

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

Université Abderrahmane Mira – Bejaia

Faculté de Technologie

Département Génie mécanique

Option maintenance industrielle

**Mémoire de fin d'étude**

En vue de l'obtention du diplôme

Master en Génie Mécanique sous le Thème intitulé

**Étude et conception d'une application de  
gestion de maintenance assistée par ordinateur**

**GMAO**

**Présenté par :**

**Mr : RAHMANI AMAZIGH**

**Mr : ALIA SOFIANE**

**Membre de jury :**

**Mr: LAGGOUNE: président**

**Mr: BOUDERBALA: examinateur**

**Mlle: HIMED: examinatrice**

**Mr: SAD-EDDINE: encadrant**

**PROMOTION: 2014**

# REMERCIEMENTS

*Mener à bien un projet de thèse est un exercice difficile, exigeant un fort investissement, mais apportant nécessairement, en retour, un sentiment de satisfaction du à l'accomplissement réussi d'un travail.*

*Nous voudrions tout d'abord adresser toute notre gratitude à l'encadrant de ce mémoire, Monsieur SAD-EDDINE, à la fois présent et disponible tout au long du travail.*

*Sans oublier les membres de jury : Messieurs LAGGOUNE et BOUDERBALA ainsi que Mademoiselle HIMED*

*Nous tenons à remercier spécialement l'ingénieur en informatique Nabil AIDOUNE pour tout le temps qu'il nous a consacré, son aide précieuse et son assistance décisive durant la programmation de l'application, Nous ne saurions jamais te remercier assez !*

*Nous adressons de chaleureux remerciements à notre tuteur de stage, responsable de la GMAO au sein de CEVITAL «margarinerie », Monsieur TENBOUKTI Samir pour sa patience, ses orientations et sa générosité.*

*Nous tenons ensuite à remercier nos parents pour le soutien inconditionnel dont ils ont fait preuve. Merci pour le soutien financier, moral, psychologique et matériel. Si nous sommes ici aujourd'hui, c'est grâce à vous!*

*Nous remercions également toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont participé à l'élaboration de ce mémoire.*

*Enfin, nous remercions tous nos amis et tous nos camarades de promotion pour les années passées ensemble, dans les meilleurs moments comme dans les pires.*

*A TOUTE MA FAMILLE*

*A TOUS MES AMIS...*

RAHMANI Amazigh



# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A la mémoire de mon très cher et regrettable père, **AMAR** qui nous a quitté sans faire de bruit, digne, brave et bien déterminé comme tu l'as toujours été. Que le bon dieu t'accorde sa sainte miséricorde et t'accueille en son vaste paradis nchallah.*

*A ma très chère mère qui m'a chaleureusement aidé.*

*A mes frères **NADJI** et **ISLAM**.*

*A tous mes oncles et toutes mes tantes sans exception du côté paternel et maternel.*

*A mes cousins et cousines pour leur aide et leurs encouragements.*

*Ainsi que toute la famille **ALIA**.*

*A mon ami et mon binôme, et toute sa famille.*

*A tous ceux que je connais et qui me connaissent, et tous ceux qui m'aiment et j'aime.*

***Sofiane Alia***

## Introduction

### CHAPITRE I : généralités sur la maintenance

I.1. Définition de la maintenance .....	1
I.2. Différents types de maintenance .....	1
I.2.1. La maintenance corrective .....	1
I.2.2. La maintenance préventive .....	1
I.3. l'organigramme de la maintenance .....	2
I.4. les niveaux de maintenance .....	3
I.5. les objectifs de la maintenance .....	4
I.6. les formes organisationnelles de la maintenance .....	4
I.6.1. la maintenance centralisée .....	4
I.6.2. la maintenance répartie décentralisée .....	4
I.6.3. Organisation mixte .....	5
I.6.4. La sous-traitance .....	5
I.7. Les outils de la maintenance .....	6
I.7.1. Le personnel de maintenance .....	6
I.7.2. Le matériels .....	7
I.8 Organisation des opérations de maintenance .....	9
I.8.1 Planification des travaux de maintenance .....	9
I.8.2 gestion des pièces de rechange .....	10
I.8.3 Tableau de bord de la maintenance .....	10
I.9. Coût global de maintenance .....	10
I.9.1. Coûts directs .....	11
I.9.2. coûts indirects « coût de défaillance » .....	11
I.9.3. ratios de maintenance .....	11
I.9.4. tableau de bord .....	11

### CHAPITRE II : Préambule sur la GMAO

II.1. maintenance et informatique .....	13
II.2. débuts de la GMAO .....	13
II.3. présentation de la GMAO .....	14
II.3.1. introduction à la GMAO .....	14
II.3.2. Qu'est-ce qu'un progiciel de GMAO .....	14
II.3.3. pourquoi une GMAO .....	15

## *Sommaire*

---

II.3.4.L'apport de la GMAO .....	16
II.5.5.l'information pour la prise de décision .....	16
II.3.6. les avantages et inconvénients de la GMAO .....	17
II.3.7. Liste non exhaustive des logiciels de GMAO .....	18
II.4.système de programmation .....	19
II.4.1.Systèmes de gestion des bases de données (SGDB) .....	19
II.4.2.langages de programmation .....	19
II.5. Analyse des différents modules fonctionnels .....	20
II.5.1.module de la gestion des équipements .....	22
II.5.2. module de la gestion du suivi opérationnel des équipements .....	22
II.5.3.module de la gestion des interventions .....	23
II.5.4.module gestion du préventif .....	24
II.5.5.module gestion des stocks .....	25
II.5.6.module gestion des approvisionnements et des achats .....	26
II.5.7.module analyses des défaillances .....	26
II.5.8.module budget et le suivi des dépenses .....	27
II.5.9.module gestion des ressources humaines .....	27
II.5.10. tableaux de bord et statistiques .....	28
II.5.11.module complémentaires ou interfaçages utiles .....	28

## **CHAPITRE III :L'informatisation de la maintenance**

III.1.Pourquoi une maintenance informatisée .....	30
III.2.Définir les besoins réels .....	30
III.3.Etude d'opportunités .....	32
III.4.Le cahier des charges .....	32
III.5.Les postes à informatiser .....	33
III.6.Etapes d'informatisation de la maintenance .....	33
III.7.Elaboration d'un plan d'informatisation .....	35
III.8.Les acteurs d'une démarche informatique pour la maintenance .....	36
III.9.Présentation de l'application GMMI 1.0.....	38
III.9.1.GMMI 1.0 permet .....	38
III.9.2.L'application (GMMI 1.0) comprend les fonctionnalités principales suivantes .....	39
III.9.2.1.Formulaire des équipements .....	39
III.9.2.2.Gestion des gammes du préventif .....	40

## *Sommaire*

---

III.9.2.3.Gestion de la maintenance préventive systématique .....	41
III.9.2.4.Le plan préventif .....	42
III.9.2.5.La demande de travail (DT) .....	43
III.9.2.6.L'ordre de travail (OT) .....	44
III.9.2.7.La fonction pièces de rechange .....	46
III.9.2.8.La demande de réservation .....	47
III.9.2.9La sortie magasin .....	48
III.9.2.10Historique .....	49
III.9.2.11.La moyenne des temps de réparation (MTTR) .....	49
III.9.2.12.Analyse des coûts .....	50
III.9.2.13.Analyse des écarts .....	50
III.9.2.14.Les OT non réalisés .....	51

### **Chapitre IV : La programmation**

IV.1.La programmation.....	52
IV.2.Organigrammes de mise à jour .....	52
IV.2.1. Organigramme de procédure de création des équipements .....	53
IV.2.2.Organigramme de procédure de modification .....	54
IV.2.3.Organigramme de procédure de consultation .....	55
IV.2.4.Organigramme de procédure de saisie des relevés de compteurs .....	56
IV.2.5.Organigramme de traitement des relevés de compteurs pour la M.P.S .....	57
IV.3.Interface du langage de programmation Delphi .....	58
IV.4.Conception de fiches : la palette des composants .....	58
IV.4.1.L'inspecteur d'objets .....	59
IV.4.2.Propriétés .....	59
IV.4.3.L'éditeur de code .....	59
IV.4.4.Les menus .....	59
IV.4.5.Interface Microsoft Access .....	60
IV.6.6.base de données .....	60
IV.6.7.Tables .....	61

### **Conclusion**





# Liste des abréviations

---

**GMAO** : Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur.

**SI** :Systèmes d'Informations.

**CMMS**: Computer Maintenance ManagementSystem.

**CAMM**: Computer Aided Maintenance Management.

**AFIM**: Associationfrançaise des ingénieurs et responsables de maintenance.

**PME**: Petit et Moyenne Entreprise.

**MTTR**: Moyenne des Temps Technique de Réparation.

**MTBF**: Moyenne des Temps Technique entre Réparation.

**GM**: Gestion de la Maintenance.

**AO**: Assistance Informatique.

**SGBD**: Systèmes de Gestion des Bases de Données.

**DTE**: dossier technique équipement.

**TRS** : taux de rendement synthétique.

**MTA**: moyenne des temps d'arrêt.

**DT**: demande de travail.

**DI**: demande d'intervention.

**DA**: demande d'approvisionnement.

**BSM**: bon de sortie magasin.

**OT** : ordre de travail.

**DTE**: demande de travaux externalisés.

**BPT**: bon de petits travaux.

**TA**: Temps d'arrêt.

**AMDEC**: analyse des modes de défaissances et de leurs criticités.

**MBF**: maintenance basée sur la fiabilité.

**LCC:** life cycle cost ; coût du cycle de vie.

**GED:** gestion documentaire.

**TPM:** Totale productive maintenance.

**GPAO:** Gestion de production assistée par ordinateur.

**MPS :** Maintenance préventive systématique.

**SM :** Sortie magasin.

## Liste des figures

---

### Liste des figures

<b>Figure N° I.1 : Les différentes politiques de maintenance .....</b>	<b>02</b>
<b>Figure N° II.1 : rôle d'une GMAO dans l'entreprise .....</b>	<b>15</b>
<b>Figure N° II.2 : Exemple de structure modulaire d'une GMAO .....</b>	<b>21</b>
<b>Figure N° III.1 : Schéma des étapes de l'informatisation .....</b>	<b>34</b>
<b>Figure N° III.2: Schéma d'une démarche informatique .....</b>	<b>36</b>
<b>Figure N° III.3 : GMMI 1.0 .....</b>	<b>37</b>
<b>Figure N° III.4 : formulaire des équipements (GMMI 1.0).....</b>	<b>38</b>
<b>Figure N° III.5 : gamme préventive (GMMI 1.0) .....</b>	<b>40</b>
<b>Figure N° III.6 : Maintenance Préventive Systématique-MPS-(GMMI 1.0) .....</b>	<b>40</b>
<b>Figure N° III.7 : Plan préventif (GMMI 1.0).....</b>	<b>42</b>
<b>Figure N° III.8 : Demande de travail-DT-(GMMI 1.0).....</b>	<b>43</b>
<b>Figure N° III.9 : Ordre de travail-OT- (GMMI 1.0).....</b>	<b>44</b>
<b>Figure N° III.10 : pièce de rechange (GMMI 1.0) .....</b>	<b>46</b>
<b>Figure N° III.11 : pièce de rechange (GMMI 1.0) .....</b>	<b>47</b>
<b>Figure N° III.12 : demande de réservation (GMMI 1.0) .....</b>	<b>48</b>
<b>Figure N° III.13 : sortie magasin (SM)- (GMMI 1.0) .....</b>	<b>49</b>
<b>Figure N° III.14 : MTTR (GMMI 1.0).....</b>	<b>50</b>
<b>Figure N° III.15 : coûts (GMMI 1.0).....</b>	<b>50</b>
<b>Figure N° III.16 : écarts (heures réalisées – heures estimées) – (GMMI 1.0).....</b>	<b>51</b>
<b>Figure N° III.17 : afficheur des OT non réalisés (GMMI 1.0).....</b>	<b>51</b>
<b>Figure N° IV.1 : Organigramme de procédure de création des équipements .....</b>	<b>53</b>
<b>Figure N° IV.2 : Organigramme de procédure de modification .....</b>	<b>54</b>
<b>Figure N° IV.3 : Organigramme de procédure de consultation .....</b>	<b>55</b>
<b>Figure N° IV.4 : Organigramme de procédure de saisie des relevés de compteurs .....</b>	<b>56</b>
<b>Figure N° IV.5 : Organigramme de traitement des relevés de compteurs pour la M.P.S .....</b>	<b>57</b>
<b>Figure N° IV.6 : Interface Delphi .....</b>	<b>58</b>

## *Liste des figures*

---

<b>Figure N° IV.7 :</b> Interface Microsoft Access .....	60
<b>Figure N° IV.8 :</b> Exemple de table, Access .....	61
<b>Figure N° IV.9 :</b> Tables et relations de la base de données (GMMI 1.0).....	62

# INTRODUCTION

---

## Introduction :

L'importance de la fonction maintenance dans les entreprises de fabrication, d'exploitation, ou bien ayant des immobilisations importantes, prend une nouvelle dimension et pousse les dirigeants dans une recherche accrue de compétitivité, de sécurité, de rentabilité, de modernisation et de disponibilité. Ainsi on voit la nécessité d'informatiser cette fonction apparaître comme une évidence, que ce soit sur les plans économiques, techniques ou bien organisationnels.

De nombreuses applications ont vu le jour au fur et à mesure que les besoins se sont fait ressentir avec des spécificités particulières, il faut alors envisager : une conception modulaire ou les différentes fonctions seront séparées ; une conception ouverte c'est-à-dire une conception évolutive permettant d'intégrer d'autres fonctions futures ; une conception intégrée avec une base de données unique qui permet d'établir le lien entre les nombreuses informations de maintenance ; un interfaçage possible avec d'autres systèmes ; en fonctionnement à temps réel avec la possibilité de mise à jour multiple et immédiatement réalisable ; une utilisation pour tous et sur le terrain ; une possibilité d'accès par code aux différents niveaux du logiciel. La GMAO (Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur) devient alors un outil de référence indispensable pour la gestion et la traçabilité, dans les entreprises soucieuses de gérer la maintenance et le flux d'information engendré par celles-ci.

Notre travail consiste à réaliser une application de GMAO dont le but sera d'optimiser la gestion de la maintenance afin de remédier à tous les problèmes rencontrés par les services concernés, et d'atteindre les objectifs fixés par les responsables.

Nous avons divisé notre travail en quatre chapitres :

Le **premier chapitre** présente des généralités sur la maintenance : définition de la maintenance, différentes politiques, niveaux, formes organisationnelles, outils, organisation des opérations et coûts de cette dernière.

Le **deuxième chapitre** introduit et définit la GMAO d'une façon générale au départ puis propose, par la suite, un exemple d'une GMAO appliquée dans les Petites et Moyennes Entreprises ainsi que ses différents modules analysés.

# INTRODUCTION

---

Le **troisième chapitre** présente les démarches à suivre pour l'informatisation de la maintenance puis se consacre en particulier à la présentation de l'application que nous avons réalisée.

En fin, dans le dernier chapitre, on trouve les organigrammes de mise à jour de l'application ainsi qu'une présentation de quelques fonctionnalités du langage de programmation « DELPHI » et le programme de gestion de base de données « Microsoft Access ».

## **I.1. Définition de la maintenance : [1]**

Rappelons la norme NF X 60-010 qui définit la maintenance comme étant « l'ensemble des activités destinées à maintenir ou rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise. Ces activités sont une combinaison d'activités techniques, administratives et de management. »

Par bien, il faut entendre un équipement de production, un bâtiment, un logiciel, un véhicule ou bien le regroupement ordonné de tout cela en vue d'assurer une fonction donnée, le plus souvent productrice de valeur. La position du management de ce ou de ces biens doit être de les tenir dans un état tel qu'ils puissent, de façon optimale, effectuer les tâches et remplir les fonctions pour lesquelles ils ont été conçus.

## **I.2. Différents types de maintenance :[1]**

On distingue deux types de maintenances :

### **I.2.1.La maintenance corrective :**

Dont le but est la remise en état après défaillance ou dégradation. Selon que la réparation est provisoire ou définitive, on parlera de palliatif (dépannage) ou de correctif (curatif). Il se pourra même que l'on procède à des modifications (améliorations) en vue d'éviter que la panne ne se reproduise ou en vue de faciliter les interventions.

### **I.2.2. La maintenance préventive :**

Qui s'attache par l'ensemble des travaux d'actions de surveillance à réduire la probabilité d'apparition de la défaillance ou de la dégradation du service. Si les activités de préventif sont réalisées selon un calendrier fixe, il s'agit d'un préventif systématique. Si, en revanche, ces activités sont fonction d'observations ponctuelles faites sur l'état du bien, il s'agira de maintenance conditionnelle. Enfin, si c'est l'évolution d'un phénomène que l'on suit afin de prévoir quand il faudra intervenir ou prédire dans le temps quand la dégradation irréversible se produira ou deviendra intolérable, on parlera de prévisionnel ou prédictif.

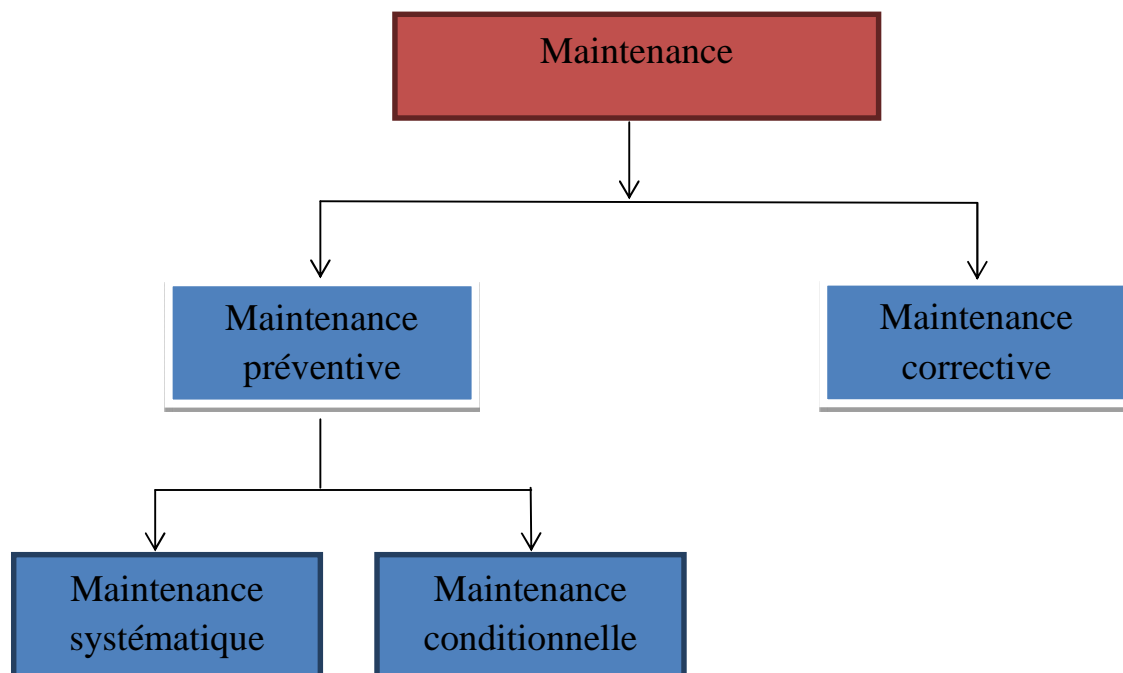
Toutes ces opérations servent à produire de la disponibilité, à donner au bien des points de rendement, à le conserver en état de bon fonctionnement. Parce que ces opérations devaient être assurées au meilleur coût, l'entreprise fut amenée progressivement à gérer la



fonction maintenance de façon plus précise et plus rigoureuse. Bien gérer, c'est connaître et décider en toute connaissance.

On met en route des processus pour rassembler et véhiculer l'information qui pouvait être utile.

### I.3. l'organigramme de la maintenance :



**Figure N°I.1 :Les différentes politiques de maintenance.**

**I.4. les niveaux de maintenance :[2]**

Il existe cinq niveaux de maintenance :

<b>Niveaux</b>	<b>Actions à effectuer</b>	<b>Intervenant</b>
<b>1<sup>er</sup>Niveau</b>	Réglage simple prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage de l'équipement, ou échange d'éléments accessible en toute sécurité.	-Constructeur. -Opérateur sur machine.
<b>2<sup>ème</sup>Niveau</b>	Dépannage par échange standard d'éléments prévu à cet effet, ou des opérations mineures de maintenance préventive (rondes).	-Technicien maintenance.
<b>3<sup>ème</sup>Niveau</b>	Identification et diagnostic des pannes, réparation par échange de composants fonctionnels, réparation mécanique mineur.	- Technicien maintenance.
<b>4<sup>ème</sup>Niveau</b>	Travaux importants de maintenances préventives ou correctives	-Responsable d'équipe maintenance.
<b>5<sup>ème</sup>Niveau</b>	Travaux de préventions, de rénovations, de reconstructions, ou de réparation importante, confiés à un atelier central.	-Sous-traitants. -Constructeur.

**Tableau N° I.1 : tableau représentant les différents niveaux de maintenance**

**I.5.les objectifs de la maintenance : [3]**

Les objectifs de la fonction maintenance sont :

- Contribuer à assurer la production prévue.
- Contribuer à maintenir aux respects des délais.
- Contribuer à maintenir la qualité du produit fabriqué.
- Rechercher les coûts optimaux.
- Préserver l'environnement.

Ces objectifs généraux assignés à la maintenance impliquent des missions multiples, d'où l'attribution de moyens importants : leur pleine rentabilisations amène très souvent la maintenance à assurer des missions qui, entre autres, peuvent dépasser le cadre strict de cette fonction.

**I.6. les formes organisationnelles de la maintenance : [4]**

La fonction maintenance est représentée de différentes manières dans les entreprises. Les principaux modèles organisationnels sont:

**I.6.1. la maintenance centralisée :**

C'est l'organisation traditionnelle de la maintenance distincte de la production et regroupe tous les services techniques. Elle comprend un service Méthode chargé de l'ordonnancement des travaux, de leur préparation, des équipes techniques d'intervention, des magasiniers.

Les avantages de ce type d'organisation sont: une maîtrise de la fonction et une maîtrise technique, une optimisation des efforts. Cependant on lui reproche parfois d'être cloisonnée et éloignée des préoccupations de la production.

**I.6.2. la maintenance répartie décentralisée :**

Dans ce model organisationnel une partie de la maintenance dite maintenance rapprochée est intégrée aux équipes de production. Il y a donc une participation des agents de la production (technicien de plate-forme) sur la maintenance de l'outil de production.

On peut noter dans ce cas une meilleure prévention et une bonne maîtrise du processus de dégradation du matériel, une bonne collaboration des services maintenance et production.

### **I.6.3. Organisation mixte :**

C'est une organisation où l'on retrouve une cohabitation des deux modèles sus dits. Les processus de dégradation sont de mieux en mieux maîtrisés. Cependant elle requiert une bonne définition des rôles des différentes équipes.

L'expérience montre qu'une démarche mixte, une centralisation hiérarchique et une décentralisation géographique, est plutôt recommandée, la part relative de centralisation – décentralisation est adaptée à la taille et à la nature de l'entreprise.

#### **A. La centralisation hiérarchique permet :**

- Une optimisation de l'emploi des moyens.
- Une meilleure maîtrise des coûts (budget, suivi et imputation).
- Une standardisation des procédures et moyens de communication.
- Un suivi homogène des moyens matériels et leurs défaillances.
- Le regroupement des investissements lourds de matériels d'entretien, en atelier central, à disposition des antennes sectorielles.
- Une meilleure gestion de tout le personnel concerné par la maintenance.

#### **B. La décentralisation géographique permet :**

- La délégation de responsabilité aux chefs d'équipes.
- L'amélioration des relations avec la production (contact permanent).
- L'avantage du travail en équipes polyvalentes.
- L'efficacité et rapidité des interventions sur du matériel bien connu.

### **I.6.4. La sous-traitance :[3]**

Faire de la sous-traitance une véritable externalisation de la maintenance, cela demande une parfaite maîtrise de toutes les étapes du processus: de l'identification des prestations au contrôle de l'exécution en passant par l'établissement de la relation contractuelle. Il existe quatre formes de sous-traitance:

**A. sous-traitance partielle:** le donneur d'ordre confie aux prestataires des travaux de maintenance bien définis car il n'a pas les moyens de les réaliser. **exp :** Révision d'un groupe électrogène.

**B. sous-traitance totale:** le donneur d'ordre confie aux prestataires l'ensemble des activités de maintenance d'un matériel bien défini. **exp :** maintenance d'une machine spéciale.

**C. sous-traitance ponctuelle:** il s'agit d'une sous-traitance limitée dans le temps et par son contenu à une ou plusieurs interventions. **exp :** réparation d'un matériel.

**D. sous-traitance continue:** il s'agit d'une sous-traitance reconductible dans le temps et définie en général par un contrat de maintenance.

Notons que la sous-traitance d'une partie de ses activités de maintenance pour une entreprise présente des avantages mais aussi des inconvénients.

- **Avantage:** des gains importants peuvent être obtenus par une diminution du nombre de corps de métier dans l'entreprise.
- **Inconvénient:** risque de perte de la maîtrise technique, de mobilité du personnel.

### I.7. Les outils de la maintenance : [5]

Dans le service maintenance, la qualité de son personnel, la nature de ses matériels, la documentation et l'ordonnancement qui font l'objet d'interventions, jouent un rôle important dans l'efficacité du service.

#### I.7.1. Le personnel de maintenance

En maintenance, les tâches sont très précises, d'où la nécessité d'avoir une main d'œuvre qui soit de qualité parce que les standards sont difficilement déterminés. Pour avoir les moyens humains adéquats, il suffit :

- D'avoir une politique de besoins humains.
- De déterminer les structures (organigramme, hiérarchie, notion de spécialiste).
- De déterminer le niveau des effectifs.

#### Ainsi l'équipe de maintenance est composée par:

Les responsables de maintenance qui ont pour fonctions de :

- Mettre en place une gestion rigoureuse.
- Coordonner des activités complexes.
- Gérer les interfaces avec les autres services.

Les techniciens et opérationnels de maintenance qui sont spécialistes ou polyvalents et sont répartis dans plusieurs secteurs que sont :

- Personnel de réalisation.
- Préparateurs.
- Méthodes.
- Gestionnaire.

**I.7.2. Le matériels :**

Il est insensé d'investir dans des grandes installations sans penser aux outillages et matériels nécessaire à la vie de ses installations. Le concepteur, lui, est très fréquemment une société qui n'exploite pas les installations qu'elle conçoit.

Généralement, il ne tient pas compte des conditions particulières d'entretien et attache une trop faible attention à la maintenabilité des équipements et à ses moyens.

Pour les besoins matériels, nécessaires à un service maintenance, nous évoquerons trois points essentiels :

**A. Equipements supports :**

Ils se traduisent par l'ensemble des moyens supports tels que les équipements d'atelier (machines, outils.....).

**B. Pièces de rechange :**

La gestion de la pièce de rechange est indissociable de la fonction de maintenance. C'est en effet, les problèmes de pièce de rechange qui causent les plus grands soucis aux gestionnaires d'installation industrielle.

A cela, il faut ajouter l'approvisionnement qui pose généralement d'énormes problèmes à savoir :

- L'identification et la codification des pièces de rechanges sont rendus difficiles par des problèmes de langue.
- La non-maîtrise dans l'expression des besoins ainsi que des préconisations des services utilisateurs de maintenance.
- Les procédures interminables d'achat et de dédouanement engendrent des délais très longs.

Très souvent ce sont les pièces qui causent l'arrêt d'une installation et la fourniture de telles pièces intéresse à peine les fournisseurs. Parfois, beaucoup de pièces arrivent aux ports et sont entreposées dans de mauvaises conditions climatiques avant de pouvoir être stockées dans des magasins qui, eux-mêmes sont souvent conçus de manière inadéquate.

**C. la documentation : [6]**

La réalisation des objectifs de la maintenance implique la mise en place de moyens plus au moins importants.

Parmi ceux-ci, citons : la documentation qu'il faut distinguer comme suit :

## **C.1. la documentions générale :**

Elle-même se décompose en une documentation sur les techniques professionnelles (revues techniques, notes techniques générales, articles de conférence, livres et ouvrages, formulaires...) et une documentation sur l'outillage, les fournitures les matériaux généraux.

## **C.2. la nomenclature des équipements :**

Afin de faciliter leur maintenance, les équipements et matériels de l'entreprise doivent être inventoriés, classés et codifiés en vue de constituer une nomenclature. Une telle nomenclature permet de classer et créer la documentation historique et technique des différents matériels.

En outre, ces nomenclatures sont à la base de l'établissement des budgets de maintenance, de la mise en place d'un programme de maintenance préventive, de la réalisation de l'inventaire de départ d'un contact de maintenance (voir la norme NF X 60-100) et d'une façon générale.

La nomenclature est donc du type :

- Catégorie par famille.
- Type chez chaque constructeur.

Et sa présentation se décompose en deux partis :

- Liste des matériels par famille, catégorie, constructeur et type.
- Liste des matériels par atelier ou groupe de production (centre de frais).

## **C.3. la documentation du matériel :**

La documentation du matériel comprend :

- La documentation technique constituée des dossiers techniques(ou dossiers-types), classées par type de machines : c'est l'identité du matériel.
- La documentation historique constituée par des dossiers techniques ou individuels et par des fiches historique pour chaque machine c'est le suivie de la santé du matériel.

### **a. Le dossier technique :**

Ce dossier comprend tous les renseignements et documents qui concernent un même type de machine :

- Les éléments d'identification : désignation du type, constructeurs, caractéristiques générales, liste de machine de mêmetype, fiche technique.
- Le répertoire des documents classés dans le dossier.
- La synthèse des modifications effectuées sur ces machines.

- Ce dossier est donc consulté lors des interventions de maintenance ou lors du dépouillement d'une expertise.

**b. Le dossier historique :**

Ce dossier historique comprend tous les renseignements et documents concernant la vie de chaque machine.

L'affiche historique regroupe en elle-même les informations concernant les pannes (fréquence, importance, localisation) et les interventions de maintenance effectuées.

Les méthodes en maintenance dépendent de l'utilisation du matériel et du type de matériel et sont toutes dérivées de deux concepts de base :

- Maintenance préventive qui correspond à une volonté de programmation et de planification des travaux, en elle-même décomposé en maintenance préventive systématique et maintenance préventive conditionnelle.
- Maintenance corrective (dépannage ou réparation) qui correspond à une attitude de réaction à des événements plus au moins aléatoire. Ainsi à chaque matériel doit correspondre une optimisation dans le choix des méthodes de maintenance, directement fonction de son utilisation et d'un commun accord entre les fonctions maintenance et fabrication.

**I.8 Organisation des opérations de maintenance [5]**

L'organisation des opérations de maintenance se fait autour d'une planification des travaux, d'une gestion des pièces de rechange et des informations recueillies des tableaux de bord.

**1.8.1 Planification des travaux de maintenance :**

Une bonne planification des travaux de maintenance repose sur une bonne organisation des fonctions préparation, ordonnancement, et réalisation.

**A : la fonction préparation :** C'est la fonction qui est chargée de prévoir, définir et réaliser les conditions optimales d'exécution d'un travail.

**B. La fonction Ordonnancement :** C'est la fonction qui est chargée de gérer les temps d'activités. Ainsi elle occupe une position chronologique entre la fonction Préparation et la fonction Réalisation.

**C. La fonction réalisation :** Elle est chargée d'effectuer les interventions suivant le planning de la fonction Ordonnancement. Elle utilise le moyen mis à sa disposition, suivant les procédures définies, pour remettre l'équipement dans l'état spécifié.



**En résumé** nous pouvons retenir:

- La fonction préparation affecte une durée pour l'intervention.
- La fonction ordonnancement planifie l'intervention en la date et heure de début.
- La fonction réalisation, au moment choisi par l'ordonnancement suivant les prescriptions de la préparation, la met en œuvre.

### **1.8.2. Gestion des pièces de rechange :**

En gestion des stocks, on a à prévoir les quantités à commander, les dates de réapprovisionnement. Le rôle essentiel de l'approvisionnement est celui de mettre à disposition en temps utile les rechanges nécessaires aux activités de la maintenance.

Ceci doit se faire en minimisant le coût total de ces opérations. (Coût total = coût de passation + coût d'achat + coût de possession).

### **1.8.3 Tableau de bord de la maintenance : [8]**

Le tableau de bord est un outil de pilotage, il est suivi par des techniciens qui sont ainsi responsabilisés et guidés dans les choix de priorité. Il est mis à jour en temps réel par les actions et transactions quotidiennes de la GMAO. Il est à la fois:

- **un outil de mesure** des situations et des comportements humains, économiques et matériels qui doit donner des mesures précises et irréfutables.
- **un moyen de diagnostic:** une augmentation des micro-arrêts sur une ligne de fabrication, un accroissement d'absentéisme, de l'énergie consommée, des pannes ont forcément des causes directes ou indirectes qu'il faut rechercher en augmentant les moyens d'analyse.
- **un moyen de dialogue et de délégation** qui permet le travail en groupe sur des éléments d'évaluation délimitant et canalisant le domaine d'application et les efforts à fournir.
- **un outil de décision** qui permet de réagir très vite dès les premiers symptômes et les premiers écarts annonciateurs de dérives plus importantes.

### **I.9. Coût global de maintenance : [4]**

Les coûts de maintenance peuvent être divisés en deux grandes familles : les coûts directs qui conditionnent l'activité même de maintenance, ils sont quantifiable et les coûts indirects correspondants au "manques à gagner" résultant de l'indisponibilité de l'équipement de production, certains sont quantifiables d'autre non.

### **I.9.1. Coûts directs :**

- coût de main-d'œuvre (cadres et maîtrises compris).
- coût de formation du personnel (c'est l'actualisation des compétences par des formations, recyclages, perfectionnement, stages,...).
- coût de consommables, pièces de rechange.
- coût d'équipement (en plus des équipements et outillages propres à la maintenance, il arrive souvent qu'en cours d'exploitation se présente la nécessité d'acquérir des équipements, instruments ou outils facilitant l'intervention).

### **I.9.2. Coûts indirects « coût de défaillance » :**

- réduction de la production (manque à gagner suite à l'arrêt de production).
- diminution de la qualité de production (certaines insuffisances de maintenance ont pour conséquence un fonctionnement dégradé et par conséquent un produit de moindre qualité : on sera amené à réduire le prix de vente à perdre du part du marché).
- charges financières d'amortissement (l'amortissement est fonction de la durée d'exploitation).
- pénalités de retard (lors de la perturbation de la production suite aux pannes, les clients sont livrés en retard d'où pénalités).

### **I.9.3. Ratios de maintenance :**

Un ratio est un indicateur du tableau de bord formé par le rapport de deux grandeurs quantifiés qui peuvent être de nature différentes. Ils sont classés en trois catégories :

- ratios techniques (ils permettent une gestion efficace des activités de maintenance).
- ratios économiques (ils permettent le suivi des coûts, déterminerle niveau du budget).
- ratios de main-d'œuvre (ils permettent le suivi du rendement,...).

### **I.9.4. Tableau de bord :**

Un tableau de bord est un ensemble d'indicateurs permettant au responsable de maintenance de piloter au mieux son service, en se basant sur une synthèse optimale des données d'organisation et de gestion. Il permet d'apprécier les écarts par rapport aux prévisions, de les analyser, de rechercher les causes et d'y remédier.



**II.1.maintenance et informatique:[9]**

Tout naturellement, l'informatique devait s'immiscer dans le processus de maintenance, pour supporter les activités administratives de la fonction et celles de son management.

Le système d'information (SI) de gestion de la maintenance recouvre la création, le suivie, le contrôle de toute l'information nécessaire à la fonction : le système est utilisé pour le pilotage de la fonction maintenance, comme base de données documentaire, comme recueil de l'information vivante liée aux biens, l'ensemble permettant de fonder des décisions d'interventions journalières comme les décisions plus stratégique de remplacement ou de renouvellement.

**II.2.Les débuts de la GMAO : [8]**

L'informatisation de la maintenance est très souvent venue tard dans l'entreprise : un des derniers pavés à informatiser après la comptabilité, la production, les achats.

On a tout d'abord développé et implanté les fonctionnalités dont on avait un besoin immédiat : le plan de graissage, les achats et la gestion des stocks de pièces de rechange. On a encore conservé la description des machines que l'on avait à maintenir sous la forme de fichier type Kardex. On a géré les travaux en appliquant une procédure pour la gestion des bons de travaux, procédure que l'on respectait plus ou moins bien. En même temps que la maintenance a été reconnue comme fonction fondamentale dans l'entreprise, on a développé cette procédure et on l'a informatisé, ce qui entraînait que l'on informatise aussi le fichier des équipements.

On a voulu par la suite intégrer tous ces îlots d'automatisation. Sont apparus sur le marché bon nombre de progiciels, proposant de couvrir les fonctionnalités dont la maintenance souhaitait disposer. Il s'agit de la naissance de la GMAO (Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur) ; CMMS, *Computer Maintenance Management System* ; CAMM, *Computer Aided Maintenance Management*. Ces progiciels permirent de traiter les événements auxquels la maintenance avait à faire face quotidiennement : que ce soit la panne et son traitement, que ce soit l'exécution du préventif, que ce soit la gestion de stock.

### **II.3.présentation de la GMAO:**

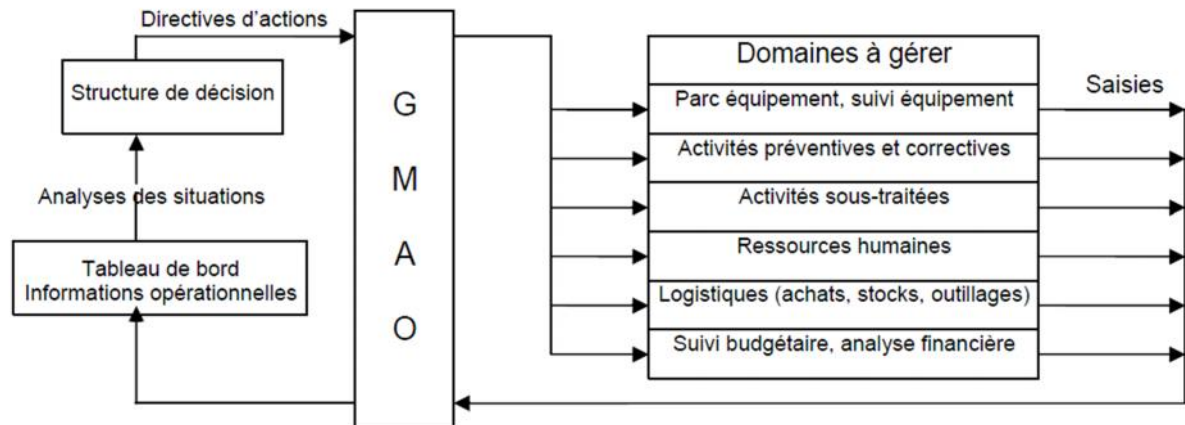
#### **II.3.1.introduction a la GMAO:**

Depuis l'apparition des premiers logiciels au début des années 80, la GMAO (Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur) a connu de profondes mutations. Initialement considérée comme une simple "base d'informations" permettant de recenser les équipements d'un site et les interventions de maintenance qui y étaient effectuées, elle a peu à peu élargi son champ d'applications à la gestion de toutes les activités de maintenance. Actuellement, n'importe quel logiciel du marché permet de décrire les équipements à maintenir, d'identifier et de planifier les interventions nécessaires, de réaliser des comptes rendus de travaux, de gérer les achats et les stocks de pièces de rechange; certains vont même jusqu'à proposer un module de "workflow" permettant de gérer le flux de tâches à exécuter.

Les gains obtenus sont incontestables. Bien installée, une GMAO permet notamment de réduire le temps d'indisponibilité des machines, d'optimiser les interventions de maintenance et de rationaliser les stocks de pièces de rechange. Elle participe ainsi à une meilleure maîtrise des coûts et à une gestion plus rationnelle des activités de maintenance. Pour en arriver là, encore faut-il choisir "le bon logiciel"... Un choix d'autant plus difficile que l'offre est extrêmement vaste. Selon une récente enquête de l'*AFIM* (l'*Association française des ingénieurs et responsables de maintenance*), il existerait pas moins de 800 logiciels de GMAO (et d'aides diverses à la maintenance) pour les applications industrielles. Si tous présentent plus ou moins les mêmes fonctionnalités (on retrouve toujours la gestion des bons de travaux, des stocks, des interventions, etc.), on observe de profonds écarts entre les logiciels d'entrée de gamme, qui offrent un coût attractif mais qui ne conviennent généralement qu'aux besoins des PME, et les outils les plus sophistiqués, que l'on retrouve dans les applications de grande envergure (transports, télécoms, sociétés de distribution d'eau, de gaz, etc.).

#### **II.3.2.Qu'est-ce qu'un progiciel de GMAO:[9]**

« Un système informatique de management de la maintenance est un progiciel organisé autour d'une base de données permettant de programmer et de suivre sous les trois aspects techniques, budgétaire et organisationnel, toutes les activités d'un service de maintenance et les objets de cette activité (services, lignes d'atelier, machines, équipements, sous-ensembles, pièces, etc.) à partir de terminaux se trouvant dans les bureaux techniques, les ateliers, les magasins et bureaux d'approvisionnement. »



**Figure N° II.1: Rôle d'une GMAO dans l'entreprise.**

La mise sous informatique de la gestion d'un service maintenance apparaît incontournable : mais sous quelle forme et pour quoi faire ? Les réponses sont dans le service maintenance. Avec l'aval de la direction (intégration dans l'informatique de l'entreprise et ses évolutions futures) et avec l'aide éventuelle d'un « conseil » qui a l'avantage de pouvoir jeter un regard objectif (par audit du service) sur la situation de départ. Il n'y aura pas de miracle assisté par ordinateur !

### II.3.3.pourquoi une GMAO: [10]

Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur

- Une GMAO permet une meilleure maîtrise de la gestion des ressources humaines, matérielles et budgétaires.
- Une GMAO permet la réduction des coûts du service maintenance et l'augmentation de la fiabilité des équipements avec une disponibilité maximale.
- Une GMAO maîtrisée doit aboutir à des gains de productivité et d'efficacité et donc une meilleure compétitivité.
- Moins de dépenses en optimisant le budget maintenance.
- Moins de pannes on réduisant au maximum les interventions urgentes.
- Haute disponibilité pour avoir le rendement maximum.
- Meilleure qualité de service pour répondre aux besoins.
- Diminuer la fréquence et la gravité des pannes, augmenter la disponibilité des installations, diminuer le manque de produire.

- Augmenter la productivité de la maintenance.
- Diminuer les délais d'intervention.
- Gestion optimisée des stocks.

#### **II.3.4.L'apport de la GMAO:[11]**

La GMAO devra rapporter de l'argent en productivité de la fonction, en efficacité du personnel en disponibilité de l'outil de production, en prolongement de la durée de vie des machines.

Le but est de faire participer la fonction maintenance aux objectifs de performance de l'entreprise : réduction des coûts et amélioration du taux de service contribuant directement à l'amélioration de la productivité et augmentent la compétitivité de l'entreprise.

La GMAO devra apporter un plus à la gestion du département maintenance :

- Des budgets suivis.
- Des coûts d'entretien détaillés connus.
- Des indicateurs et des outils de pilotage.
- Une connaissance immédiate et un pilotage plus efficace de l'activité.
- La suppression des tâches administratives.
- Une meilleure affectation des équipes de maintenance.

#### **II.3.5.L'information pour la prise de décision : [9]**

Le système de GMAO est censé rendre service au responsable de la maintenance et aux techniciens de maintenance dans le but essentiel d'améliorer la prise de décision. De la GMAO, les utilisateurs attendent qu'elle les aide dans les processus de décision technique. Doit-on remplacer cette machine ou peut-on encore espérer de nombreuses années de fonctionnement après réparation ? On vise à amasser toute l'information nécessaire sur le matériel afin de bien le connaître, en déduire une maintenance adéquate et ne plus subir les pannes. Le professionnel ne peut décider que si l'historique machine est à jour, s'il possède de bons indicateurs de performance MTTR et MTBF, s'il connaît les coûts divers engendrés par différentes options qu'il envisage. Il utilisera encore plus volontiers la GMAO que la documentation et l'information délivrée seront de qualité et qu'il sera facile d'y accéder.

Ceci ne concerne pas uniquement la maintenance : la base de données de la GMAO va rendre également service aux autres fonctions de l'entreprise de façon directe à la fabrication,



à la qualité de la sécurité, de façon indirecte à la direction, au contrôle de gestion, à la comptabilité.

### **II.3.6. les avantages et inconvénients de la GMAO:**

#### **Avantages:[12]**

- Améliorer le contrôle des coûts.
- Optimiser le budget maintenance.
- Optimiser la gestion des achats et des stocks (réduction des coûts).
- Augmenter la disponibilité des équipements (diminution du manque produire).
- Améliorer et faciliter la planification de la maintenance.
- Capitaliser sur l'expérience (consultation facile et rapide de l'historique).
- Diminuer le nombre, la fréquence et la gravité des pannes.
- Améliorer la qualité de service (répondre aux besoins et augmenter le taux de satisfaction).
- Augmenter la productivité de la maintenance.
- Réduire au maximum les interventions urgentes.
- Diminuer les délais d'intervention.
- Une GMAO permet la réduction des coûts du service maintenance et l'augmentation de la fiabilité des équipements avec une disponibilité maximale.

#### **Inconvénients: (causes d'échecs) [9]**

- La cause première d'échec en exploitation des GMAO est contenue dans l'attente d'un investissement miracle. Il y aura échec :
  - ✓ là où les besoins à satisfaire n'ont pas été identifiés ni approfondis.
  - ✓ là où il n'y avait ni service méthodes, ni ordonnancement efficaces.
  - ✓ là où il n'y avait pas d'organisation rationnelle de la maintenance.
  - ✓ là où les gens ne sont pas motivés, ou pas compétents, ou mis devant le logiciel sans préparation.
  - ✓ là où il n'y a pas de démarche consensuelle d'introduction de l'outil.
- L'échec viendra aussi, le plus souvent, par refus de l'outil de la part des acteurs. et s'il n'y avait pas une bonne organisation avant, l'investissement sera voué à l'échec

après. La démarche de « Consommateur d'informatique », parce que le concurrent a acheté une GMAO, ou parce que c'est proposé dans les revues et dans les salons, ou parce que c'est « la mode », est vouée à l'échec. IL est important de distinguer:

- ✓ La GM (gestion de la maintenance) : qui est avant tout la compétence de l'acquéreur utilisateur.
- ✓ La AO (assistance informatique) : qui est la compétence du vendeur (qui n'ignore pas la maintenance, mais ne connaît pas l'entreprise.)

Une GMAO investie est une « valise pleine d'informatique et vide de maintenance » : il s'agit de la remplir, puis de la faire vivre à l'intérieur d'une organisation préalablement éprouvée. La GMAO est un outil incontournable.

Il existe des pré requis à l'acquisition d'une GMAO. Mais dès lors qu'un service maintenance est structuré et a fait la preuve de l'efficacité de son organisation, l'outil GMAO se révèle indispensable par sa capacité de mise en mémoire, par ses possibilités de traitement d'informations, par ses interfaces et par sa réactivité.

### II.3.7. Liste non exhaustive des logiciels de GMAO:[13]

COSWIN 7i SIVCO	<a href="http://www.siveco.com">www.siveco.com</a>
CARL CARL SOFTWARE	<a href="http://www.carl.eu">www.carl.eu</a>
Maint express ACF Maintenance	<a href="http://www.maintexpress.com">www.maintexpress.com</a>
CORIM CORIM	<a href="http://www.corim-solutions.com">www.corim-solutions.com</a>
ALTAIR DSD System	<a href="http://www.dsdsystem.fr">www.dsdsystem.fr</a>
OMERE MELSENS	<a href="http://www.meslsens.com">www.meslsens.com</a>
AXEL DIMO Gestion	<a href="http://www.axelcmms.com">www.axelcmms.com</a>
OPTIMAIN APISOFT	<a href="http://www.apisoft.fr">www.apisoft.fr</a>
MISTER Maint ITM	<a href="http://www.mistermaint.com">www.mistermaint.com</a>
MAINTI Média TRIBOFILM	<a href="http://www.tribofilm.fr">www.tribofilm.fr</a>
ITHEC ITHEC	<a href="http://www.ithec.com">www.ithec.com</a>
EASY Cam CIPROS	<a href="http://www.cipros-international.com">www.cipros-international.com</a>
OPTIMa TOMAO	<a href="http://www.optima.tomao.fr">www.optima.tomao.fr</a>

**II.4.Système de programmation:****II.4.1.Systèmes de gestion des bases de données (SGDB):[8]**

Les premiers systèmes de GMAO ne comportaient pas de SGDB. Les données étant alors réparties sur plusieurs fichiers. Aujourd'hui, les bases de données sont des systèmes complexes ayant pour fonction de conserver, de gérer et de protéger les données entrées dans un ordinateur, grand système ou micro-ordinateur. Pour les grands systèmes, la base de données la plus diffusée (en 1999) est Oracle. Citons aussi IBM, Ingres, Informix. Pour les micro-ordinateurs, citons Access, SQL Server, Foxpro.

Pour l'exploitant, au niveau de l'entreprise, le choix du SGDB est difficilement réversible car les logiciels applicatifs en comptabilité, finances, GPAO et GMAO ne communiquent que s'ils partagent la même base de données. D'où l'importance des critères de « capacité d'évolution » et de « pérennité » de l'éditeur lors du choix d'un SGDB.

Notre choix est porté sur le système de gestion des bases de données ACCESS en raison de son aisance d'utilisation.

**II.4.2.langages de programmation:**

Il existe bon nombre de langages permettant la programmation d'une application GMAO, toutefois le choix devra répondre aux besoins attendus par les utilisateur tant sur l'aspect compatibilité avec l'environnement d'application (Windows, linux....) que sur l'aspect évolutif et flexibilité, on peut également choisir tel langage pour son aisance et sa facilité d'utilisation, il doit par ailleurs répondre aux exigences du fonctionnement du logiciel, on peut citer DBASE (sous dos) et VISUEL BASIC comme langages de bas niveau et quelques exemples de langages de haut niveau comme : CLIPPER, EXCEL, ACCESS, DELPHI, JAVA, SAP, WINDEV.

Notre choix est porté sur le langage DELPHI en raison de son aisance d'utilisation ainsi que la diversification des outils qu'il propose.

**II.5. Analyse des différents modules fonctionnels : [9]**

Tous les progiciels de GMAO ont en commun la même structure modulaire proposant les mêmes fonctions. Mais, selon les logiciels, les fonctions remplies sont diversement dénommées, réparties et organisées. Prenons comme exemple Sirlog, la première GMAO destinée aux PME développée en France, représenté sur la figure2. C'est dans les bureaux techniques (méthodes, ordonnancement, logistique et travaux neufs) que s'effectuera majoritairement la gestion par exploitation des 10 modules analysés. Le « cahier des charges » proposé pour chaque module n'a pas l'ambition d'être exhaustif (chaque service maintenance a ses propres critères), mais d'attirer l'attention sur certains points souvent négligés. Les modules analysés sont les suivants :

1. gestion des équipements.
2. gestion du suivi opérationnel des équipements.
3. gestion des interventions en interne et en externe.
4. gestion du préventif.
5. gestion des stocks.
6. gestion des approvisionnements et des achats.
7. analyses des défaillances.
8. gestion du budget et suivi des dépenses.
9. gestion des ressources humaines.
10. tableaux de bord et statistiques.
11. autres modules et interfaçages possibles.

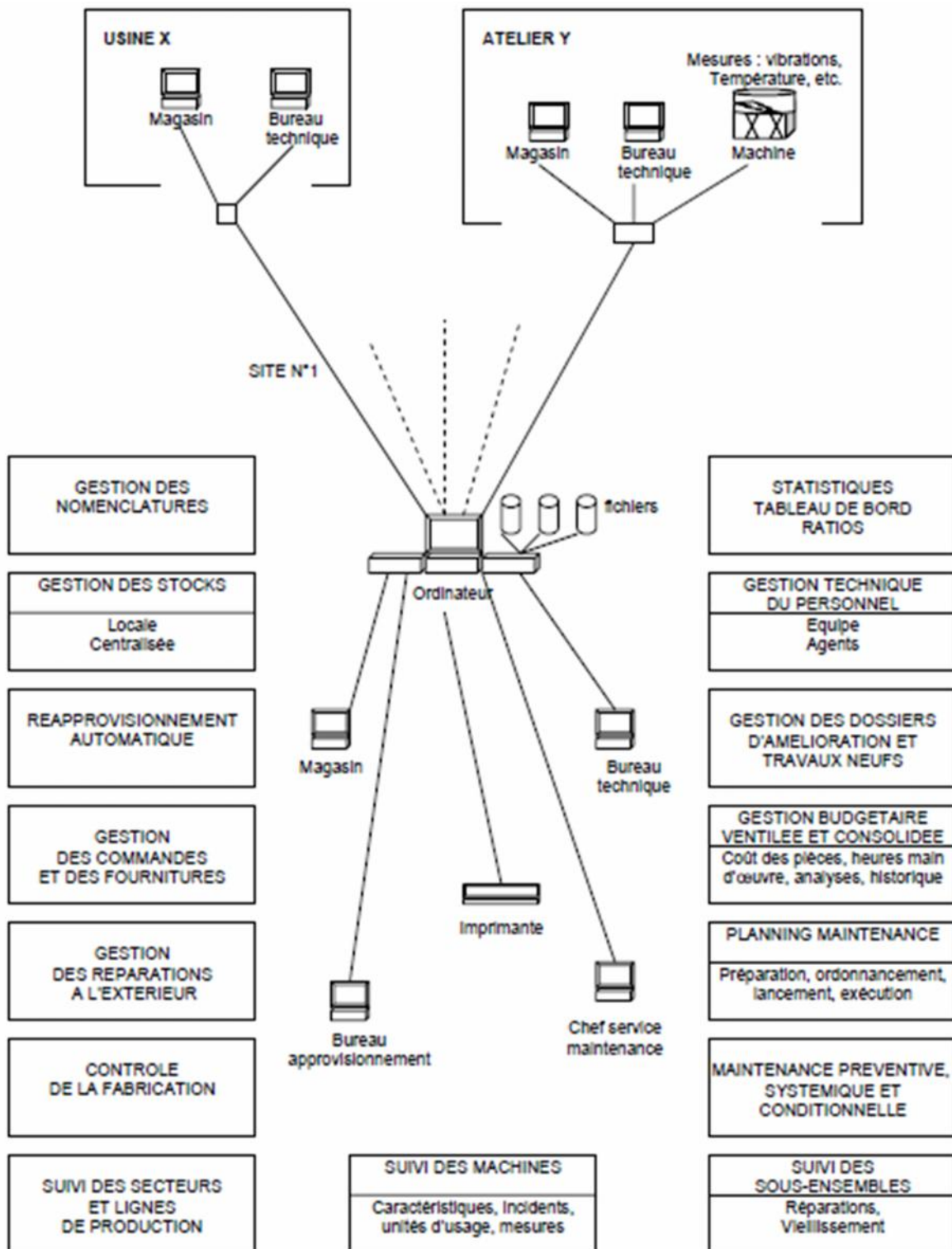


Figure N° II.2 : Exemple de structure modulaire d'une GMAO.

**II.5.1. module de la gestion des équipements:**

Il s'agit de décrire et de coder l'arborescence du découpage allant de l'ensemble du parc à maintenir aux équipements identifiés et caractérisés par leur DTE (dossier technique équipement) et leur historique, puis à leur propre découpage fonctionnel. A partir du code propre à l'équipement, le module doit permettre de :

- pouvoir localiser et identifier un sous-ensemble dans l'arborescence.
- connaître l'indice de criticité fonctionnelle de l'équipement, sa durée d'usage relevé de compteur.
- accéder rapidement au « plan de maintenance » de l'équipement.
- pouvoir trouver ses caractéristiques techniques, historiques et commerciales à partir du DTE.
- pouvoir localiser un ensemble mobile, trouver son DTE et son historique (gestion multi site).
- connaître ses consommations en énergie, en lubrifiants, etc.
- connaître la liste des rechanges consommés.
- connaître le code des responsables exploitation et maintenance de l'équipement.
- accéder aux dessins et schémas relatifs à l'équipement contenus dans un logiciel de gestion documentaire (hors DTE).

**II.5.2. module de la gestion du suivi opérationnel des équipements:**

A travers le module de suivi des performances d'un équipement, il s'agit de retrouver les indicateurs de fiabilité, de maintenabilité, de disponibilité et le taux de rendement synthétique TRS si la TPM est envisagée ou effective. Le choix des indicateurs prédétermine la nature des saisies nécessaires. Celles-ci doivent pouvoir se faire « au pied de la machine » et en temps réel, aussi bien en ce qui concerne les demandes que les comptes rendus Dans le cadre d'un suivi technique par l'indicateur Disponibilité.

- Le module doit être capable d'assurer la gestion en affichant :
  - ✓ les graphes d'évolution des DI par périodes de suivi.
  - ✓ les graphes de Pareto se rattachant aux équipements par nature des arrêts.
  - ✓ le rappel des valeurs des indicateurs MTA (moyenne des temps d'arrêt) ou MTTR (mean time to repair ; en français TTR : temps technique de réparation) pour les dernières périodes.

- Dans le cadre d'un suivi par le TRS

Le module doit être capable, à partir des données opérationnelles liées aux pertes de performances, aux pertes de qualité et aux pertes de disponibilité, de calculer les trois taux et leur produit (le TRS) par période, de montrer leur évolution, de présenter l'affichage analytique des valeurs après sélection, pour diagnostic. De façon plus générale, l'agent des méthodes doit être capable de trouver à travers ce module tous les éléments quantitatifs lui permettant d'approfondir une analyse de logistique, de fiabilité, de maintenabilité ou de disponibilité.

### **II.5.3.module de la gestion des interventions:**

Nous avons vu en ordonnancement l'existence de plusieurs procédures adaptées à la nature des travaux. Pour les nombreux petits travaux, pas de demande DT (demande de travail) ni d'attribution de numéro, mais un enregistrement rapide a posteriori de leur durée, de leur localisation et de leur nature. Il est nécessaire de créer une bibliothèque des différents codes utiles afférents aux clients, aux intervenants, aux différents statuts de l'intervention. D'autre part, à chaque équipement doit correspondre une bibliothèque de codes standards, relatifs au découpage de l'équipement, à l'effet déclenchant (souvent appelé par erreur « cause » d'arrêt) et à la cause identifiée.

- Pour les DT, demandes de travaux :

Le module doit permettre :

- ✓ la création d'un numéro DT, OT, qui servira de référence pour toutes les opérations liées, procédures de sécurité spécifique, préparation et DA (demande d'approvisionnement) ou BSM (bon de sortie magasin) par exemple.
- ✓ l'horodatage de la demande, avec identification du demandeur et du secteur (code client) et l'urgence ou le délai attribué.
- ✓ le suivi possible du statut de la demande par le demandeur (code des différents statuts).

- Au niveau de la préparation de l'OT :

Le module doit permettre :

- ✓ l'insertion de gammes de maintenance préétablies ;
- ✓ les réservations d'outillages, de moyens spéciaux, de pièces de rechanges, etc.
- ✓ l'affectation des ressources ;
- ✓ le regroupement de la gamme de maintenance avec des plans, des pictogrammes et des schémas extraits d'un logiciel de gestion documentaire.

- ✓ l'insertion automatique de procédures de sécurité liées à certains secteurs ou à certains équipements.
- ✓ l'intégration d'un groupe de travaux à un gestionnaire de projet, avec graphismes Gantt et PERT.

- Pour les comptes rendus d'intervention :

Le module doit permettre :

- ✓ la saisie « facile et rapide » (critère très important) des paramètres et de la caractérisation de l'intervention, même et surtout s'il s'agit d'une correction de micro-défaillance.
- ✓ l'utilisation par les dépanneurs d'une borne en libre-service, située à proximité immédiate du site d'intervention, réduisant ainsi les distances et les temps de saisie d'intervention.
- ✓ de caractériser l'intervention par les codes de la bibliothèque de l'équipement (localisation, cause, etc.).
- ✓ l'imputation des travaux à des comptes analytiques.
- ✓ de distinguer les durées d'intervention des durées d'indisponibilité.
- ✓ d'enrichir chronologiquement l'historique de l'équipement dès la clôture de l'OT.
- ✓ de connaître les consommations de pièces utilisées, éventuellement leurs valeurs.

- Pour la gestion des travaux externalisés :

Le module doit permettre une gestion semblable aux procédures de préparation et d'ordonnancement internes :

- ✓ émission de DTE (demande de travaux externalisés) pour les prestations ponctuelles.
- ✓ création de contrats-type (clauses techniques, économiques et techniques, plan de sécurité) qu'il suffit d'adapter à chaque commande.

#### **II.5.4.module gestion du préventif:**

Le module permettra de gérer la maintenance systématique à travers un planning calendaire par équipement, les dates étant prédéterminées ou déterminées à partir d'un relevé de compteur (ou d'une mesure dans le cas de la maintenance conditionnelle). Le déclenchement sera automatique, par listing hebdomadaire des opérations prévues dans la semaine. Chaque opération sera définie par sa gamme préventive. Le module devra aussi



permettre un déclenchement « manuel d'opportunité », par exemple par anticipation d'une opération préventive à la suite d'un arrêt fortuit.

### **II.5.5.module gestion des stocks:**

Le système repose sur le « fichier des articles » en magasin comprenant les « lots de maintenance » par équipement et sur les mouvements entrées/sorties du magasin.

- Une fiche article doit comprendre :
  - ✓ le code article défini par l'organisation interne, son libellé et sa désignation technique.
  - ✓ le code article du ou des fournisseurs et le code fournisseur (et fabricant éventuellement).
  - ✓ le code du gisement en magasin.
  - ✓ les codes des articles de substitution, en cas de rupture.
  - ✓ le rattachement aux équipements possédant cet article.
  - ✓ le prix unitaire et le prix moyen pondéré automatiquement calculé.
  - ✓ les quantités en stock, commandées en attente.
  - ✓ la méthode de réapprovisionnement et ses paramètres (stock de sécurité, stock maxi. etc.).
  - ✓ les dates des derniers mouvements.
  - ✓ l'historique des consommations.
- Les outils d'analyse du stock en nature et en valeurs sont :
  - ✓ le classement des articles en magasin par valeurs et par taux de rotation.
  - ✓ la valeur des stocks par nature et par périodes (mois par mois).
  - ✓ la liste des articles « dormants ».
  - ✓ la liste des cas de ruptures de stock (demandes non satisfaites).
- Il importe de vérifier certaines potentialités du module :
  - ✓ la possibilité ou non d'actualisation automatique des paramètres en fonction des consommations.
  - ✓ la possibilité d'avoir le profil des consommations et le tracé de la courbe ABC en valeurs.
  - ✓ les possibilités relatives aux transactions du magasin : réceptions provisoires ou définitives, retours au fournisseur en cas de non-conformité, etc.
  - ✓ l'édition de pièces réservées sur une préparation (numéro d'OT pour l'imputation).
  - ✓ la présence d'un écran d'inventaire comprenant les différents critères d'article.

- ✓ la possibilité d'effectuer des recherches et des analyses multicritères.

### **II.5.6.module gestion des approvisionnements et des achats:**

Caractéristiques de la fonction en maintenance : beaucoup de références et de fournisseurs pour des quantités faibles et des délais courts. Ce module doit permettre, en interface avec le logiciel du service « achat » de maîtriser et de gérer avec aisance :

- le fichier des fournisseurs et des fabricants avec leurs tarifs liés aux quantités.
- le lancement d'appels d'offre aux fournisseurs.
- l'édition de bons de commandes standard ou personnalisés, et le suivi des autorisations de dépenses.
- le contrôle des factures.
- l'édition automatique des codifications internes et fournisseurs (transcodage).
- le suivi des états de la commande.
- le suivi des réceptions totales, partielles et des refus.
- l'estimation de la qualité des fournisseurs par les contrôles de réception et le suivi des délais.
- l'édition automatique de lettres de relance pour les retards.

### **II.5.7.module analyses des défaillances:**

La base de ce module est constituée des historiques automatiquement alimentés par chaque saisie de BPT (bon de petits travaux) et d'OT (ordre de travail) mis en famille par ses codes d'imputation. A partir d'un équipement donné, il doit permettre :

- l'établissement des analyses quantitatives par graphes de Pareto, avec plusieurs critères (MTTR,  $T_A$  ; durée d'arrêt) et plusieurs mises en familles (par cause, par localisation, par nature de défaillance, etc.) et sur plusieurs périodes d'analyse (hier, la semaine écoulée, les trois derniers mois, l'année, etc.).
- puis l'analyse qualitative des défaillances sélectionnées comme prioritaires, éventuellement mise sous forme AMDEC.

La productivité de l'analyse de défaillance comme outil de progrès rend cette fonction de GMAO stratégique : il est indispensable de savoir par qui, quand, comment vont être organisées ces analyses pour tester l'adéquation du logiciel au cahier des charges du module. Ce module est la base de la MBF (maintenance basée sur la fiabilité).

**II.5.8.module budget et le suivi des dépenses:**

La gestion analytique ne permet que des « macroanalyses » des comptes. Un découpage plus fin de la fonction maintenance doit donc pouvoir permettre des analyses détaillées grâce à la GMAO, l'objectif étant le suivi de l'évolution des dépenses par activité dans un budget donné. Quelques éléments du cahier des charges à préciser, c'est-à-dire le module permet-il :

- la création d'un nouveau budget en modifiant des chapitres de l'ancien.
- la comparaison entre plusieurs exercices.
- la prise en compte des frais généraux du service.
- l'éclatement en coûts directs et indirects (pertes de qualité, de production, etc.).
- la ventilation des coûts par équipement, par «client», par type d'activité de maintenance, par origine de défaillance, par sous-ensemble «fragile» communs à plusieurs équipements, etc.
- la comparaison entre la prévision et la réalisation.
- la gestion en plusieurs devises : francs, euros, dollars, etc.
- la possibilité d'exporter les résultats comptables sur un logiciel de comptabilité.
- la décomposition structurelle du budget en sous-budgets consolidables.
- le suivi des coûts pour établir le LCC (life cycle cost ; coût du cycle de vie) d'un équipement.

**II.5.9.module gestion des ressources humaines:**

Spécifiquement adapté au service maintenance, ce module sera principalement une aide à l'ordonnancement. Il sera construit autour d'un « fichier-technicien » pouvant comprendre, pour chacun :

- la qualification, les habilitations, les diplômes, l'ancienneté dans son échelon actuel, les différentes affectations, l'affectation actuelle, etc.
- les formations suivies, demandées et le bilan de compétence.
- les congés pris, demandés et les récupérations (données nécessaires à la programmation des travaux).
- les temps de présence et d'absence (historique des arrêts de travail).
- les coûts horaires pour chaque qualification (pour imputation des coûts d'intervention).

Remarquons l'intérêt, pour chaque technicien, de pouvoir accéder par la GMAO, à partir du terminal atelier, à ses propres informations relatives aux reliquats des congés à prendre ou à des informations générales de l'entreprise. C'est un facteur d'acceptation du système informatique.

#### **II.5.10 .module tableaux de bord et statistiques:**

Les tableaux de bord concernent la mise en forme de tous les indicateurs techniques, économiques et sociaux sélectionnés pour assurer la gestion et le management du service maintenance. Certains sont livrés en « standard » avec le logiciel. Il faut vérifier s'ils peuvent être personnalisés rapidement (courbes, graphiques et autres visuels), ou développés avec un générateur d'état extérieur au logiciel. Vérifier également que l'extraction de données se fait simplement.

En cas de projet TPM, il faut vérifier la possibilité de former l'indicateur TRS et de visualiser ses variations par périodes.

#### **II.5.11.module complémentaires ou interfaçages utiles:**

La revue des besoins internes et externes du service peut amener à rechercher des extensions par interfaçage, par acquisition de modules complémentaires ou par développement de logiciels applicatifs spécifiques.

- Interfaçage requis ou non avec :
  - ✓ le logiciel de comptabilité et de paie.
  - ✓ le logiciel de gestion des ressources humaines.
  - ✓ le logiciel de gestion des achats et approvisionnements.
  - ✓ la GPAO, les réseaux techniques.
  - ✓ le logiciel de gestion documentaire (GED).
  - ✓ les outils multimédias.
  - ✓ la supervision : saisie automatique de données « machines » par collecteur portable, par code-barres, par automates ou par capteurs.
- Autres fonctionnalités possibles :
  - ✓ liaison avec le logiciel de gestion de projet.
  - ✓ Lecture de badges.
  - ✓ saisie des images : scanner, hypertexte, etc.
  - ✓ analyses de pannes, génération d'AMDEC, etc.

Toutes ces potentialités étant très évolutives, il importe de ne pas prendre de retard au départ d'un projet GMAO, qui doit déboucher sur une durée d'exploitation significative pour se justifier économiquement.

**III.1.Pourquoi une maintenance informatisée ? : [17]**

L'inefficacité de la méthode papier en raison de son incapacité à transmettre l'information en temps réel et donc une gestion approximative a poussé les acteurs industriels à étudier de nouveaux concepts de gestion plus exacte et à intégrer l'informatique au sein des entreprises industrielles afin d'optimiser l'information.

Concrètement, la mise en place des systèmes de gestion de maintenance informatisée entraînent comme économie :

- La diminution de la consommation globale d'énergie (un matériel bien entretenu consomme moins).
- La réduction du temps consacré à la maintenance préventive (une meilleure planification).
- La diminution des heures supplémentaires (pannes réparées en dehors des heures normales).
- La diminution du temps consacré au correctif.
- La diminution des pertes de productions dues aux pannes (manque à gagner).
- La diminution du temps consacré à la gestion administrative du service maintenance.
- Prolongation de la durée de vie des équipements grâce à une maintenance préventive mieux gérée.

**III.2.Définir les besoins réels:**

Pour aboutir à la réussite du projet, l'implantation d'une GMAO nécessite obligatoirement au préalable une analyse fine et fouillée des besoins, une définition précise des objectifs, une préparation soigneuse des acteurs et l'adhésion de tous. En effet, une telle démarche doit se faire sous l'impulsion de la direction et la participation du personnel de l'entreprise. Ces prérequis permettront d'une part d'effectuer un choix pertinent parmi les propositions du marché et d'autre part de réfléchir aux organisations les plus intelligentes et les plus efficaces.

Il sera conseillé de :

- Définir l'organisation de la fonction maintenance au préalable, la répartition des responsabilités et des tâches, les informations nécessaires, le choix du système d'information.
- Présenter un schéma informatique avec les objectifs et les moyens prévus.
- Exprimer clairement ses objectifs : une GMAO, pour quoi faire ? pour qui ? pour quel résultat attendu ?
- Exprimer le besoin en termes de fonctions strictement utiles et éliminer les fonctions inutiles.
- Travailler en groupe multidisciplinaire pour réaliser de façon formelle une analyse des besoins et pour rédiger un cahier des charges fonctionnel faisant l'objet d'un consensus entre tous les utilisateurs potentiels.
- Ne pas sous-estimer les moyens préliminaires à mettre en œuvre avant la décision finale.
- Une erreur ou omission commise pendant la phase de rédaction du cahier des charges est pratiquement irrécupérable une fois l'achat du produit réalisé. Cela a pour effet de contribuer à des délais et coûts supplémentaires pour apporter des corrections ou pour définir des fonctionnalités nouvelles au logiciel.
- Demander aux fournisseurs présélectionnés de fournir des références de clients où ses applications de GMAO fonctionnent. Il ne faut pas hésiter à se déplacer sur des sites où fonctionnent ces logiciels pour connaître les jugements des clients exploitants.
- Vérifier la pérennité des produits et les capacités du fournisseur à évoluer dans le temps : la version vendue est-elle la version 1.1 ou la version 9.1 ?
- Vérifier la capacité des vendeurs à en assurer la maintenance et l'assistance.
- Prévoir une période de formation de tous les personnels (des ouvriers au plus haut responsable technique de l'entreprise)
- Vérifier l'adéquation entre l'organisation et le logiciel. Si l'organisation est suffisamment formalisée, le logiciel doit pouvoir s'adapter. Si, de plus, il existe déjà une GMAO, il faudra alors s'orienter vers un logiciel paramétrable. Enfin, si l'organisation n'est pas très formalisée, il est alors possible de jouer sur l'effet structurant du logiciel.
- Le changement de culture que nécessite la GMAO conduit à des efforts s'inscrivant dans la durée et doit constituer un enjeu stratégique durable de l'entreprise.

Les exigences pour la mise en place d'une GMAO sont de même nature que celles demandées pour l'implantation d'une nouvelle politique de maintenance telle que la Totale Productive Maintenance (TPM, ou que la maintenance basée sur la fiabilité (MBF).

- Choisir de préférence un chef de projet indépendant des services de production et de maintenance qui pourra assurer la pérennité de l'application GMAO.

### **III.3. Etude d'opportunités : [16]**

L'expression des besoins, qu'elle ait été faite au moyen de modèles généraux ou de processus, doit avoir été consignée dans un cahier des charges. Elle doit être confrontée aux possibilités du marché. Une rapide évaluation des progiciels faite au moyen de revues, d'articles spécialisés, d'analyses techniques, ou bien avec l'aide d'un consultant, aboutit à définir les grandes orientations en matière de :

- Logiciel ou progiciel.
- Type de configuration, matériel, imprimantes, nombre de postes.
- Besoin d'interface.
- Capacité interne d'intégration de la solution : formation, développement, collecte des données.

### **III.4. Le cahier des charges : [19]**

Le cahier des charges constitue l'expression de besoins faite auprès du fournisseur de solution informatisée de GMAO, en tout ou partie : éditeurs, intégrateurs, sociétés de service, fournisseurs de matériel, organisme de formation.

Le projet, son planning, la répartition des tâches, les rôles respectifs, les responsabilités de chaque partie doivent être précisées de façon à lever toute ambiguïté quant à la fourniture attendue. Le cahier des charges reprend les points techniques descriptifs de la GMAO envisagée et les remplace dans le contexte de la société et du projet afin de les rendre compréhensibles par les fournisseurs qui ne connaissent pas nécessairement son activité. En particulier, l'approche par processus fournit un éclairage sur le mode de fonctionnement désiré et les fonctionnalités que doit supporter la GMAO.



Dans sa partie technique, le cahier des charges comprend un questionnaire sur les points jugés fondamentaux et discriminant pour l'étude des réponses que feront les fournisseurs. Les critères de jugement de la solution peuvent être tout à fait avantageusement décrits pour exhorter les fournisseurs à développer leur présentation.

Une présentation du paysage système est nécessaire pour les parties HARDWARE et briques d'exploitation.

Il est important de fournir une estimation du nombre moyen de transactions sur une période donnée, par exemple le nombre de demandes de travaux ou d'OT annuels, de commande, d'équipements, de pièce de rechange, de fournisseurs... et sur l'ampleur des reprises.

### **III.5.Les postes à informatiser : [18]**

Parmi les postes susceptibles d'être informatisés, on peut citer :

- L'édition et la mise à jour ou la consultation de la nomenclature du matériel.
- La documentation technique (fiche technique, nomenclature des pièces de rechange sa gestion et sa mise à jour).
- L'historique du matériel.
- Le suivi et l'analyse technique des coûts (par matériel, par chaîne de maintenance, par atelier, par famille de machine, par nature des interventions, par spécialité...).
- La gestion des stocks maintenance.
- La préparation des travaux.
- L'addition d'un catalogue de temps pour les opérations standard.
- L'ordonnancement et le suivi des ordres de travaux.
- Le suivi du personnel de maintenance.
- Le plan de maintenance préventive et son suivi.
- Le budget de maintenance (réalisation).
- Elaboration et suivi de l'analyse globale de la fonction maintenance.

### **III.6.Etapes d'informatisation de la maintenance : [14]**

Les étapes d'informatisation sont schématisées sur la figure dans la page qui suit :

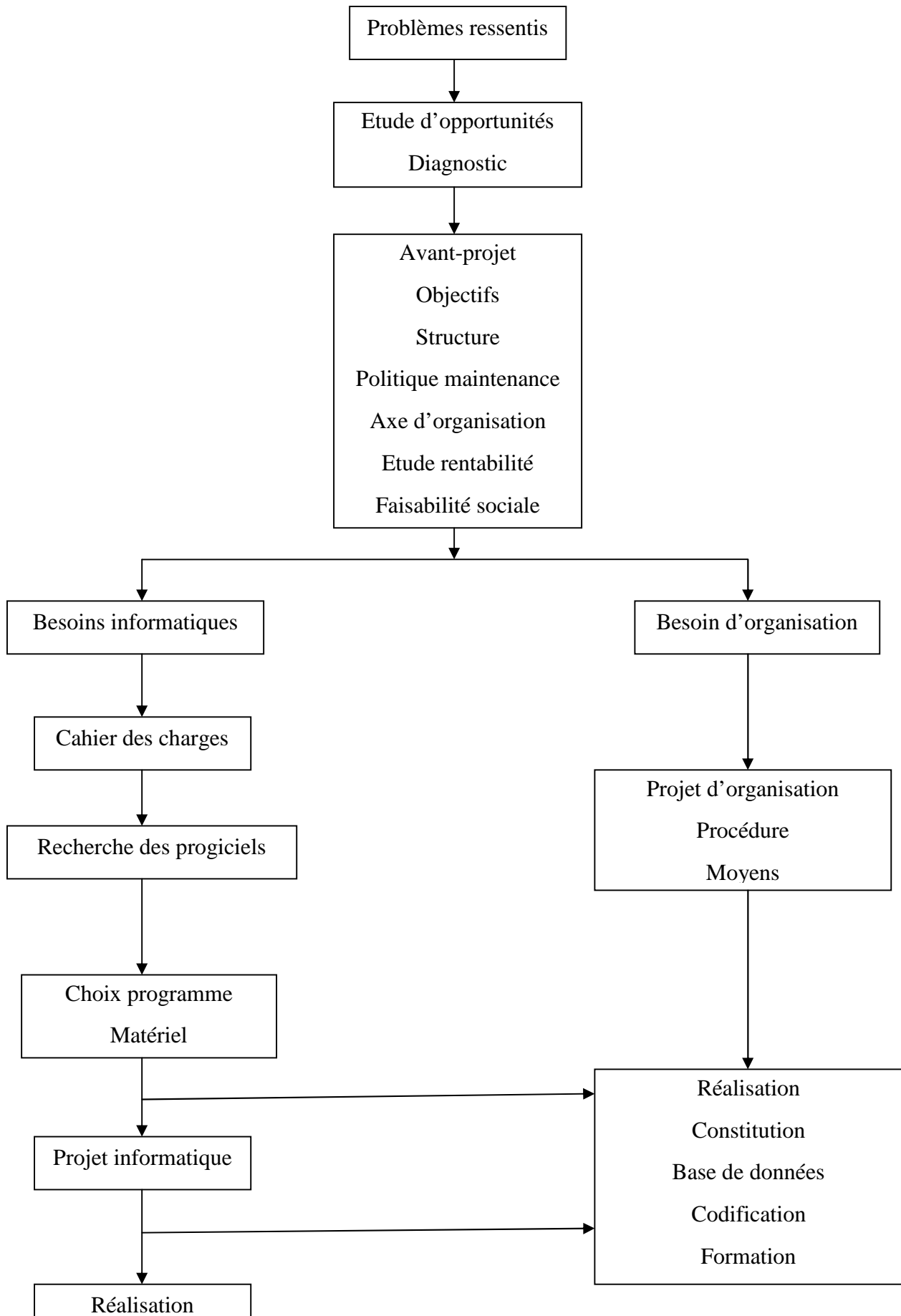


Figure N° III.1 : Schéma des étapes de l'informatisation

**III.7.Elaboration d'un plan d'informatisation : [21]**

L'élaboration d'un plan dans ce domaine consiste à structurer le système d'information et d'organisation du service maintenance en vue des divers objectifs fondamentaux.

1. Création de systèmes d'élaboration de la politique de maintenance :
  - a- Définition des politiques de maintenance.
  - b- Gamme de maintenance.
2. Fiches de maintenance :
  - a- Création de systèmes liés au déclenchement des interventions préventives ou correctives :
    - Diagnostic, recherche de l'origine de la panne et peut être de sa cause.
    - Gestion des demandes de travaux correctifs et d'amélioration.
    - Déclenchement des interventions préventives.
  - b- Création de modules liés à l'exécution des travaux de :
    - Préparation des interventions.
    - Planification des interventions et des ressources.
    - Lancement.
    - Suivre l'exécution des travaux.
    - Créer une banque de données maintenance (historique).
  - c- La mise en place de tels systèmes se fait par deux démarches complémentaires :
    - Une sur le site « production » :
      - Connaissance des réseaux d'information.
      - Des données liées au matériel.
      - Des rapports d'intervention.
      - Connaissance des stocks de pièce de rechange.
      - Connaissance des limites d'intervention.
    - Une au niveau de la direction ou du siège :
      - Connaissance des informations provenant d'autres sites de production.
      - Des normes en vigueur dans la société.

- Des objectifs liés à la maintenance, (amélioration de la disponibilité, extension de l'expérience pour d'autres unités de fabrication).
- d- La participation des principaux acteurs du domaine à tous niveaux devra être effective.
- e- Une stratégie informatique devra en découler en proposant les priorités :
  - Codification (nomenclature).
  - Création de banques de données.
  - Utilisation des moyens informatiques existants, acquisition de nouveaux.
  - Suivi des résultats.

### III.8. Les acteurs d'une démarche informatique pour la maintenance : [20]

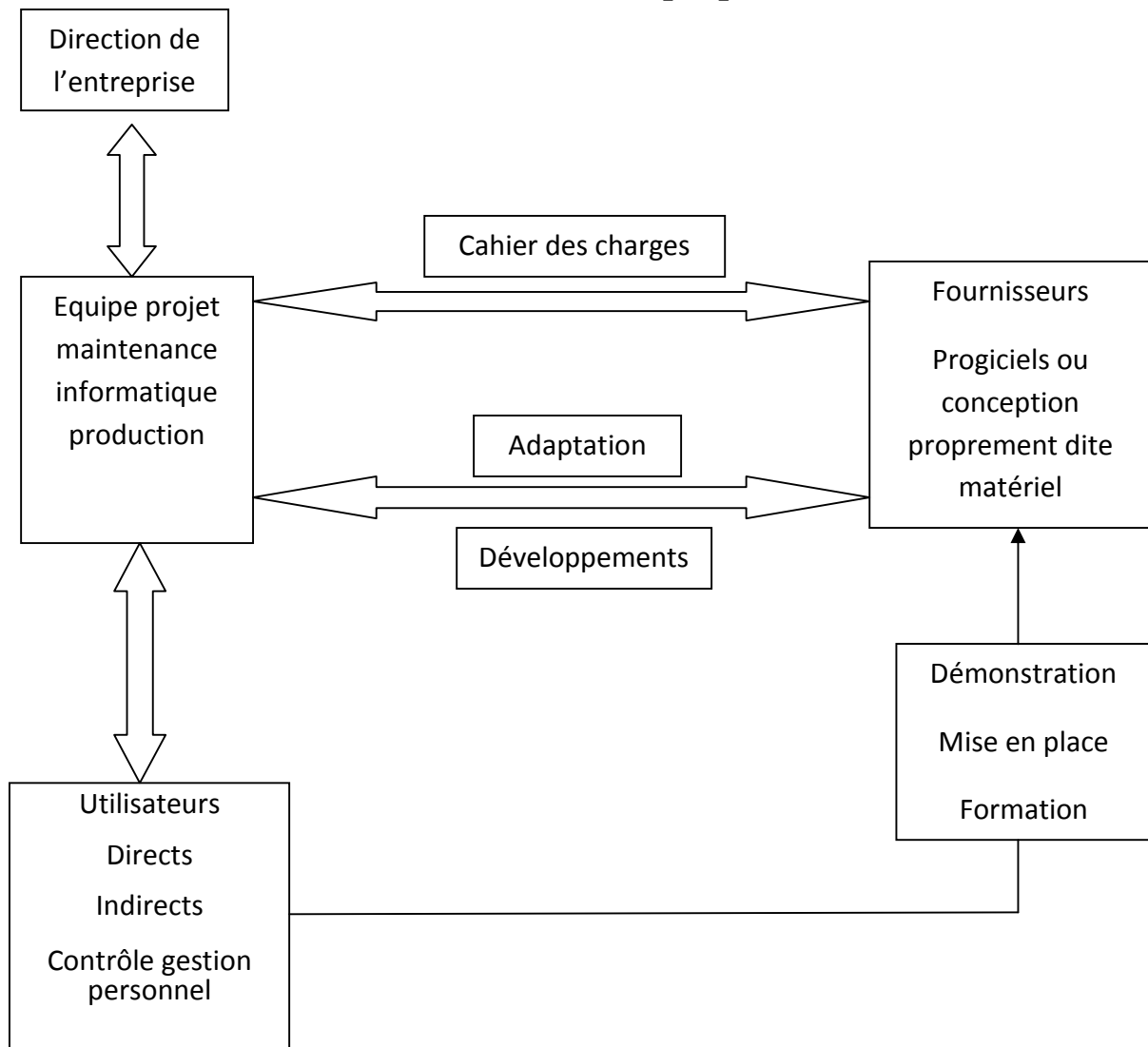


Figure N° III.2 : Schéma d'une démarche informatique

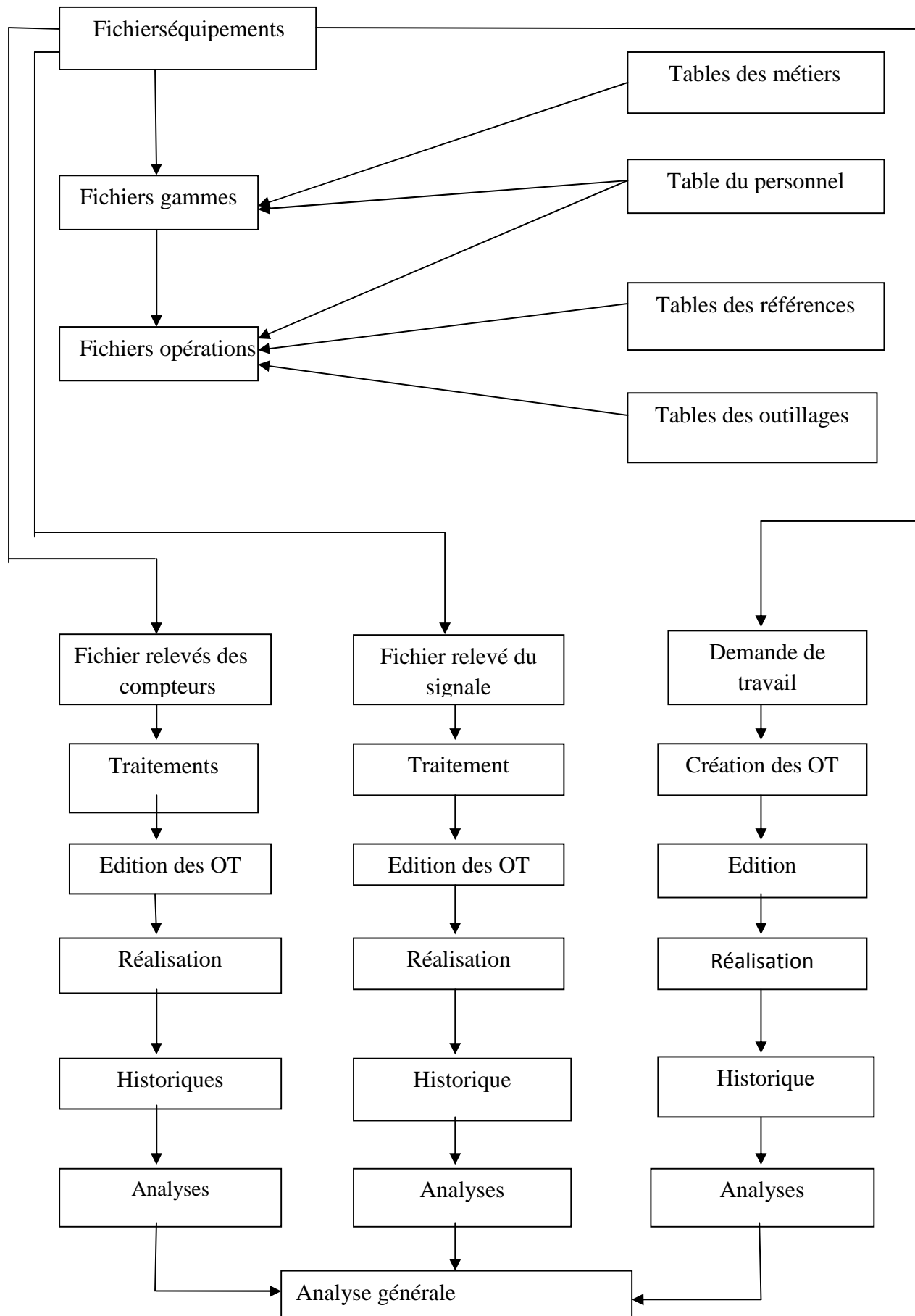


Figure N° III.3 : Schéma de fonctionnalités principales du progiciel.

### III.9.Présentation de l'application GMMI 1.0 : [13]

GMMI 1.0 (sous Windows), programmée avec le langage de programmation Delphi, est le nom que nous avons attribué à l'application de gestion de maintenance assistée par ordinateur que nous avons pu réaliser durant notre projet de fin d'études.

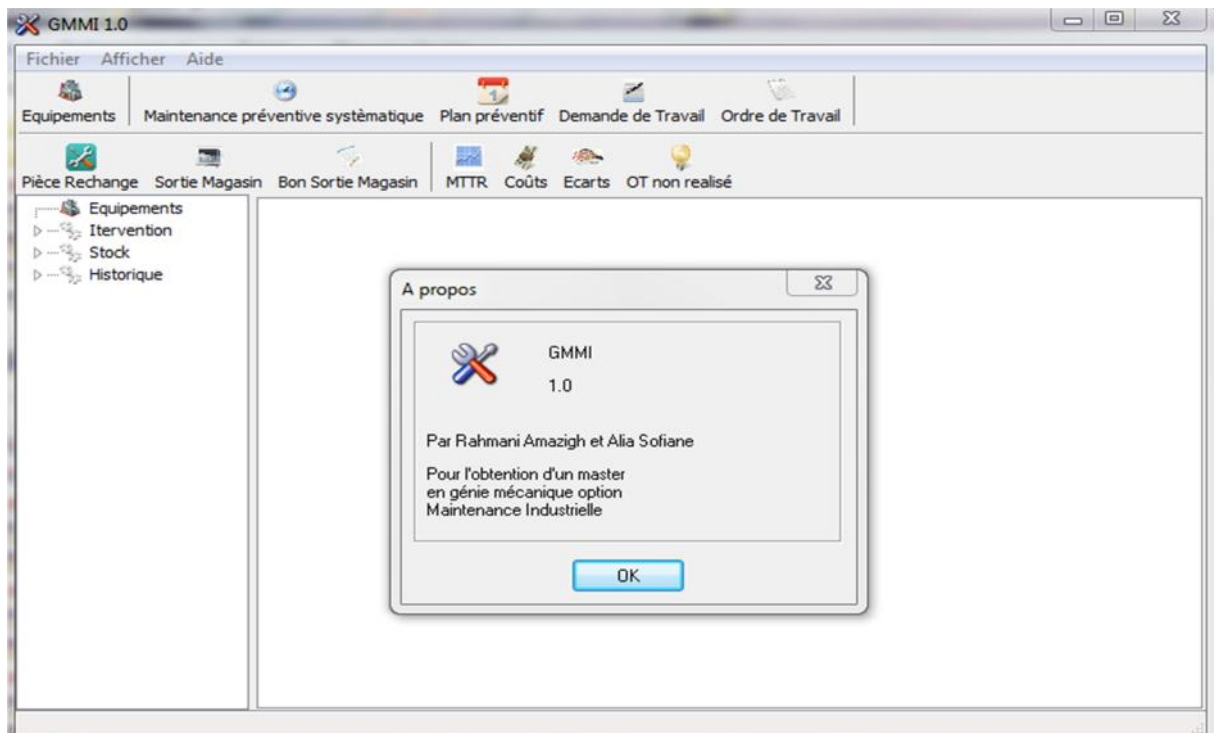


Figure N° III.4 : GMMI 1.0

L'application, d'une façon non exhaustive s'inscrit dans le sens principal de donner toutes les informations possibles concernant l'équipement, les demandes de travail (DT), les ordres de travail (OT), la pièce de rechange, le personnel ainsi que le suivi de la fonction maintenance.

#### III.9.1.GMMI 1.0 permet :

##### 1- La mise à jour des tables :

- Mise à jour de la table des équipements.
- Mise à jour de la table des gammes.
- Mise à jour de la table des actions.
- Mise à jour de la table du personnel.
- Mise à jour de la table des métiers (classe d'intervention).
- Mise à jour de la table des pièces de rechange

## 2- La gestion des travaux :

- Maintenance préventive systématique :
  - Suivi des compteurs.
  - Edition des OT
  - Réalisation.
- Maintenance curative :
  - Gestion des demandes de travail (DT)
  - Gestion des ordres de travail (OT)
  - Préparation et organisation du travail.
  - Réalisation

### **III.9.2.L'application (GMMI 1.0) comprend les fonctionnalités principales suivantes :**

#### **II.9.2.1.Formulaire des équipements :**

Pour maîtriser le parc des équipements et avoir recours aux informations complètes sur chaque équipement, l'application comprend un module qui permet de faire la saisie des équipements, de consulter chaque équipement et de modifier ce dernier s'il y a lieu.

Les attributs du formulaire équipement sont :

- Le code de l'équipement (code\_equi).
- Sa désignation (description).
- Sa date de mise en service (date\_service).
- Sa date d'achat (date\_achat).
- Sa charge annuelle.
- Son prix.

Le formulaire équipement contient également les périodicités pour chaque équipement ainsi que la liste des actions pour chaque périodicité.

Les méthodes qu'on peut exécuter dans le formulaire équipement sont :

- Insérer enregistrement (pour ajouter un nouvel équipement).
- Supprimer enregistrement.
- Modifier l'enregistrement.
- Rechercher équipement : par code ou par description.

- Valider modification
- Enregistrement suivant/précédent.

On propose une figure ci-dessous du formulaire équipements :

code_equi	description	zone	date_service	dateachat	prix	charge annuelle
eqpt1	machine1	1	02/02/2000	02/01/1999	656	5656
eqpt2	machine2	2	31/01/2000	26/01/1999	452	5454
eqpt3	machine3	3	03/01/2000	28/12/1998	4452	45456
eqpt4	machine4	4	21/05/2014	10/05/2014	6421	5000
eqpt5	machine5	5	21/05/2014	10/05/2014	625	456

**Figure N° III.5 : formulaire des équipements (GMMI 1.0)**

### III.9.2.2. Gestion des gammes du préventif :

Pour chaque équipement, l'application permet de créer une ou plusieurs gammes de différentes périodicités, chaque périodicité caractérise une gamme, chaque gamme associe plusieurs actions.

L'application crée une nouvelle périodicité avec la même clé que l'équipement : « code\_equi » ensuite, à chaque fois qu'on ajoute une action, on crée une relation avec la même clé : « code\_action » et « N° périodicité ».

code_action	description_actio
act4	verifier la chaleur
act7	arranger la prod
act9	aménager

**Figure N° III.6 : gamme préventive (GMMI 1.0)**



**III.9.2.3. Gestion de la maintenance préventive systématique : [21]**

C'est l'ensemble des interventions basées sur des gammes d'opérations précises et permanentes déclenchées lorsque le paramètre de mesure de l'utilisation de l'équipement atteint une valeur de donnée.

Le paramètre de mesure de l'utilisation de l'équipement doit pouvoir être exprimé en unité d'usage (relevé de compteur)

Les documents supports nécessaires à la maintenance préventive systématique sont :

- Le relevé des compteurs.
- Les OT

Ces documents devront être édités automatiquement et permettent :

- Un suivi systématique des compteurs.
- Un relevé précis des heures de marche pour les équipements.
- Une bonne préparation de l'intervention.

Une fonction de comparaison entre les dates prévues pour les interventions et les dates effectives de leur exécution devra signaler les écarts pour permettre un suivi correct de la mise en œuvre de la maintenance préventive systématique.

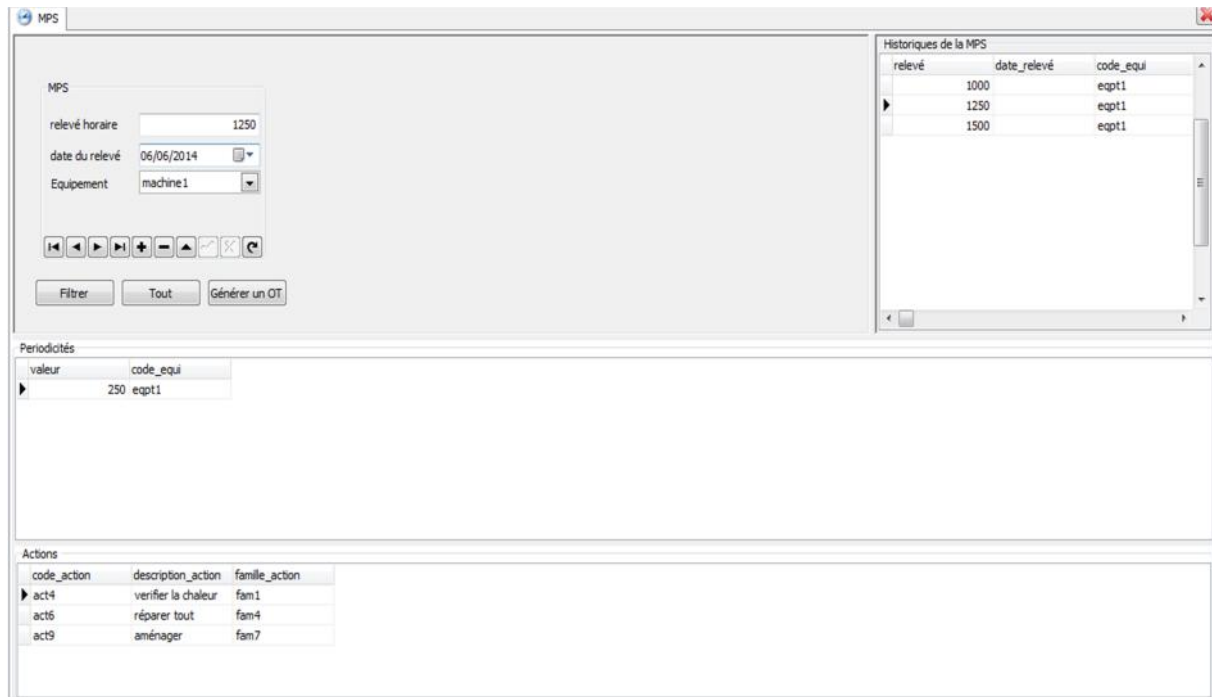
L'application permet la saisie des relevés compteurs et leurs traitements pour afficher les gammes qui devront être exécutées, elle permet également la génération des OT pour chaque gamme.

Les étapes suivies sont :

- Sélectionner la date du relevé en cours
- Sélectionner l'équipement
- Saisir le nouveau relevé horaire (ce dernier devient automatiquement l'ancien relevé horaire lors de la prochaine saisie du nouveau relevé)
- Filtrer : fait automatiquement la soustraction avec l'ancien relevé et affiche par la suite les périodicités atteintes ainsi que les actions respectives de chacune

L'application propose également des méthodes en particuliers : ajouter-supprimer-valider-modifier ... etc.

On propose une figure ci-dessous de la fonction Maintenance Préventive Systématique :



**Figure N° III.7 : Maintenance Préventive Systématique-MPS-(GMMI 1.0)**

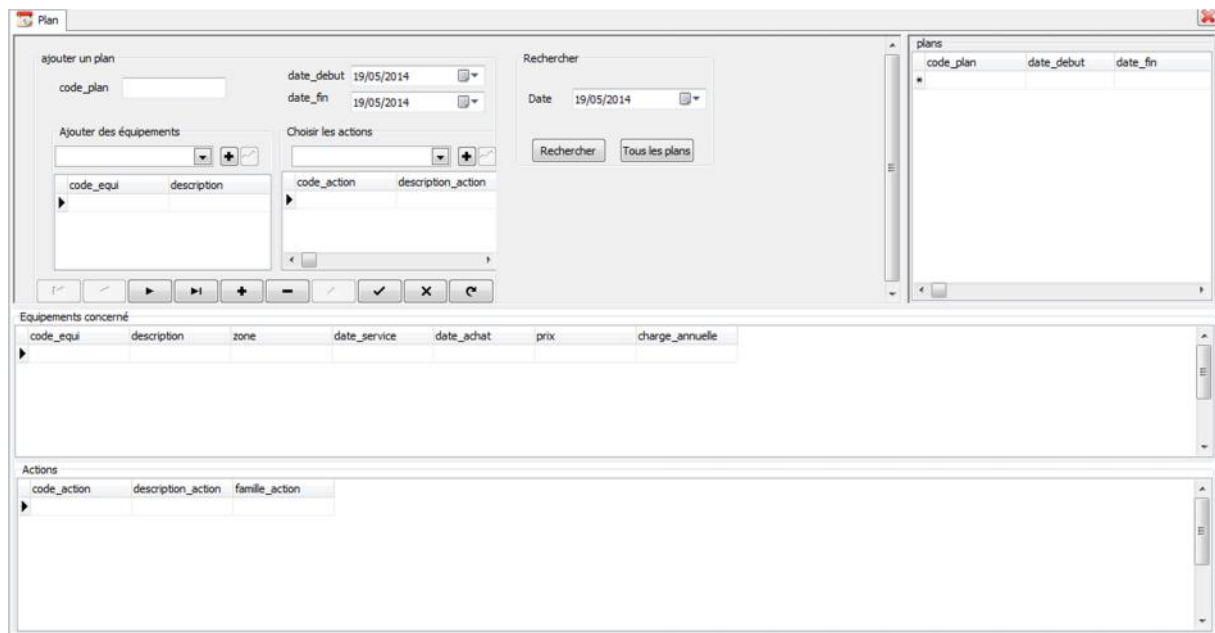
#### III.9.2.4. Le plan préventif :

En plus du module de gestion de la maintenance préventive systématique, l'application prévoit un plan préventif qu'on déclenche pour des périodes données, par exemple du premier de ce mois au premier du mois prochain, le choix de la période se fait selon la politique de maintenance de l'entreprise, on choisit une liste d'équipements et on associe des actions préventives à exécuter, on génère les OT manuellement.

Les attributs du plan préventif sont :

- Code plan
- Date début/date fin
- Ajouter des équipements
- Choisir les actions

On propose une figure ci-après de la fonction « plan préventif » :



**Figure N° III.8: Plan préventif (GMMI 1.0)**

### III.9.2.5. La demande de travail (DT) :

Une demande de travail est un document lié à un équipement ou à un centre de coût, créée par les différents demandeurs habilités et transmise au bureau méthodes pour analyse, préparation, ordonnancement et lancement

Les attributs de la demande de travail sur GMMI 1.0 sont :

- N° DT
- Employé
- Priorité
- Code équipement
- Anomalie
- Date début/date fin
- Date arrêt machine/heure arrêt machine (s'il y a lieu)
- Etat.

A la réception de la demande de travail, le bureau méthode procède à :

- L'enregistrement de la DT
- Détermine le nombre d'OT associés à préparer et à lancer
- Définit les statuts de la DT après analyse de l'urgence et des possibilités de programmation (en attente ou en cours).

Les demandes de travail seront clôturées à l'achèvement complet des travaux demandés, la fermeture de tous les OT associés entraîne la clôture automatique de la DT.

Le système devra permettre :

- L'annulation des DT non lancées (statut en attente)
- La clôture des DT lancées et non entièrement satisfaites.

Le système devra enregistrer la date de clôture de la DT pour permettre une analyse ultérieure des capacités de prise en charge de la structure maintenance.

On propose ci-dessous une figure de la fonction DT :

The screenshot shows a software interface for 'DT' (Demande de Travail). It features a 'Formulaire' (Form) section with various input fields and a 'Rechercher' (Search) section on the right. Below the form is a 'Contenu' (Content) table displaying a single record.

N°dt	code_employé	code_prio	code_equi	anomalie	date_début	date_fin	code_état	datearrêt machine	heurearrêt machin
*	9	prio2	eqpt1	courroie défailante	06/05/2014	etat1			

**Figure N° III.9 : Demande de travail-DT-(GMMI 1.0)**

### III.9.2.6.L'ordre de travail (OT) :

Une demande de travail peut donner lieu à la création d'un ou plusieurs OT, il y aura création d'un seul OT lorsque le contenu de la DT peut être réalisé par une seule équipe, il y'aura création d'autant d'OT qu'il faudra lorsque le contenu de la DT nécessite l'intervention de plusieurs équipes.

Les attributs d'un ordre de travail (OT) sur GMMI 1.0 sont :

- N° OT
- N° DT
- Code équipement (code\_equi)
- Criticité panne
- Anomalie
- Type intervention
- Employé
- Date début/date fin
- Classe intervention
- Priorité
- Temps estimé
- Heures réalisées
- Coût main d'œuvre
- Date arrêt machine/ heure arrêt machine (s'il y'a lieu)
- Etat
- Commenter (pour les commentaires)
- Pièces de rechange/ quantité demandée (s'il y'a lieu)
- Ajouter des actions

L'application permet également la recherche d'un OT par son numéro ou par le numéro de la DT associée.

On propose ci-après une figure de la fonction OT :

N°OT	N°dt	anomalie	type_intervention	date_début	date_fin	classe_intervention	priorité	criticité_panne	état	employés	Coût_main_œuvre
ot1			int2	06/05/2014	06/05/2014						26000
ot2		sdfg	int2	02/04/2014	02/04/2014	clas2	prio2	3	etat3	9	2000
ot21									etat1		
ot211									etat1		
ot2111									etat1		
ot21111									etat1		
ot211111									etat1		

Figure N° III.10 : Ordre de travail-OT- (GMMI 1.0)

### III.9.2.7.La fonction pièces de rechange :

Le magasin de pièce de rechange occupe une place très importante dans les entreprises industrielles, la disponibilité de ces pièces assure la continuité de fonctionnement des équipements, une bonne gestion est à conseiller quant aux méthodes d'approvisionnement. La GMAO offre aux acteurs de la maintenance un accès rapide et à temps réel à toute l'information complète concernant chaque pièce, elle offre également la possibilité de formulation de demandes d'achat en cas de manque de la pièce.

L'application permet de dresser l'inventaire des pièces de rechange disponibles avec leur quantité et leur prix unitaire.

Les attributs de la fonction pièces de rechange sur GMMI 1.0 sont :

- Code pièce
- Description
- Quantité disponible
- Prix unitaire

L'application permet également la recherche de chaque pièce par son code ou par sa description.

On propose ci-dessous une figure de la fonction pièce de rechange sur GMMI 1.0 :

Figure N° III.11 : pièce de rechange (GMMI 1.0)

#### III.9.2.8. La demande de réservation :

Réserver une pièce pour une utilisation ultérieure ou immédiate est également pris en charge sur les applications de GMAO, la demande exige un N° d'OT et doit ramener automatiquement la pièce de rechange ainsi que la quantité demandée signalées dans le formulaire de ce dernier, cette exigence sert de justificatif pour la sortie de la pièce en question.

Les attributs de la demande de réservation nommée BSM (bon de sortie magasin) sur GMMI 1.0 sont :

- N° de la demande
- N° d'OT
- Code employé
- Créateur
- Date création
- Etat

On suppose que la pièce demandée est disponible, une recherche des demandes est prévue en utilisant le N° de la demande ou le N° d'OT.

On propose ci-après une figure de la demande de réservation sur GMMI 1.0 :

**Figure N° III.12 : demande de réservation (GMMI 1.0)**

### III.9.2.9 La sortie magasin :

La demande de réservation est suivie par une sortie magasin, elle exige le N° de la demande de réservation associée. Une fois réalisée, l'état de la demande de réservation change et devient : « terminé ».

L'exigence d'un N° d'OT pour une demande de réservation et le N° de cette dernière pour une sortie magasin sont d'une importance capitale et permettent de savoir comment les pièces de rechanges de l'entreprise sont consommées et éventuellement avoir une idée de la consommation en pièce de rechange pour chaque équipement.

Les attributs de la sortie magasin sur GMMI 1.0 sont :

- N°\_ sortie (sortie magasin).
- N°\_demande (de réservation associée).
- Créateur.
- La date de sortie.

Les Sorties magasin sont enregistrées, la recherches est prévue par numéro de la sortie ou par numéro de la demande de réservation.

On propose ci-après une figure de la sortie magasin sur GMMI 1.0 :



**Figure N° III.13 : sortie magasin (SM) –(GMMI 1.0)**

### **III.9.2.10 Historique :**

Dans la rubrique Historique, nous avons injecté quelques fonctions de calcul et de vérification qui permettent d’avoir en temps réel les chiffres réalisés généralement pour une période donnée.

On cite :

### **III.9.2.11. La moyenne des temps de réparation (MTTR) :**

L’application permet de calculer la moyenne des temps de réparation pour une période donnée en parcourant tous les OT préventifs et curatifs réalisés durant cette période, additionnant les heures réalisées et divisant ces dernières sur le nombre d’interventions selon la loi :

#### **Somme des temps de réparation**

**MTTR** = \_\_\_\_\_

#### **Nombre de réparations**

Les méthodistes tireront les conclusions et chercheront à optimiser le chiffre obtenu en réduisant les temps de réparation.

On propose une figure ci-après de la fonction MTTR sur l’application GMMI 1.0 :

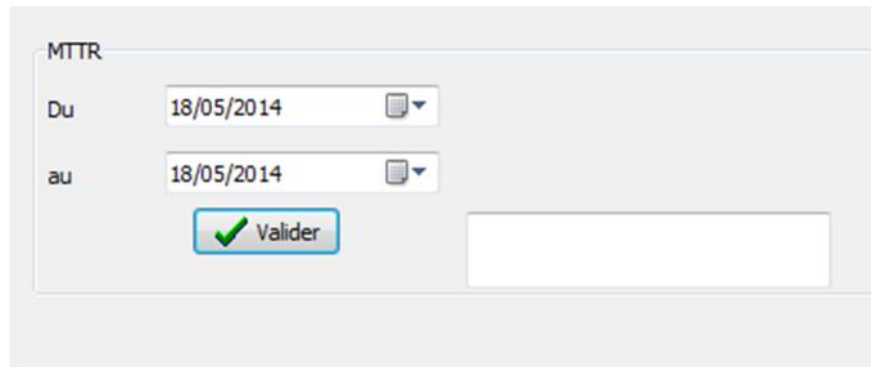


Figure N° III.14 : MTTR (GMMI 1.0)

#### III.9.2.12. Analyse des coûts :

L'application permet de calculer les coûts sur une période donnée en parcourant les OT préventifs et curatifs réalisés et additionnant les coûts de main d'œuvre et les coûts de la pièce de rechange consommée selon la loi :

**Les coûts = coûts main d'œuvre + coût de la pièce de rechange consommée**

On propose ci-dessous une figure de la fonction coûts sur GMMI 1.0 :

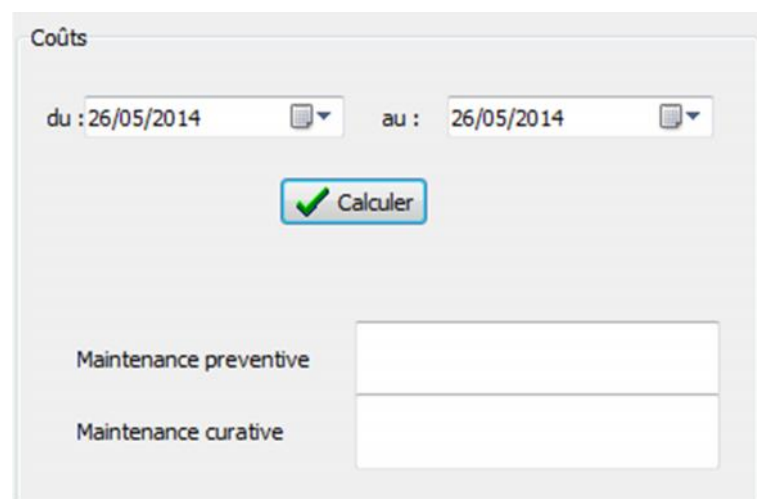


Figure N° III.15 : coûts (GMMI 1.0)

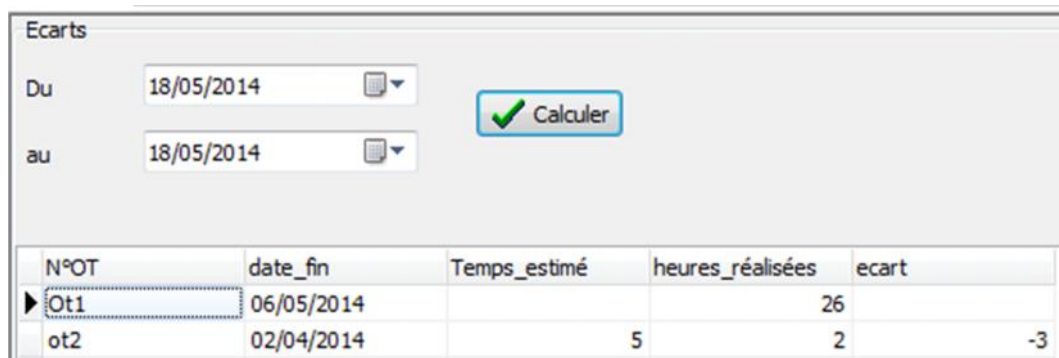
#### III.9.2.13. Analyse des écarts :

Pour une entreprise expérimentée, l'estimation des heures de réalisation des interventions est très importante pour optimiser les coûts de cette dernière mais aussi pour évaluer le rendement de ses employés.

L'application permet de calculer les écarts entre les heures réalisées et les heures estimées, en parcourant les OT préventifs et curatifs réalisés, sur une période donnée selon la loi.

$$\text{Ecart} = \text{Heures réalisées} - \text{Heures estimées}$$

On propose ci-dessous une figure des écarts sur GMMI 1.0 :



N°OT	date_fin	Temps_estimé	heures_réalisées	ecart
▶ Ot1	06/05/2014		26	
ot2	02/04/2014	5	2	-3

**Figure N° III.16 : écarts (heures réalisées – heures estimées) – (GMMI1.0)**

#### III.9.2.14. Les OT non réalisés :

L'application permet d'afficher tous les OT dont l'état est 'en attente' sur une période donnée.

On propose ci-dessous une figure de l'afficheur des OT non réalisés :



N°OT	N°dt	anomalie	type_intervention	date_début	date_fin	classe_intervention	priorité	code_équi	cr
▶									

**Figure N° III.17 : afficheur des OT non réalisés (GMMI 1.0)**

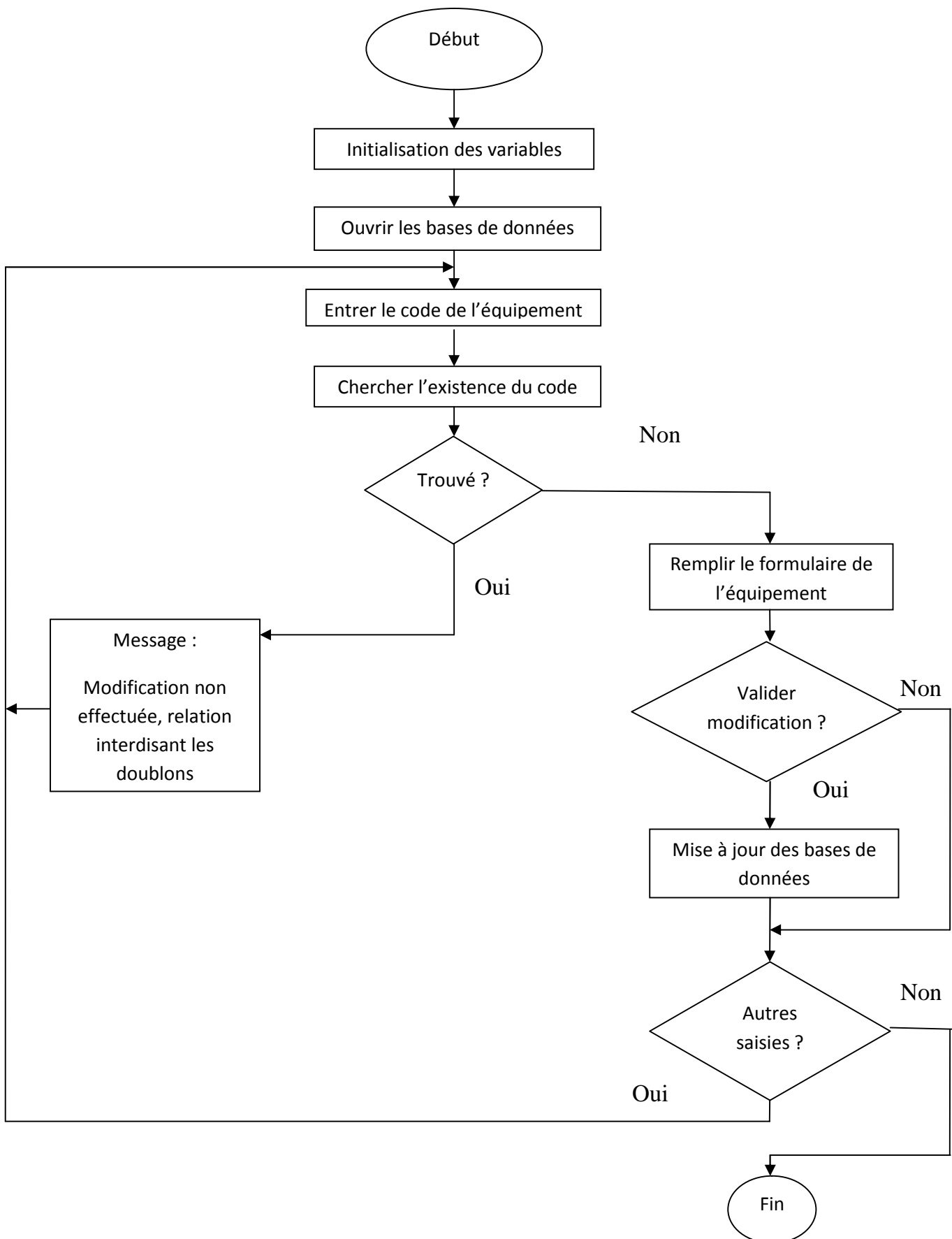
**IV.1.La programmation :**

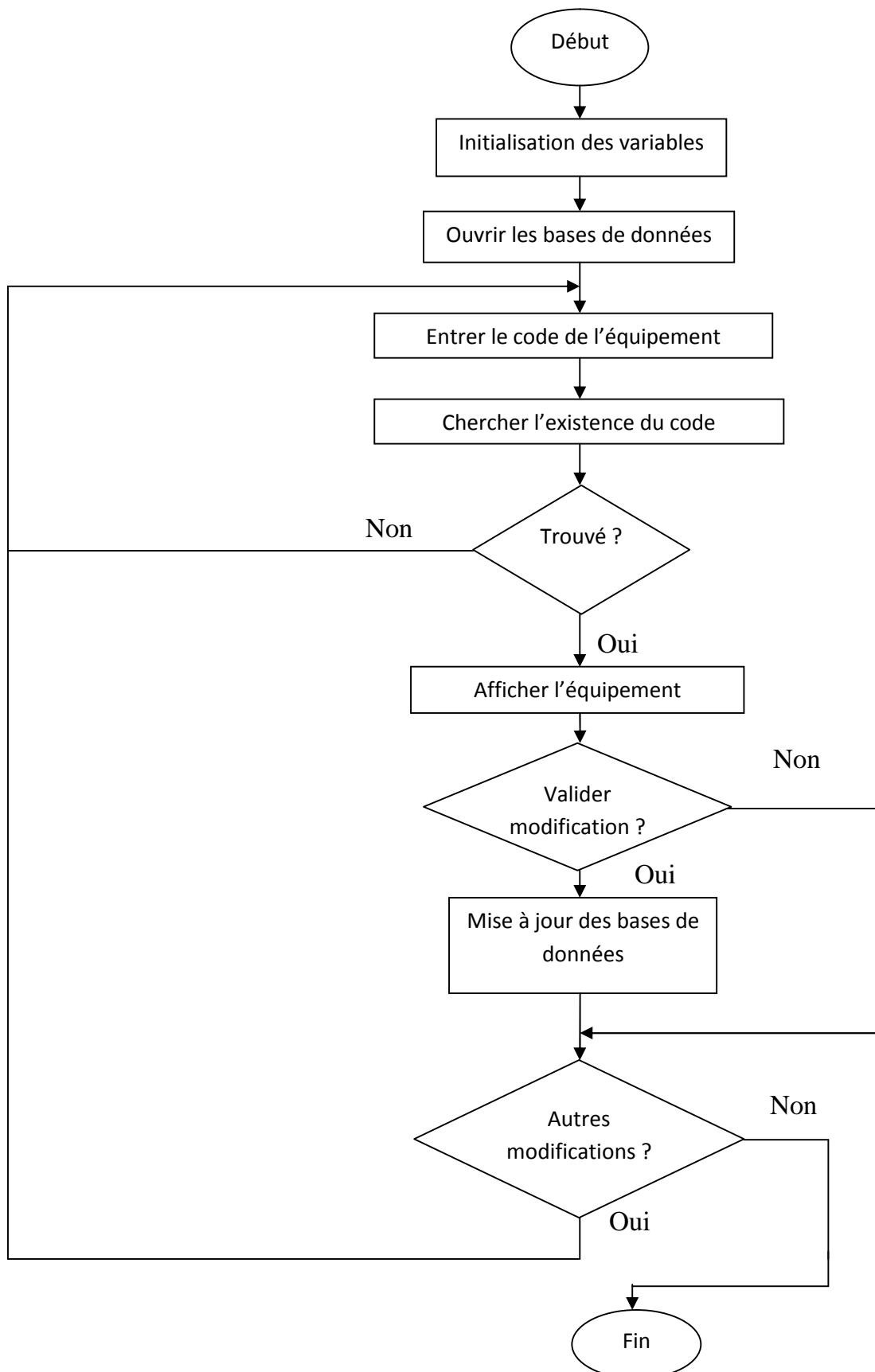
L'application GMMI 1.0 est programmée sous Delphi en raison de son interactivité et son aisance d'utilisation rapide et simple.

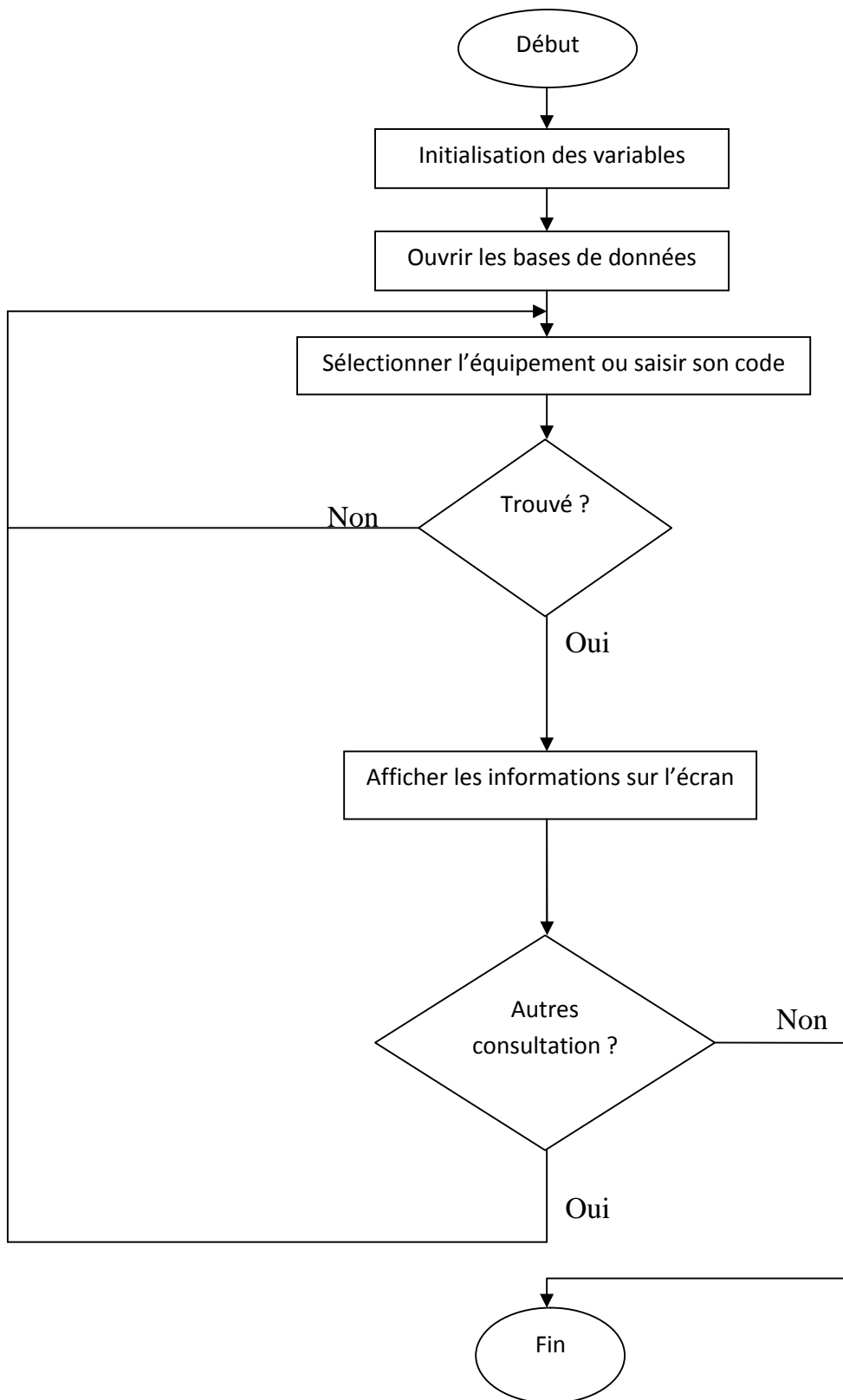
La base de données est réalisée sous Microsoft Access.

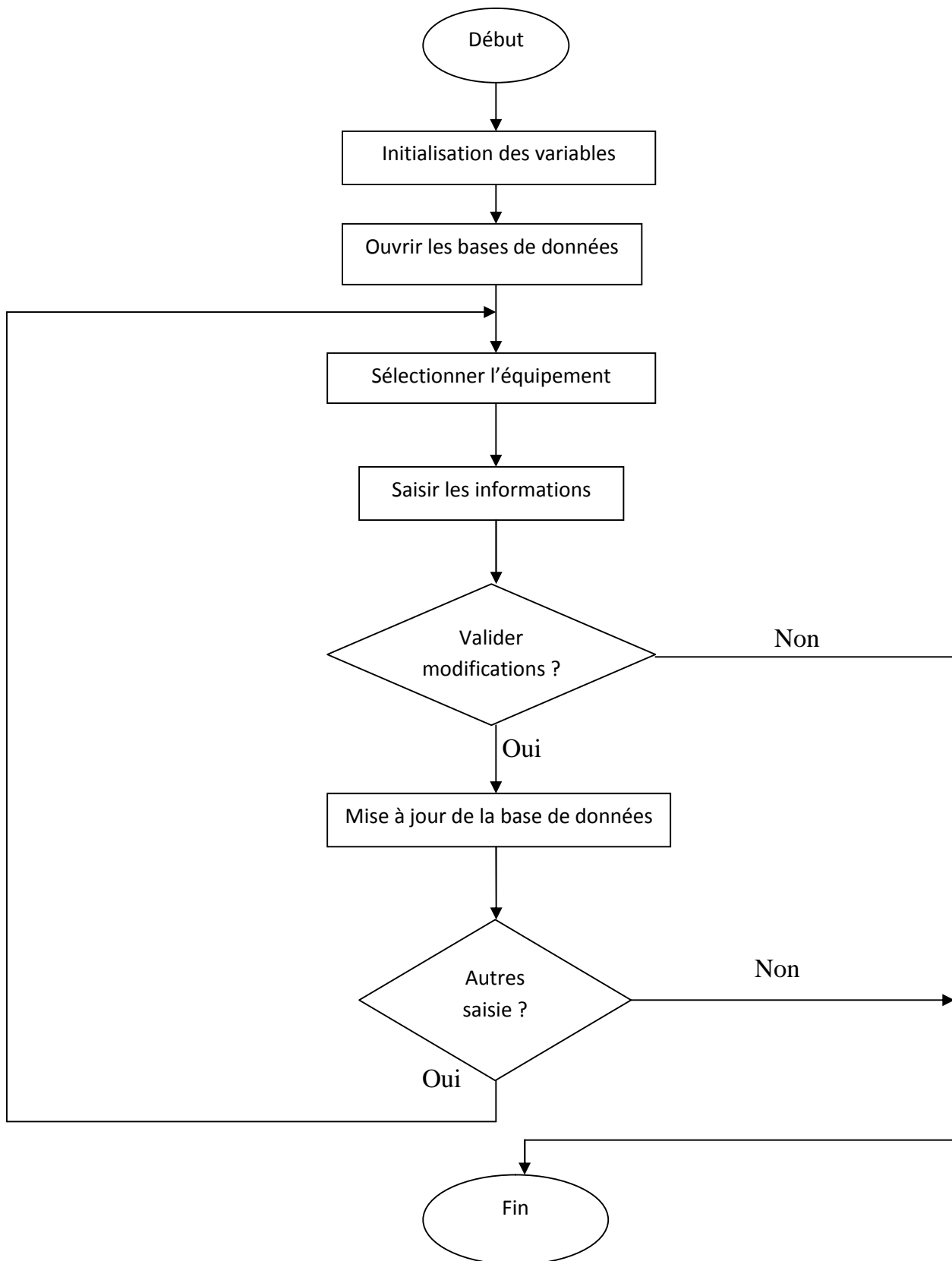
Nous présenterons dans ce chapitre quelques organigrammes des programmes utilisés dans l'application ainsi que les résultats de leur exécution, Nous présenterons également brièvement les interfaces de Delphi et Microsoft Access. [13]

**IV.2.Organigrammes de mise à jour : (pages suivantes)**

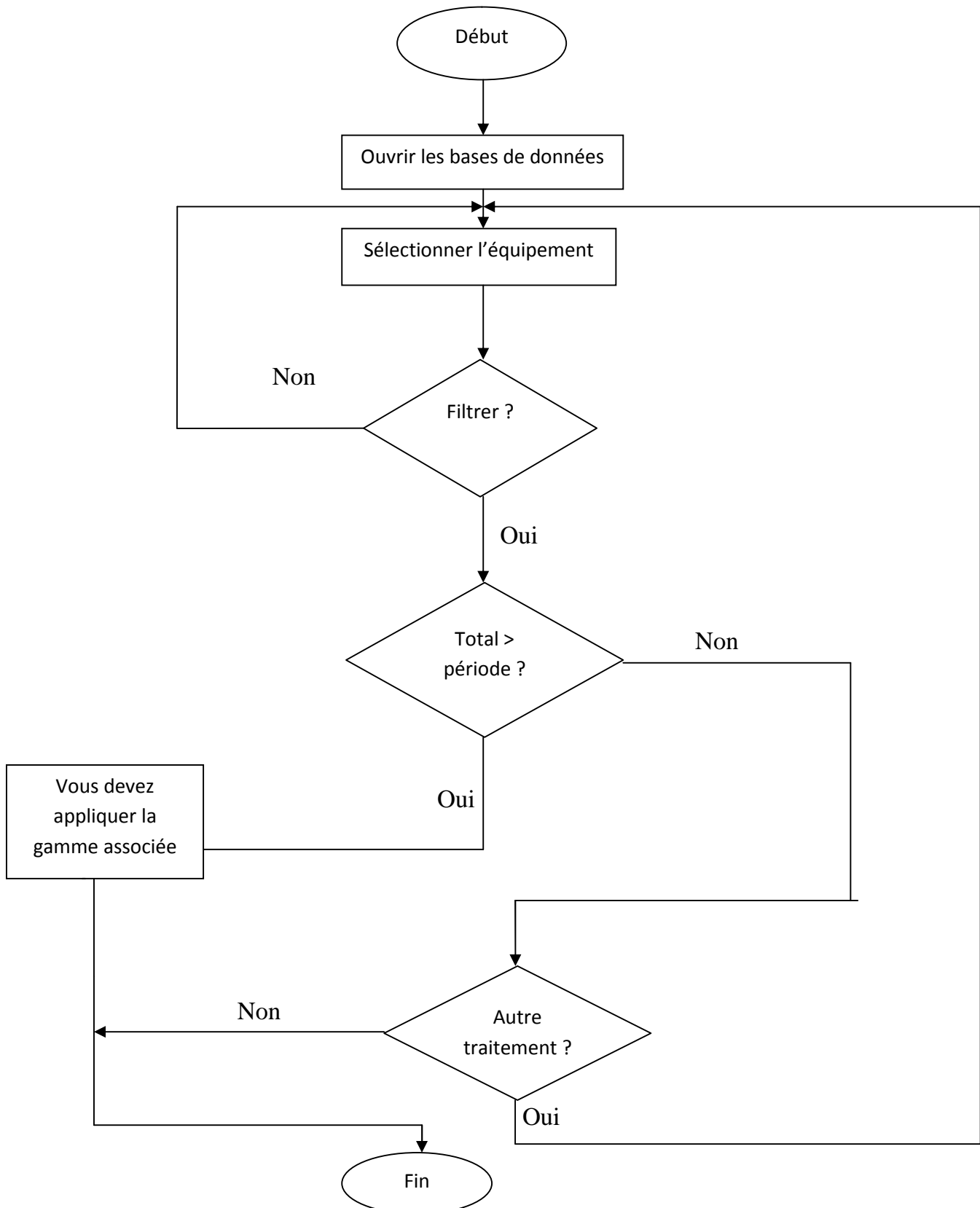
**IV.2.1. Organigramme de procédure de création des équipements (Figure IV.1) :**

**IV.2.2.Organigramme de procédure de modification (Figure IV.2) :**

**IV.2.3.Organigramme de procédure de consultation (Figure IV.3) :**

**IV.2.4.Organigramme de procédure de saisie des relevés de compteurs (FigureIV.4) :**



**IV.2.5.Organigramme de traitement des relevés de compteurs pour la M.P.S (Figure IV.5) :**

### IV.3. Interface du langage de programmation Delphi :

Delphi est un environnement de développement de type RAD (*Rapid Application Development*) basé sur le langage Pascal. Il permet de réaliser rapidement et simplement des applications Windows.

Cette rapidité et cette simplicité de développement sont dues à une conception visuelle de l'application.

Delphi propose un ensemble très complet de composants visuels prêts à l'emploi incluant la quasi-totalité des composants Windows (boutons, boîtes de dialogue, menus, barres d'outils...) ainsi que des experts permettant de créer facilement divers types d'applications et de bibliothèques.

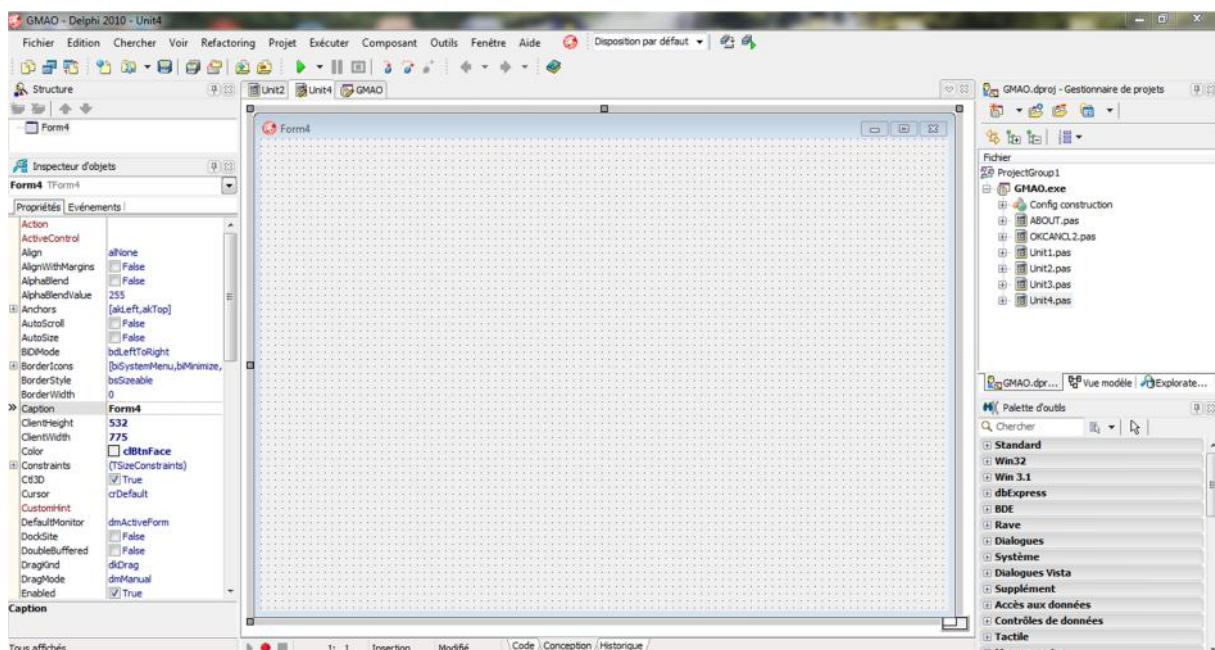


Figure N° IV.6 : Interface Delphi

### IV.4. Conception de fiches : la palette des composants:

Une *fiche* constitue l'interface (ou une partie de l'interface) d'une application. Pour concevoir une fiche, il suffit d'y insérer des *contrôles* (ressources Windows prêtes à l'emploi : boutons de commande, listes, menus...) listés dans la palette des composants. Un clic sur le contrôle, puis un autre sur la fiche cible suffisent (un double clic insère le composant au milieu de la fiche active). La palette des composants réunit plusieurs volets. Les principaux sont listés ci-après :

#### IV.4.1.L'inspecteur d'objets:

Cet outil est dédié à la gestion des composants. La fenêtre de l'inspecteur contient deux volets :

- la liste des propriétés(attributs) du composant courant,
- la liste des événementsassociés au composant courant.

#### IV.4.2.Propriétés:

Les noms des propriétés sont placés dans la colonne de gauche (dansl'ordre alphabétique) et les valeurs sur la ligne correspondante à droite.

Les propriétés dont le nom est précédé d'un + ont plusieurs niveauximbriqués. Lorsqu'une propriété de ce type est « déroulée »,le signe – apparaît à la place du signe +.

Pour donner une valeur à une propriété, le plus simple est de remplacer sa valeur par défaut par une nouvelle valeur dans la boîte d'édition prévueà cet effet.La propriété *Name* est particulièrement importante car elle permetd'accéder au composant depuis les programmes. Par défaut, Delphi luiconfère une valeur peu explicite (ex. Form1, Button1...). Il est préférabled'utiliser des noms plus « parlants ».

Les propriétés visibles dans l'inspecteur sont modifiables lors de laphase de conception. D'autres propriétés sont uniquement accessibleslors de l'exécution, grâce à du code source. [6]

#### IV.4.3.L'éditeur de code:

Les fichiers de code source composant un projetsont rassemblés dans l'éditeur de code. Àchaque fiche est associée une unité identifiée par un onglet situé en haut de la fenêtre del'éditeur. L'éditeur permet de modifier le code Pascal de ces unités.

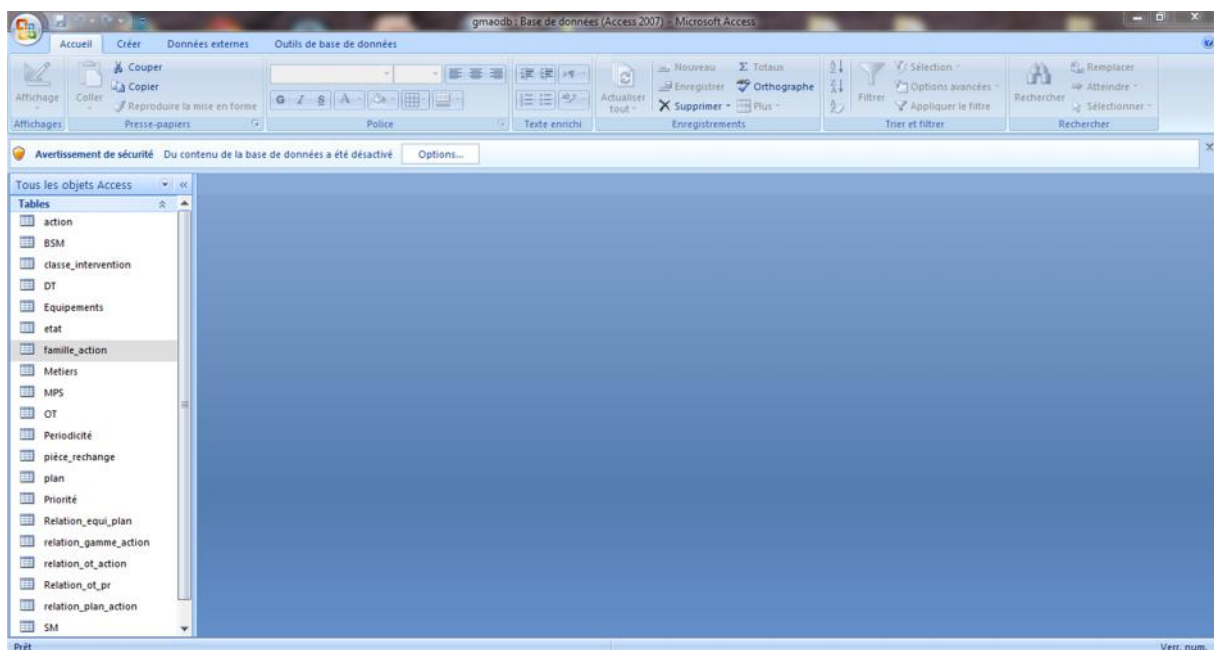
#### IV.4.4.Les menus:

- Menu Fichier : création, ouverture, enregistrement...
- Menu Édition : annulation, copié, collé...
- Menu Chercher : chercher, remplacer...
- Menu Voir : gestionnaire de projets, inspecteur d'objets, débogage...
- Menu Projet : compilation de code source, options de compilation...
- Menu Exécuter : exécution de programmes, débogage...
- Menu Composant : création de nouveau composant, configuration de la palette de composants...

- Menu Base de données
- Menu Outils : options, utilitaires...
- Menu Aide : indispensable.

#### IV.4.5.Interface Microsoft Access:

Microsoft Access est un programme de gestion de base de données relationnelle (SGBD). Il offre un ensemble d'outils permettant de saisir, de mettre à jour, de manipuler, d'interroger et d'imprimer des données.



**Figure N° IV. 7 : Interface Microsoft Access**

#### IV.6.6.base de données:

Une base de données est un ensemble structuré d'informations. Les exemples de bases de données ne manquent pas : un carnet d'adresses, la liste des clients ou des fournisseurs d'une société, les informations concernant ses ventes, etc. Une base de données est susceptible de contenir :

- Des tables
- Des requêtes
- Des formulaires
- Des états
- Des macros et des modules

Le volet de navigation, à gauche de la fenêtre de l'application Access, liste les objets de la base de données par groupes (catégories). Pour ouvrir ou fermer un groupe, cliquez sur

l'icône double-flèche à droite de la barre de groupe. Pour visualiser un objet, double-cliquez sur le nom de l'objet.

Traditionnellement le terme base de données désigne simplement une ou plusieurs tables, éventuellement reliées entre elles. Access étend donc la signification de cette expression.

#### IV.6.7. Tables:

Une table contient des données de même nature. Les tables organisent les données en colonnes (ou champs, ou rubriques) et en lignes (ou enregistrements, ou fiches). Par exemple, dans une table des classes d'intervention, le code\_classe est un champ, la description\_classe en est un autre.

L'enregistrement est un ensemble de valeurs de champ concernant une entité : une personne, un article, un événement... Par exemple, dans une table de classe intervention, le code classe : clas1 et description classe : mécanique constituent un enregistrement.

code_classe	description_classe
clas1	mécanique
clas2	électrique
clas3	électronique
clas4	automatisme
clas5	hydraulique
clas6	pneumatique

Figure N° IV.8: Exemple de table, Access

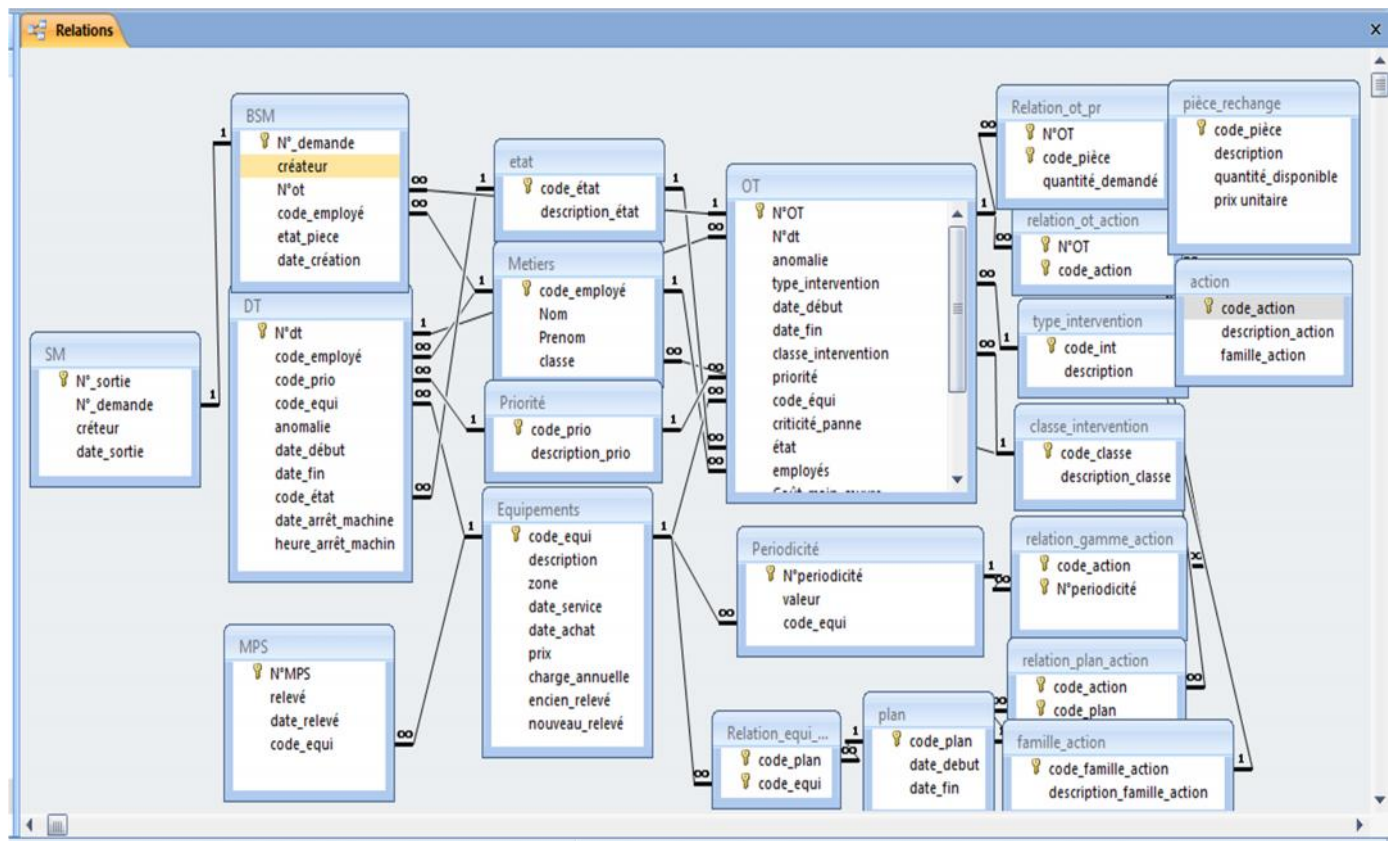


Figure N° IV.9 : Tables et relations de la base de données (GMMI 1.0)

### **Conclusion :**

Après l'optimisation de sa production et de son organisation, l'entreprise devra réaliser de nouveaux gains grâce à une amélioration permanente de la disponibilité de ses équipements.

La maintenance n'est pas un processus mineur de l'entreprise mais un processus essentiel, ce qui amène les dirigeants à faire sa gestion et à étudier ses répercussions sur les fonctions annexes tels que ( la production, la comptabilité, les stocks, la sécurité... etc.) ; de nombreux dysfonctionnement observés dans d'autres fonctions prennent leurs origine dans ce processus, fort de cette certitude, la citation suivante prend alors tout son sens « Quand la maintenance tousse, c'est toute l'entreprise qui s'enrhume ».

Pour agir, planifier, préparer, analyser et mettre en place les outils et les méthodes nécessaires à la fabrication des moyens de production, une solution GMAO s'impose pour permettre à l'entreprise d'atteindre une certaine maîtrise économique de la disponibilité des équipements productifs.

La réalisation d'un système informatique est de la responsabilité du service informatique en collaboration étroite avec des services utilisateurs, la fonction maintenance et éventuellement les magasins et les achats pour les modules qui les concernent.

L'installation d'un système informatique peut s'effectuer d'une façon progressive, selon un ordre de priorité donné et en tenant compte d'une certaine logique (certains modules ne pouvant pas être installés avant d'autres).

La conception d'un progiciel de GMAO implique d'abord une préparation préalable (codification des équipements, des articles, etc) propre à l'entreprise utilisatrice du progiciel car la définition des bases de données à utiliser dans le progiciel dépend essentiellement de ces codification. Cette étape est une phase importante pour les programmeurs puisque chaque structure d'une base de données est utilisée dans les programmes. Une bonne structuration permet d'éviter la duplication d'une même information.

Les tables de la base de données doivent être minutieusement reliées entre elles par des relations exactes pour assurer un fonctionnement adéquat de l'application.

## *Conclusion*

---

Pour une utilisation optimale de l'application, des sessions utilisateurs doivent être définies offrant pour chaque utilisateur ses droits d'accès spécifiques selon une hiérarchisation définie.



# **Bibliographie**

- [1] : AFNOR : recueil de normes françaises X06, X50, X60 ; 1998.
- [2] : FRANÇOIS MONCHY, JEAN PIERRE VERNIER : Maintenance Méthodes et organisations, Dunod, Paris, 2010.
- [3] : BATTERSBY : Méthodes modernes d'ordonnancement, Dunod, Paris, 1977.
- [4] : Dr. LAGGOUNE : Cours « techniques et méthodes de sûreté de fonctionnement », université Abderrahmane mira, Bejaia, 2013.
- [5] : JEAN HENG : pratique de la maintenance préventive, Dunod, paris, 2011.
- [6] : JEAN CLAUDE FRANCASTEL : Ingénierie de la maintenance ; de la conception à l'exploitation d'un bien, Dunod, Paris, 2009.
- [7] : ALAIN BOULENGER : Aide-mémoire maintenance conditionnelle, Dunod, Paris, 2008.
- [8] : JEAN-PIERRE VERNIER : Aide-mémoire Maintenance et GMAO, Tableaux de bord ; Organisation ; Procédures. Dunod, 2010.
- [9] : MARC FREDERIC : Mettre en œuvre une GMAO, Maintenance industrielle ; Service après-vente ; Maintenance immobilière, Dunod, 2011.
- [10] : OPTIMAINT : Pourquoi une GMAO, Guide d'utilisation du logiciel Optimaint, Apisoft international.
- [11] : Groupe de réflexion et d'orientation en Maintenance « Réussir sa maintenance », MARE NOSTRUM, 1996.
- [12] : YEVES LE CAZ : GMAO-Identifier les objectifs et les enjeux, techniques-ingénieur, ref MT9460, 2005.
- [13] : SILVESTRE (P.) et VERLHAC (D.) : Stratégie de conception des systèmes d'information, techniques-ingénieur, ref H5170, 1994.

## *Bibliographie*

---

- [14] : MEZMATE Siham, AZOUAOU Malika : Conception et Implémentation d'une Application Pour la GMAO, PFE D.E.U.A INFORMATIQUE., Université de BEJAIA, 2005.
- [15] : PATRICK LYONNET : La Maintenance Mathématiques et Méthodes, TEC & DOC, 2000.
- [16] : FRANCOIS MONCHY : La fonction Maintenance, MASSON, 1991.
- [17] : CHASSANG & TRON : Gérer la Production Avec l'Ordinateur, Dunod, 1983.
- [18] : YVES LE CAZ : Concevoir et mettre en œuvre un projet de GMAO, techniques-ingénieur, ref MT9461, 2006.
- [19] : JEAN PIERRE VERNIER : « Pratique de la maintenance industrielle », les référentiels, Dunod, 2003.
- [20] : HAMMAM Karima : Conception et réalisation d'un progiciel de la gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur, PFE MASTER EN MAINTENANCE INDUSTRIELLE, UNIVERSITE de BEJAIA, 2011.
- [21] : Dr SAD-EDDINE: cours GMAO, UNIVERSITE Abderrahmane mira, Bejaia, 2013.

## **Résumé :**

Le travail réalisé consiste à développer une application de GMAO destinée à prendre en charge la maintenance préventive systématique et la maintenance curative des équipements industriels.

Elle permet de faire certaines analyses notamment le calcul de la moyenne des temps techniques de réparation (MTTR), le calcul des coûts préventifs et curatifs, l'analyse des écarts ainsi que l'affichage des OT non réalisés pour une période donnée.

Le fonctionnement de l'application s'inspire des procédures manuelles de la prise en charge de la maintenance.

L'application prend également en charge la pièce de rechange et sa sortie.

Le fonctionnement de l'application tourne autour d'une base de données conçue à cet effet.

La programmation est réalisée sous le langage « Delphi ».