistique ;
- ❖ l'analyse du retour d'expérience ;
- ❖ l'élaboration du programme de maintenance préventive ;
- ❖ la détermination des pièces de rechange et des matières à tenir en stock ;
- ❖ les études de modifications de matériels ;
- ❖ une participation à la définition du cahier des charges des investissements.

### I.7.2 Analyse des besoins en fiabilité, maintenabilité, et soutien logistique

Les études de maintenance commencent par une identification des conditions de fonctionnement des biens et la définition des objectifs visés. C'est sur cette base, et sur les contraintes à respecter, qu'il devient possible d'allouer aux biens des valeurs quantitatives ou qualitatives de fiabilité et de maintenabilité opérationnelle, et de définir les moyens logistiques nécessaires (figure 6).

Ontiendra compte pour cela des fonctions qui sont remplies par les matériels et qui peuvent être :

- ❖ participer à la production ;
- ❖ préserver des fonctions en cas de dysfonctionnement de certains équipements ;
- ❖ préserver d'autres biens contre des dommages ;
- ❖ préserver des personnes contre des accidents ou des atteintes à leur santé ;
- ❖ préserver l'environnement ;
- ❖ permettre ou faciliter des interventions de maintenance.

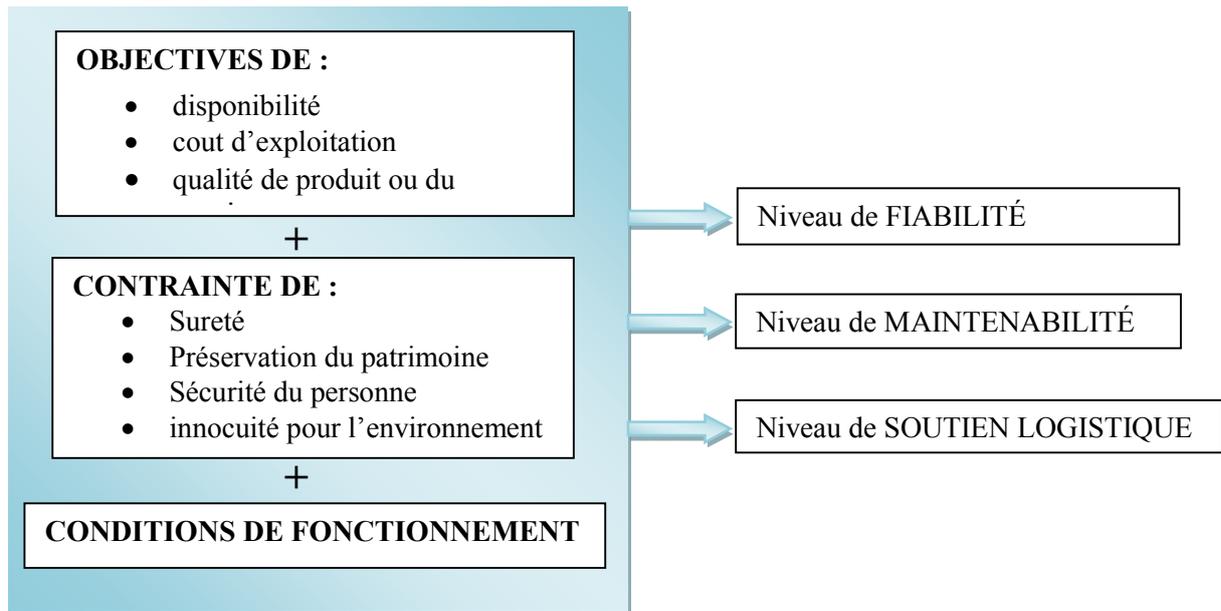


Figure 4 – Définition des niveaux de fiabilité, maintenabilité et des moyens logistiques

[Antoine ,D.,2001]

Le responsable de maintenance doit avoir une vision fonctionnelle. Une vision trop matérielle, qui recherche généralement pour chaque bien une fiabilité maximale sans se préoccuper des conséquences des défaillances, risque de conduire à une maintenance excessive incompatible avec les objectifs de coût et de disponibilité. La fiabilité est donc un moyen qu'il faut ajuster pour assurer une production de qualité au meilleur coût.

Il en est de même pour la maintenabilité et les ressources logistiques qui vont déterminer les possibilités d'intervention et leur durée. Ce sont donc les objectifs et les contraintes, conjuguées avec les conditions de fonctionnement, qui définissent les niveaux de fiabilité, de maintenabilité et de soutien logistique nécessaires.

### I.7.3 Analyse du retour d'expérience

Pour pouvoir déterminer le programme d'actions de maintenance préventive à entreprendre ainsi que le soutien logistique (rechanges, outillage, personnel...), outre les performances attendues qui résultent de l'analyse des besoins, il est nécessaire de disposer d'un retour d'expérience. Idéalement, celui-ci peut être constitué :

- ❖ de l'ensemble des événements qui sont observés sur les équipements (les défaillances, leurs modes, leurs effets, leurs causes, leur localisation et leur date, les conditions d'exploitation et les informations utiles relatives aux biens et à leurs réparations) ;
- ❖ des interventions préventives et de leurs résultats (dégradations constatées, remplacements et mises en état effectuées, et les informations utiles relatives aux actions réalisées).

Dans les faits, la collecte de l'historique est souvent incomplète. Une part plus ou moins grande des informations utiles est perdue, ou reste disséminée dans la mémoire des intervenants. Pour s'assurer de la crédibilité des données utilisées, ou pour la renforcer, il est donc important de mener des actions complémentaires.

En particulier :

- ❖ passer par une phase de validation en sachant que celle-ci sera d'autant plus longue et difficile qu'elle sera éloignée, dans le temps, de l'événement ;
- ❖ s'attacher à constituer des familles rassemblant des matériels dont les caractéristiques technologiques et les conditions de fonctionnement sont suffisamment proches pour justifier d'un comportement similaire. On pourra en particulier chercher à profiter du retour d'expérience provenant d'autres exploitants ;
- ❖ compléter les données prises en compte par des avis d'experts. Pour cela, il faut établir une coopération et des échanges techniques entre le constructeur et le service maintenance de l'utilisateur pendant toutes les phases du cycle de vie de l'installation.

On pourra également utiliser comme référence les résultats des tests de fiabilité et de maintenabilité qui auront pu être effectués avant la mise en service.

#### **I.7.4 Élaboration du programme de maintenance préventive**

Quoique l'on fasse, il subsistera des risques de défaillances résiduelles et il est préférable de concevoir la maintenance corrective non pas comme un échec du préventif mais comme un type d'intervention complémentaire. Le responsable de maintenance doit choisir la maintenance préventive qu'il effectuera et, autant que possible, la part qu'il laissera à la maintenance corrective.

Ce choix est basé sur l'analyse des conséquences des défaillances. Le retour d'expérience disponible est utilisé pour évaluer les risques vis-à-vis des enjeux de l'entreprise, ce qui permet de les comparer aux effets des interventions préventives qui réduiraient ces risques. La décision prise par le responsable de maintenance repose sur une analyse plus ou moins approfondie qui compare les conséquences de différentes alternatives possibles en termes de sûreté de fonctionnement, de coûts, et de qualité de la production.

L'élaboration d'un programme de maintenance préventive a pour but de choisir où seront réalisées les interventions préventives (sur quels biens), quel type d'intervention sera effectué, et quand elle le sera. À ces décisions technico-économiques s'ajoutent des choix d'organisation faits par le management, qui conduisent à répartir les tâches et les responsabilités entre les différents acteurs (opérateurs de production ou de conduite, agents de maintenance de l'entreprise, prestataires de services). Des méthodes spécifiques peuvent éventuellement être utilisées pour éclairer ces décisions (OMF : Optimisation de la Maintenance par la Fiabilité , TPM : Total Productive Maintenance ). Leur application, outre la définition du programme de maintenance, peut également conduire à modifier les biens, à améliorer les modes opératoires, ou à faire évoluer l'organisation.

### **I.7.5 Détermination des pièces de rechange à tenir en stock**

Le délai d'approvisionnement des pièces de rechange et parfois les risques d'obsolescence de certains équipements ou composants conduisent les entreprises à constituer des stocks pour limiter les conséquences des défaillances, notamment sur la disponibilité. La liste des articles à tenir en magasin est établie en tenant compte :

- des conditions de fonctionnement, de la fiabilité intrinsèque des biens, et de la durée d'exploitation attendue de l'installation, qui influent sur la consommation des articles ;
- du délai d'approvisionnement qui peut allonger le temps d'indisponibilité des biens ;
- des coûts d'achat et de stockage des articles et des coûts financiers ;
- du manque à gagner dû à l'indisponibilité des biens en panne ;
- de la maintenabilité des biens qui conditionne à la fois le niveau des pièces en stock dans la décomposition des matériels et le temps de réparation.

Ce travail peut être effectué sur la base du retour d'expérience analysé et des recommandations du constructeur. La quantité de pièces de rechange à commander est calculée en tenant compte de leur consommation et de leurs coûts d'achat, de possession, et d'approvisionnement. Les seuils de réapprovisionnement sont établis en fonction des risques de rupture de stock.

Pour ce qui concerne les pièces de rechange utilisées lors des interventions de maintenance préventive,

### **I.8 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons défini la fonction de maintenance, Nous présentons par la suite la fonction de l'ordonnancement des activités de maintenance par les règles de priorité.

## Introduction

La réalisation d'un projet nécessite souvent une succession de tâches auxquelles s'attachent certaines contraintes :

**De temps** : délais à respecter pour l'exécution des tâches ;

**D'antériorité** : certaines tâches doivent s'exécuter avant d'autres ;

**De production** : temps d'occupation du matériel ou des hommes qui l'utilisent..

Les techniques d'ordonnancement dans le cadre de la maintenance ont pour objectif de répondre au mieux aux besoins exprimés par un client, au meilleur coût et dans les meilleurs délais, en tenant compte des différentes contraintes.

## II.1 Ordonnancement des activités

La fonction ordonnancement consiste à engager les moyens nécessaires, au moment où il le faut, pour satisfaire au mieux les objectifs de performance de l'entreprise (disponibilité, coûts, etc.).

Elle prend sa place entre la préparation et la réalisation. À partir ses informations qui proviennent de la préparation et qui indiquent la charge de travail, les contraintes et les moyens nécessaires en compétences, outillages et pièces de rechange, elle détermine quand la tâche peut être réalisée, et qui doit la réaliser.

Enfin, elle ait en sorte de fournir et de gérer l'ensemble de ces moyens. Il s'agit bien ici de la « fonction » ordonnancement. Selon l'organisation de l'entreprise, la tâche de désigner qui doit effectuer les travaux peut être du ressort d'un préparateur ou de tout autre responsable de maintenance. [J. Kaabi, C. Varnier, and N. Zerhouni ; 04 ]

### II.1.1 Définition 1. 1 [CC88]

Ordonnancer, c'est programmer l'exécution d'une réalisation en attribuant des ressources aux tâches et en fixant leurs dates d'exécution. Les problèmes d'ordonnancement, apparaissent dans tous les domaines de l'économie: l'informatique, la construction (suivi de projet), l'industrie (problèmes d'ateliers, gestion de production), l'administration (emploi du temps).

### II.1.2 Définition 1 .2 [juan\_ordonnancement , 1999]

Un problème d'ordonnancement consiste à organiser dans le temps la réalisation de tâches, compte tenu de contraintes temporelles (délais, contraintes d'enchaînement) et de contraintes portant sur la disponibilité des ressources requises.

L'Ordonnancement appartient aux trois fonctions techniques de l'industrie:

- Études
- Production
- Maintenance

### II.1.2.1 L'ordonnancement dans l' Étude

Un ordonnancement constitue une solution au problème d'ordonnancement. Il est défini par le planning d'exécution des tâches (« ordre » et « calendrier ») et d'allocation des ressources et vise à satisfaire un ou plusieurs objectifs.

### II.1.2.2 L'ordonnancement dans la Production

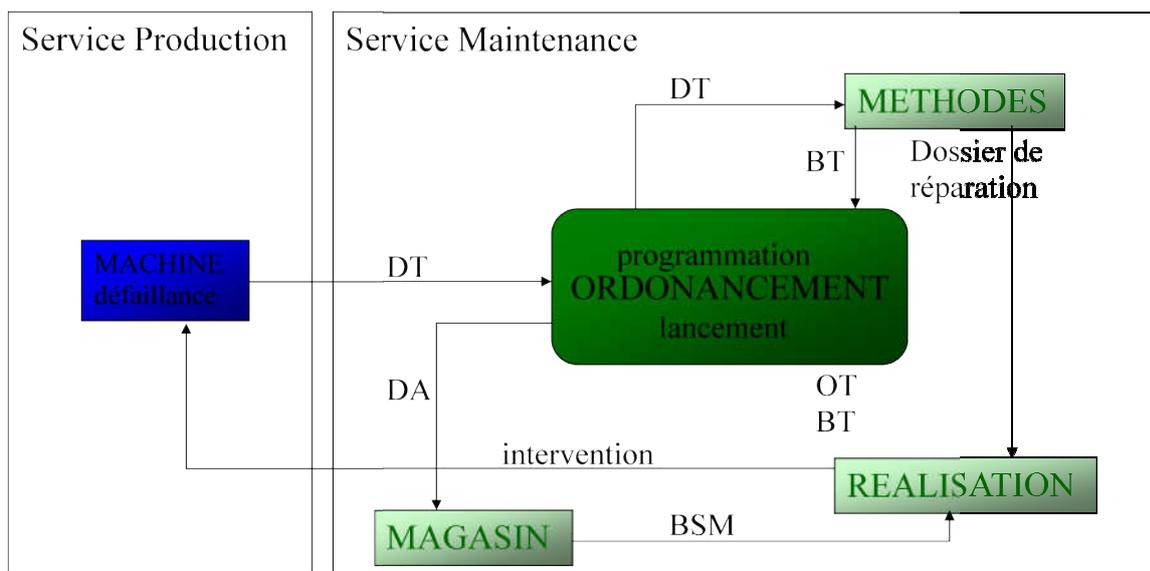
En production (manufacturière, de biens, de service), on peut le présenter comme un problème où il faut réaliser le déclenchement et le contrôle de l'avancement d'un ensemble de commandes à travers les différents centres composant le système.

### II.1.2.3 L'ordonnancement dans la Maintenance

Systeme de communication relatif à une intervention corrective, entre le moment d'apparition et la remise a niveau de l'équipement défaillant

Pour pouvoir fonctionner correctement le service d'ordonnancement a besoins d'informations provenant du bureau des méthodes

Ces principales:



DT = Demande de Travail

OT = Ordre de Travail

BT = Bon de Travail

DA = Demande d'approvisionnement

BSM = Bon de Sortie de Magasin

Figure 5 – Principales d'ordonnancement dans la Maintenance

[juan\_ordonnancement , 1999]

## II.2 Rôle de la fonction

L'ordonnancement est avant tout un travail d'organisation qui se situe entre une action demandée sur un bien et la remise de celui-ci à la disposition de l'exploitant ou de l'utilisateur. Son rôle consiste :

- dans le cas d'événements fortuits : à planifier les interventions qui font suite à des ordres de travaux ;
- à déclencher la maintenance préventive à partir des échéanciers en tenant compte des contraintes de production ;
- à assurer un suivi des interventions en remettant à jour la planification et en coordonnant les travaux, de manière à assurer une chronologie optimale conforme aux exigences liées à la disponibilité de la production et à la sécurité

L'ordonnancement doit donc intégrer des impératifs d'exploitation, des données qui proviennent de la préparation (charge de travail prévue, enchaînement des tâches...) et les données relatives à la disponibilité des moyens nécessaires. Il y a dans cette activité une forte demande en informations.

## II.3 Etapes d'ordonnancement

L'ordonnancement se déroule en trois étapes :

**II.3.1 La planification** : qui vise à déterminer les différentes opérations à réaliser, les dates correspondantes, et les moyens matériels et humains à y affecter.

**II.3.2 L'exécution** : qui consiste à la mise en œuvre des différentes opérations définies dans la phase de planification.

**II.3.3 Le contrôle** : qui consiste à effectuer une comparaison entre planification et exécution, soit au niveau des coûts, soit au niveau des dates de réalisation.

## II.4 Les règles de priorité

Les règles de priorité sont des critères sur la base desquels s'appuie la décision de lancer un ordre ou une commande parmi plusieurs qui sont en cours. Que se soit dans un atelier de fabrication ou dans le cadre d'un projet, un nombre réduit de ressources est utilisé pour réaliser un ensemble d'opérations parfois non rattachées à une même gamme. Lorsqu'une opération est terminée à un poste de travail, l'opérateur utilise une règle de priorité pour déterminer laquelle sera la suivantes parmi celles qui sont en attente. Il s'agit en d'autres termes de définir la séquence des opérations au niveau d'un atelier ou poste de travail en s'appuyant sur une seule règle.

Voici en somme les règles standards de priorité utilisées dans l'ordonnancement de la maintenance : **[kaabi ,2004]**

**FIFO : First In First Out** (Premier Entrée, Premier Sortie)

La priorité est donnée aux opérations/commandes selon leur ordre d'arrivée, Les tâches sont classées dans leur ordre d'arrivée, soit par ordre de fin de la tâche précédente croissante. Cette règle se traduit simplement par la gestion de file d'attente.

**LIFO : First In First Out** (Dernier Entrée, Premier Sortie)

La priorité est donnée aux opérations/commandes qui arrivent en retard (*Traitement par ordre décroissant du temps d'arrivé*);

**EDD : Earliest due date** (Délais de livraison le plus proche)

Les tâches sont classées par ordre de date d'échéance croissante. Autrement dit, on donne priorité aux travaux les plus pressés. Cette règle de bon sens va souvent donner de bons résultats lorsque l'on cherche à diminuer les retards. Elle peut cependant s'avérer pénalisante dans plusieurs circonstances:

- plusieurs tâches sont en retard. Dans ce cas, on risque de donner priorité à des tâches déjà en retard, et ce faisant créer encore plus de retard.
- les durées opératoires sont très variables. Dans ce cas, donner priorité en utilisant EDD à une tâche longue peut entraîner un retard de plusieurs tâches plus courtes, qui auraient pu être faites rapidement.

**SPT : Shortest processing time** (Délai de Fabrication le plus Court)

L'idée de cette règle est de faire au plus tôt les tâches les plus courtes pour "vider" l'atelier d'un maximum de travaux. Cette règle a pour but de diminuer l'encours moyen.

Comme la précédente, cette règle a ses limites. Si l'horizon est glissant, une tâche longue va toujours être "doublée" par les tâches plus courtes qui arrivent après elle. Si l'horizon est fixe (on fait périodiquement l'ordonnancement) les tâches longues seront faites en fin de période et les courtes en début.

Généralement, cette règle est "couplée" avec des principes de bon sens évitant ces problèmes. C'est le cas par exemple de la séparation en deux flux "caisses rapides" "caisses normales" dans les épiceries. Les caisses rapides sont une manière de prioriser les tâches courtes, mais on s'assure (aux caisses normales) que tout le monde sera servi.

**LPT (Longest Processing Time)** (Temps de Fabrication le plus long) :

la priorité est donnée aux opérations/commandes qui ont un temps de fabrication le plus long. On parle aussi de (*Traitement par ordre décroissant du temps opératoire*)

### II.3.1 Exemple d'application des règles de priorités

Pendant la maintenance d'équipement, les différentes commandes (tâches à effectuer) sont reçues et numérotées selon leur ordre d'arrivée. Sur la table des commandes, on lit le temps de réparation nécessaire et le délai de livraison.

| N° tâche maintenance | Code | Temps de réparation (jours) | Date plus tôt | Date plus tard | Nbr de jours restant avant la date plus tard |
|----------------------|------|-----------------------------|---------------|----------------|--|
| 1                    | A    | 2                           | 6/07          | 13/07          | 7  |
| 2                    | B    | 4                           | 8/07          | 15/07          | 9  |
| 3                    | C    | 3                           | 11/07         | 16/07          | 5  |
| 4                    | D    | 3                           | 15/07         | 21/07          | 6  |
| 5                    | E    | 2                           | 18/07         | 20/07          | 2  |

**Résultat par règle de priorité :**

| Séquence        | FIFO | LIFO | SPT | LPT | EDD |
|-----------------|------|------|-----|-----|-----|
| 1 <sup>er</sup> | A    | E    | A   | B   | E   |
| 2 <sup>e</sup>  | B    | D    | E   | C   | C   |
| 3 <sup>e</sup>  | C    | C    | C   | D   | D   |
| 4 <sup>e</sup>  | D    | B    | D   | A   | A   |
| 5 <sup>e</sup>  | E    | A    | B   | E   | B   |

A la suite de ces résultats, plusieurs analyses peuvent être entreprises. Il est par exemple important de savoir, selon la règle choisie,

- Les dates de fin réelles des tâches ;
- Le retard subit par chaque tâche (en nombre de jours) ;
- Le nombre de tâches en retard ;

Ces règles de priorité sont les plus adaptées pour faire un ordonnancement des tâches maintenances dans notre système

## II.4 présentation de la minoterie

### II.4.1 Schéma fonctionnel de la minoterie

Ce diagramme représente la relation fonctionnelle entre les équipements de la minoterie.

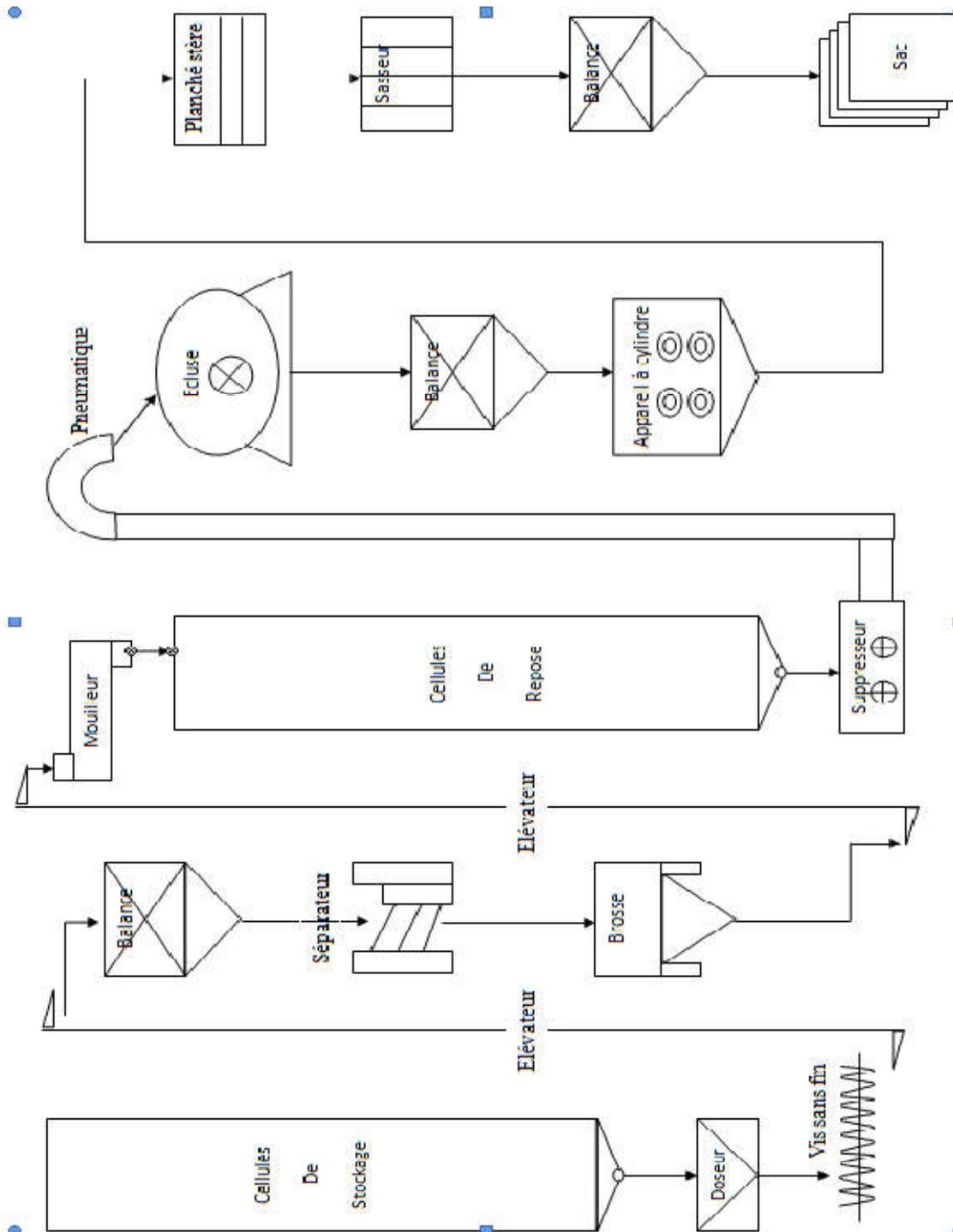


Figure 6 – Schéma fonctionnel de la minoterie de Mahdia

### II.4.2 Les données concernant les durées de réparation des pannes

Nous avons développé un système pour d'ordonnancement des activités de maintenances basée sur les données concernant les pannes possibles et leurs durées de réparations qui ont été acquises de la minoterie de **Mahdia**.

| N° | machines          | Fonctionnement                                       | Problemes                           | Pannes possibles                               | Durée de réparation/jour |
|----|-------------------|--|-------------------------------------|--|--------------------------|
| 1  | Doseur            | <i>Déterminer la quantité de blé passé</i>           | Blocage de la vis de doseur         | les joints d'étanchéité sont défectueux        | 4                        |
|    |                   |  |                                     | la vis de réglage tourne vers extérieur        | 6                        |
|    |                   |  |                                     | la vis de réglage ne tourne pas vers extérieur | 7                        |
| 2  | Vis sans fin      | <i>Transporter de blé</i>                            | Le blé n'arrive pas                 | le moteur électrique est en panne              | 3                        |
|    |                   |  |                                     | la vis sans fin est bloquée                    | 2                        |
|    |                   |  |                                     | la vis sans fin est coupée                     | 3                        |
| 3  | Élévateur à godet | <i>Transport de blé à partir du bas vers le haut</i> | Le blé n'arrive pas en haut         | le moteur électrique est en panne              | 3                        |
|    |                   |  |                                     | les godets sont cassés                         | 4                        |
| 4  | Séparateur        | <i>Séparation des impuretés du blé</i>               | Le séparateur est bloqué            | le vibreur est en panne                        | 6                        |
| 6  | Brosse            | <i>Trou nettoyer la poussière du blé</i>             | Les graines de blé dans les déchets | le tamis est troué                             | 8                        |
|    |                   |  | Blocage de la brosse                | le moteur électrique est en panne              | 3                        |
|    |                   |  |                                     | Courroie est coupée                            | 2                        |
| 7  | Le mouilleur      | <i>Laver le blé</i>                                  | Blocage du mouilleur                | le moteur électrique est en panne              | 3                        |
|    |                   |  |                                     | la Courroie est coupée                         | 2                        |
|    |                   |  |                                     | le mélangeur est bloqué                        | 6                        |
| 8  | Suppresseur       | <i>pneumatique</i>                                   | N'arrive pas la pression            | fuite au niveau de tube                        | 3                        |
|    |                   |  |                                     | le moteur électrique est en panne              | 3                        |
|    |                   |  |                                     | la Courroie est coupée                         | 2                        |
|    |                   |  |                                     | le tube en panne                               | 4                        |
| 9  | Ecluse            | <i>Séparation des produits de l'air</i>              | Blocage de l'écluse                 | le moteur électrique est en panne              | 3                        |
|    |                   |  |                                     | les bagues sont usées                          | 5                        |

|                    |                           |                                       |                          |  |    |
|--------------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--|----|
| 10                 | Appareil à cylindre       | <i>mouture<br/>meulage<br/>broyer</i> | Les bruits               | les roulements sont usés                           | 6  |
|                    |                           |                                       |                          | les cylindres sont déformés                        | 7  |
|                    |                           |                                       |                          | les pignons sont usés                              | 7  |
|                    |                           |                                       |                          | distributeur est en panne                          | 3  |
|                    |                           |                                       | Mauvaise mouture         | les cylindres sont usées                           | 5  |
| 11                 | Planchister               | <i>tamisage de la<br/>farine</i>      | Bruit                    | les roulements sont usées                          | 5  |
|                    |                           |                                       |                          | l'axe excentrique est en panne                     | 9  |
|                    |                           |                                       |                          | les rotins sont défectueuses                       | 6  |
|                    |                           |                                       | Arrêt                    | la Courroie est coupée                             | 2  |
|                    |                           |                                       |                          | le moteur électrique est en panne                  | 3  |
|                    |                           |                                       | Blocage                  | le tamis est perforé                               | 5  |
| il y a un bourrage | 3                         |                                       |                          |  |    |
| 12                 | Sasseur                   | <i>sasser la<br/>farine</i>           | Bruit                    | les bielles sont défectueuses                      | 3  |
|                    |                           |                                       |                          | l'axe excentrique est en panne                     | 6  |
|                    |                           |                                       |                          | les sabots sont défectueux                         | 5  |
| 13                 | Compresseur               | <i>Engendre de<br/>l'air</i>          | N'arrive pas la pression | le Moteur électrique est en panne                  | 3  |
|                    |                           |                                       |                          | il y a une fuite d'air                             | 5  |
| 14                 | Filtre                    | <i>Filtrage de la<br/>farine</i>      | Manque de la pression    | les électrovannes sont en pannes                   | 6  |
|                    |                           |                                       |                          | les membranes sont percées                         | 2  |
|                    |                           |                                       |                          | les soupapes sont défectueuses                     | 10 |
| 15                 | Ventilateur haut pression | <i>L'aide de<br/>filtrage</i>         | Bruit                    | les roulements sont usés                           | 5  |
|                    |                           |                                       |                          | corps étranges ou la poussière dans le ventilateur | 1  |
|                    |                           |                                       | Arrêt                    | le moteur électrique est en panne                  | 3  |
|                    |                           |                                       |                          | les Soupapes d'ouverture en panne                  | 7  |

Figure 7– durées de réparation des pannes possibles

## II.5 Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons présenté quelques notions de base concernant les Problèmes d'ordonnancement des activités de la maintenance et la modélisation de notre système. Dans le chapitre suivant nous présentons l'implémentation de notre application.

### III.1 Introduction

Dans ce chapitre nous présentons la modalisation et la réalisation de notre application pour ordonnancer les activités de maintenance

### III.2 Langage du Programmation

Pour la réalisation de notre projet on a choisi **Windev10** comme un langage de programmation parce qu'il est simple à utiliser.

La figure suivante présente l'interface principale de langage **Windev10**

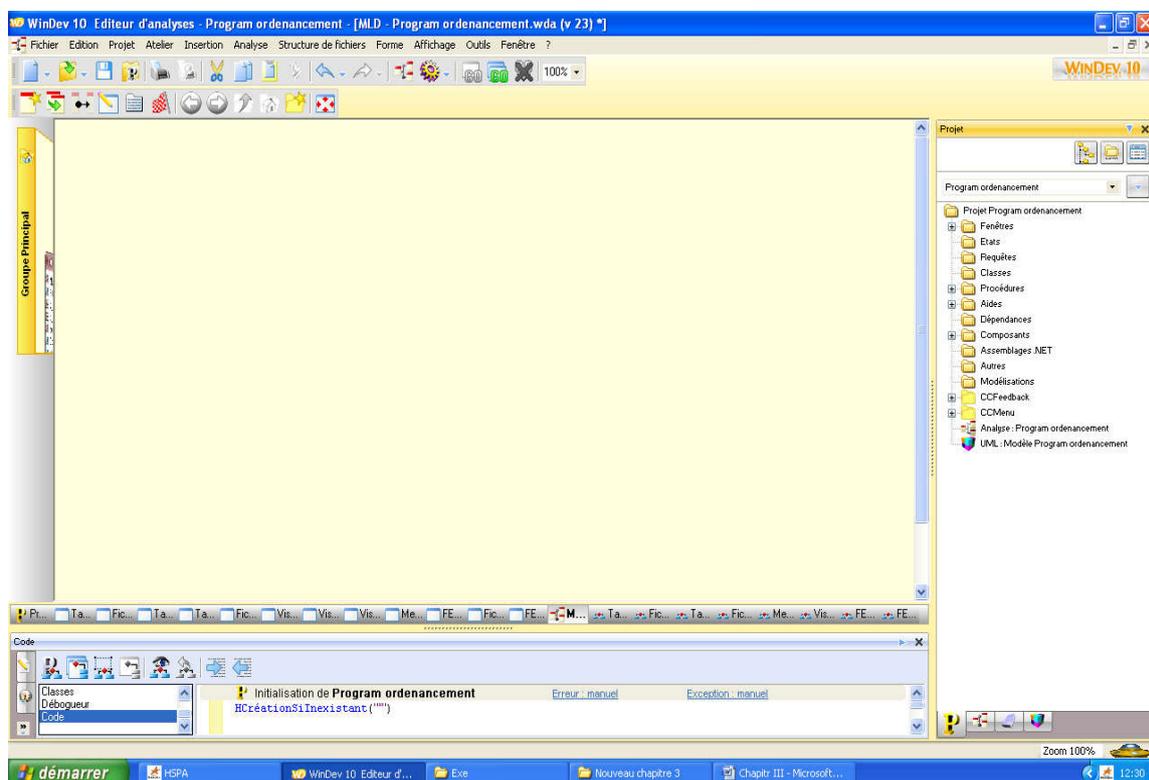


Figure 8 - Fenêtre principale de Windev10

### III.3 Modélisation de l'application

Le système est basé sur deux étapes principales :

Pendant la première étape on vérifié si cette tache de maintenance est disponible (compétence, pièce rechange et outils) sinon elle est reste en attente

Pendant la deuxième étape le system faire la classification les taches maintenance par date selon la règle du priorité choisie ( FIFO , LIFO , SPT , LPT ,EDD ). [ Figure 8]

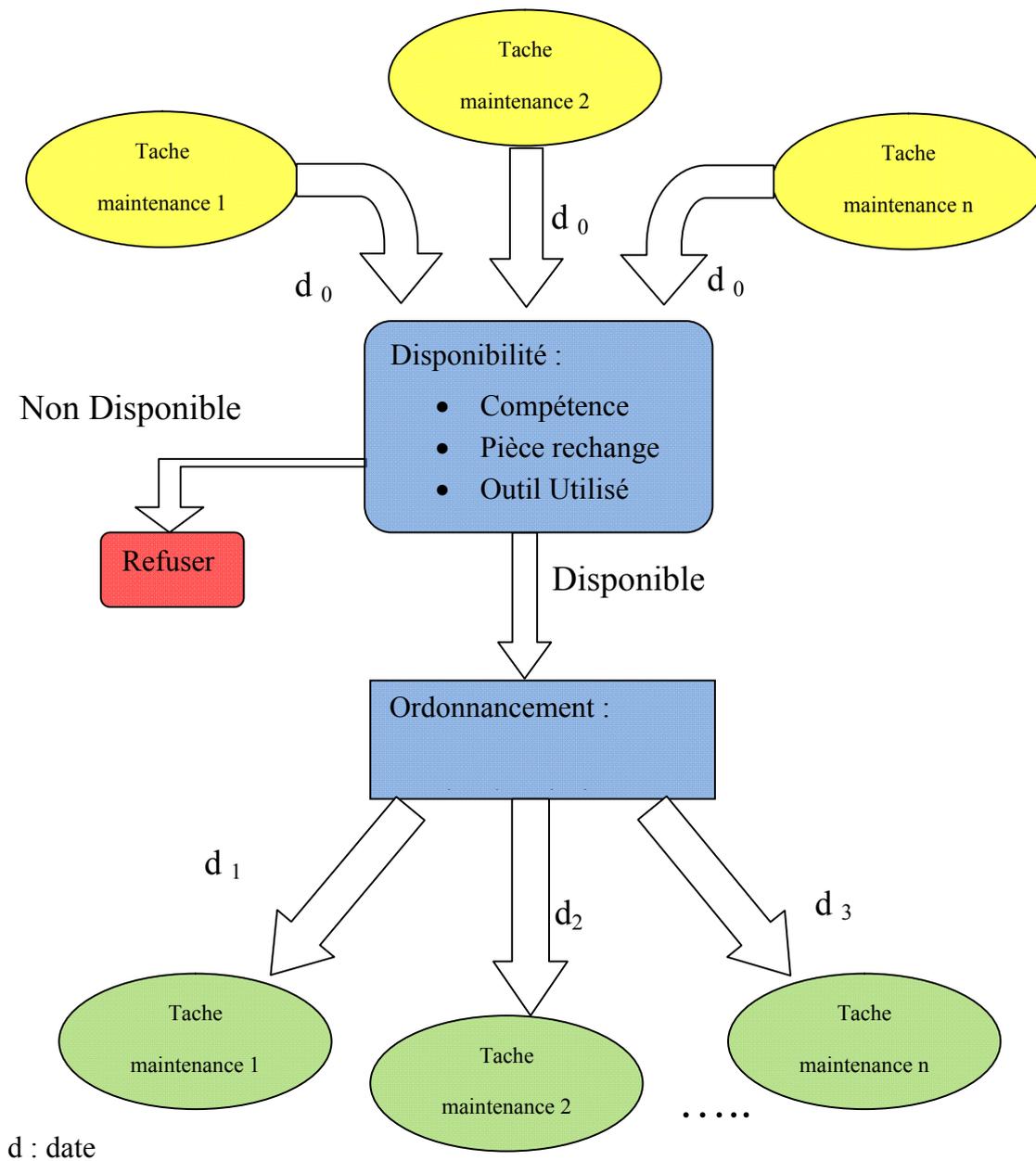


Figure 9 - Modélisation du Système

### III.4 Les tables de la base de données

La base de données de notre application « ordonnancement des activités maintenance est créée par **windex 10** , elle contient les rubriques de chaque table avec son type (chaîne de caractère , Numérique , Date . . .)

#### III .4.1 Table de la tache maintenance :

Cette table montre les taches de maintenances et leurs propriétés

| Clé | Nom           | Libellé            | Type                  | Taille |
|-----|---------------|--------------------|-----------------------|--------|
|     | Num_t         | numero tache       | Numérique             | 4      |
|     | Panne         | Panne              | Texte                 | 25     |
|     | d_p_to        | Date plus tot      | Date                  | 8      |
|     | d_p_ta        | Date plus tard     | Date                  | 8      |
|     | dure_rep      | Duré de réparation | Numérique             | 4      |
|     | Competence    | Competence         | Texte                 | 20     |
|     | piec_rech     | Piece recharge     | Texte                 | 30     |
|     | Outil         | Outil              | Texte                 | 30     |
|     | Disponibilité | Disponibilité      | Sélecteur,Liste,Combo | 2      |
|     | Num_equi      | Num_equi           | Numérique             | 4      |

Table 1 -Tache Maintenance

### III .4.2 Table Equipment

Cette table contient les équipements et leurs fonctionnements



| Clé | Nom       | Libellé                | Type      | Taille |
|-----|-----------|------------------------|-----------|--------|
|     | Num_equi  | Numero de l'équipement | Numerique | 4      |
|     | Desig     | Designation            | Texte     | 20     |
|     | Fonct     | Fonctionnement         | Texte     | 50     |
|     | Taux_prod | Taux de production     | Numerique | 2      |

Table 2 -Equipment

### III .4.3 Table Historique

Après la réparation de chaque panne on fait l'enregistrement les pannes réparées leur date de la réparation



| Clé | Nom        | Libellé            | Type      | Taille |
|-----|------------|--------------------|-----------|--------|
|     | NUM_HIST   | Num_hist           | Texte     | 50     |
|     | Num_tach   | Num_tach           | Texte     | 50     |
|     | Pannes     | Pannes             | Texte     | 50     |
|     | Date_defie | Date de defience   | Date      | 8      |
|     | Date_repa  | Date de reparation | Date      | 8      |
|     | Num_t      | Num_t              | Numerique | 4      |

Table 3 -Historique

### III .5 Modélisation de données

La - Figure 10 - propose une modélisation globale des données et précise la relation entre les tables d'enregistrement et leur cardinalité maximal et minimal

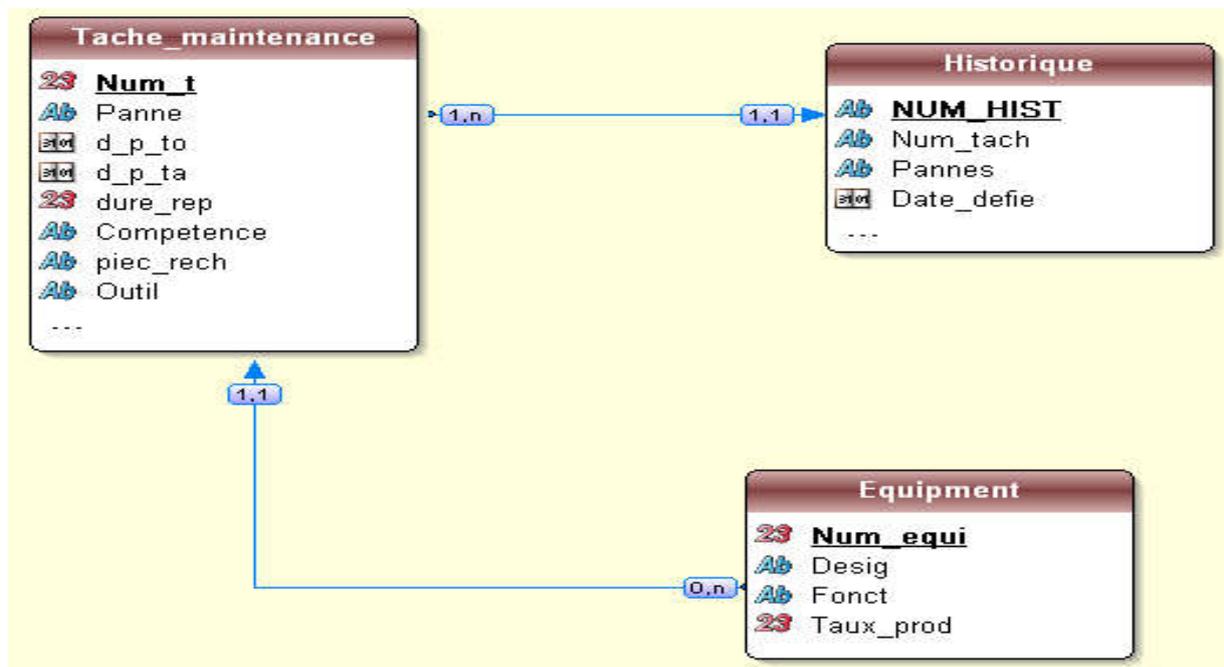


Figure 10 - Modélisation de données

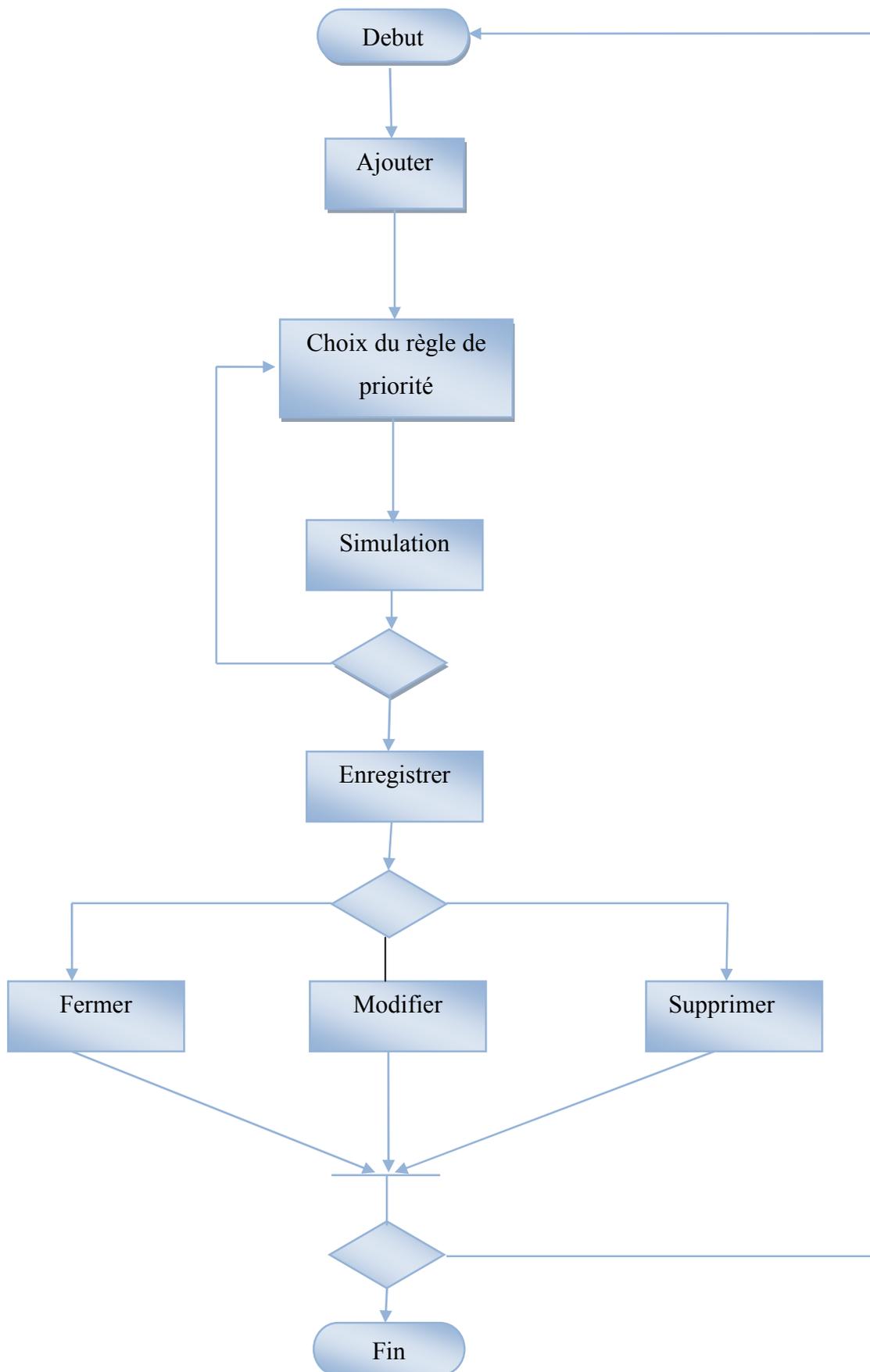
**III .6 Diagramme d'activité ordonnancement**

Figure 11 - Diagramme d'activité ordonnancement

### III.7 Présentation de l'application

Notre application est composée de plusieurs fenêtres chacune à une opération spécifique

#### III.7.1 Fenêtre Menu

Après l'identification par le nom utilisateur et le mot de passe on trouve directement la fenêtre de menu principale qui contient les buttons :

**Equipment** : pour insérer ou modifier un équipement

**Taches maintenances** : pour ajouter ou modifier une tache

**Historique** : pour archiver l'historique des taches déjà exécutées

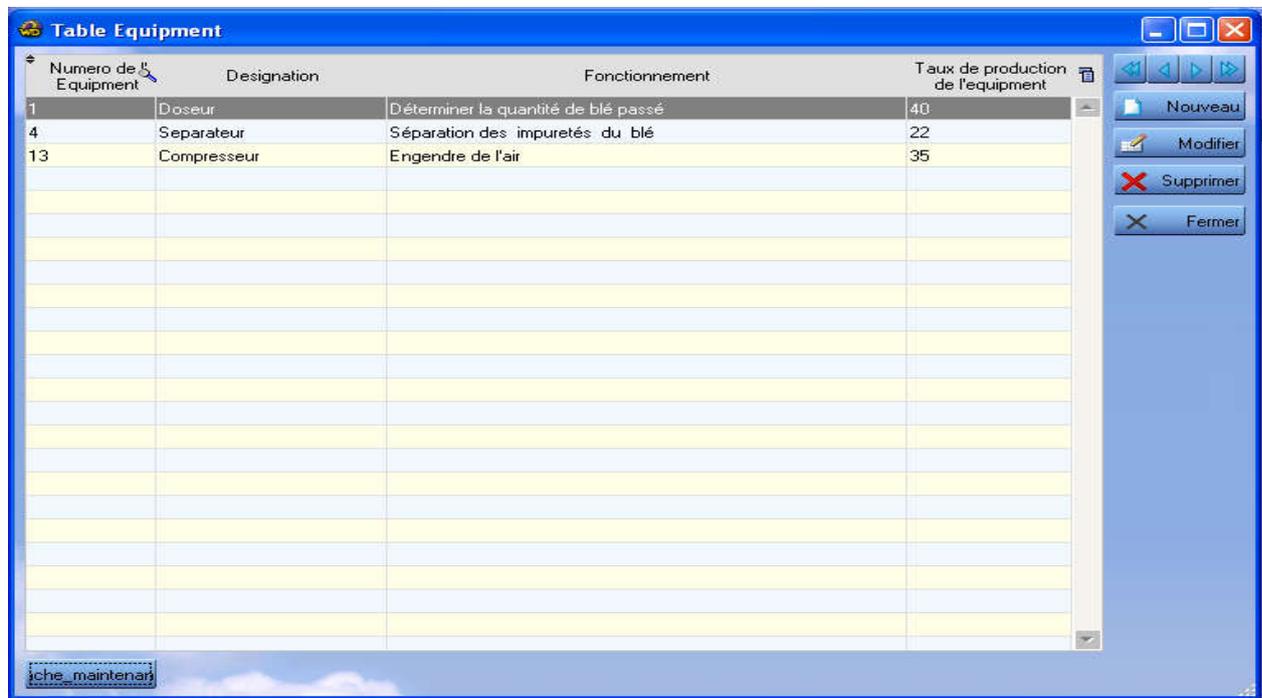
**Simuler** : pour lancer la simulation de l'ordonnancement des taches enregistrées



Figure 12 – Fenêtre Menu principale

### III.7.2 Fenêtre Equipement

Dans cette fenêtre on peut consulter la table des équipements, ajouter ou modifier un équipement

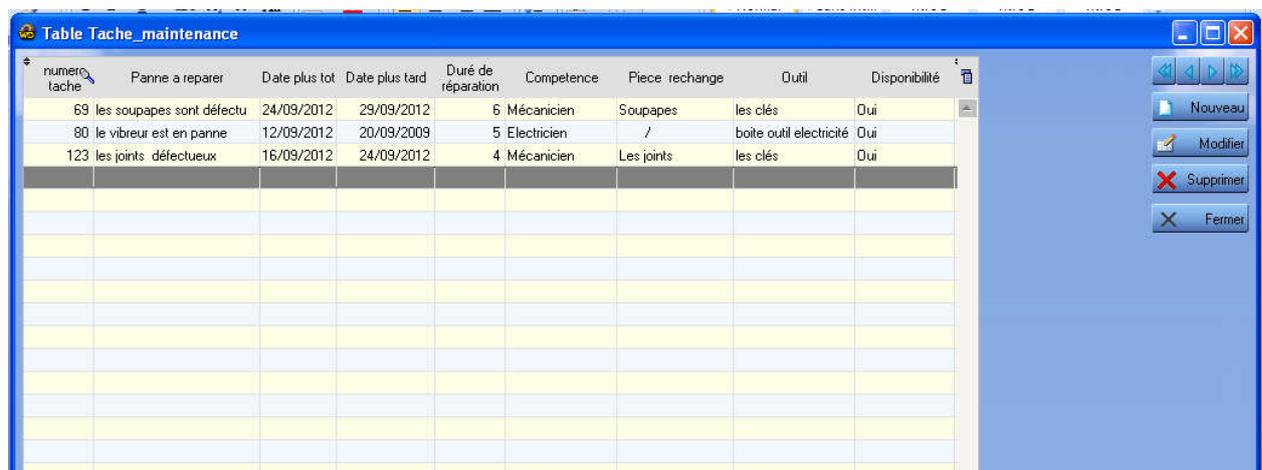


| Numero de Equipment | Designation | Fonctionnement                      | Taux de production de l'equipment |
|---------------------|-------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1                   | Doseur      | Déterminer la quantité de blé passé | 40                                |
| 4                   | Séparateur  | Séparation des impuretés du blé     | 22                                |
| 13                  | Compresseur | Engendre de l'air                   | 35                                |

Figure 13 – Fenêtre Equipment

### III.7.3 Fenêtre tache maintenance

Cette fenêtre est contient la table des taches de maintenances à ordonnancer, et on peut aussi les modifier ou supprimer



| numero tache | Panne a reparer           | Date plus tot | Date plus tard | Duré de réparation | Competence  | Piece rechange | Outil                   | Disponibilité |
|--------------|---------------------------|---------------|----------------|--------------------|-------------|----------------|-------------------------|---------------|
| 69           | les soupapes sont défectu | 24/09/2012    | 29/09/2012     | 6                  | Mécanicien  | Soupapes       | les clés                | Oui           |
| 80           | le vibreur est en panne   | 12/09/2012    | 20/09/2009     | 5                  | Electricien | /              | boite outil electricité | Oui           |
| 123          | les joints défectueux     | 16/09/2012    | 24/09/2012     | 4                  | Mécanicien  | Les joints     | les clés                | Oui           |

Figure 14 – Fenêtre Tache maintenance



**Le bouton Ajouter** : pour sélectionner les tâches à ordonnancer

**Le bouton FIFO** : pour ordonnancer les tâches en ordre croissante selon leur date de plus tôt de réparation

**Le bouton LIFO** : pour ordonnancer les tâches en ordre décroissante selon leur date de plus tôt de réparation

**Le bouton SPT** : pour ordonnancer les tâches en ordre croissante selon leur durée de réparation

**Le bouton LPT** : pour ordonnancer les tâches en ordre décroissante selon leur durée de réparation

**Le bouton EDD**: pour faire ordonnancer les tâches en ordre décroissante selon leur taux de production de l'équipement à réparer

### III.8 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre notre système d'aide au ordonnancer des activités de maintenances basée sur la disponibilité ou non de (la compétence, pièce rechange, outil utilisé) et les différent règles de priorité

## **Conclusion générale**

Nous nous sommes intéressés dans ce mémoire à la maintenance préventive qui est exécutée avant la détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise. Les actions de maintenance corrective ne sont exécutées qu'après la réalisation d'un ordonnancement de ses tâches. Qui identifiera la séquence de chaque tâche de réparation. Par conséquent, nos travaux ont porté sur l'étude de la mise en place d'un système d'aide à l'ordonnancement basé sur la disponibilité et règles de priorité

Nous avons défini ce que sont une fonction et un service de maintenance, et leur différent type (préventive et corrective)

Dans cette étude, nous avons une méthode par simulation pour ordonnancer les tâches de maintenance pour le cas d'une minoterie. simulation nous a permise de voir que chaque critère atteint sa meilleure performance avec une ou plusieurs règles spécifiques.

## Références Bibliographique

[**Marmier, F.**] : Varnier, C., and Zerhouni, N., 2006. Maintenance activities scheduling under skills constraints, in, Proceedings of IEEE-ICSSSM, Troyes, France.

[**These Kaabi 2004**] : Contribution a l'ordonnancement des activités de maintenance ; par  
Jihène KAABI-HARRATH pour obtenir Grand docteur de l'université de  
FRANCHE-COMTE

[**AFN 01**] : D'après L'Association française de, Normalisation Maintenance terminology.  
European standard, NF EN 13306, 2001.

[**Antoine, D ; 01**] : Approche fonctionnelle de la maintenance 2001 : par Antoine  
DESPUJOLS ;Ingénieur chercheur à la Division Recherche et Développement d'Électricité de  
France

[ **Pierre-Yves ; 02** ] : Ordonnancement temps réel ; Pierre-Yves Duval , Ecole  
d'informatique temps réel - La Londe les Maures 7-11 Octobre 2002

[**juan\_ordonnancement ; 99**] : dirigée par Vincent Giard) Paris, 1999 ISBN 2-7178-3798-1

[**Ahmed,H., Hicham ,. B , BENGHALEM , A., et et Zaki S.,07**] : La sélection des règles  
de priorité en fonction des critères de performances d'un FMS ; 04 Novembre 2007

[ **Artigues, C., Michelon, P., and Reusser, S., 2003**] : Insertion techniques for static and  
dynamic resource-constrained project scheduling. European Journal Operational Research,  
149,249–267.

[ **Muller et al ;2005** ] : Static and Dynamic Scheduling of Maintenance Activities Under the  
Constraints of Skills

[**Kenned et al ; 2002**] : L'approche par simulation en utilisant des règles de priorité

[**G . BAVIER., ; 88**] : Les techniques d'ordonnancement

[**Francois ,M , 06**] : Ordonnancement dynamique des activités de maintenance ; Fran,cois  
Marmier, Christophe Varnier and Noureddine Zerhouni ; Laboratoire d'Automatique de  
Besan,con UMR CNRS 6596 - ENSMM – UFC , 15 novembre 2006

[**Kaffel Hédi ;2001**] : La maintenance distribuée : concept, évaluation et mise en oeuvre,

Thèse de doctorat, Faculté des sciences et de Génie, Université Laval, Quebec.

**[Christine Lobè ; 06 ]** : Periodic maintenance 2006 ; Masters ID et MODO Université Paris Dauphine

**[J. Kaabi, C. Varnier, and N. Zerhouni ; 04 ]** :Ordonnancement Production / Maintenance ; In 5ème Conférence Francophone de Modélisation et Simulation ,Nantes, France,1-3 septembre 2004

**Les sites web :**

**[SIT01]:** *[http://fr.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9orie\\_de\\_l'ordonnancement](http://fr.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9orie_de_l'ordonnancement)*

**[SIT02]:** <http://www.hommes-et-savoirs.fr>.