

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR ANNABA-UNIVERSITY  
مختار عنابة  
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIORAT  
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

## MEMOIRE

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

## INTITULE

**GESTION DE LA MAINTENANCE ASSISTEE PAR ORDINATEUR :  
APPLICATION SUR LA CENTRALE ELECTRIQUE « SKD Spa ».**

**DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE**

**FILIERE : GENIE MECANIQUE**

**SPECIALITE : MAINTENANCE INDUSTRIELLE ET FIABILITE  
MECANIQUE**

**PRESENTE PAR : BOUZERIBA AMMAR**

**DIRECTEUR DU MEMOIRE : MR. BOUNAMOUS BOUBAKER**

**DEVANT LE JURY**

**PRÉSIDENT: Mr. KHELIF R. MC**

**EXAMINATEURS: Mr. AISSAOUI R. MA**  
Mr. TADJINE K. MC  
Mr. BOUSSAID O. MC

Mr. MERABTINE A. MC

Année: 2012/2013

## *Remerciements*

*Je tiens à prier très fort et remercier le bon Dieu le tout puissant, de m'accorde la vie, la sante et la force pour réaliser ce travail.*

*J'adresse mon reconnaissance particulière à mes parents qu'ils soient chéris. Pour leur soutien et aide sans faille qu'ils nous ont apporte durant tout le cycle de notre scolarité.*

*Tous mes remerciements a mon encadreur Mr.BOUNAMOUS Boubaker, pour sa disponibilité, ses conseils qui m'ont énormément aidé pour réaliser ce travail.*

*Je remercie tous les enseignants du département de génie mécanique et surtout les enseignants de spécialité «Maintenance Industrielle ».*

*Je me fais un agréable devoir de remercier tous les personnels qui nous a aidé dans notre stage dans la centrale électrique SKD Koudiet Ed Draouch d'El Taref, surtout l'équipe technique Mr REFFAS Ammar, Mr LAHRECH Nadir, Mr MENACERI Nacer, Mr DRIDI*

*Hani, et Mr AISSAOUI Abd El Aziz le directeur  
technique.*

*Ammar*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à mes chers parents,*

*A mes frères et sœurs,*

*Ainsi qu'à tous mes amis et collègues dans la*

*Maintenance Industrielle.*

# Sommaire

Introduction générale.....	1
<b>CHAPITRE I Présentation de l'entreprise « SKD »</b>	
I.1. INTRODUCTION.....	3
I.2. Présentation de l'entreprise.....	3
I.2.1 Historique de l'entreprise.....	3
I.2.2 Situation de l'entreprise.....	4
I.3. Description détaillée de la centrale.....	7
I.3.1. Les installations principales.....	7
I.3.1.1. La turbine à gaz.....	7
I.3.1.2. La turbine à vapeur.....	8
I.3.1.3 La chaudière de récupération.....	9
I.3.1.4 L'alternateur.....	10
I.3.1.5 La cheminée.....	10

I.3.1.6					Le	
condenseur .....						11
I.3.2.		Les			installations	
auxiliaires.....						12
I.3.2.1.		La			station	
pompage.....						12
I.3.2.2.		Bâtiment			d'air	
comprimé.....						13
I.3.2.3.	Station		de	traitement		de
gasoil.....						14
I.3.2.4.					Poste	
gaz.....						15
I.3.2.5.		Station			d'eau	
déminéralisée.....						16
I.3.2.6.			Poste			de
dessalement .....						17
I.3.2.7.				Le	système	
PCI .....						17
I.3.2.8.	Bâtiment	Black	Start	(B	S)	
.....						19
I.3.2.9.		La		station	electro-	
coloration.....						20
I.3.2.10.	Station		de	traitement		des
effluents.....						21
I.3.2.11.	Station			de	Production	
d'hydrogène .....						21

## **CHAPITRE II Généralité sur la maintenance**

II.1.						
Introduction .....						23
II.2.		Définition		de	la	
maintenance.....						23
II.3.	Les		fonctions	de	la	
maintenance.....						23

II.3.1.	Notions	sur	la
maintenance.....			23
II.4.	Le	rôle	de la
maintenance.....			24
II.5.	Les	objectifs	de la
maintenance.....			24
II.5.1.	Les	objectifs	de
coût.....			24
II.5.2.	Les		objectifs
opérationnels.....			24
II.6.	Situation	de la	mainten-
production.....		ance	par
			rapport
			à la
			25
II.7.	Organigramme	de	politique
maintenance.....			de
			25
II.7.1.			Maintenance
préventive: .....			26
II.7.1.1.			
Définition.....			26
II.7.1.2.	Les	objectifs	visés
maintenance.....			par
			la
			26
II.7.1.3.	Les	différents	types
préventive .....			de
			mainten-
			26
II.7.1.4.	Les	opérations	de la
préventive.....			mainten-
			28
II.7.1.5.	Buts	de	la
préventive .....			mainten-
			28
II.7.1.6.	Avantages	et	incon-
MPC/MPP .....			28
			28
II.7.2.			Maintenance
corrective.....			29
II.7.2.1.			
Définition .....			29
II.7.2.2.	Les	différents	types
corrective .....			de
			mainten-
			30
II.7.3.	La	mainten-	corrective
d'interventions.....		ance	débou-
			30
			2
			types

II.7.4.	Formes	de	maintenance
corrective.....			30
II.7.5.	évolution	de	la
corrective .....			30
II.7.6.	Organisation	d'une	Action
corrective.....			31
II.7.6.1.	Organisation		d'un
dépannage.....			31
II.7.6.2.	Organisation		d'une
réparation.....			31
II.7.7.	Avantages	et	inconvénients
corrective.....			de
			la
			maintenance
			corrective.....
			31
II.7.8.	Comparaison	entre	les
maintenance.....			différentes
			formes
			de
			maintenance.....
			32
II.8.	Les		niveaux
maintenance .....			de
			32
II.9.	La	préparation	des
maintenance .....			travaux
			de
			maintenance .....
			33
II.10.	Les		remplacements
systematiques.....			34
II.11.	L'évolution		de
maintenance.....			la
			maintenance.....
			35
II.12.	Les		grandes
fonctions .....			37
II.12.1.	La	fonction	«
» .....			Méthodes
			37
II.12.2.	La	Fonction	«
.....			Logistique
			-
			Ordonnancement
			»
			.....
			37
II.12.3.	La	Fonction	«
.....			Réalisation
			»
			.....
			38
II.12.4.	La	Fonction	«
.....			Gestion
			»
			.....
			38

### **CHAPITRE III La gestion de maintenance assistée par ordinateur**

III	La	gestion	de	maintenance	assistée	par
ordinateur.....						39

III.									1.
Historique .....									3
9									
III.									2.
Problématiques.....									3
9									
III.3.	Qu'est	–	ce	qu'une	GMAO ?				
.....									40
III.4.	Système	de	gestion	des	bases	de	données	(SGBD)	
.....									40
III.4.1	qu'est-ce		qu'une	base	de	données ?			
.....									40
III.	4.	2.	Utilités	d'une	base	de	données.....		41
III.	4.	3.	la	gestion	des	bases	de	données.....	41
III.	4.	4.			les	principaux	SGBD .....		42
III.4.	5.		Les	caractéristiques	d'un	SGBD.....			42
III.	4.	6.	Les	modèles	de	bases	de	données.....	43
III.	5.		Les	performances	d'une	GMAO.....			43
III.5.			1.		Aspects	économiques .....			43
III.5.			2.		Aspects	qualitatifs .....			43
III.	6.		Pour	quoi	faire	une	GMAO ?		
.....									44
III.	7.		Quelles	sont	les	principales	motivations	pour	mettre
									en
									place
									une
									GMAO ?.....
									45
III.	8.		Les	objectifs	de	la	GMAO.....		46
III.	9.		Les	fonctions	offertes	par	les	GMAO .....	46

III.	9.1.	La	gestion	de	la	
						46
III.	9.2.	la	gestion		des	
						47
III.	9.	3.	la	gestion	des	
						47
III.	9.	4.	fonctions	supplémentaires	(selon	logiciels)
						47
III.	10.	Intégrations	de	la	GMAO	dans
						le
						système
						d'information
						de
						l'entreprise.
						47
III.	11.	Secteurs			d'activité	
						concernés.
						48

## CHAPITRE IV Généralité sur les pompes

IV.1.	Généralité					
						49
IV.2.		Principe			de	
						fonctionnement.
						49
IV.	3.	Les	types		de	
						pompes.
						50
IV.	3.1.	Les			pompes	
						volumétriques.
						50
IV.	3.1.1.	Les	pompes		volumétriques	
						rotatives.
						50
IV.	3.1.2.	Les	pompes		volumétriques	
						alternatives.
						50
IV.	3.2.				Les	
						turbopompes.
						50
IV.	3.2.1	Classification			des	
						turbopompes.
						51
IV.4.	Classification	des	pompes		à	
						torique
						51
IV.	5.	Avantages	et	inconvénients	des	
						turbopompes.
						52
IV.	6.	Principe	de	fonctionnement	d'une	pompe
						centrifuge.
						52

IV. 7.	Les principaux composants d'une pompe centrifuge.....	53
IV. 8.	Amorçage.....	5
IV. 9.	Utilisation.....	5
IV. 10.	Réglage du débit.....	56
IV. 11.	Caractéristiques d'une pompe centrifuge.....	57
IV. 12.	Cavitation.....	58
IV.13.	Entretien des pompes centrifuge.....	59

## **Chapitre V Application de GMAO sur les pompes**

V.1.	Présentation de la base de données MS Access.....	60
V.2.	la structure de base de données.....	60
V.2.1.	Les tables.....	60
V.2.2.	requêtes.....	62
V. 2.3.	Les formulaires.....	62
V.2.4.	Création des états.....	63
V.3.	Menu général.....	63
V.4.	Interface des renseignements d'équipe.....	65
V.5.	Interface des équipements.....	66

V.5.1.	interface	des	pompes .	67
V.5.2.	interface		de	68
V.5.3.	Interface	d'ordre	de	69
V.5.4.	Interface	de	demande	70
V.5.5.	interface	d'historique	des	71
V.5.6.	interface	de	FMD	72
V.5.7.	Interface	de	maintenabilité	73
V.6.			Les	74
V.6.1.	Interface		de	74
V.6.2.	Interface	de	fiabilité	75
V.6.3.	Interface		de	76
V.6.4.	Interface		de	76
V.6.5.	Interface		de	77
V.6.6.	interface	du	taux	77
Conclusion				78
Référence				79

# ***Introduction :***

Que ce soit dans une entreprise industrielle, un hôpital, un aéroport ou le stade de la coupe du Monde de football, il est impensable que l'entretien ne soit réduit qu'à de simples tâches de réparation. En effet, pour des raisons économiques, de sécurité, des impératifs de qualité aussi, la maintenance a pour mission d'assurer une disponibilité optimale des équipements au moindre coût. On parle alors de gestion préventive, de planification des travaux ou de flux tendus des pièces de rechange..... La gestion de la maintenance est aujourd'hui soutenue par des logiciels dits de GMAO dont le premier mérite est de fournir la trace de toute intervention. L'introduction de tout nouveau système de maintenance n'est cependant pas aisée en raison du volume des données à saisir et du degré de difficultés des nouvelles connaissances à acquérir. C'est pourquoi, pour alléger au maximum le travail d'apprentissage des opérateurs et simplifier les saisies, il faut prévoir d'emblée l'interfaçage du programme avec des appareils, tels des lecteurs de codes à barres ou des compteurs de temps. La résistance des opérateurs face à ce changement s'en trouve réduite et on peut compter avec un retour d'investissement accéléré....

Paradoxalement, l'introduction d'une GMAO n'est pas liée en premier lieu par des considérations de coûts. Dans la plupart des situations, ce sont des éléments de sécurité et de qualité qui impliquent une assistance informatique du système de maintenance. Certes, une gestion informatisée du stock des ateliers est susceptible de simplifier l'approvisionnement et contribuer à une diminution des immobilisations. Ce module standard de tout GMAO offre à lui seul une opportunité de réduction sensible des coûts dans la mesure où il permet de gérer :

- Les commandes de réapprovisionnement en fonction du cycle économique et des coûts de passation de commande, stockage et d'achat.
- Les priorités selon le degré de sensibilité à la rupture de stock (classement des produits en catégories ABC)
- Les stocks multi-sites en tenant compte de leur effet combiné. Plus généralement, une GMAO permet d'élaborer un plan de maintenance préventive et, donc, de gérer les interventions en évitant des goulets d'étranglement au niveau des techniciens ou une quelconque indisponibilité des équipements. A ce titre, la GMAO assure incontestablement une meilleure maîtrise des coûts d'exploitation. Son avantage est surtout décisif au niveau de la préparation des interventions : les contrôles et travaux sur points d'usure sont nombreux, l'informatisation prend tout son sens en incorporant à la fois systématiquement et instruction dans la base de données. Les logiciels du marché les plus élaborés fournissent même des applications multimédias qui remplacent avantageusement les manuels de montage et permettent de visualiser l'usine,

ses machines et ses équipements. Pour essayer de mieux comprendre l'impact d'une GMAO, on, peut, par simplification assimiler l'activité d'un service de maintenance à un système de file d'attente avec des demande de service réparties selon une loi de poisson et des durée d'intervention qui suivent une distribution exponentielle négative. En fonction des ressources disponibles, on peut donc déterminer un temps moyen d'attend provoqué par une panne ainsi que son cout. Sans l'informatique il est cependant difficile, sinon impossible, d'optimiser, en termes de couts, la relation entre la disponibilité des intervenants et la probabilité de l'occurrence d'une panne.

## **I.1. INTRODUCTION**

Pour faire face à l'augmentation tendancielle de la demande en électricité et renforcer le parc national de production, SONALGAZ « la compagnie chargée de la production, du transport et de la distribution de l'électricité et du gaz », a lancé des importants plans; comme le plans d'urgence, de plus de 2000 MW, qui compte sept centrales électriques de types turbine à gaz il s'agit de la centrale de BATNA (2×127MW) LARABAA (4×140MW), ALGER port (2×36MW), ORAN-Est(2×40MW), ANNABA port (3×36MW), M'SILA(2×250MW) et RELIZENE(3×154MW) .

Aussi le parc national a connu depuis 2006 un développement ambitieux par l'introduction d'un nouveau type de centrales, qu'il s'agit de la centrale a cycle combiné :

La première centrale localisée à SKIKDA, appartenant à Shariket Kahraba Skikda (SKS), développe une puissance de 825MW, elle est de type multi-shaft et elle est mis en service à l'été de 2006.

Le seconde installation située a l'ouest de CHERCHELL, appartenant à Sharikat Kahraba Hajret Ennousse (SKH), est de type single shaft.

Elle a commencé à produire de l'électricité durant l'hiver 2008 \_2009.

Elle est constituée de trois tranches développant une puissance totale de 1200MW.

Deux autres centrales de type single shaft sont actuellement en cours de construction : la première, 1200MW située à Terga dans la wilaya de AIN\_TEMOUCHENT, la deuxième 1200MW a Koudiet – Eddraouch dans la wilaya d'El Taref et don la mise en exploitation est attendue pour l'année 2013.

## **I.2. Présentation de l'entreprise :**

### **I. 2.1 Historique de l'entreprise :**

Le package contractuel relatif au projet de production d'électricité de la société Sharikat Kahraba Eddraouche (SKD Spa) a été signé le dimanche 04 mai 2008 à Alger, en présence du ministre de l'énergie, des représentants des ministres des finances et de l'industrie, des PDG Sonelgaz et de Sonatrach et des PDG de la BNA et du CPA.

Le contrat de construction de la centrale électrique de Koudiet Eddraouche (El Taref), d'une valeur 635 millions d'euros, a été remporté par consortium ; l'Américain Générale Electric (GE) et l'espagnole Iberdrola. La réalisation de cette centrale (contrats EPC) les travaux de la construction ont été entamés décembre 2009 et pour son exploitation et maintenance (contrats O&M) une durée 20 ans.

### **I.2.2. Situation de l'entreprise :**

Sharikat Kahraba Koudiet Eddraouche SKD Spa est une société par actions (51% Sonalgaz et 49% Sonatrach) créée en 2007 pour la réalisation d'une centrale électrique de 1200MW à Koudiet Eddraouche ,SBAA commune de BERRIHAN dans la province d'El Taref .elle est chargée de produire et de commercialisée l'énergie électrique .



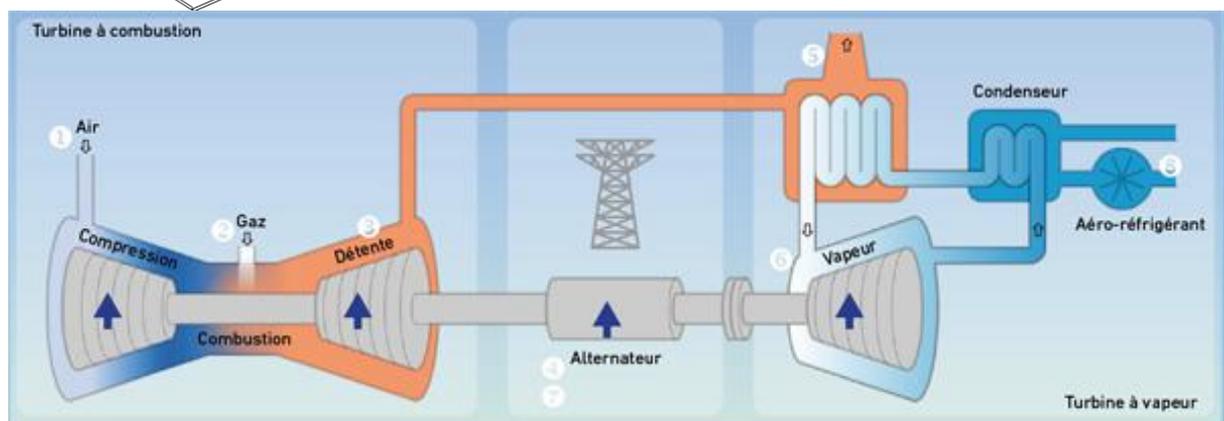
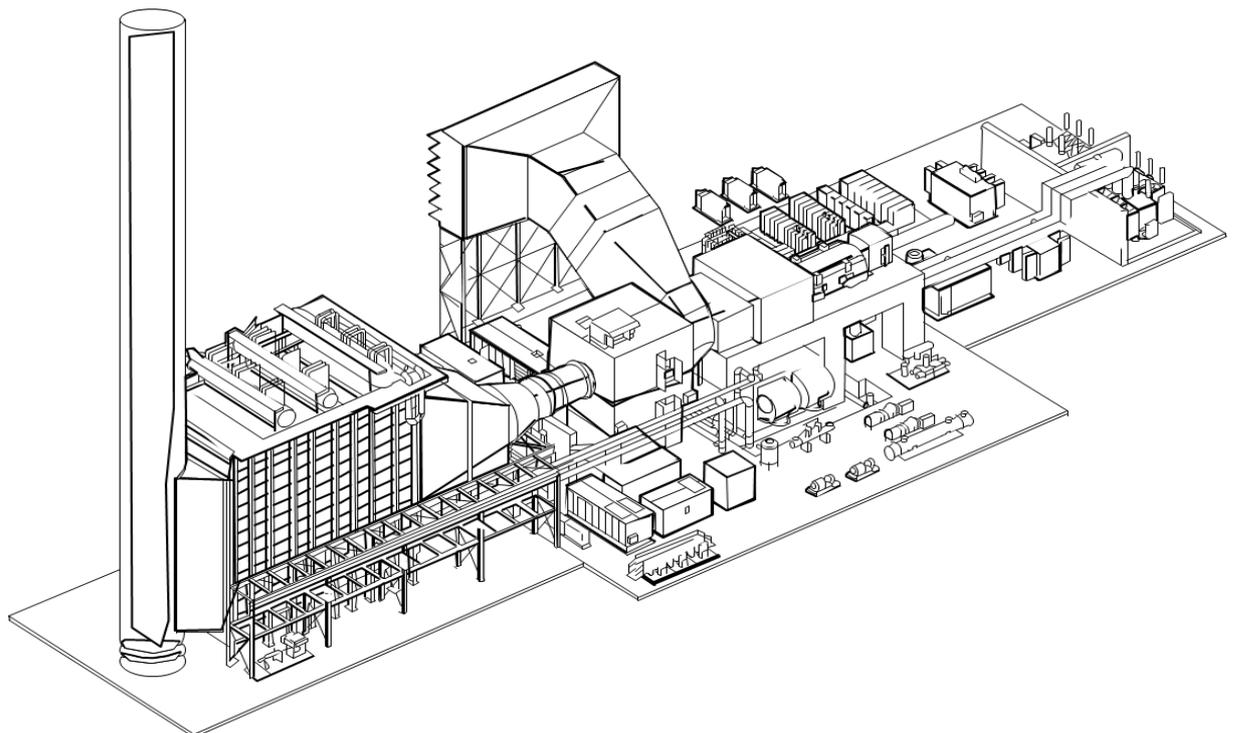
**Fig.1.1.** Situation géographique de SKD *Google earth*.

SKD est un des premiers projets concrétisée en Algérie sous de BOO (Built, Own and operate) impliquant uniquement des opérateurs nationaux comme actionnaires, en l'occurrence Sonalgaz à hauteur de 49%. L'électricité produite sera achetée par les quatre sociétés de distribution de l'électricité et du gaz –filiales du groupe Sonalgaz, à savoir : SDA- Sonelgaz distribution Alger Spa, SDC Sonelgaz distribution centre Spa, SDE- Sonelgaz distribution Est Spa SDO-Sonelgaz distribution Ouest Spa. Lors de la cérémonie de signature des packages contractuels, un contrat liant ces quatre dernière aux deux fournisseurs a également été conclu.

L'exploitation de la centrale assurée par la société algérienne O&M compagnie (exploitation et maintenance) pour une durée de 20 ans.

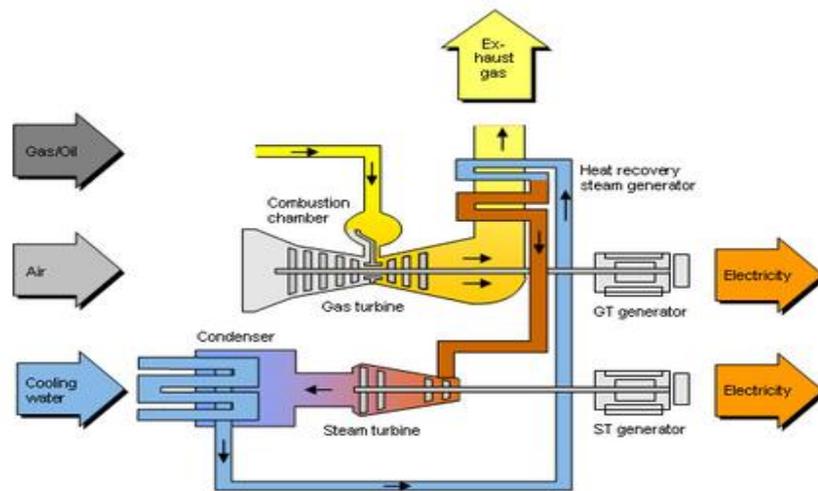
Les cycles combinés peuvent se présenter selon deux configurations : **single shaft** ou multi shaft.

- Un cycle combiné **single shaft** est constitué d'une seule turbine à gaz, d'une seule chaudière de récupération qui alimente une turbine à vapeur et d'un unique alternateur dimensionné pour les deux turbines. La configuration single shaft se caractérise par le fait que les équipements : turbine à gaz, turbine à vapeur et alternateur sont agencés selon une disposition longitudinale, pour ne constituer qu'une seul lingue d'arbre.



**Fig.1.2.** Principe de fonctionnement de cycle combiné Single-Shaft.

- Un cycle combiné multi-shaft est constitué d'une ou plusieurs turbine à gaz, d'une chaudière de récupération pour chaque turbine à gaz au d'une chaudière commune à toute les turbines à gaz, d'une turbine à vapeur et d'un alternateur pour chaque turbine, la configuration multi-shaft se caractérise par le fait que les équipements turbo-alternateurs à gaz et à vapeur peuvent être agencés selon la forme de site.



**Fig.1.3.** Principe de fonctionnement de cycle combiné multi shaft.

Dans les centrales à cycle combiné qui est le système privilégié pour répondre à la charge de base, la configuration en single-shaft était la plus adéquate, puisque son exploitation est plus simple et plus économique « c'est la configuration adoptée à KOUDIET EDDRAOUCHE ».

- **Principe de fonctionnement de cycle Single-Shaft :**

Au démarrage, l'alternateur servira pour la mise en mouvement de la ligne d'arbre.

L'air atmosphérique est aspiré, filtré puis dirigé à travers des gaines d'admission vers l'entrée du compresseur axial du groupe.

A la sortie du compresseur, l'air comprimé se mélange au combustible (gaz naturel ou gas-oil comme combustible de secours) dans les chambres de combustion de la turbine à gaz où se produit la combustion du mélange.

Les gaz chauds venant des chambres de combustion se propagent et traversent les différents étages de la turbine où ils se détendent. L'énergie cinétique de la détente se convertit en travail utile transmis au rotor de la turbine à gaz qui entraîne un alternateur produisant de l'énergie électrique.

Les gaz ainsi détendus à température élevée d'environ 600°C s'échappent à travers une gaine pour atteindre la chaudière de récupération qui utilise l'énergie calorifique ainsi introduite pour transformer en vapeur surchauffée une eau préalablement réchauffée dans un ensemble d'échangeurs constituant le poste d'eau. Cette vapeur à hautes caractéristiques thermodynamiques est détendue dans une turbine à vapeur où elle transforme son énergie thermique en énergie mécanique, elle-même convertie en énergie électrique via un alternateur entraîné par une turbine à vapeur.

La vapeur détendue et dégradée s'échappe ensuite dans un condenseur, source froide, dans lequel règne un vide assez poussé et où elle se condense cédant les calories

restantes à l'eau de mer prélevée par une pompe de circulation qui la rejette dans le canal de rejets après son passage à travers les tubes du condenseur.

L'eau condensée est ensuite aspirée par une pompe d'extraction qui la refoule à nouveau dans le poste d'eau jusqu'à la bêche alimentaire, d'où elle est reprise par les pompes alimentaires puis refoulée dans les différents circuits de la chaudière après avoir traversé un ensemble de réchauffeurs.

L'eau décrit ainsi un cycle fermé auquel un appoint est toutefois nécessaire pour compenser les pertes diverses du circuit.

### **I.3. Description détaillée de la centrale :**

Les différents équipements et installations de la centrale peuvent être classés en deux catégories : les installations principales et les installations auxiliaires.

#### **I.3.1. Les installations principales:**

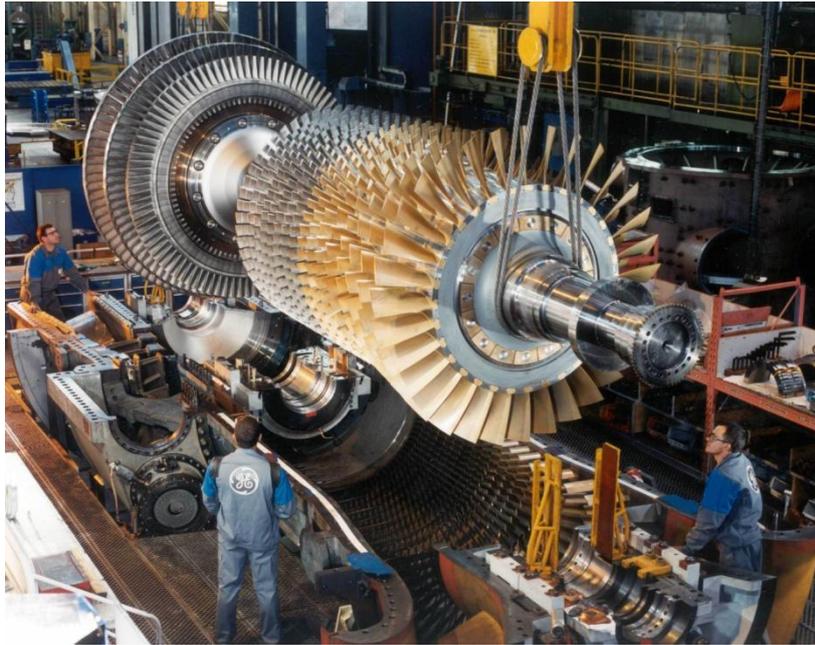
Les principales composantes de cette extension sont essentiellement constituées par les équipements suivants :

- La turbine à gaz ;
- La turbine à vapeur ;
- La chaudière de récupération ;
- L'alternateur ;
- La cheminée ;
- Le condenseur de vapeur.

La turbine à gaz, la turbine à vapeur et l'alternateur sont sur la même ligne d'arbre d'où la nomination cycle combiné mono-arbre.

##### **I.3.1.1. La turbine à gaz :**

La turbine à gaz appelée aussi turbine à combustion ou parfois turbine à gaz de combustion (dénomination la plus précise), est une machine tournante thermodynamique appartenant à la famille des moteurs à combustion interne dont le rôle est de produire de l'énergie mécanique suite à la rotation d'un arbre, directement à partir de l'énergie cinétique des gaz produits par la combustion d'un hydrocarbure (fuel, gaz combustible...) qui subissent une détente dans une turbine. Le comburant, le plus souvent de l'air ambiant, est comprimé avant de pénétrer dans la chambre de combustion, en utilisant un compresseur rotatif entraîné par le même arbre que la turbine. [1]



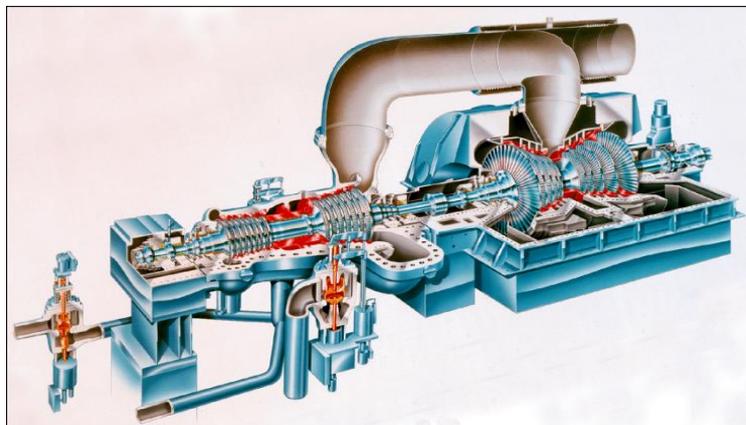
**Fig.1.4.** Turbine à gaz.

### **I.3.1.2. La turbine à vapeur :**

La turbine à vapeur est un moteur thermique à combustion externe, fonctionnant selon le cycle thermodynamique dit le Clausius-Rankine. Ce cycle se distingue par le changement d'état affectant le fluide moteur qui est en générale de la vapeur d'eau.

La vapeur HP passe par la vanne HP et entre dans le corps HP et se détend jusqu'à la sortie de la TV HP, la vapeur retourne à la chaudière pour la resurchauffe, la vapeur resurchauffée passe par les vannes interceperiez MP et entre dans la TV MP-BP. Une arrivé de vapeur BP entre dans la TV MP –BP, au niveau BP. Le débit de vapeur produit par la chaudière dépend du débit et de la température e de pression de la vapeur en sortie de HRSG ne permettent pas de l'envoyer directement dans la TV.

Dans ce cas, la vanne d'admission de vapeur de la TV est fermée. La vapeur va au condenseur grâce aux vannes de by-pass qui la détende préalablement. [1]



**Fig.1.5.** Turbine à vapeur.

### **I.3.1.3 La chaudière de récupération :**

Une chaudière de récupération est un échangeur de chaleur qui permet de récupérer l'énergie thermique d'un écoulement de gaz chaud. Elle produit la vapeur qui peut être utilisée dans un procédé industrielle ou pour alimenter une turbine à vapeur. Une application usuelle pour une chaudière de récupération est dans la centrale électrique à cycle combiné, où les gaz d'échappement de la turbine à gaz alimentent la chaudière de récupération pour générer de la vapeur qui alimentera la turbine à vapeur. Cette combinaison produit de l'électricité plus efficacement qu'une turbine à gaz ou une turbine à vapeur seule. [1]

#### **Principe de fonctionnement de la chaudière :**

Les fumées à haute température de la turbine à gaz sont envoyées dans une gaine. En faisant circuler de l'eau dans des échangeurs traversant la gaine, on crée de la vapeur qui va permettre d'alimenter une turbine à vapeur.

a) Les éléments principaux d'une chaudière :

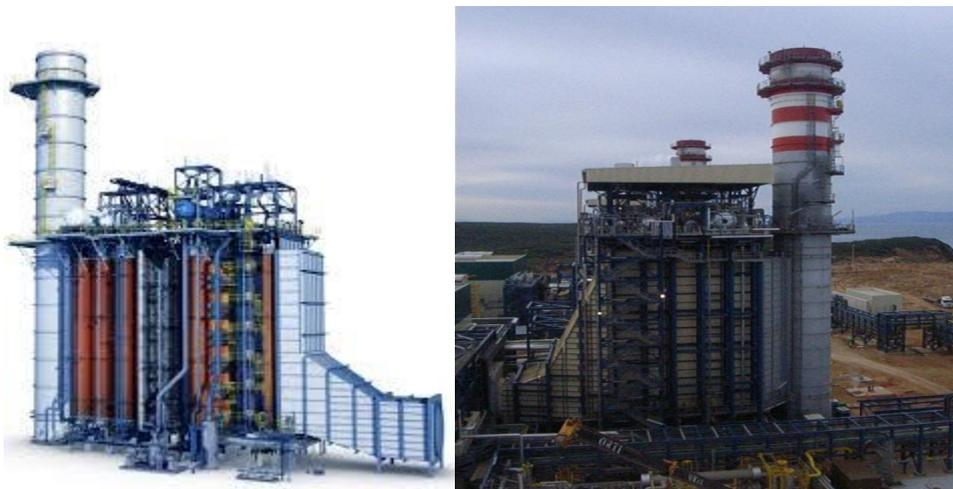
La température des gaz dans la chaudière reste importante après le passage par une série d'échangeurs (économiseur + évaporateur + surchauffeur).

b) La vapeur surchauffée :

On dit que la vapeur est surchauffée lorsque, pour une pression donnée, sa température est supérieure à la température de la vapeur saturée. On appelle vapeur saturée, qui est la même température que l'eau dont elle est issue.

c) Resurchauffe :

Un cycle resurchauffeur, est un cycle dans lequel on récupère une partie de la vapeur du corps haut pression de la turbine à vapeur pour la surchauffer à nouveau dans la chaudière, afin de la renvoyer une seconde fois dans la turbine.



**Fig.1.6.** La chaudière de récupération.

### I.3.1.4 L'alternateur :

L'alternateur est une machine tournante destinée à produire une tension alternative sinusoïdale. Son fonctionnement est proche de celui d'une génératrice de bicyclette.

Est la machine la plus importante utilisée pour produire l'énergie électrique pour les raisons suivantes :

- La tension de sortie ou la sortie de puissance réactive peut être réglée par un courant continu variable appliqué à la machine depuis un dispositif de commande, le régulateur automatique de tension.
- En fonctionnement parallèle au réseau, les sorties de puissance réactive et active peuvent être réglées indépendamment l'une de l'autre sur large plage.

Les alternateurs sont couplés aux turbines à gaz et à vapeur.

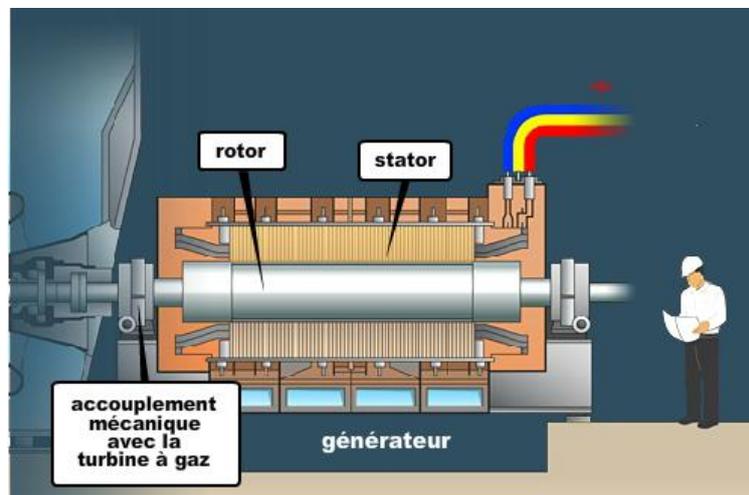


Fig.1.7. Alternateur.

### I.3.1.5 La cheminée :

La cheminée est un ouvrage métallique conçu pour le dégagement des émissions atmosphériques (gaz, vapeur, poussières) issues des procédés de production d'électricité. Pour le cas de la nouvelle centrale de Sousse, la STEG a conçu une cheminée dont les dimensions (hauteur et diamètre) sont choisies en appliquant des modèles mathématiques bien adaptés à la capacité de production et aux environs du site du projet afin d'assurer une bonne dispersion des émissions atmosphériques de la centrale électrique et de ne pas gêner l'écosystème. [1]



**Fig.1.8.** La cheminée.

### **I.3.1.6 Le condenseur :**

Le condenseur est échangeur thermique qui permet de condenser la vapeur en sortie de TV, pour réalimenter en eau la chaudière .les condenseur sont constitués d'un multiple de tubes en contact avec la vapeur. Plus la surface de contact entre les tubes et la vapeur est importante, plus le condenseur est performant. La pression dans le condenseur doit être la plus faible possible compte tenu de la température de la source froide. Pour obtenir le meilleur échange entre la vapeur et la source froide, on élimine l'air par des pompes à vide. [1]



**Fig.1.9.** Condenseur.

### **I.3.2. Les installations auxiliaires:**

- La station de pompage ;
- Bâtiment d'air comprimé ;
- Station de traitement de gas-oil ;
- Poste gaz ;
- Station d'eau déminéralisée ;
- Poste de dessalement ;
- Bâtiment anti incendie(PCI) ;
- Bâtiment Black Start (B S);
- Station d'électrochloration ;
- Station de traitement des effluents ;
- Station de production d'hydrogène.

#### **I.3.2.1. La station pompage :**

Description du système :

- La vapeur sortant de la turbine est condensée dans le condenseur, par le moyen du refroidissement apporté par l'eau de circulation.
- L'eau envoyée au condenseur doit être filtrée avant d'y arriver. Le système de filtrage protège aussi les pompes de circulation et le reste des éléments du circuit.
- Le système de circulation fournit aussi de l'eau aux différents consommateurs:
  - ✓ Système ouvert de refroidissement des composants
  - ✓ Poste d'électro chloration
  - ✓ Poste de dessalement
  - ✓ Système de nettoyage des grilles

Les composants principaux de la station de pompage

- Grilles fixes, filtres rotatifs, système de nettoyage
- Pompe de remplissage
- Pompes de circulation



**Fig.1.10.** Station pompage.

### **I.3.2.2. Bâtiment d'air comprimé :**

Le système d'air comprimé décrit également les éléments de contrôle-commande du système, ses interfaces avec d'autres systèmes, et les caractéristiques des principaux équipements.

La principale fonction du système d'air comprimé est de capter l'air extérieur et de le traiter adéquatement pour le distribuer ensuite dans la centrale, en vue de couvrir les besoins en air d'instrumentation et air de service.

Les besoins en air de la centrale peuvent être regroupés en :

- Consommation d'air d'instrumentation.
- Consommation d'air de service.

Le système d'air comprimé a été conçu pour réaliser les fonctions suivantes :

- Production et distribution de l'air comprimé pour l'instrumentation de la centrale.
- Production et distribution de l'air comprimé pour l'air de service de la centrale.

Le système d'air comprimé comprend deux ensembles principaux :

- Ensemble des équipements pour la production, le stockage, le séchage et la filtration de l'air comprimé : compresseurs, ballons, sécheurs et filtres (module air comprimé).
- Réseau de distribution de l'air comprimé aux différents points de la centrale qui ont besoin d'une alimentation en air d'instrumentation ou en air de service.

### **Production et stockage d'air comprimé :**

Le module air comprimé se compose de deux compresseurs de 110% de capacité chacun. Chaque compresseur refoule dans un ballon de 110% de capacité également. Chaque ballon est pourvu d'un contournement. Les lignes de sortie des ballons convergent sur une ligne commune conduisant à deux ensembles de séchage et filtrage installés en parallèle (2x110%).

L'air est tout d'abord séché au moyen de sécheurs frigorifiques.

Il est ensuite filtré. Après ces deux étapes, l'air de service sort de la chaîne de séchage vers sa distribution.

L'air destiné aux instruments demeure dans le module d'air comprimé, où il passe par l'une des deux lignes installées en parallèle et comprenant les équipements suivants : sécheurs par adsorption et post-filtres.

Après filtration et séchage, l'air d'instrumentation sort du module d'air comprimé par la ligne et se dirige vers le ballon d'air d'instrumentation d'une capacité de 15 m<sup>3</sup>.

### **I.3.2.3. Station de traitement de gasoil :**

Le système de gasoil est conçu pour remplir les fonctions suivantes :

- Réception et conditionnement du gasoil jusqu'à l'obtention des niveaux de qualité requis par les modèles de turbines à gaz du cycle combiné de Koudiet Eddraouche.
- Stockage et distribution du gasoil aux services suivants :
  - Trois (3) modules d'air d'atomisation des turbines à gaz où il est utilisé comme combustible de secours (un module pour chaque tranche).
  - Deux (2) chaudières auxiliaires où il est utilisé comme combustible de secours.
  - Un (1) réservoir de la pompe incendie à moteur diesel.
  - Trois (3) réservoirs des groupes électrogènes de secours (un réservoir journalier par tranche).
  - Un (1) réservoir de stockage de gasoil pour les groupes électrogènes de démarrage autonome (black Start).

Le système de gasoil et de conditionnement du gasoil reçoit le combustible du fournisseur extérieur au moyen de camion-citerne et il le conduit grâce à la station de dépotage et à deux (2) pompes allant jusqu'au réservoir de stockage du gasoil non traité. Le gasoil de ce réservoir est non traité, de sorte qu'il est dirigé vers une série de modules de GE (module de transfert et de chauffage du gasoil et système de dessalement centrifuge du gasoil ou il est traité pour qu'il atteigne les exigences de qualité requises par les turbines à gaz. Si la qualité est correcte, le gasoil est refoulé dans les réservoirs de stockage du gasoil traité où il est conservé jusqu'à utilisation. Lorsque la qualité n'est pas satisfaisante, la séquence de conditionnement / centrifugation du gasoil et sa recirculation au réservoir de stockage de gasoil non traité sont ré initiées. Tant que la qualité du gasoil ne satisfait pas aux taux de qualité exigés, le combustible est recyclé du système de dessalement centrifuge du gasoil au réservoir de gasoil non traité.



**Fig.1.11.** Station de traitement de gasoil.

**Fig.1.12.** Les deux bacs de stockage gasoil.

#### **I.3.2.4. Poste gaz :**

Le gaz naturel est reçu au point de raccordement, à une pression située entre 35 bar et 69 bar et à une température située entre 5°C et 45°C. Le système de gaz naturel est conçu pour fournir du gaz, conforme aux exigences, aux turbines à gaz et aux chaudières auxiliaires. Il remplit les fonctions suivantes :

- Fournir à la turbine à gaz du gaz réchauffé, conforme aux exigences de propreté, pression et température.
- éliminer les éclaboussements de liquides et polluants par filtration/séparation dans le système du conditionnement du gaz.
- Fournir un raccord pour l'échantillonnage du gaz.

A partir du point de raccordement, le gaz naturel est conduit vers la turbine à gaz, après être passé par la station de détente et comptage, le débitmètre à ultrasons, le système de conditionnement du gaz et, enfin, la vanne d'arrêt de sécurité. La turbine établit alors les conditions nécessaires à l'entrée du gaz dans les turbines à gaz

La soupape d'arrêt, dont la fonction est de se fermer en cas d'urgence pour suspendre l'alimentation en gaz de la centrale, se trouve en aval de la coupure d'alimentation du gaz. Cette soupape est pourvue d'un by-pass, avec une soupape d'arrêt manuelle pour faciliter l'équilibrage des pressions lors du remplissage du système. Une fois l'équilibrage des pressions terminée, la vanne du by-pass doit être maintenue fermée, tout en maintenant au moyen de la vanne d'arrêt la commande de sécurité de l'alimentation en gaz.



**Fig.1.13.** Poste gaz.

### **I.3.2.5. Station d'eau déminéralisée :**

Dans le système de stockage et de distribution d'eau déminéralisée, l'eau provenant du poste de traitement d'eau est conduite par une tuyauterie aux réservoirs de stockage. Ces réservoirs sont situés à l'extérieur. Les pompes d'injection, les pompes de distribution d'eau déminéralisée sont installées au pied des réservoirs d'eau déminéralisée. La sortie du réservoir se trouve un collecteur commun pour l'aspiration de toutes les pompes.

Chaque réservoir peut cependant être isolé du collecteur au moyen d'une vanne papillon à verrouillage mécanique. Les tuyauteries de débit minimal de recirculation des pompes retournent au réservoir.

L'appoint en eau d'injection est réalisé par le collecteur commun de refoulement des pompes d'injection. L'eau est conduite vers la turbine à gaz à partir des modules d'injection des turbines à gaz de chaque tranche situés dans leurs salles des machines respectives. à l'intérieur du module d'injection, une vanne d'arrêt pneumatique permet d'isoler l'alimentation en eau déminéralisée en cas de déclenchement de la turbine.

La distribution d'eau déminéralisée est réalisée par le collecteur commun de refoulement des pompes d'eau déminéralisée, d'où partent les tuyauteries qui alimentent le module de lavage, l'appoint au condenseur, le conditionnement chimique, le laboratoire, le traitement du gasoil, l'appoint du circuit fermé de refroidissement auxiliaire, l'alimentation des chaudières auxiliaires, la production d'hydrogène, le poste de détente et comptage et la désurchauffe des purges de chaudière. Les différentes parties du système sont reprises en détail dans les sections suivantes. Toutes les tuyauteries du système sont en acier inoxydable. [2]

Tous les points hauts et bas sont pourvus d'évents et de purges respectivement.



**Fig.1.14.** Salle de déminéralisation d'eau.      **Fig.1.15.** les deux bacs d'eau déminéralisée.

#### **I.3.2.6. Poste de dessalement :**

La station de dessalement est composée de deux unités de dessalement qui ont comme but de produire de l'eau de service qui alimente les réservoirs d'eau dessalé et le réservoir d'eau anti incendie.

Les principaux systèmes alimenté par l'eau produis par la station de dessalement sont :

- Système de protection anti-incendie
- Système d'eau déminéralisée
- Système d'eau potable
- Station de production d'hydrogène (H<sub>2</sub>)
- Refroidissement purges chaudière de récupération
- Pompe d'évacuation des purges

- Système d'échantillonnage
- Système d'eau de circulation
- Pour utilisation de tuyaux d'arrosage dans différents secteurs de la centrale aux fins de nettoyage et d'entretien. [3]



**Fig.1.16.** Salle de dessalement l'eau de mer.      **Fig.1.17.** les deux bacs d'eau dessalée.

### **I.3.2.7. Le système PCI :**

Les fonctions principales du système PCI sont les suivantes :

- Confiner les incendies afin d'éviter leur propagation ;
- Permettre la détection précoce dans les zones où un risque d'incendie existe
- Fournir des moyens d'alarmes en cas d'incendie ;
- Fournir des moyens d'extinction tels que les installations fixes d'extinction, les lances manuelles, les bouches d'incendies et les extincteurs portatifs.

- La réserve en eau d'incendie du réservoir d'eau brute et d'eau incendie est de 2.000 m<sup>3</sup>. Cette réserve d'eau assure 2 heures de fonctionnement à l'installation fixe d'extinction la plus exigeante.

- En cas de besoin, l'aspiration des pompes PCI est reliée à une conduite en provenance des réservoirs d'eau dessalée. La distribution des raccords d'aspiration

dans le réservoir d'eau dessalée d'incendie a été aménagée de sorte que la réserve d'eau PCI ne soit destinée qu'à la protection contre les incendies.

### **Système de pompage de l'eau d'incendie :**

Débit nominal 1.000 m<sup>3</sup>/h

3 pompes principales (2 électriques et 1 diesel) d'une capacité de 100% chacune.

2 pompes de mise sous pression (pompes d'appoint Jockey, 12 m<sup>3</sup>/h.

La pression est maintenue entre 10,5 et 11 bars.

La mission des pompes Jockey est de maintenir la pression du réseau et de remplacer petites fuites dans le système. La pression est automatiquement maintenue entre 10,5 et 11 bars. Le pressostat, inclus dans le régulateur de chaque pompe et connecté à la tuyauterie de refoulement de celle-ci, démarre automatiquement en en alternance chaque pompe.

En cas d'incendie, la pompe électrique numéro 1 démarre automatiquement lorsque la pression atteint 9,5 bars.

Si la pression dans le réseau continue à baisser, la pompe électrique numéro 2 démarre automatiquement lorsque la pression atteint 8,5 bars.

Si la pompe d'incendie électrique numéro 2 ne se met pas en marche, la pression dans le réseau continue à baisser. La pompe diesel démarre automatiquement lorsque la pression atteint 7,5 bars. [4]



**Fig.1.18.** Bâtiment PCI.



**Fig.1.19.** Bac de stockage eau PCI.

### **I.3.2.8. Bâtiment Black Start (B S):**

Le système de démarrage black Start (Groupes électrogènes 6.6kV) permet de démarrer la tranche en l'absence de tension de réseau à 400 kV pour la mise sous tension du jeu de barres de tranche.

Le système de démarrage autonome comprend douze (12) groupes électrogènes 6.6kV installés dans la salle principale du bâtiment BS. Chaque groupe comporte les éléments suivants :

- Moteur diesel équipé avec systèmes auxiliaires (eau de refroidissement préchauffage, huile de graissage, air comburant, air de refroidissement, échappement, etc.).
- Alternateur équipé (excitation, protection, etc.).
- Contrôle-commande complet (régulateurs de vitesse et de tension, thermomètre eau de refroidissement, etc.).
- Armoire de commande locale des services auxiliaires, avec commandes et mesures du groupe électrogène (compteur d'heures de fonctionnement, coup de poing, indicateur température de l'huile, etc.) et batteries fournissant la tension de commande du groupe électrogène. [5]

Description du Moteur diesel :

- ✓ Chaque moteur diesel est à quatre temps, suralimenté et refroidi à l'eau ;
- ✓ Conçu pour brûler du combustible liquide (diesel) en continu ;
- ✓ 16 cylindres en V ;
- ✓ Nombre de soupapes par cylindre : 4 ;
- ✓ Injection directe ;
- ✓ Préchauffage pour maintien de la température au démarrage ;
- ✓ Circuit de refroidissement à eau fermé, type radiateur, avec pompe à eau ;
- ✓ Le radiateur est monté sur le bâti ;



**Fig.1.20.** Bâtiment black Start.

### **I.3.2.9. La station electro-coloration:**

La station d'électro chloration a pour objectif de générer une solution d'hypochlorite de sodium ( $\text{NaClO}$ ) à partir d'eau de mer par un procédé électrochimique d'électrolyse partielle du chlorure de sodium contenu dans l'eau de mer, réalisé avec des électrodes alimentées par un courant continu.

Les doses de chlore actif considérées sont les suivantes :

Dans les fosses d'aspiration des pompes d'eau de circulation :

- Dosage en continu 2 mg/l
- Dosage de choc 5 mg/l (4 fois par jour, pendant 15 min)

Dans les prises d'eau :

- Dosage de choc 5 mg/l (4 fois par jour, pendant 15 min)

On considère une production de chlore de 210 kg  $\text{Cl}_2/\text{h}$ , avec la concentration de 1.000 mg/l.

Le système d'électro chloration est constitué des unités de processus suivantes :

- Pompage d'eau de mer
- Filtration de sécurité
- Stockage de la solution d'hypochlorite de sodium avec système de dégazage
- Pompage de la solution d'hypochlorite de sodium pour doser en continu dans les fosses d'aspiration des pompes d'eau de circulation
- Pompage de la solution d'hypochlorite de sodium pour réaliser les dosages de choc dans les fosses d'aspiration des pompes d'eau de circulation et au captage d'eau de mer
- Système de nettoyage de l'électrochlorateur à l'acide chlorhydrique
- Système de neutralisation de l'acide chlorhydrique épuisé
- Système de dosage du bisulfite de sodium. [6]



**Fig.1.21.** La station d'électro chloration.

#### **I.3.2.10. Station de traitement des effluents :**

L'unité de traitement d'effluents est composée de deux bassins pour l'homogénéisation et la neutralisation des rejets, de 500 m<sup>3</sup> de capacité chacun, d'une pompe de transvasement, des équipements de dosage d'acide chlorhydrique et d'hydroxyde de sodium, de prises d'échantillons de pH et analyseurs de la qualité du rejet.

Les bassins d'homogénéisation en béton armé, aériens et de dimensions 10 x 12,5 x 5 m, reçoivent les rejets de la centrale pour être homogénéisés et neutralisés avant le rejet final. Le remplissage des bassines et réalisé avec des vannes pneumatiques. La sortie du rejet final est réalisée par le fond des bassins par gravité jusqu'au canal de décharge.

La station dispose de:

- ✓ un système d'aération et d'agitation des effluents stockés avec deux soufflantes, une pour chaque bassin.

- ✓ un pompage pour le transvasement et la recirculation entre les bassins, de fonctionnement manuel.

Les bassins disposent de:

- ✓ contrôle du niveau de remplissage.
- ✓ un analyseur du pH pour la neutralisation des effluents.

Les équipements de dosage d'acide chlorhydrique (à 32%) et de soude (à 20%) sont composés:

- ✓ d'une pompe de charge.
- ✓ D'un réservoir de stockage de 1,5 m<sup>3</sup> de capacité et de deux pompes doseuses (service et réserve). [7]

### **I.3.2.11. Station de Production d'hydrogène :**

La fonction essentielle du poste de production d'hydrogène est la production d'hydrogène de grande pureté et le remplissage subséquent des bouteilles de gaz. Lorsqu'elles sont remplies, ces dernières sont transportées au point de stockage correspondant de chaque tranche. L'hydrogène est distribué aux alternateurs ce gaz est en effet destiné au refroidissement des alternateurs.

Le système de stockage et de distribution d'hydrogène fonctionne en continu pour remettre le gaz perdu en raison de fuites d'hydrogène dans les alternateurs ou leurs systèmes auxiliaires ; un mode de fonctionnement particulier, à débit plus élevé, est prévu lors du remplissage et de la mise en pression du circuit de refroidissement des alternateurs. [8]



**Fig.1.22.** Station de production d'hydrogène

## **II.1. Introduction :**

La fonction maintenance a pour but d'assurer la disponibilité optimale des installations de production et de leurs annexes, impliquant un minimum économique de temps d'arrêt. Jugée pendant longtemps comme une fonction secondaire entraînant une perte d'argent inévitable, la fonction maintenance est en général, assimilée à la fonction dépannage et réparation d'équipements soumis à usage et vieillissement.

La véritable portée de la fonction de la maintenance mène beaucoup plus loin: elle doit être une recherche incessante de compromis entre la technique, et l'économique. Il reste alors, beaucoup à faire pour que sa fonction productive soit pleinement comprise. Une organisation, une planification et des mesures méthodiques sont nécessaires pour gérer les activités de maintenance. [9]

Pour être et demeurer compétitive, une entreprise doit produire toujours mieux (qualité) et au coût le plus bas. Pour minimiser ce coût, on fabrique plus vite et sans interruption des produits sans défaut afin d'atteindre la production maximale par unité de temps.

L'automatisation et l'informatique ont permis d'accroître considérablement cette rapidité de production. Cependant, les limitations technologiques des moyens de production ne permettent pas d'augmenter continuellement les cadences.

De plus, produire plus sous-entend produire sans ralentissements, ni arrêts. Pour cela, le système de production ne doit subir qu'un nombre minimum de temps de non production. Exceptés les arrêts inévitables dus à la production elle-même (changements de production, montées en température, etc.), les machines ne doivent jamais (ou presque) connaître de défaillances tout en fonctionnant à un régime permettant le rendement maximal.

Cet objectif est un des buts de la fonction maintenance d'une entreprise. Il s'agit de maintenir un bien dans un état lui permettant de répondre de façon optimale à sa fonction.

## **II.2. Définition de la maintenance :**

Maintenance: Ensemble des activités destinées à maintenir ou à rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise. Ces activités sont une combinaison d'activités techniques, administratives et de management (*norme NF 60-010*).

## **II.3. Les fonctions de la maintenance :**

L'évolution de la maintenance s'est caractérisé par une succession d'étapes chronologique ce passage d'une étapes une autre toute le temps par le souci d'assurer une disponibilité opérationnelle du matériel a nombres coût à nombreux l'optimisation de la maintenance préventive qui trouve une large application a l'heure actuelle a nécessite- le développement de la fonction, sera étudié a travers le service << METHODE >> le gestion de stocks, la bonne organisation apporte un gain de temps relativement important aux opération de maintenance. [9]

### **II.3.1. Notions sur la maintenance:**

La maintenance; ensemble de tout ce qui permet de maintenir un système au une partie de système en était de fonctionnement.

Notre définition est donnée par la norme [NfX. 60-010]

Ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans état spécifique ou en mesure d'assurer un service déterminé.

## **II.4. Le rôle de la maintenance :**

Est la maîtrise de la disponibilité opérationnelle de équipements a fin qui ils soient unis a l disposition de la production par ces action, la maintenance ammeistre le profit cumule durant la vie des équipements par :

-La réduction des coûts de maintenance

-L'accroissement de la durée rentable de vie des équipements.

-Réduction des accidents et des risques concernant la sécurité des hommes et de l'environnement. [9]

La fonction maintenance sera alors amenée à établir des prévisions ciblées :

- Prévisions à long terme (au delà d'une année) :

Elles concernent les investissements lourds ou les travaux durables. Ce sont des prévisions qui sont le plus souvent dictées par la politique globale de l'entreprise.

- **Prévisions à moyen terme (dans l'année en cours) :**  
La maintenance doit se faire la plus discrète possible dans le planning de charge de la production. Il lui est donc nécessaire d'anticiper, autant que faire se peut, ses interventions en fonction des programmes de production. La production doit elle aussi prendre en compte les impératifs de suivi des matériels. [9]
- **Prévisions à courts termes :**  
Elles peuvent être de l'ordre de la semaine, de la journée, voire de quelques heures. Même dans ce cas, avec le souci de perturber le moins possible la production, les interventions devront elles aussi faire l'objet d'un minimum de préparation.

## **II.5. Les objectifs de la maintenance :**

### **II.5.1. Les objectifs de coût :**

- Minimiser les dépenses de maintenance.
- Assurer la maintenance dans les limites d'un budget.
- Avoir des dépenses de maintenance portant sur le service exigé par l'installation en fonction de leur âge et de leur taux d'utilisation.
- Tolérer à la discrétion du responsable de la maintenance une certaine quantité de dépenses imprévues.

### **II.5.2. Les objectifs opérationnels:**

- Maintenir le bien durable:
  - ✓ Dans un état acceptable.
  - ✓ Dans des meilleures conditions.
- Assure la disponibilité maximale à un coût raisonnable.
- Eliminer les pannes à tout moment et au meilleur coût.
- Maximiser la durée de vie de bien.
- Remplacer le bien à des périodes prédéterminées.
- Assurer au bien des performances de haute qualité.
- Assurer au bien un fonctionnement sûr et efficace.
- Obtenir de l'investissement un rendement maximum.
- Garder au bien une présentation suffisamment satisfaisante.
- Maintenir le bien dans un état de propreté absolue. [9]

## **II.6. Situation de la maintenance par rapport à la production :**

a- Le personnel de production

Ne s'intéresse qu'aux informations nécessaires à l'obtention du produit fini.

b- Le personnel d'entretien

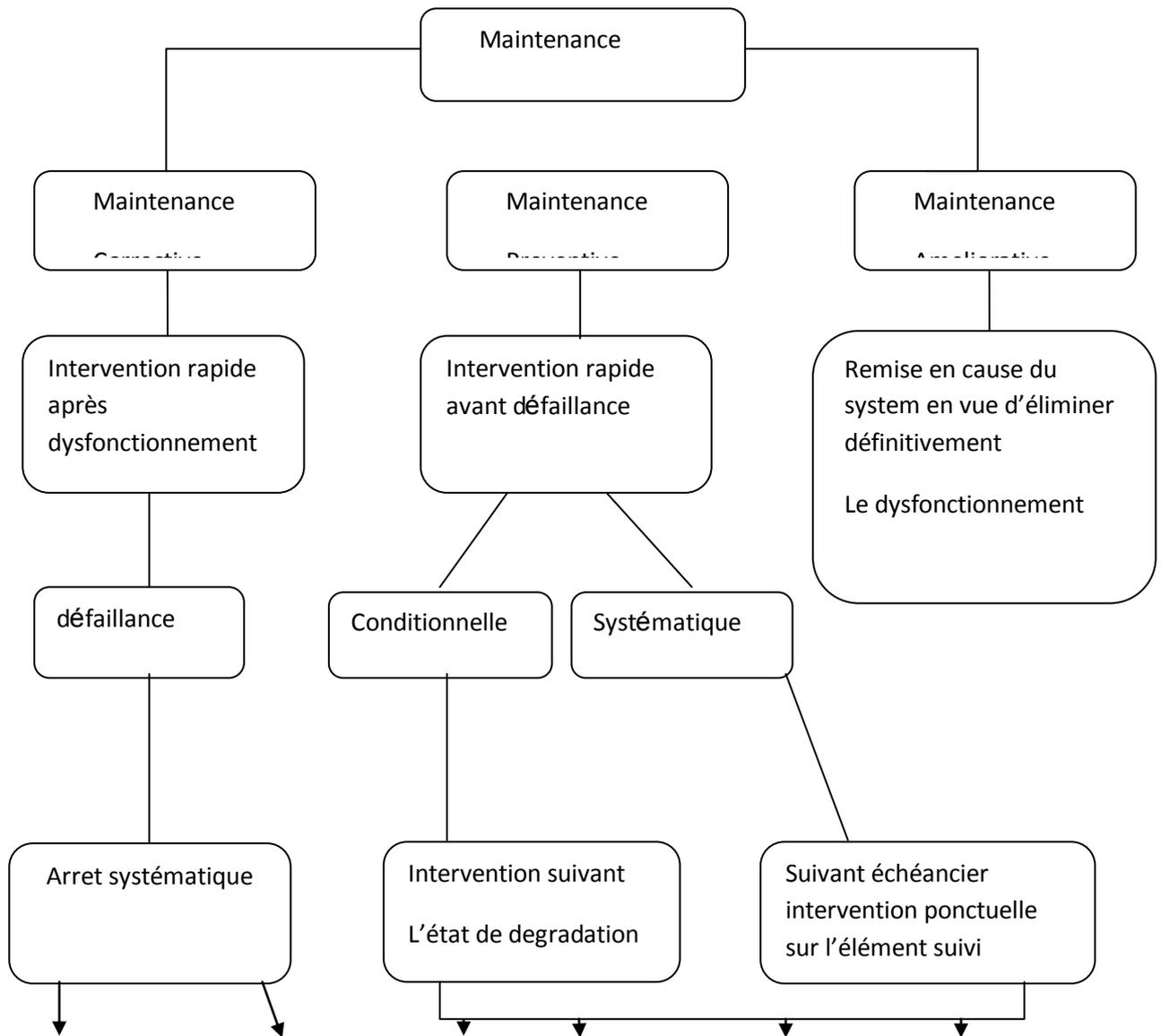
Ne s'intéresse qu'aux informations nécessaires à la réalisation de son intervention sur l'outil de production quelque soit sa fonctionnalité.

c- Le personnel de maintenance

Doit maîtriser toutes les contraintes posant la dégradation de l'outil de production pour limiter leur conséquences sur l'obtention de l'objectif de production quelque soit les contraintes au niveau de conception de fabrication et l'exploitation

Le système de maintenance semble se présenter comme un système complémentaire au système de production. [9]

### II.7. Organigramme de politique de maintenance:



Dépannage      réparation      visite      inspection      contrôle      analyse

**Fig.2.1.** les types de la maintenance.

## **II.7.1. Maintenance préventive:**

### **II.7.1.1. Définition :**

Maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un service rendu. Les activités correspondantes sont déclenchées selon un échéancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage (**maintenance systématique**), et/ou des critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou du service (**maintenance conditionnelle**).

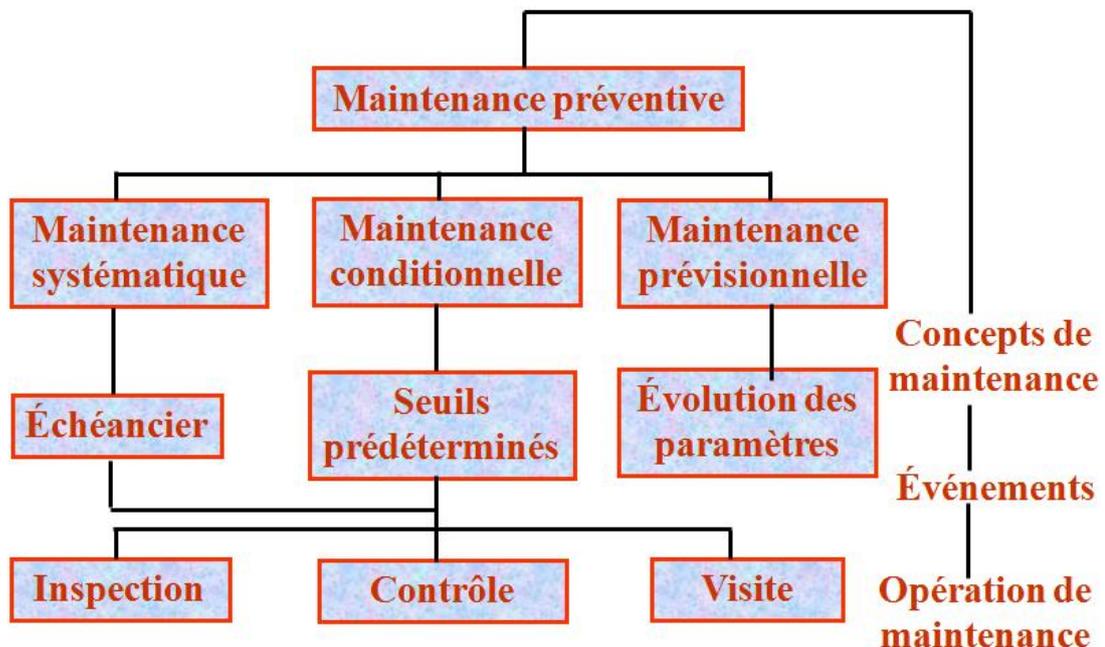
### **II.7.1.2. Les objectifs visés par la maintenance préventive sont les suivants :**

- Augmenter la fiabilité d'un équipement, donc réduire les défaillances en service : réduction des coûts de défaillance, amélioration de la disponibilité.
- Augmenter la durée de vie efficace d'un équipement.
- Améliorer l'ordonnancement des travaux, donc les relations avec la production.
- Réduire et régulariser la charge de travail.
- Faciliter la gestion des stocks (consommations prévues).
- Assurer la sécurité (moins d'improvisations dangereuses).
- Plus globalement, en réduisant la part « d'imprévu », améliorer le climat des relations humaines (une panne imprévue est toujours source de tension).

La mise en œuvre d'une politique de maintenance préventive implique le développement d'un service « méthodes de maintenance » efficace. En effet, on ne peut faire de préventif sans un service méthodes qui va alourdir à court terme les coûts directs de maintenance, mais qui va permettre:

- La gestion de la documentation technique, des dossiers machines, des historiques.
- Les analyses techniques du comportement du matériel.
- La préparation des interventions préventives.
- La concertation avec la production.

### II.7.1.3. Les différents types de maintenance préventive :



**Fig.2.2.** les types de la maintenance préventive.

a) Maintenance préventive systématique:

Maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien (EN 13306 : avril 2001).

Même si le temps est l'unité la plus répandue, d'autres unités peuvent être retenues telles que: la quantité de produits fabriqués, la longueur de produits fabriqués, la distance parcourue, la masse de produits fabriqués, le nombre de cycles effectués, etc.

Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision complète ou partielle.

*Remarque:* de plus en plus, les interventions de la maintenance systématique se font par échanges standards.

Cas d'application:

- Equipements soumis à une législation en vigueur (sécurité réglementée) : appareils de levage, extincteurs, réservoirs sous pression, convoyeurs, ascenseurs, monte-charge, etc.
- Equipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves : tous les matériels assurant le transport en commun des personnes, avions, trains, etc.
- Equipement ayant un coût de défaillance élevé : éléments d'une chaîne de production automatisée, processus fonctionnant en continu (industries chimiques ou métallurgiques).
- Equipements dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevées au cours de leur temps de service : consommation excessive d'énergie, éclairage par lampes usagées, allumage et carburation déréglés (moteurs thermiques),... etc.

b) Maintenance préventive conditionnelle (MPC)

Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent. La surveillance du fonctionnement et des paramètres peut être exécutée selon un calendrier, ou à la demande, ou de façon continue (EN 13306: avril 2001).

*Remarque:* la maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendante de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel.

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant le cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et, à partir de là, de décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint. Mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs.

Tous les matériels sont concernés. Cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

Les paramètres mesurés peuvent porter sur:

- Le niveau et la qualité de l'huile
- Les températures et les pressions
- La tension et l'intensité des matériels électriques
- Les vibrations et les jeux mécaniques

c) Maintenance préventive prévisionnelle (MPP)

C'est une maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée des paramètres significatifs de la dégradation du bien, permettant de retarder et planifier les interventions quelques concepts fondamentaux liés à la maintenance.

#### **II.7.1.4. Les opérations de la maintenance préventive :**

Elles peuvent être regroupées en 3 familles: les inspections, les contrôles, les visites. Elles permettent de maîtriser l'évolution de l'état réel du matériel. Elles peuvent être effectuées de manière continue ou à des intervalles, prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage.

##### **- L'inspection :**

Activité de surveillance s'exerçant dans le cadre d'une mission définie. Elle n'est pas obligatoirement limitée à la comparaison avec des données préétablies. Pour la maintenance, cette activité s'exerce notamment au moyen des rondes. Ex: inspection des extincteurs, écoute de bruits dans un compresseur. Les activités d'inspection sont en général exécutées sans outillage spécifique et ne nécessitent pas d'arrêt de l'outil de production ou des équipements. [9]

##### **- La visite :**

Opération de maintenance préventive qui se traduit par un examen détaillé et prédéterminé de tout ou partie du bien. Ex : visite périodique des ascenseurs, des équipements électriques et mécaniques d'un engin de levage. Ces activités peuvent entraîner des démontages partiels des éléments à visiter (et donc d'entraîner une immobilisation du matériel) ainsi que des opérations de maintenance corrective. [9]

##### **- Le contrôle :**

Vérifications de conformité par rapport à des données préétablies, suivies d'un jugement. Ex: contrôle du niveau d'isolement d'une installation BT, contrôle du jeu fonctionnel dans un mécanisme. Le contrôle peut comporter une activité d'information, inclure une décision (acceptation, rejet, ajournement), déboucher sur des actions correctives. La périodicité du contrôle peut être constante (Durant la phase de fonctionnement normal du matériel) ou variable (et de plus en plus courte dès que le matériel rentre dans sa phase d'usure).

#### **II.7.1.5. Buts de la maintenance préventive :**

- Augmenter la durée de vie des matériels/
- Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne.
- Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective.
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions.

- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.
- Améliorer les conditions de travail du personnel de production.
- Diminuer le budget de maintenance.
- Supprimer les causes d'accidents graves. [9]

### **II.7.1.6. Avantages et inconvénient de la MPC/MPP :**

#### A) Avantages :

Le principal avantage de la MPC / MPP est qu'elle permet d'éviter les arrêts machines dus aux pannes. Pour minimiser encore ces arrêts machines, il faut utiliser des techniques permettant de mesurer l'état de la machine sans l'arrêter. Les 3 principales techniques utilisées en MPC / MPP sont:

- La thermographie infrarouge :  
Cette technique permet de mesurer la température de composants sans contact. Tout défaut se traduisant souvent par une élévation de la température, on peut ainsi en mesurer les conséquences.
- L'analyse des huiles :  
Cette technique permet à la fois de surveiller l'huile d'une machine afin de ne la changer que lorsqu'elle est dégradée (surveillance de lubrifiant) mais également, à l'instar d'une analyse de sang pour un être humain, de mesurer l'état de santé de la machine.
- L'analyse vibratoire :  
Cette technique est principalement utilisée pour la surveillance des machines tournantes. Toute machine tournante vibre. Ces vibrations sont les conséquences de défauts de la machine. Plus la machine vibre, plus les défauts ne sont importants.

#### B) Inconvénients :

Le principal inconvénient de la MPC / MPP réside dans la mise en place de ses techniques. Elles sont lourdes à mettre en œuvre sur plusieurs points:

- Coûts d'achat: Systèmes souvent onéreux:  
Caméra infrarouge : de 8000€ (modèle de base ne permettant pas de retraiter la mesure) à 60000€ (modèle permettant une analyse poussée de la mesure) ;  
Spectromètre mesurant plusieurs éléments (Fer, Zinc, etc.) contenus dans une huile: plusieurs dizaines de K€.  
Système d'analyse vibratoire: à partir de 1500€ pour collecteur de niveau global et plus de 30000€ pour un collecteur de vibration + logiciel d'analyse.

- **Formation du personnel :**  
Selon le matériel acheté et le niveau d'exigence désiré, ces techniques exigent un haut niveau de formation du personnel. Cela implique donc de libérer du temps de formation et de trouver du personnel compétent, capable de s'adapter aux évolutions rapides de ces techniques.
- **Mise en place :**  
La difficulté principale de ces techniques est la définition des seuils d'alarme et de danger. Ces seuils nécessitent un temps de mise en place pendant lequel la MPC / MPP n'est pas forcément rentable. Ce délai peut aller de 1 à 3 ans. En effet, si on surestime les seuils, on risque la panne bien avant de l'atteindre. De même, si on les sous-estime, on risque de détecter des fausses alarmes, c'est-à-dire d'atteindre les niveaux d'alarme bien avant la panne; ce qui aura pour conséquence de déclencher des actions de maintenance non justifiée. [9]

## II.7.2. Maintenance corrective:

### II.7.2.1. Définition :

Ensemble des activités réalisées après la défaillance d'un bien, ou la dégradation de sa fonction pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement: ces activités comportent notamment la localisation de la défaillance et son diagnostic, le remise en état avec ou sans modification, le contrôle du bon fonctionnement. [9]

### II.7.2.2. Les différents types de maintenance corrective :

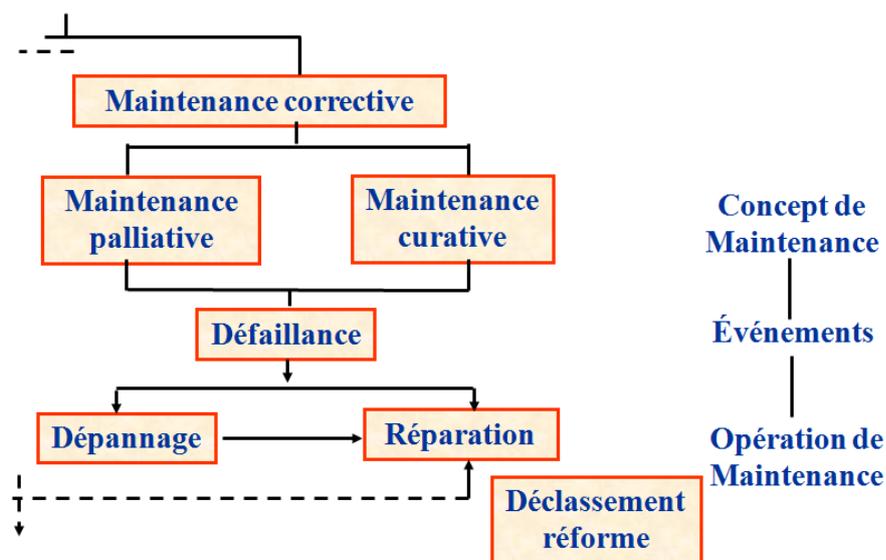


Fig.2.3. les types de la maintenance corrective.

a- Maintenance palliative :

Activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelé couramment dépannage, cette maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives.

b- Maintenance curative :

Activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelé couramment dépannage, cette maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives. [9]

### **II.7.3. La maintenance corrective débouche sur 2 types d'interventions :**

a- Le dépannage: remise en état de fonctionnement effectué « in situ », parfois sans interruption du fonctionnement de l'ensemble concerné. Le dépannage a un caractère provisoire. Les dépannages caractérisent la maintenance palliative. Le palliatif est caractéristique du 2ème niveau de maintenance.

b- La réparation: faite « in situ » ou en atelier de maintenance, parfois après dépannage. Elle a un caractère définitif. La réparation caractérise la maintenance curative. Le curatif est caractéristique des 2èmes et 3ème niveaux de maintenance.

### **II.7.4. Formes de maintenance corrective :**

- En tant que méthode.
- De manière sélective, suivant la criticité du matériel.
- En tant que complément résiduel de la maintenance préventive.

### **II.7.5. Évolution de la maintenance corrective :**

La notion de « correction » après défaillance contient la notion « d'amélioration ».

- En entretien traditionnel, après détection d'une défaillance fortuite, on effectue un dépannage ou une réparation rétablissant la fonction perdue; et en général on s'arrête à ce niveau. [9]

- En maintenance, on effectue:

Une analyse des causes de la défaillance.

Une remise en état (dépannage / réparation).

Une amélioration éventuelle (correction) visant à éviter la réapparition de la panne, ou à minimiser ses effets sur le système.

Une mise en mémoire de l'intervention permettant une exploitation ultérieure.

### **II.7.6. Organisation d'une Action de maintenance corrective :**

#### **II.7.6.1. Organisation d'un dépannage:**

L'organisation s'effectue de la manière suivante afin de réduire les immobilisations des matériels

a- Avant la panne :

- Rassembler tous les moyens nécessaires à une intervention rapide.

b- Au déclenchement de la panne :

- 1ère phase: enregistrement de l'appel.
- 2ème phase: analyse du travail.
- 3ème phase: discussion au niveau de l'analyse.

c- Après la panne:

- Faire le compte rendu de l'intervention.
- Déclencher éventuellement une procédure de remise en service pour le personnel utilisateur.
- Mettre à jour le stock de pièces détachées.
- Exploiter les résultats de dépannage.

#### **II.7.6.2. Organisation d'une réparation:**

La réparation (suivant éventuellement un dépannage) peut être préparée et planifiée afin de pour réaliser l'action de maintenance dans de bonnes conditions. Comme pour le dépannage, l'organisation s'effectue à 3 niveaux :

a- Avant l'intervention :

- cela concerne toute l'activité liée à la préparation de la réparation.

b- Au déclenchement de l'intervention :

- Diagnostiquer les causes de la panne.
- Expertiser le matériel.
- Décider du lieu d'intervention.
- Préparer le poste de travail.
- Respecter les consignes de sécurité.
- Rassembler les moyens matériels et humains.

c- Après l'intervention :

- Compte-rendu de l'intervention.
- remise en main du matériel.
- MAJ des stocks.
- Correction de la préparation / exploitation des résultats.

#### **II.7.7. Avantages et inconvénients de la maintenance corrective :**

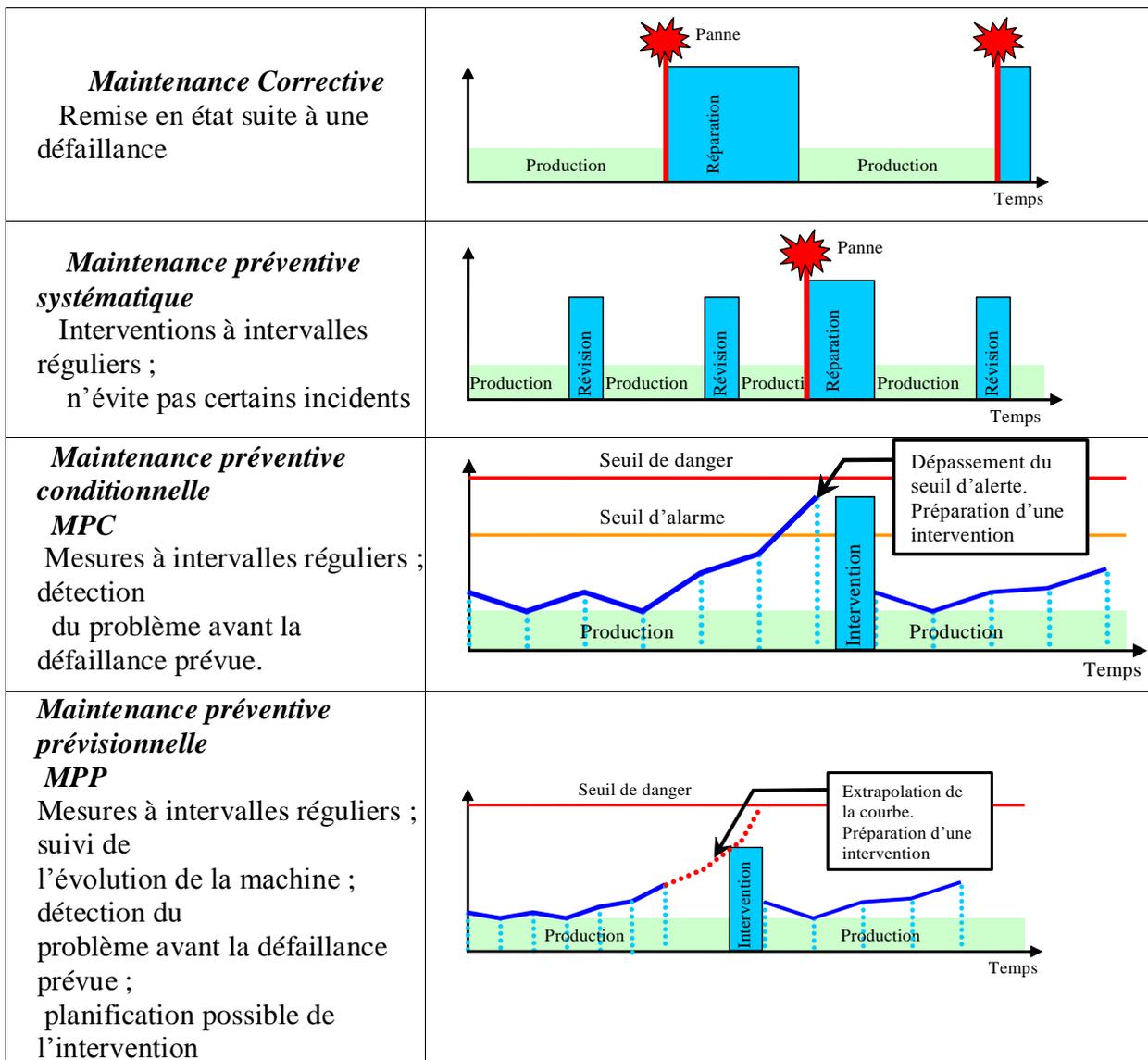
A) Avantages :

- Faible coût de maintenance.

B) Inconvénients :

- Bris inopportun.
- Coût de réparation important.
- Peu de sécurité des travailleurs.
- Stockage important des pièces.
- Perte de production élevée.

**II.7.8. Comparaison entre les différentes formes de maintenance :**



**Fig.2.4.** Comparaison entre les différentes formes de maintenance

**II.8. Les niveaux de maintenance :**

Le degré du développement de la maintenance est classifié en 5 niveaux. Ces niveaux sont donnés par la norme à titre indicatif pour servir de guide et leur utilisation pratique n'est concevable qu'entre des parties qui sont convenues de leur définition précise selon le type de bien maintenir.

#### **1<sup>er</sup> Niveau :**

Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement, ou échanges d'éléments

Consommables accessibles en toute sécurité, tels que voyants ou certains fusibles, ...etc.

Ce type d'intervention peut être effectué par l'exploitant du bien, sur place, sans outillage et à l'aide des instructions d'utilisation.

Le stock de pièces consommables est très faible. [9]

#### **2<sup>ème</sup> Niveau :**

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

Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien habilité de qualification moyenne, sur place, avec l'outillage portable défini par les instructions de maintenance, et à l'aide de ces mêmes instructions.

Un technicien est habilité lorsqu'il a reçu une formation lui permettant de travailler en sécurité sur une machine présentant certains risques potentiels, et est désigné connaissances et de ses aptitudes.

Les pièces de rechanges nécessaires sont transportables sans délai et à proximité immédiate du lieu d'exploitation. [9]

#### **3<sup>ème</sup> Niveau :**

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

Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien spécialisé, sur place ou dans le local de maintenance, à l'aide de l'outillage prévu dans les instructions de maintenance ainsi que des appareils de mesure et de réglage, et éventuellement des bancs d'essais et de contrôle des équipements et en utilisant l'ensemble de la documentation nécessaire à la maintenance du bien, ainsi que les pièces approvisionnées par le magasin. [9]

#### **4<sup>ème</sup> Niveau :**

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

Ces types d'intervention peuvent être effectués par une équipe comprenant un encadrement technique très spécialisé, dans un atelier spécialisé doté d'un outillage général et éventuellement des bancs de mesure et des étalons de travail nécessaires, à l'aide de toutes documentations générales ou particulières.

Le stock de pièces de rechanges et consommables nécessaires est considérable. [9]

### **5<sup>ème</sup> Niveau :**

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

Ce type de travaux est donc effectué par le constructeur, ou par le reconstruteur, avec des moyens définis par le constructeur et donc proches de la fabrication. [9]

## **II.9. La préparation des travaux de maintenance :**

La préparation a pour objectif global de réduire les coûts de défaillance cette réduction qui peut être obtenue par :

- La réduction des coûts de pertes de production (réduction du temps d'arrêt de l'outil de production)
- La réduction des coûts de maintenance par la réduction des temps d'intervention du coût de stocks de pièces et l'amélioration des conditions de travail et de la sécurité.
- La préparation de travaux comprend l'analyse des travaux la synthèse de cette analyse qui constitue la préparation proprement dite la réalisation et le contrôle de cette réalisation.
- Règle d'établissement d'une préparation.
- La réparation ne peut être effectuée qu'après.
- Vérification de la nature du travail demandé
- Visite sur place (analyse de la sécurité, outillage nécessaire inventaire de moyen de manutention).
- Documentation et P.D.R.
- La composition de l'équipe de maintenance.
- Le temps prière.

Un dialogue permanent doit s'instaurer entre les exécutants et le préparateur ce technicien qui doit posséder une compétence à celle de opérateurs pour les quels il définira les méthodes de travail il devra aussi s'avoir observé les existants et les postes de travaux et avoir.

## **II.10. Les remplacements systématiques:**

On sait à l'avance en lançant ce type d'opération que changer une pièce donnée quel que soit son état, on peut être amené à remplacer une pièce de rechanges: un (c'est alors un échange standard) un sous ensemble complet

Lorsque l'on met en place un entretien préventif il faut bien sur commencer par les visites systématique avant le remplacement systématique et ce notamment lorsque l'on ne dispose pas d'un historique du matériel cette règle a toutes fois quelques exceptions : il faut par fois commencer par des remplacements systématique en particulier dans les cas suivants :

- Pour des raisons de sécurité.
- Lorsque le coût de l'arrêt de production est disproportionné par rapport au coût du remplacement.
- Lorsque le coût de la pièce concernée est si faible qu'il ne justifie pas de visite systématique.

a- Visites lorsque la machine est en marche :

Ce sont des opérations en général peu chères.

Exemples de visites ou inspection en cours de marche.

- Contrôle du niveau d'huile.
- Contrôle de la qualité d'huile.
- Contrôle de température.
- Contrôle de pressions.
- Contrôle statistique de la qualité des produits fabriqués.
- Certaines mesures électriques: tension, intensité,... etc.
- Mesure d'épaisseurs.
- Mesure des diamètres (intérieurs et extérieurs).
- Mesure des longueurs.

b- But de l'entretien préventif :

L'entretien préventif peut avoir plusieurs buts principaux.

- Diminuer les pannes imprévues de façon à réduire les coûts d'entretien: coûts directs et coûts indirectes.
- Améliorer la durée de vie du matériel.
- Améliorer les pressions et la programmation: une meilleure prévision d'approvisionnement en fournitures et pièces de rechange réduit le coût de possession une meilleure programmation de la main d'œuvre provoque une réduction du coût direct.
- Améliorer la sécurité.

Un contrôle périodique de certains matériels garantit une meilleure sécurité pour le personnel et pour le matériel l'entretien préventif permet également une amélioration de l'entretien en effet, il réduit les pannes et les imprévus qui sont habituellement des sources de tension. Du climat et des conditions de travail au sein du service entretien de la formation du personnel. Des prévisions de trésorerie.

c- Limites de l'entretien préventif :

La mise en place d'un entretien préventif peut provoquer un accroissement du coût –direct trop important par rapport à la réduction du coût indirect.

C'est pourquoi, il faut commencer par les méthodes les plus légères c'est –dire les visites systématique, il progresser par une politique des «petites par » en contrôlant périodiquement les résultats obtenus pour arriver a une optimisation entre les différents coûts.

## **II.11. L'évolution de la maintenance:**

Dans le passe, la maintenance a eu souvent une existence non bien définit à l'ombre de la production ou d'un autre service d'exploitation des biens durables. Son rôle était plutôt comparable à celui des pompiers, qui interviennent quand le mal est arrivé. Les mains tenanciers, qui sont généralement des spécialistes hautement qualifiés, ont longtemps été considérées comme des improductifs et comme une charge pour l'entreprise.

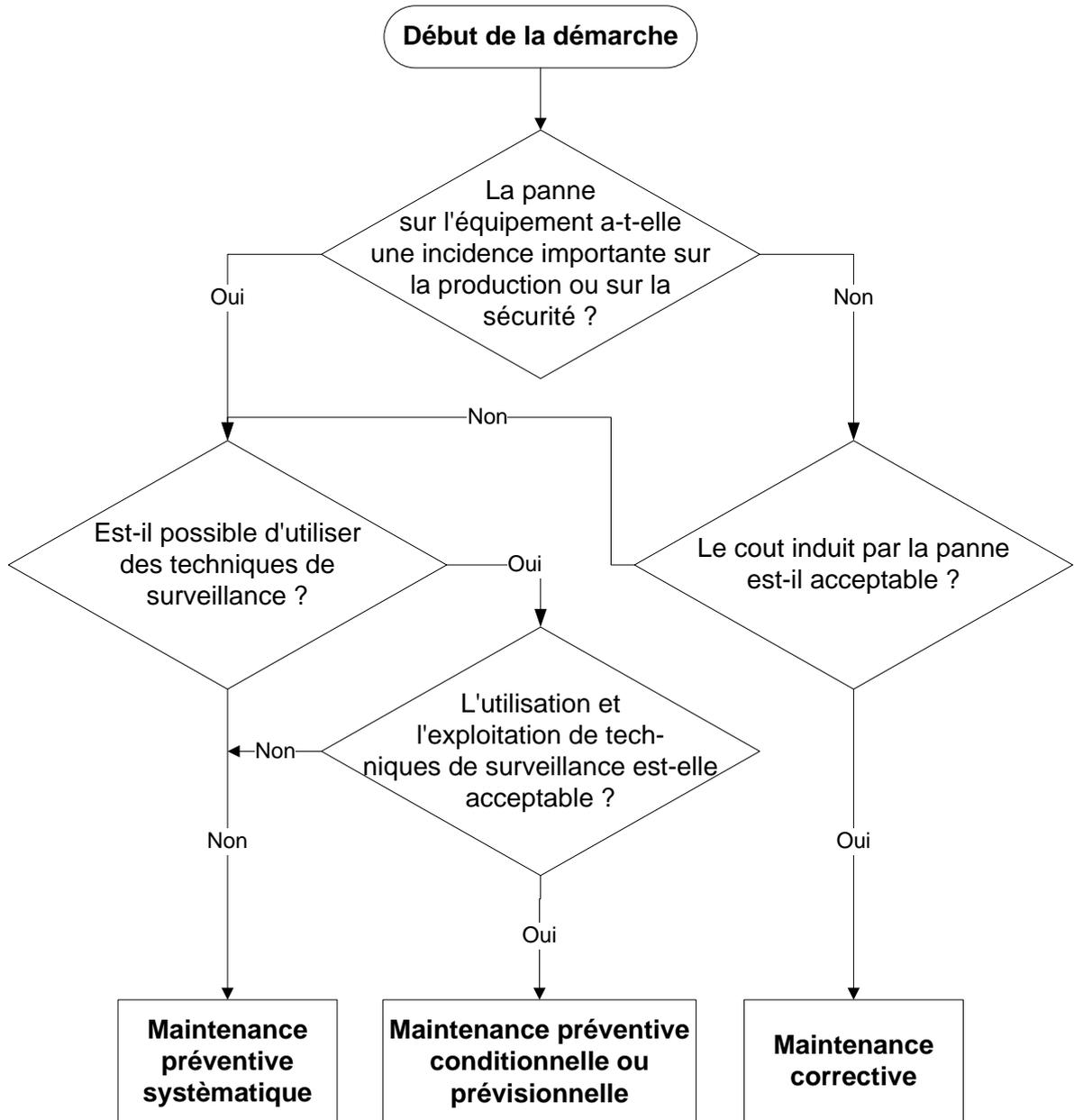
La mauvaise perception de la finalité de l'activité de maintenance par l'exploitant de l'investissement, et les difficultés de son évolution par le financier, a été réglée par une meilleure adéquation des coûts de maintenance par rapport aux services apportés.

C'est ainsi que la maintenance d'aujourd'hui, est placée dans une relation fournisseur client. Le client est l'utilisateur du bien et le fournisseur assure avec ses prestations la fiabilité et la disponibilité de l'outil de production.

La maintenance contribue en effet, avec des mesures ponctuelles (préventifs, contrôles, visites,...etc.) à diminuer l'indisponibilité et à préserve la fiabilité des biens et des systèmes techniques.

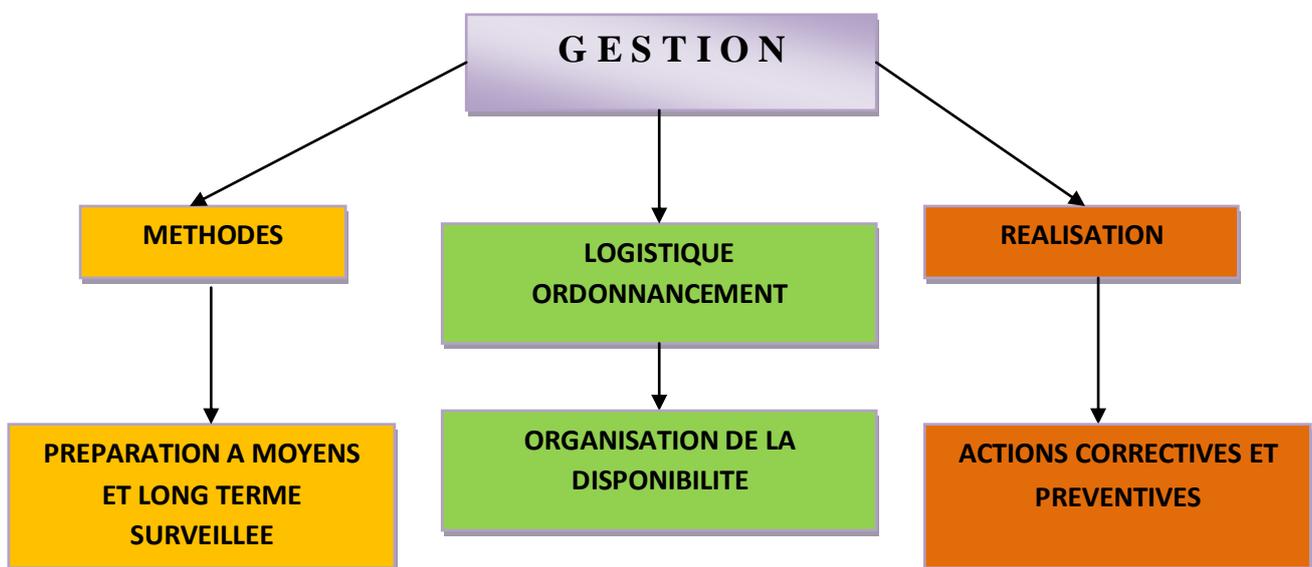
Fiabilité est le terme pour la description de la disponibilité et des facteurs d'influence; fonctionnalité, maintenabilité, et disposition à la maintenance. [9]

**Choix d'une forme de maintenance :**



**Fig.2.5.** le choix de politique de maintenance.

**II.12. Les grandes fonctions :**



**Fig.2.6.** les grandes fonctions dans la maintenance.

### **II.12.1. La fonction « Méthodes » :**

Gestion technique du matériel :

- Mise en œuvre de politique de maintenance définie par la direction.
- Liaison avec la conception des systèmes.
- Gestion de la documentation technique.
- Formalisation de la documentation maintenance (gammes, procédures).
- Spécifications, modification et définition des règles de gestion des PDR.
- Définition de la maintenance conditionnelle (thermographie, vibrations, huiles, ...etc.)

Assistance technique et contrôle :

- Diagnostic, expertise, études d'amélioration et de fiabilisation
- Audits de procédures (ISO 9000).
- Réception des travaux équipements en assistance méthodes.
- Formation technique.

### **II.12.2. La Fonction « Logistique - Ordonnement » :**

- Gestion Des Ressources.
- Définition des modalités de gestion administratives et techniques des pièces de rechange.
- Recherche des prestations en assistance.
- Élaboration des cahiers des charges de sous-traitance.
- Planification Des Interventions préventives, conditionnelle ou systématique.
- Élaboration du programme prévisionnel « règlement, systématique, ...etc.).
- Suivi et déplanification des interventions en fonction des problèmes.

### **II.12.3. La Fonction « Réalisation » :**

Maintenance corrective :

- Réaliser les interventions de dépannage de court terme.
- Réparer (ou faire réparer) les éléments défectueux.
- Faire le compte rendu dans le SI (effets – modes – causes – remèdes).

Maintenance Préventive :

- Réaliser les programmes par les méthodes.
- Faire le compte rendu dans le SI (avis sur la crédibilité du programme).

#### **II.12.4. La Fonction « Gestion » :**

Gestion Technique :

- Suivi de l'évolution des équipements (traçabilité, évolution technologique).
- Suivi des performances (taux de rendement synthétique, disponibilité opérationnelle).

Gestion économique:

- Suivi des dépenses par équipements.
- Suivi de l'évolution des dépenses de pièces de rechange.
- Suivi des ratios économiques.
- Analyse des coûts et historiques.

Gestion Personnel:

- Suivi de l'adéquation des compétences aux besoins.
- Affectation des responsabilités selon l'expérience.

### **III. La gestion de maintenance assistée par ordinateur :**

#### **III. 1. Historique :**

Historiquement, la notion de GMAO a émergé dans les années 1980, parallèlement à la gestion de la production assistée par ordinateur (GPAO).

Les tout premiers logiciels furent des développements spécifiques conçus pour répondre aux besoins de l'industrie, dans le cadre de maintenance d'équipements de production. Les premiers logiciels (logiciels standard) datent en France de la fin de l'année 1980 et eux aussi furent dans un premier temps destinés au milieu industriel. On compte à la fin des années 80 une dizaine de logiciels standard de GMAO proposés en France.

Par suite, les logiciels de GMAO ont trouvé des applications dans la maintenance de tous types d'équipements : biens immobiliers, véhicules, installations techniques (hôpitaux, centres de recherches, etc.) infrastructures de transport (autoroutes, aéroports, etc.)

Face à cet élargissement des secteurs s'équipant en GMAO, les éditeurs ont réagi de manière diverse : certains éditeurs ont fait le choix de continuer à proposer un logiciel unique pour tous les secteurs, d'autres se sont spécialisés dans les domaines mais en proposant des versions pour chaque secteur d'activité particulier, développées à partir d'un « noyau » logiciel commun.

En parallèle à cet élargissement des secteurs d'activité concernés, les logiciels de GMAO ont progressivement intégré des fonctionnalités dépassant le cadre des besoins d'un service de maintenance, en permettant une prise en charge plus globale des processus associés aux équipements. De fait, le marché de GMAO est aujourd'hui indissociable de celui de *l'asset management (EAM)*, ou « gestion des actifs physique ». [10]

### **III. 2. Problématiques :**

- ✓ Concevoir, d'implanter et de bien gérer des programmes rigoureux de maintenance, qui permettent de réduire au minimum la fréquence et la durée des interruptions accidentelles de service, tout en respectant les contraintes sur la disponibilité des ressources (budget, main-d'œuvre, pièces de rechange, etc.).
- ✓ Comme beaucoup de domaines, la maintenance a subi des changements profonds autant au niveau des méthodes de gestion des opérations qu'au niveau des moyens techniques mise en œuvre pour assurer une disponibilité maximale des équipements et ce, à coûts minimum.
- ✓ L'utilisation d'un progiciel / logiciel de GMAO est devenue un outil incontournable de gestion technico-budgétaire.

### **III.3. Qu'est – ce qu'une GMAO ?**

La gestion de maintenance assisté par ordinateur (GMAO), est un système informatique de management et de gestion de maintenance développé sous un système de gestion de base de données, qui permet de suivre et programmer sous les aspects technique, budgétaire et organisationnel, toutes les activités et les objectifs de maintenance.

- Un système de gestion de base de données (SGBD), est un système qui permet de :
  - ✓ Créer la base de données.
  - ✓ Saisir l'information, c.à.d. Introduire l'information dans la base de données.
  - ✓ Modifier (si c'est nécessaire) les informations déjà saisies.
  - ✓ Supprimer (si c'est nécessaire) les informations de la base de données.
- Une base de données est un ensemble d'informations ayant un rapport entre elles.

Il existe 3 types de base de données :

- ✓ Base de données hiérarchique.
- ✓ Base de type réseau.
- ✓ Base de données relationnelles (**SQR**).

#### **III.4. Système de gestion des bases de données (SGBD) :**

Les premiers systèmes de **GMAO** ne comportaient pas de **SGBD**, les données étant alors réparties sur plusieurs fichiers. Aujourd'hui, les bases de données de type « **relationnel** » sont des systèmes complexes ayant pour fonction de conserver, de gérer et de protéger les données entrées dans un ordinateur, grand système ou microordinateur. Pour les grands systèmes, la base de données la plus diffusée est Oracle. Giton aussi IBM, Ingres, Informix. Pour les microordinateurs, citons Access, SQL server, Foxpro. Pour l'exploitant, au niveau de l'entreprise, le choix du **SGBD** 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 **SGBD**. [10]

##### **III.4.1 qu'est-ce qu'une base de données ?**

Une base de données (son abréviation est **BD**, en anglais **DB**, data base) est une entité dans laquelle il est possible de stocker des données de façon structurée et avec le moins de redondance possible. Ces données doivent pouvoir être utilisées par des programmes, par des utilisateurs différents. Ainsi, la notion de base des données est généralement couplées a celle de réseau, afin de pouvoir mettre en commun ces informations, d'où le nom de base.

On parle généralement de système d'information pour designer tout la structure regroupant les moyens mis en place pour pouvoir partager des données.

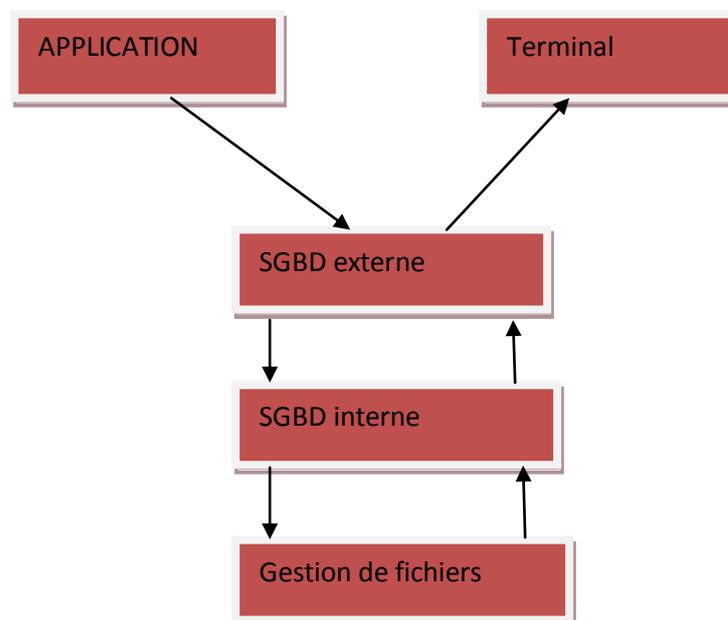
### III. 4. 2. Utilités d'une base de données :

Une base de données permet de mettre des données à la disposition d'utilisateurs pour une consultation, une saisie ou bien une mise à jour, tout en s'assurant des droits accordés à ces derniers. Cela est d'autant plus utile que les données informatiques sont de plus en plus nombreuses. Une base de données peut être locale, c'est -à- dire utilisable sur une machine par un utilisateur, ou bien répartie, c'est -à- dire que les informations sont stockées sur des machines distantes et accessibles par réseau. L'avantage majeur de l'utilisateur de base de données est la possibilité de pouvoir être accédées par plusieurs utilisateurs simultanément.

### III. 4. 3. la gestion des bases de données :

Afin de pouvoir contrôler les données ainsi que les utilisateurs, le besoin d'un système de gestion s'est vite fait ressentir. La gestion de la base de données se fait grâce à un système appelé **SGBD** (système de gestion de base de données) ou en anglais **DBMS** (data base management system) le **SGBD** est un ensemble de services (applications logicielles) permettant de gérer les bases de données.

- ✓ Permettre l'accès aux données de façon simple.
- ✓ Autoriser un accès aux informations à de multiples utilisateurs.
- ✓ Manipuler les données présentes dans la base de données (insertion, suppression, modification).



**Fig.3.1.** architecture interne d'un SGBD

Le SGBD peut se décomposer en trois sous systèmes :

- Le système de gestion de fichiers : il permet le stockage des informations sur un support physique.
- Le SGBD interne : il gère l'ordonnement des informations.
- Le SGBD externe : il représente l'interface avec l'utilisateur.

#### III. 4. 4. les principaux SGBD :

On peut citer: Bor land Paradoxe, File maker, IBM DB2, Ingres, Inter base, Microsoft SQL server, **Microsoft Access**, Microsoft FoxPro...Oracle, My SQL, PostgreSQL, m SQL, SQL server 11, Sybase.

#### III.4. 5. Les caractéristiques d'un SGBD:

Un SGBD doit avoir les caractéristiques suivantes :

- **Indépendance physique** : le niveau physique peut être modifié indépendamment du niveau conceptuel. Cela signifie que tous les aspects matériels de la base de données n'apparaissent pas pour l'utilisateur, il s'agit simplement d'une structure transparente de représentation des informations.
- **Indépendance logique** : le niveau conceptuel doit pouvoir être modifié sans remettre en cause le niveau physique, l'administrateur de la base doit pouvoir la faire évoluer sans que cela gêne les utilisateurs.
- **Manipulabilité** : des personnes ne connaissant pas la base de données doivent être capable de décrire leur requête sans faire référence a des éléments techniques de la base de données.
- **Rapidité des accès** : le système doit pouvoir fournir les réponses aux requêtes le plus rapidement possibles, cela implique des algorithmes de recherche rapides.
- **Administration centralisée** : le SGBD doit permettre a l'administrateur de pouvoir manipuler les données, insérer des éléments, vérifier son intégrité de façon centralisées.
- **Limitation de la redondance** : le SGBD doit pouvoir éviter dans la mesure du possible des informations redondantes, afin d'éviter d'une part un gaspillage d'espace mémoire mais aussi des erreurs.
- **Vérification de l'intégrité** : les donnée doivent être cohérentes entre elles, de plus lorsque des éléments font référence a d'autre, ces derniers doivent être présents.

- **Partageabilité des données** : le SGBD doit permettre l'accès simultané à la base de données par plusieurs utilisateurs.
- **Sécurité des données** : le SGBD doit présenter des mécanismes permettant de gérer les droits d'accès aux données selon les utilisateurs.

### III. 4. 6. Les modèles de bases de données :

Les bases de données sont apparues à la fin années 60, à une époque où la nécessité d'un système de gestion de l'information souple se faisait ressentir. Il existe cinq modèles de SGBD, différenciés selon la représentation des données qu'elle contient :

- **Le modèle hiérarchique** : les données sont classées hiérarchiquement, selon une arborescence descendante. Ce modèle utilise des pointeurs entre les différents enregistrements. Il s'agit du premier modèle de SGBD.
- **Le modèle réseau** : comme le modèle hiérarchique ce modèle utilise des pointeurs vers des enregistrements. Toutefois la structure n'est plus forcément arborescente dans le sens descendant.
- **Le modèle relationnel (SGBDR, Système de gestion de base de données relationnelle)** : Les données sont enregistrées dans des tableaux à deux dimensions (lignes et colonnes). La manipulation de ces données se fait selon la théorie mathématique des relations.
- **Le modèle déductif** : les données sont représentées sous forme de table, mais leur manipulation se fait par calcul de prédicats.
- **Le modèle objet (SGBDO, Système de gestion de données objet)** : les données sont stockées sous forme d'objets, les structures appelées classes présentant des données membres. Les champs sont des instances de ces classes. À la fin des années 90 les bases relationnelles sont les bases de données les plus répandues (environ trois quarts des bases de données).

### III. 5. Les performances d'une GMAO :

Les performances sont divisées sous deux aspects, qui sont :

- ✓ Aspects économiques.
- ✓ Aspects qualitatifs.

#### III.5. 1. Aspects économiques :

Une GMAO permet de :

- Réduire de 10 à 15 % le budget annuel de maintenance.

- Améliorer le taux de disponibilité du matériel, ce qui augmente la taux d'amortissement.
- Rallonge la durée de vie des équipements, ce qui permet l'optimisation de la planification du renouvellement des équipements.

### **III.5. 2. Aspects qualitatifs :**

Une GMAO installé dans hôpital permet :

- D'automatiser les activités de maintenance, ce qui minimise le délai et le cout de la maintenance.
- Une identification physique et géographique des équipements, ce qui permet ne répartition adéquate et uniforme des équipements dans les différents services médicaux.
- De suivre un équipement, le cout, l'amortissement, le temps d'immobilisation, le cout de réparation, les délais et le nombre d'interventions, la disponibilité des pièces de rechange. Cela permet de prendre la décision pour la continuité de faire maintenance ou de faire la maintenance, d'acheter un nouvel appareil ou de réparer l'ancien.
- De surveiller la nature des pannes, leurs fréquences, et leurs causes (mauvaise réparation ou mauvaise utilisation), afin de mieux assurer la maintenance et la gestion des pièces de rechange.
- De suivre les contrats de maintenance, leurs couts, leurs échéances et leurs facturations.
- D'élaborer des plans d'équipements équilibrés et d'investissements à court et à long termes.
- Prévenir les pannes : en effet une GMAO offre des outils aux planificateurs de maintenance pour réparer les taches de préventive fondées sur des périodes ou des compteurs. Avec cette information, la GMAO génère automatiquement les ordres de travaux de maintenance préventive. Ceci permet de minimiser le temps d'immobilisation et la durée de la vie de l'équipement.
- Assurer la sécurité de l'utilisateur et du patient, et ceci par la gestion des fiches de matériau vigilance.
- De réduire la charge des travaux administratifs et d'améliorer la communication des services.
- De disposer en permanence d'un outil complet de synthèse sur l'ensemble des données financières et technique des différents services utilisateurs sous forme de tableaux de bord.

### **III. 6. Pour quoi faire une GMAO ? :**

- **Minimiser la fréquence des pannes :**

Par l'établissement d'un programme rigoureux d'actions préventives dont le déclenchement automatique et le suivi se font à l'aide de l'ordinateur.

- **Minimiser la durée des arrêts de production suite à des pannes :**

Par l'élaboration et la mise en œuvre de procédures d'aide au diagnostic rapide des pannes.

- **Réduire la taille et les coûts de l'inventaire des pièces de rechange :**

Par l'implantation d'un suivi automatique des quantités minimales, maximales et de commande de chaque pièce de rechange dans le but d'éviter le sur-stockage d'une part, et les pénuries de stock d'autre part.

- **Minimiser les coûts de maintenance :**

Par la réduction de la fréquence et de la durée des pannes d'une part, et la gestion rationnelle de l'approvisionnement et de l'utilisation des pièces de rechange, d'autre part.

- **Suivre constamment l'évolution des coûts de maintenance :**

Il est possible de suivre, en tout temps grâce à l'outil informatique, l'évolution des coûts relatifs à la main d'œuvre, aux pièces de rechange, à la sous-traitance etc. Ceci par machine, par chaîne de production, par atelier, par type de machine, par nature des travaux, par domaine technique d'intervention,...etc.

- **Motiver l'ensemble du personnel :**

L'organisation rigoureuse des tâches préventives et la diminution de la fréquence des pannes accidentelles qui s'en suit ont pour effet direct d'atténuer considérablement le climat de "course continue" derrière les pannes accidentelles et ainsi de diminuer la tension chez le personnel de maintenance et l'inciter à améliorer la qualité des interventions et à optimiser l'utilisation des ressources.

- **Préserver le savoir-faire :**

L'outil informatique permet le stockage "intelligent" de tout les paramètres concernant les interventions de maintenance (préventive et corrective) : les fréquences des actions préventives, les cause de chaque pannes et les remèdes apportés, les coûts reliés à chaque intervention, les pièces consommées, les outils utilisés, etc. ceci permet, entre autre, de préserver le savoir faire précieux souvent détenu de manière informelle par certaines personnes expérimentées au sein de

l'entreprise et qui sont naturellement voués à partir un jour ! si leur savoir faire est préservé, il serait possible d'intégrer dans les meilleures conditions (rapidité, efficacité) les nouvelles recrues, tout en assurant une bonne homogénéité des prestations.

En résumé :

- **posséder un avantage concurrentiel :**

Avoir une maîtrise parfaite de la fonction maintenance de l'entreprise veut dire principalement : garantir une disponibilité maximale de l'outil de production à un coût minimum. C'est-à-dire garantir le respect des délais. Un prix de revient réduit et une bonne qualité des produits. Tous les ingrédients pour devenir et demeurer compétitif.

### **III. 7. Quelles sont les principales motivations pour mettre en place une GMAO ?**

- améliorer et faciliter la gestion des interventions préventives / curatives.
- Optimiser la gestion des achats et des stocks.
- Capitaliser sur l'expérience au travers de l'historique des interventions pour prendre les bonnes décisions.
- Mettre en place des procédures (normes iso....).

Une GMAO maîtrisée doit aboutir à des gains de productivité et d'efficacité et donc une meilleure compétitivité.[10]

### **III. 8. Les objectifs de la GMAO :**

➤ **Objectifs à caractère économique :**

- Réduire les prix de revient par diminution des coûts de maintenance.
- Gérer les parcs de matériel.
- Gérer les pièces de rechange.
- Permettre la gestion prévisionnelle de la maintenance.

➤ **Objectifs à caractère technique :**

- Réduire le temps de maintenance.
- Faciliter la maintenance des systèmes complexes.
- Améliorer la disponibilité du parc.
- Augmenter la qualité de la maintenance.
- Prolonger la durabilité des équipements.
- Faciliter le suivi de l'activité de maintenance : déclencher et suivre des opérations de maintenance préventive, recenser et connaître la

situation des travaux à réaliser avec les éléments de programmation (quand, ou, par, qui, avec quoi et comment).

- Améliorer la gestion de la documentation de la maintenance. Rendre accessible à tous la documentation technique opérationnelle (nomenclature, fichier technique, etc..), élaborer et améliorer progressivement cette documentation, réduire les temps de recherche et de classement.

➤ **Objectifs à caractère humain :**

- Libérer le technicien de certaines tâches offrant peut d'intérêt : éviter les temps passés par l'encadrement de maintenance à des travaux administratifs au détriment de ses objectifs de gestion technique.
- Accroître la rigueur dans l'analyse et dans le report des informations.

### **III. 9. Les fonctions offertes par les GMAO :**

#### **III. 9.1. La gestion de la maintenance :**

##### **a) La gestion des équipements :**

- Identifier.
- Codifier.
- Décrire.

Les structures de description sont le plus souvent de nature arborescente.

- Documenter : établir un lien avec la doc technique de l'équipement.
- Définir les gammes d'interventions La gestion des travaux.
- Organiser, Planifier les interventions.
- Gérer les ordres de travail (OT) correctifs et préventif.
- Collecter les données après intervention.
- Archiver.
- Gérer la charge de travail, éditer les plannings.

##### **b) Les tableaux de bords :**

- Éditer les historiques
- Éditer les tableaux de charge
- Calculer les indicateurs de maintenance (MTBF, MTTR, disponibilité, TRS).
- Éditer les graphiques (Pareto, Wielbull).
- Calculer les coûts des interventions (MO, pièces)
- Calculer le coût global de la maintenance

#### **III. 9. 2. la gestion des stocks :**

- Suivre les E/S magasin.

- Lister le stock.
- Garder l'historique de stock.
- Surveiller les niveaux.
- Éditer des demandes d'aprons (automatiques ou manuelles).
- Gérer les pièces réparées.
- Lister les pièces de rechange (1<sup>ère</sup> urgence).

### **III. 9. 3. la gestion des achats :**

- Gérer les contrats de maintenance.
- Émettre les demandes d'achats.
- Gérer la réception.
- Facturer.

### **III. 9. 4. fonctions supplémentaires (selon logiciels) :**

- Aides à la décision (visualisation des axes d'analyse, tableaux de bord dynamique).
- Système d'information géographique (situation géographique des équipements, visualisation des liens entre ces équipements)
- Gestion des DI (demande d'intervention) par Internet ou Extranet.
- Fonction " Works Flow " (gestion des circuits des informations et validation de celles-ci aux différents étapes du processus maintenance).
- Utilisation de terminaux portables pour les saisies d'informations.
- Interfaces avec les autres logiciels de l'entreprise (GPAO, gestion, base de données).

### **III. 10. Intégrations de la GMAO dans le système d'information de l'entreprise :**

Une GMAO peut avoir intérêt à s'interfacer avec d'autres logiciels existants de l'entreprise, et notamment :

- Une gestion des stocks : afin de gérer les stocks de pièces de rechange. En pratique, les spécificités de gestion d'un stock de pièce de rechange par rapport d'un stock de production amènent souvent à utiliser les modules de gestion de stock proposés par les GMAO elles-mêmes.
- Une gestion d'achat : afin de gérer les achats de pièces de rechange ou de service. Des modules de gestion d'achat sont souvent proposés au sein des GMAO, mais il est souvent préférable d'utiliser le logiciel d'achat déjà en place dans l'entreprise.
- Une gestion budgétaire ou financière : la GMAO dispose de données de couts qu'il peut être intéressant de consolider dans la gestion financière de l'entreprise.

- Une gestion électronique de document (GED) : notamment afin d'accéder à des archives de plans ou de document techniques.
- Une gestion de patrimoine (dans le domaine immobilier).
- Un système temps réel de GTC/GTB : afin de générer automatiquement dans la GMAO des interventions en cas de survenance de certains événements détectés par capteurs, ou afin de mettre à jour les valeurs de compteurs d'utilisation concernant certains équipements.

### **III. 11. Secteurs d'activité concernés :**

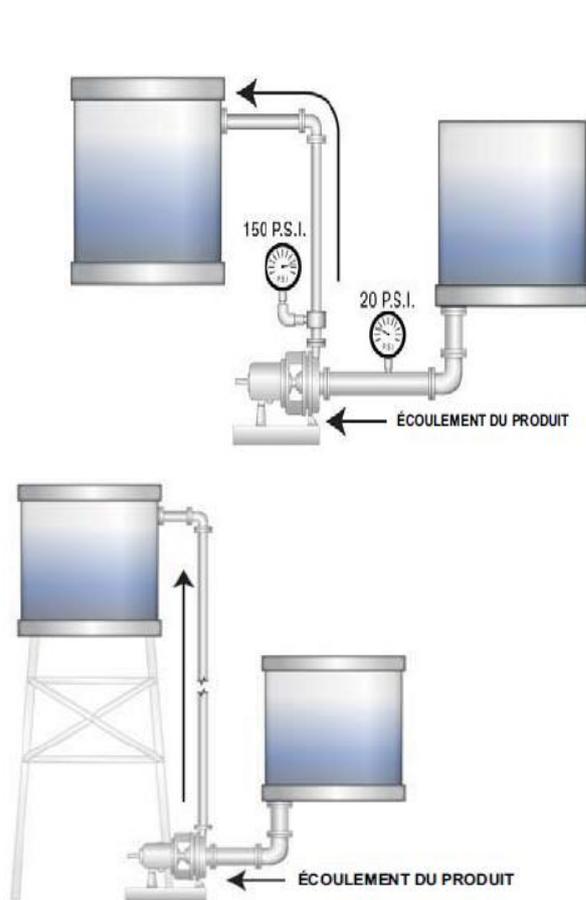
Tous les secteurs d'activité qui ont des équipements à maintenir sont potentiellement concernés par l'exploitation d'un outil de GMAO. On peut ainsi citer les secteurs :

- De l'industrie (automobile, pharmaceutique, etc.).
- De la production, de la maintenance corrective et préventive.
- De l'énergie (gaz, pétrole, électrique, etc.).
- Des transports (routier, ferroviaire, aérien, transports publics, etc.).
- Médicaux (hôpitaux, cliniques, etc.).
- De l'immobilier (HLM, locatif, d'entreprise et sièges sociaux, moyens généraux, etc.).
- De la grande distribution.
- Des travaux publics.
- Des télécoms (gestion des équipements réseau).

En fonction du secteur d'activité concerné, des fonctionnalités ciblées peuvent exister sous la forme de solution « verticales ». Par exemple la gestion des « assents linéaire » pour le monde pétrolier, la gestion de la calibration ou du matériau, vigilance pour les équipements biomédicaux, des aspects sécurité et normes, etc.

### **IV.1. Généralité :**

Nous appelons une pompe, les machines servant à élever les liquides ou mélanges, d'un liquide avec des corps solides, d'un niveau inférieur à un niveau supérieur, ou refouler les liquides d'une région à faible pression vers une région à haute pression.



**Fig.4.1.** utilisations des pompes.

#### **IV.2. Principe de fonctionnement :**

Le fonctionnement d'une pompe consiste à produire une différence de pression entre la région d'aspiration et la région de refoulement de l'organe actif de la pompe (roue) la différence essentielle entre les pompes et les autres éleveurs du liquide est que les pompes sont pourvues d'un organe actif qui sépare la région d'aspiration de celle de refoulement.

Les pompes transmettent au liquide qu'elles véhiculent l'énergie mécanique provenant d'une source d'énergie extérieure quelconque :

A l'intérieur de la pompe, se produit donc un accroissement d'énergie de liquide.

L'énergie du liquide à la sortie de la pompe est utilisée pour élever le liquide et surmonter les pertes hydrauliques dans le tuyau de refoulement.

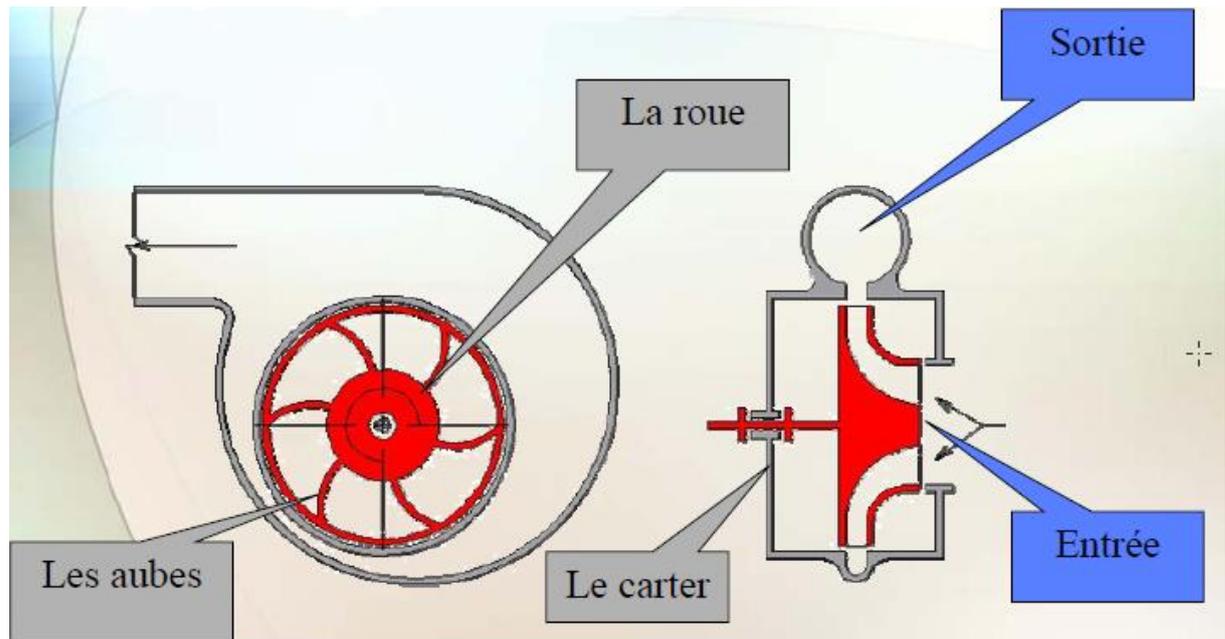


Fig. 4.2. Principe de fonctionnement de la pompe.

#### IV. 3. Les types de pompes :

Suivant les modes de déplacement des liquides à l'intérieur des pompes, on classe les pompes en deux familles :

- ❖ Les pompes volumétriques.
- ❖ Les turbopompes.

##### IV. 3.1. Les pompes volumétriques :

Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe parfaitement clos à l'intérieur duquel se déplace un élément mobile rigoureusement ajusté. Leur fonctionnement repose sur le principe suivant:

- exécution d'un mouvement cyclique.
- pendant un cycle, un volume déterminé de liquide pénètre dans un compartiment avant d'être refoulé à la fin. Ce mouvement permet le déplacement du liquide entre l'orifice d'aspiration et l'orifice de refoulement.

On distingue généralement:

##### IV. 3.1.1. Les pompes volumétriques rotatives :

Ces pompes sont constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation autour d'un axe, qui tourne dans le corps de pompe et crée le mouvement du liquide pompé par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement.[10]

#### IV. 3.1.2. Les pompes volumétriques alternatives :

La pièce mobile est animée d'un mouvement alternatif.

Les pompes volumétriques sont généralement auto-amorçantes. Dès leur mise en route elles provoquent une diminution de pression en amont qui permet l'aspiration du liquide. Il est nécessaire néanmoins d'examiner la notice du fabricant.



Pompe volumétrique rotative.



Pompe volumétrique alternative.

**Fig.4.3.** Les types de pompes volumétriques.

#### IV. 3.2. Les turbopompes :

Le principe de fonctionnement des turbopompes consiste en déplacement du liquide de l'aspiration vers le refoulement au moyen de l'enlèvement actif de la pompe qu'on appelle roue à aubes. Aussi, au contact du liquide avec les aubes à lieu la transformation de l'énergie mécanique en énergie hydraulique et cette transformation consiste essentiellement en une augmentation de l'énergie cinétique.

Les turbopompes sont de construction très simple : en version de base, elles sont essentiellement constituées d'une pièce en rotation, le **rotor** appelé aussi roue ou hélice qui tourne dans un carter appelé **corps de pompe**.

#### **IV. 3.2.1 Classification des turbopompes :**

Suivant que la roue produit une augmentation du moment cinétique ou de la circulation du liquide, on classe les turbopompes en :

##### **a) Les pompes à circulation de vitesse :**

Le fonctionnement d'une pompe à circulation de vitesse consiste à ce que la circulation du liquide autour de la roue ou de son aubage est proportionnelle au couple communiqué à la roue de l'arbre.

##### **b) Les pompes à torique :**

Le fonctionnement d'une pompe à torique consiste dans ce que la rotation de la roue, grâce à la forme appropriée des aubes, fait passer le liquide de région d'aspiration à la région de refoulement, la dépression à l'entrée de la pompe produit le phénomène d'aspiration, tant que l'énergie mécanique transmise par la roue, accroît le moment cinétique du liquide qui s'écoule par son intérieur.

Lors de l'écoulement du liquide à travers les canaux de la roue tournante, son énergie cinétique est accrue, partiellement transformée, en énergie de pression, une nouvelle convention de l'énergie de pression.

Une nouvelle convention de l'énergie cinétique en énergie de pression a lieu dans la récupération à volute ou dans la directrice à ailettes.

#### **IV.4. Classification des pompes à torique :**

Le cas d'un écoulement permanent par une pompe à torique, le champ du courant dépend de la forme des espaces entre les aubes consécutives et aussi de la forme intérieure du corps dans lequel est située la roue, il dépend en outre, de la vitesse de rotation de la roue. Suivant la forme du champ courant, on classe les pompes à torique en :

- ❖ Pompes centrifuges.
- ❖ Pompes hélicoïdales.
- ❖ Pompes diagonales.
- ❖ Pompes hélices.

##### **a) Pompes centrifuges :**

À écoulement radial par la roue composée d'une série d'aubes dont l'arête d'entrée est parallèle ou oblique par rapport à l'axe de la roue, tant que l'arête de sortie est (-) parallèle.

L'écoulement de liquide est produit par l'action de la force centrifuge sur les particules liquides.

**b) Pompes hélicoïdales :**

A écoulement oblique par la roue composée de plusieurs aubes à courbure dont l'arête d'entrée et la sortie sont oblique par rapport à l'axe.

Les pompes de ce genre son pourvues d'un récupérateur de volute ou d'une directrice à ailette et d'un corps torique de section constante.

**c) Pompes diagonales :**

A écoulement oblique par la roue ouverte ou fermée composée de plusieurs aubes à double courbure dont les deux arêtes sont inclinées par rapport à l'axe.

Les pompes de ce genre son pourvues d'une directrice à ailettes axisymétrique qui forme un tout avec le corps de la pompe.

**d) Pompes hélices :**

A écoulement axial par la roue composée d'une grille circulaire d'aubes en forme d'ailes par toutes.

La directrice à ailettes se trouve en dehors de la roue, dans la partie évasée du corps de la pompe.

#### **IV. 5. Avantages et inconvénients des turbopompes :**

- Pour les avantages, ce sont des machines de construction simple, sans clapet ou soupape, d'utilisation facile et peu coûteuses.
  - A caractéristiques égales, elles sont plus compactes que les machines volumétriques
- Leur rendement est souvent meilleur que celui des « volumétriques »
  - Elles sont adaptées à une très large gamme de liquides
  - Leur débit est régulier et le fonctionnement silencieux
  - En cas de colmatage partiel ou d'obstruction de la conduite de refoulement, la pompe centrifuge ne subit aucun dommage et l'installation ne risque pas d'éclater. La pompe se comporte alors comme un agitateur...
- Du côté des inconvénients :
  - Impossibilité de pomper des liquides trop visqueux.
  - Production d'une pression différentielle peu élevée (de 0, 5 à 10 bar).

- Elles ne sont pas auto-amorçantes.

- A l'arrêt ces pompes ne s'opposent pas à l'écoulement du liquide par gravité (donc, vannes à prévoir...).

Selon le mode de commande, on divise les pompes :

- **Pompe à commande mécanique** : utilisant les moteurs hydrauliques a valeur ou a combustion interne.
- **Pompes à commande électrique** : utilisant des moteurs électriques.

Dans notre étude nous traitons principalement des pompes centrifuges (pompes faisant partie de la famille des turbopompes).

#### **IV. 6. Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge:**

Une pompe centrifuge est constituée par:

- Une roue à aubes tournant autour de son axe.
- Un distributeur dans l'axe de la roue.
- Un collecteur de section croissante, en forme de spirale appelée volute.

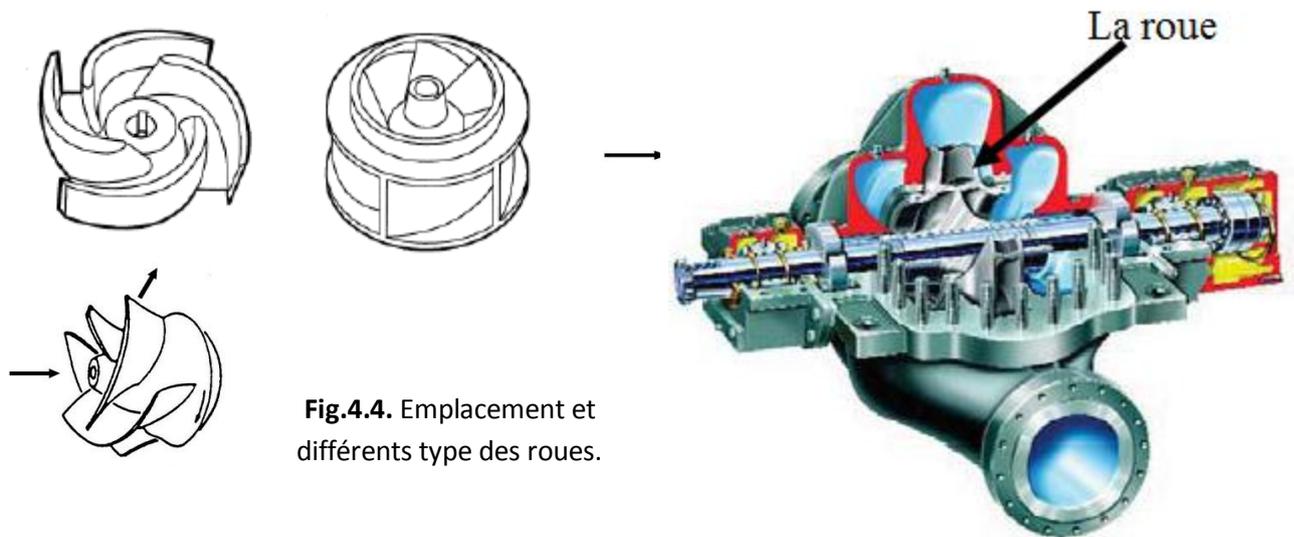
Le liquide arrive dans l'axe de l'appareil par le distributeur et la force centrifuge le projette vers l'extérieur de la turbine. Il acquiert une grande énergie cinétique qui se transforme en énergie de pression dans le collecteur où la section est croissante.

L'utilisation d'un diffuseur (roue à aubes fixe) à la périphérie de la roue mobile permet une diminution de la perte d'énergie

#### **IV. 7. Les principaux composants d'une pompe centrifuge :**

- **La roue :**

La roue est un composant de pompe rotatif, généralement fabriqué en fer, en acier, en aluminium ou en plastique, qui transfère l'énergie entre le moteur d'entraînement de la pompe et le liquide à pomper, en forçant le mouvement du liquide vers l'extérieur depuis le centre de rotation.[11]

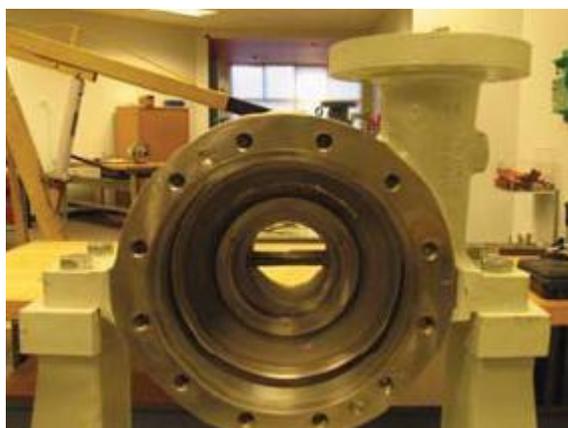


**Fig.4.4.** Emplacement et différents type des roues.

➤ **Corps de Pompe :**

Le corps, principal composant fixe de la pompe, remplit deux fonctions clés:

- Il convertit la hauteur hydrodynamique de la roue en hauteur géodésique et guide le flux vers le raccord de refoulement.
- Il sert d'enveloppe de pression pour le liquide pompé.



**Fig.5.** Le corps de la pompe.

➤ **Volute Colimaçon :**

Le refoulement de la roue s'effectue dans une cavité en forme de spirale (la volute), qui guide le liquide jusqu'au point de refoulement.

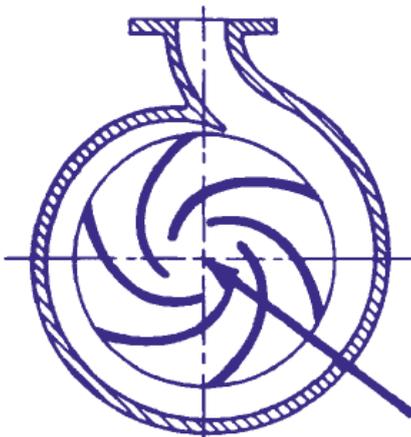
Les volutes colimaçons existent en deux formats :

✓ **Volute colimaçon simple :**

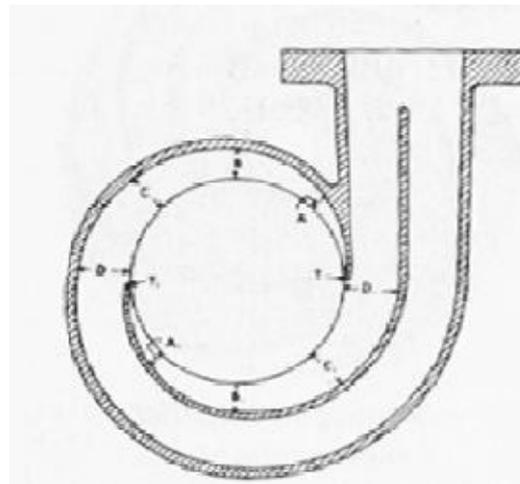
Un corps de pompe à volute simple est doté d'une tongue de volute, qui dirige le flux de liquide vers le point de refoulement de la pompe.

✓ **Volute colimaçon double :**

Une volute double est dotée de deux tongues de volute, placées à 180° l'une par rapport à l'autre



**Fig.4.6.** Volute colimaçon simple.



**Fig.4.7.** Volute colimaçon double.

➤ **Corps Diffuseur :**

Le refoulement de la roue s'effectue via plusieurs ailettes fixes situées autour de la roue, Les flux provenant des ailettes du diffuseur se rejoignent ensuite et sont guidés vers le point de refoulement. [11]



**Fig.4.8.** Le corps diffuseur.

➤ **Bagues d'usure :**

Certaines pompes sont équipées de bagues d'usure remplaçables, à l'avant et à l'arrière.

- Les bagues d'usure avant sont installées en entrée de la pompe et permettent de réduire la recirculation interne, du point de refoulement à celui d'aspiration.
- Les bagues d'usure arrière sont installées derrière de la roue, de manière à réduire l'effort axial et à modérer la pression au sein du boîtier d'étanchéité. [11]



**Fig.4.9.** Les bague d'usure.

➤ **Roulements :**

Les pompes sont équipées de roulements. Suivant le type de pompe, une combinaison de différents roulements peut être utilisée pour garantir une rotation sans à-coups de la

pompe. La plupart des pompes centrifuges sont équipées de roulements radiaux et de butées. [11]



**Fig.4.10.** Le roulement.

**Fig.4.11.** Refroidissement et graissage des roulements.

➤ **Dispositif d'étanchéités :**

Dans une pompe centrifuge, plusieurs niveaux d'étanchéité sont nécessaires (fonction de ses caractéristiques):

- étanchéités statiques (carter, brides...) assurées par des joints fixes adaptés au produit,
- étanchéités dynamiques internes (entre volute, diffuseur et entrée de roue, pour éviter une recirculation de fluide trop importante), en général assurées par des bagues ou disques en rotation, le fluide pompé assurant un film liquide suffisant pour la lubrification et le refroidissement des parties en contact.
- étanchéités dynamiques externes (arbre d'entraînement de la roue en rotation), assurées par tresses ou garnitures mécaniques.

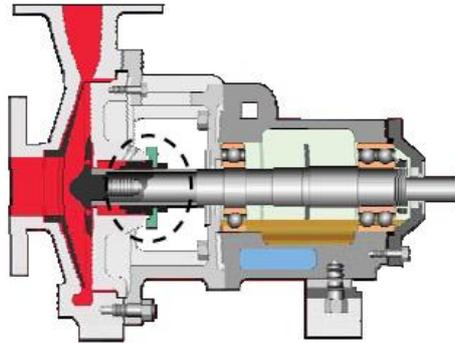
L'étanchéité la plus délicate est sans aucun doute celle de l'arbre en rotation entraînant la roue de la pompe. En cas de fuite, le produit peut aller vers l'extérieur, ce qui est parfois incompatible avec les conditions d'hygiène et/ou de sécurité. Plusieurs systèmes existent permettant d'assurer une étanchéité plus ou moins totale au niveau de l'arbre en rotation.

On peut citer:

- les tresses avec presse étoupe,
- les garnitures mécaniques simples,

- Les garnitures mécaniques doubles.

Le point clefs des systèmes d'étanchéité dynamique est d'assurer un refroidissement efficace des pièces en frottement, en général avec le produit pompé, parfois avec une circulation sur un échangeur externe à la pompe. La casse répétée des garnitures (perte d'étanchéité) est souvent due à un défaut de refroidissement et/ou à des vibrations anormales (cavitation par ex). [11]



**Fig.4.12.** Dispositif d'étanchéités.

#### **IV. 8. Amorçage :**

Les pompes centrifuges ne peuvent s'amorcer seules. L'air contenu nécessite d'être préalablement chassé. On peut utiliser un réservoir annexe placé en charge sur la pompe pour réaliser cet amorçage par gravité.

Pour éviter de désamorcer la pompe à chaque redémarrage il peut être intéressant d'utiliser un clapet anti-retour au pied de la canalisation d'aspiration.

#### **IV. 9. Utilisation :**

Ce sont les pompes les plus utilisées dans le domaine industriel à cause de la large gamme d'utilisation qu'elles peuvent couvrir, de leur simplicité et de leur faible coût.

Néanmoins, il existe des applications pour lesquelles elles ne conviennent pas:

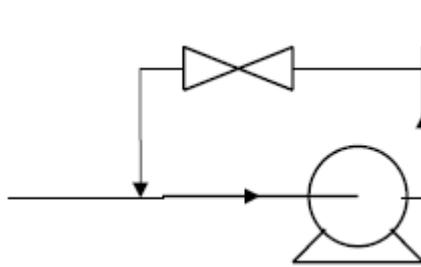
- utilisation de liquides visqueux: la pompe centrifuge nécessaire serait énorme par rapport aux débits possibles.
- utilisation de liquides "susceptibles" c'est-à-dire ne supportant pas la très forte agitation dans la pompe (liquides alimentaires comme le lait).
- utilisation comme pompe doseuse: la nécessité de réaliser des dosages précis instantanés risque d'entraîner la pompe en dehors de ses caractéristiques optimales. [12]

#### **IV. 10. Réglage du débit :**

Trois moyens sont possibles:

- variation de la vitesse de rotation de la pompe par un dispositif électronique
- vanne de réglage située sur la canalisation de refoulement de la pompe pour éviter le risque de cavitation: suivant son degré d'ouverture, la perte de charge du réseau va augmenter ou diminuer ce qui va entraîner la variation du point de fonctionnement.
- réglage en "canard" avec renvoi à l'aspiration d'une partie du débit.

Le réglage du débit est important pour des besoins dus au procédé mais aussi pour se placer dans des plages de fonctionnement où le rendement est meilleur.



**Fig.4.13.** La vanne de régulation.

#### **IV. 11. Caractéristiques d'une pompe centrifuge :**

##### **-Débit :**

Le débit  $Q$  fournies par une pompe centrifuge est le volume refoulé pendant l'unité de temps, il s'exprime en  $m^3$  par heure ( $m^3/h$ ).

##### **-Vitesse :**

C'est le nombre de tours que fait la pompe par unité de temps cette vitesse est notée  $N$ . L'unité la plus utilisée est le tour par minute (tour/min).

##### **-La hauteur:**

La hauteur manométrique créée par une pompe centrifuge représente l'énergie par unité de poids communiquée au liquide pompé.

Elle s'exprime en mètre (m). La hauteur varie avec le débit, et est représentée par la courbe caractéristique  $H = f(Q)$  de la pompe considérée.

##### **-Rendement d'une pompe :**

Le rendement  $\eta$  est le rapport de la puissance utile communiquée au liquide pompé à la puissance absorbée par la pompe.

Le rendement de la pompe varie avec le débit et passe un maximum pour le débit nominal autour duquel la pompe doit être utilisée. Cette variation est représentée par la courbe  $\eta = f(Q)$ .

##### **Puissance absorbée par une pompe:**

La puissance absorbée est le travail par unité de temps fournie à la pompe. Elle s'exprime en (kW) et est donnée par la relation suivante :

$$P = \frac{\rho g q h}{\eta}$$

Dans la quels  $\rho$  est la densité du liquide en ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) et  $\eta$  le rendement de la pompe.

#### **-NPSH requise et capacité à des aspirations :**

Le NPSH requise d'une pompe représente l'énergie nécessaire à la bride d'aspirations pour assurer le débit à la hauteur normale.

Il s'exprime en mètre. Le NPSH requis varie avec le débit et est représenté par la courbe  $\text{NPSH}_r=f(Q)$  dans une installation, l'énergie disponible (NPSH disponible) comptée en valeur absolue au-dessus de la pression ou tensions de vapeur du liquide pompé doit être supérieur à NPSH requis par la pompe pour le débit considéré à fin d'éviter le phénomène de cavitation.

#### **IV. 12. Cavitation :**

On appelle cavitation d'une pompe centrifuge la vaporisation, à l'entrée de la roue, d'une partie du liquide pompé. C'est en effet en ce point que la pression est en général la plus basse.

On considère en général que cette vaporisation est liée au fait que la pression statique tombe en dessous de la pression de vapeur saturante du fluide pompé. En réalité, il s'agit parfois de la création de bulles de gaz dissous dans le liquide (cas de l'eau notamment), on parle alors de cavitation apparente.

Les effets de la cavitation peuvent être très néfastes pour la pompe:

- La création de bulle de vapeur à l'aspiration s'accompagnant de leur condensation brutale dans ou en sortie de roue, lorsque la pression remonte,
- Implosion des bulles de vapeur au niveau de la roue,
- Vibrations anormales,
- Bruit anormal (pompage de caillou?),
- Destruction des garnitures d'étanchéité suite aux vibrations,
- Arrachement de matière dans les zones d'implosion,
- Chute du débit pompé lorsqu'apparaît le phénomène de cavitation.

La cavitation peut être prévue par le calcul du NPSH disponible à l'aspiration de la pompe, et sa comparaison avec le NPSH requis par la pompe. La cavitations apparaît pour  $\text{NPSH}_{\text{dispo}} = \text{NPSH}_{\text{requis}}$



**Fig.4.14.** Effet de la cavitation sur la roue d'une pompe centrifuge.

En conclusion, on peut dresser une liste de conseils à respecter, si le procédé le permet, pour éviter la cavitation:

- Préférer si possible les montages de pompes en charge.
- éviter de transporter des liquides à des températures trop élevées.
- éviter une alimentation à partir d'un réservoir sous pression réduite.
- diminuer les pertes de charge du circuit d'aspiration.

#### **IV.13. Entretien des pompes centrifuge :**

On recommande d'adopter un plan et un programme de maintenance correspondant à ces instructions d'utilisation et comprenant les points suivants :

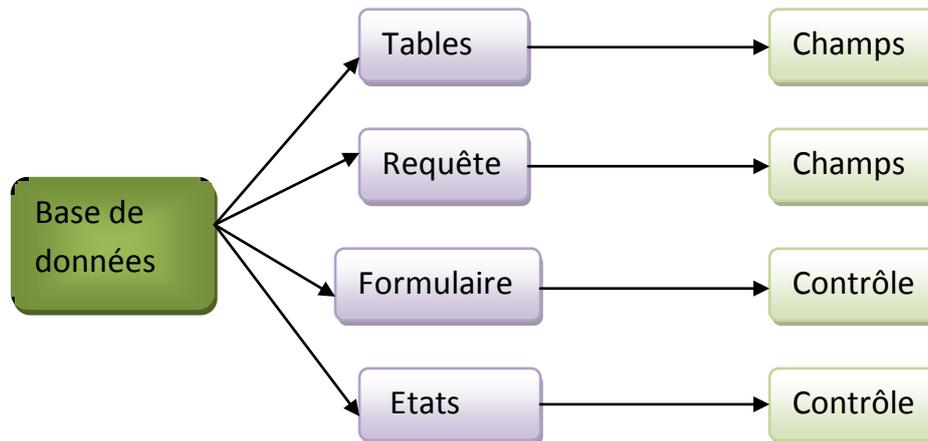
a) La pompe doit être complètement aérée et purgée, et rendue inerte avant toute opération de démontage.

- b) Tous les systèmes auxiliaires installés doivent être contrôlés, si nécessaire, pour s'assurer qu'ils fonctionnent correctement.
- c) Pendant le nettoyage de la pompe il faut s'assurer de la compatibilité entre les produits de nettoyage et les joints.
- d) Vérifier l'état des joints.
- e) Les garnitures de presse-étoupe doivent être réglées correctement pour que les fuites soient visibles et pour obtenir un alignement concentrique du suiveur de presse-étoupe afin d'éviter les températures excessives de la garniture ou du suiveur. Il ne doit pas y avoir de fuite au niveau des garnitures mécaniques.
- f) Inspecter pour détecter les fuites des joints et des garnitures. On doit vérifier régulièrement le bon fonctionnement de la garniture d'étanchéité de l'arbre
- g) Vérifier le niveau de lubrifiant du palier, et vérifier si le nombre d'heures de fonctionnement indique qu'il est temps de remplacer le lubrifiant.
- h) Vérifier que les conditions d'utilisation correspondent à l'intervalle de sécurité de fonctionnement pour la pompe.
- i) Mesurer les vibrations, le niveau sonore et la température de surface des paliers pour confirmer le bon fonctionnement.
- j) Vérifier le serrage des connexions.
- k) Enlever la poussière et la saleté dans les zones autour des pièces à jeux réduits, des corps de paliers et des moteurs.
- l) Vérifier l'alignement de l'accouplement et le réaligner si nécessaire.
- m) Vérifier le bon fonctionnement du système.

## **V.1. Présentation de la base de données MS Access :**

Une base de données permet de classer, trier et filtrer de larges quantités d'information. Chaque logiciel de gestion (comptabilité, gestion commerciale, stock,...) est d'ailleurs une base de données. Néanmoins, les possibilités de Microsoft Access sont largement supérieures. Dans ces domaines, surtout si on utilise de grandes quantités de données. [13]

Nous expliquons les étapes à travers la structure principale données dans la figure suivante :



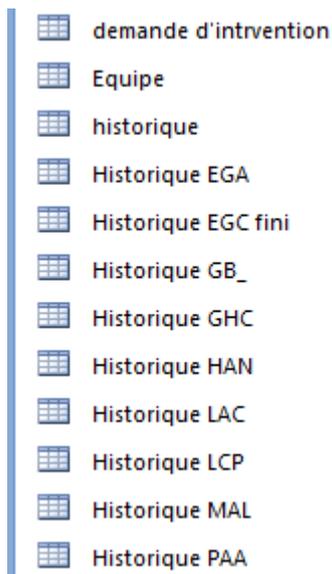
**Fig.5.1.** structure de la base de données Access.

## **V.2. la structure de base de données :**

### **V.2.1. Les tables :**

Une table est une collection de données relatives à un sujet spécifique tel produit ou des fournisseurs. L'utilisation d'une table distincte pour chaque sujet signifie que vous ne stockez ces données qu'une fois. Cela renforce l'efficacité de votre base de données et réduit les erreurs de saisie. [13]

Notre base de données est composée de plusieurs tables.



**Fig.5.2.** les tables de la base de données

➤ **Création des tables :**

Pour créer une table, il faut structurer les informations de la table sous forme de champ à remplir. [13]

Chaque champ doit ainsi un nom e doit respecter ses propriétés.

MS Access donne a ces tables et met a disponibilité les différents champs leurs propriétés.

**La figure 5.3,** montre un exemple de création de la table « ordre de travail » il est composée de deux parties : la 1<sup>ère</sup> partie décrit les noms de champs, les type de données et la description ; la 2<sup>ème</sup> attribue les propriétés pour chaque champ.

**La figure 5.4,** montre le résultat d'une création de tables de champ « ordre de travail ».

Ordre de travail		
Nom du champ	Type de données	Description
Numéro D ' O T	Numérique	
Date D 'OT	Date/Heure	
Systeme	Texte	
Pompe	Texte	
Etat du pompe	Texte	
Organne	Texte	
Etat d'organe	Texte	
Symptone	Texte	
Emetteur	Texte	
Destinataire	Texte	
Intervenant principal	Texte	
Fournisseur	Texte	
Priorité	Texte	
plan	Texte	
KKS	Texte	

Propriétés du champ	
Général	Liste de choix
Taille du champ	Entier long
Format	
Décimales	Auto
Masque de saisie	
Légende	
Valeur par défaut	
Valide si	
Message si erreur	
Null interdit	Non
Indexé	Oui - Sans doublons
Balises actives	
Aligner le texte	Général

**Fig.5.3.** création de la table d'ordre de travail.

Ordre de travail								
Numéro D	Date D 'OT	Systeme	Pompe	Etat du pompe	Organne	Etat d'organe	Symptone	Emetteur
*								

**Fig.5.4.** présentation de la table d'ordre de travail.

### V.2.2. Les requêtes :

Une requête consiste à demande à une table à nous renseigner sur les différents champs dans le sens de fréquence, d'événement, attribution ...etc.

MS Access donne un moyen d'Access par requête à toutes les tables.

**La figure 5.5,** montre un ensemble de requête des tables de base de données. En effet, la problématique est de savoir ce que l'on recherche et comment créer la requête.

-  Historique EGC fini Requête
-  historique Requête
-  MTR
-  N
-  TBF

**Fig.5.5.** les requêtes des tables.

La figure 5.6, montre un exemple de requête.

<i>TBF</i>	<i>ni</i>	<i>somme ni</i>	<i>N</i>	<i>Fe(t)</i>	<i>Béta</i>	<i>nu</i>	<i>gamma</i>
13,00	1	1	17	0,04	0,9843	312,51	0
50,00	1	2	17	0,10	0,9843	312,51	0
68,30	1	3	17	0,16	0,9843	312,51	0
105,08	1	4	17	0,21	0,9843	312,51	0
105,83	1	5	17	0,27	0,9843	312,51	0
139,80	1	6	17	0,33	0,9843	312,51	0
150,92	1	7	17	0,39	0,9843	312,51	0
232,00	1	8	17	0,44	0,9843	312,51	0

**Fig.5.6** requête.

### V. 2.3. Les formulaires :

Un des problèmes rencontrés lors de la saisie des informations dans les tables est de compter un enregistrement dans une table à cet effet pour rendre le travail plus fin et plus précis, on utilise des formulaires de saisie.

MS Access donne plusieurs possibilités pour saisir des informations automatiques dans les tables à partir de formulaire. En plus on peut créer des formulaires de consultation et recherche. [13]

La figure 5.7, montre un exemple de formulaire de saisie « renseignements personnels »

**Renseignements d'équipe**

*Renseignements d'équipe*

N°:	<input type="text" value="1"/>	Groupe sanguins:	<input type="text"/>
Nom:	<input type="text"/>	Photos:	<input type="text"/>
Prénom:	<input type="text"/>	N° de téléphone:	<input type="text"/>
Date de naissance:	<input type="text"/>	E-mail:	<input type="text"/>
Lieu de naissance:	<input type="text"/>	Poste:	<input type="text"/>
Adress:	<input type="text"/>		
Diplome:	<input type="text"/>		

**Fig.5.7.** exemple de formulaire de saisie.

#### V.2.4. Création des états :

Servent à éditer et à imprimer des documents relatifs à la table, au formulaire et aux différentes requêtes. [13]

La figure 5.8, montre un exemple d'état d'ordre de travail.

**Ordre de travail1**

*Ordre de travail*

Numéro D ' O T	<input type="text"/>	Intervenant principal	<input type="text"/>
Date D 'OT	<input type="text"/>	Fournisseur	<input type="text"/>
Systeme	<input type="text"/>	Priorité	<input type="text"/>
Pompe	<input type="text"/>	plan	<input type="text"/>
Etat du pompe	<input type="text"/>	KKS	<input type="text"/>
Organe	<input type="text"/>	Emetteur	<input type="text"/>
Etat d'organe	<input type="text"/>	Destinataire	<input type="text"/>
Symptone	<input type="text"/>		

jeudi 6 juin 2013 Page 1 sur 1

**Fig.5.8.** état d'ordre de travail.

#### V.3. Menu général :

On remarque que plus on travaille sur la base de données plus on a beaucoup des tables, requêtes, formulaires et états.

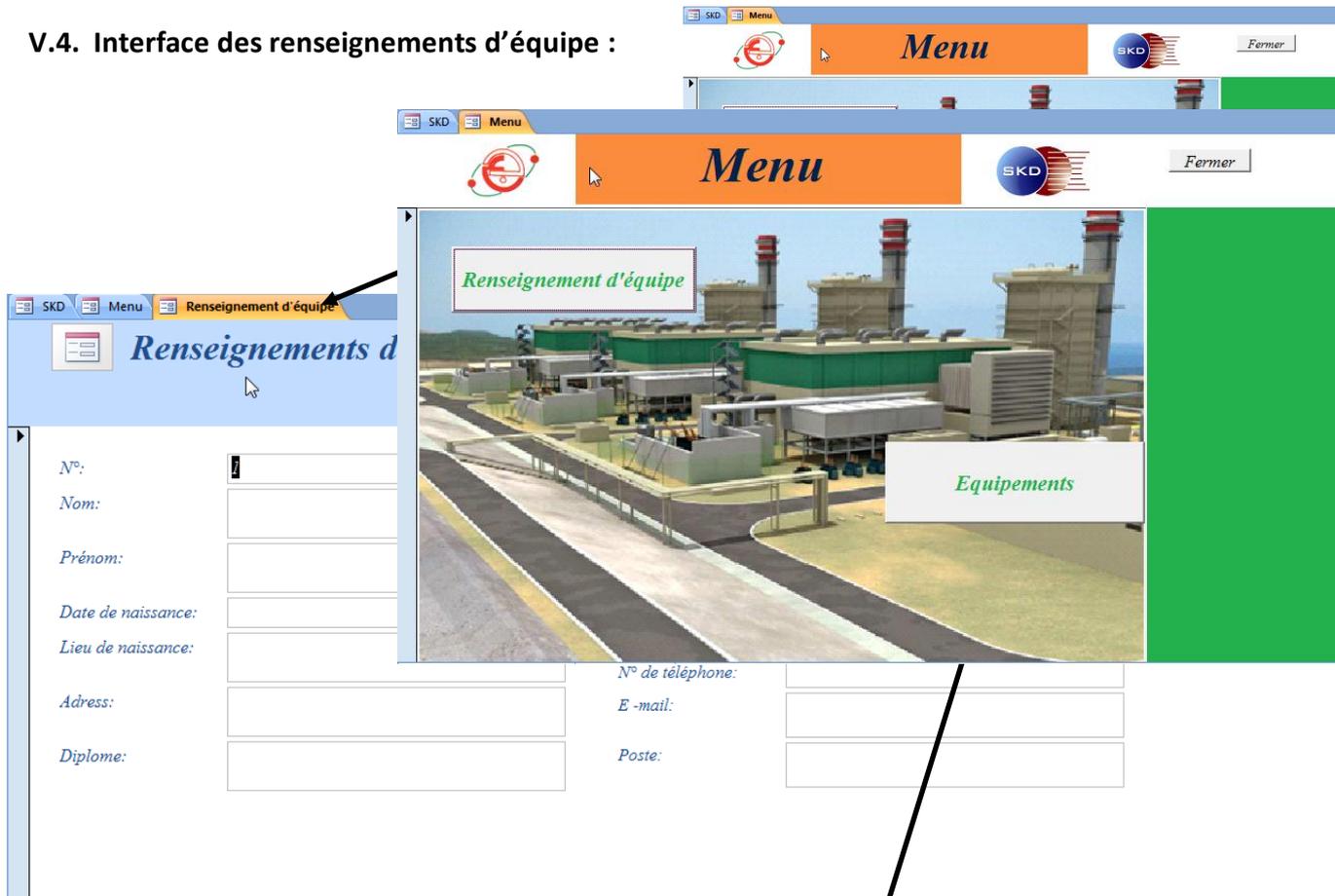
Cependant pour gérer d'une manière, ordonnée et logique, il est préférable d'avoir un menu général qui permet au naviguer dans les différents interfaces du système pour réaliser les fonctionnalités disponibles.

La figure 5.9, montre le « menu général ».



Fig.5.9. menu général.

#### V.4. Interface des renseignements d'équipe :



The detailed view of the form shows the following fields:

- N°:
- Nom:
- Prénom:
- Date de naissance:
- Lieu de naissance:
- Adress:
- Diplome:
- Groupe sanguins:
- N° de téléphone:
- E-mail:
- Poste:
- Photos:

**Fig.5**  
**.10.**  
Inter  
face  
des  
rens  
eign

#### V.5. In

Ce formulaire qui nous permet de se renseigner sur le personnel avec toutes les informations nécessaires, ce qui facilité la tâche de la maintenance pour le choix des équipes d'interventions selon leurs capacités et leurs spécialités.

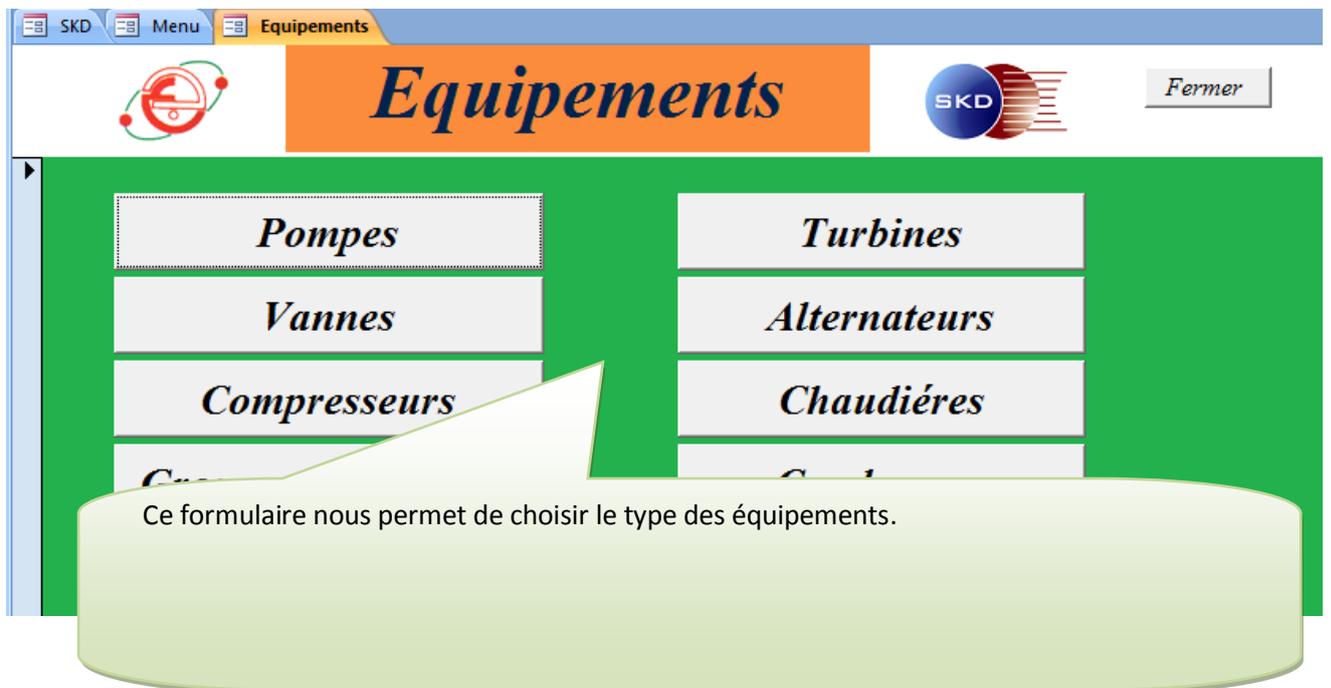
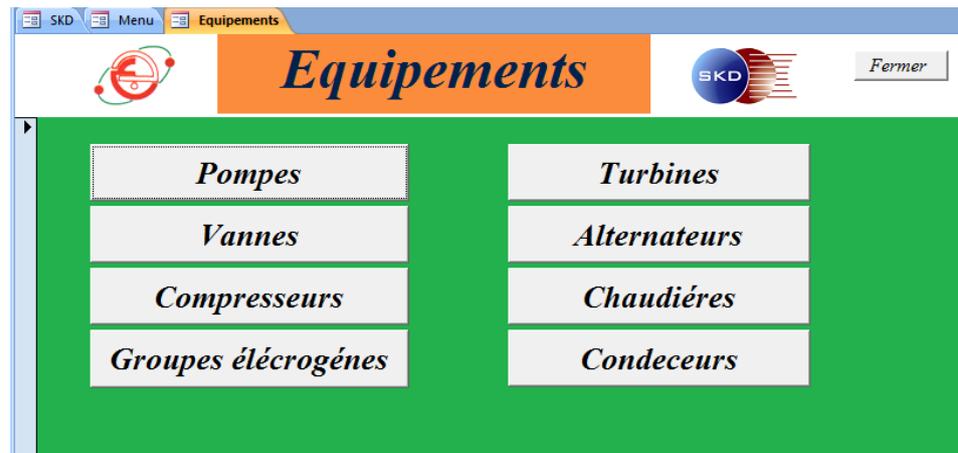
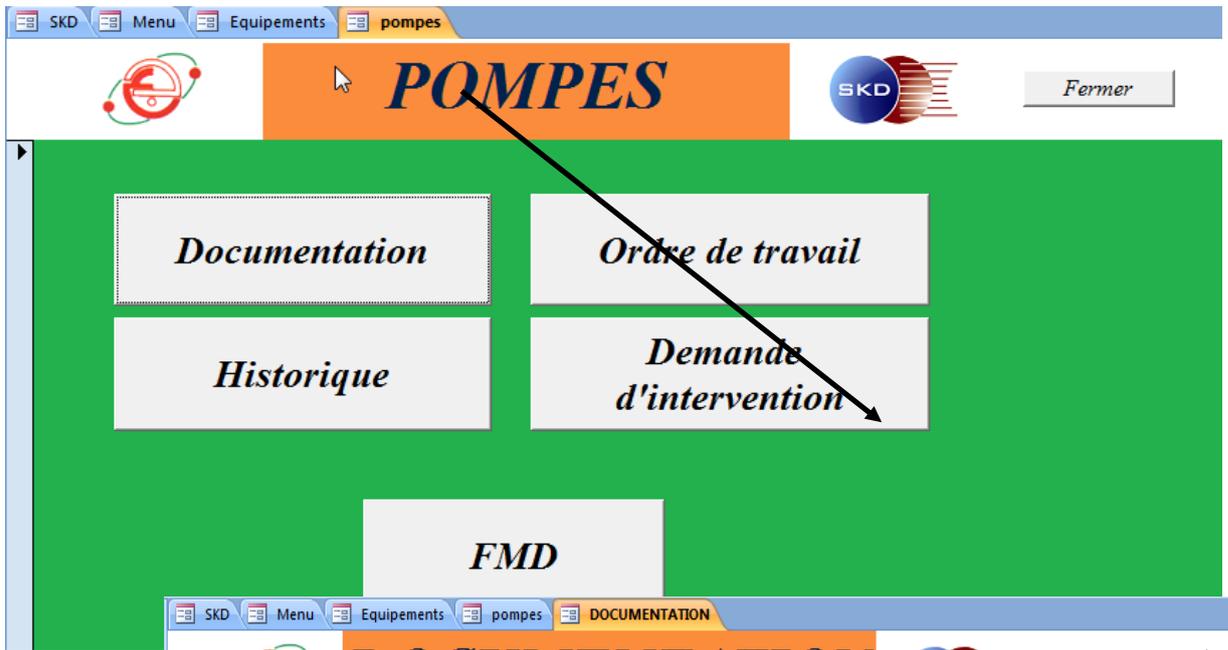
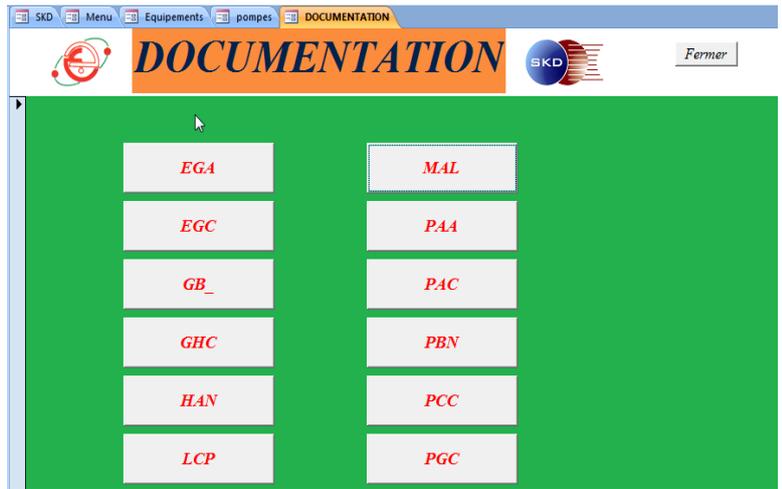


Fig.5.11. Interface des équipements

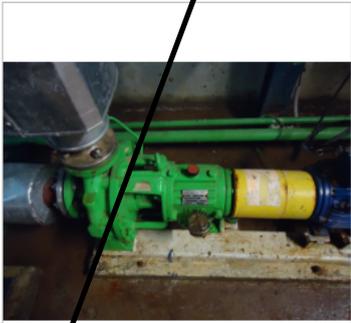
V.5.1. interface des pompes :



V.5.2.  
interface  
de  
docume

ntation :

The screenshot displays the 'Système MAL' software interface. The top menu bar includes 'SKD', 'Menu', 'Equipements', 'pompes', 'DOCUMENTATION', and 'Système MAL'. The header area contains the 'Système MAL' logo and buttons for 'Actualiser' and 'Fermer'. The main content area is divided into two sections: a technical specifications form on the left and a 'Vue général' image on the right. The technical specifications form includes fields for 'N°', 'Pompe', 'Fournisseur', 'N° de série', 'Année de construction', 'Type de pompe', 'Vitesse', 'Débit', and 'Hauteur'. The 'Vue général' image shows a green pump. A callout box highlights the technical specifications form.

N°:	1	Vue général:	
Pompe:	pompe de drainage du ballon du condancant	Code KKS:	21 MAL 31 AP001
Fournisseur:	KSB	Paye de construction:	Spain
N° de série:	7459902		
Année de construction:	2010		
Type de pompe:	NQ-50/250BC		
Vitesse:	1500 tr /min		
Débit:	35,5 m3/h		
Hauteur:	15 m		

Technical specifications from the callout box:

N°	1	Hauteur	15 m
Pompe	pompe de drainage du ballon du	Code KKS	21 MAL 31 AP001
Fournisseur	KSB	Vue général	
N° de série	7459902		
Année de construc	2010		
Type de pompe	NQ-50/250BC		
Vitesse	1500 tr /min		
Débit	35,5 m3/h		

Cette état nous permet d'afficher les caractéristiques technique de la pompe, ca vue d'ensemble et leur code KKS.

Fig. 5.12. interface de documentation des pompes.

### V.5.3. Interface d'ordre de travail :

SKD Menu Equipements pompes Ordre de travail

**Ordre de travail** Actualiser Fermer

Numéro D'OT:  Date D'OT:

Systeme:  Emetteur:

Pompe:  Destinataire:

Etat du pompe:  Intervenant principal:

Organe:  Fournisseur:

Etat d'organe:  Priorité:

Symptome:  plan:

KKS:

Fig.5.12. interface de formulaire d'ordre de travail.

**Ordre de travail**

Numéro D'OT  Intervenant principal

Date D'OT  Fournisseur

Systeme  Priorité

Pompe  plan

Etat du pompe  KKS

Organe  Emetteur

Etat d'organe  Destinataire

Symptome

Cette état d'ordre de travail, elle permet de donner un ordre de travail aux personnes et équipes qui vont intervenir dans un délai très court et sans savoir à ce déplacé ce qui réduit le temps d'intervention et par conséquent les couts de maintenance.

Fig.5.13. interface d'état d'ordre de travail.

#### V.5.4. Interface de demande d'intervention :

The screenshot shows a software window titled "Demande d'intervention". At the top, there is a menu bar with options: SKD, Menu, Equipements, pompes, and demande d'intervention. Below the menu bar, there is a header area with the title "Demande d'intervention" and two buttons: "Actualiser" and "Fermer". The main content area contains a form with the following fields:

- N°: 2
- Numéro d' D I: [text input]
- Date d' D I: [text input]
- Emetteur: [text input]
- Destinataire: [text input]
- Priorité: [dropdown menu]
- Systeme: [dropdown menu]
- Symptome: [dropdown menu]
- Unité: [dropdown menu]
- Etat: [dropdown menu]
- Pompe: [text input]

Fig.5.13. formulaire de demande d'intervention.

The screenshot shows the same software window, but with a different layout for the form fields. The title "Demande d'intervention" is at the top. The form fields are arranged in two columns:

- Left column: N° (2), Numéro d' D I, Date d' D I, Emetteur, Destinataire, KKS
- Right column: Priorité, Symptome, Etat, Systeme, Unité, Pompe

Cette état de demande d'intervention, elle permet de donner un demande d'intervention aux personnes et équipes qui vont intervenir dans un délai très court et sans savoir à ce déplacé ce qui réduit le temps d'intervention et par conséquence les couts de maintenance.

Fig. 5.14. état de demande d'intervention.

### V.5.5. interface d'historique des pannes :

The image displays three screenshots of a software interface for pump management. The top screenshot shows the main menu with options: Documentation, Ordre de travail, Historique, Demande d'intervention, and FMD. The middle screenshot shows the 'Historique' menu with a grid of pump codes: EGA, EGC, GB\_, GHC, HAN, LCP, MAL, PAA, PAC, PBN, PCC, and PGC. The bottom screenshot shows the 'Historique des pannes' form with the following fields:

N°:	<input type="text" value="1"/>
Pompe:	<input type="text"/>
Panne:	<input type="text"/>
Début d'arrêt:	02/01/2012 07:55:00
Fin d'arrêt:	02/01/2012 14:12:00
Remède:	<input type="text"/>

Ce formulaire sert à introduire les informations concernant les pannes et la stocker rapidement pour qu'elles ne soient pas déformées et reste fiable pour permettre à la maintenance de procéder à des analyse de FMD, PDR, cout...etc.

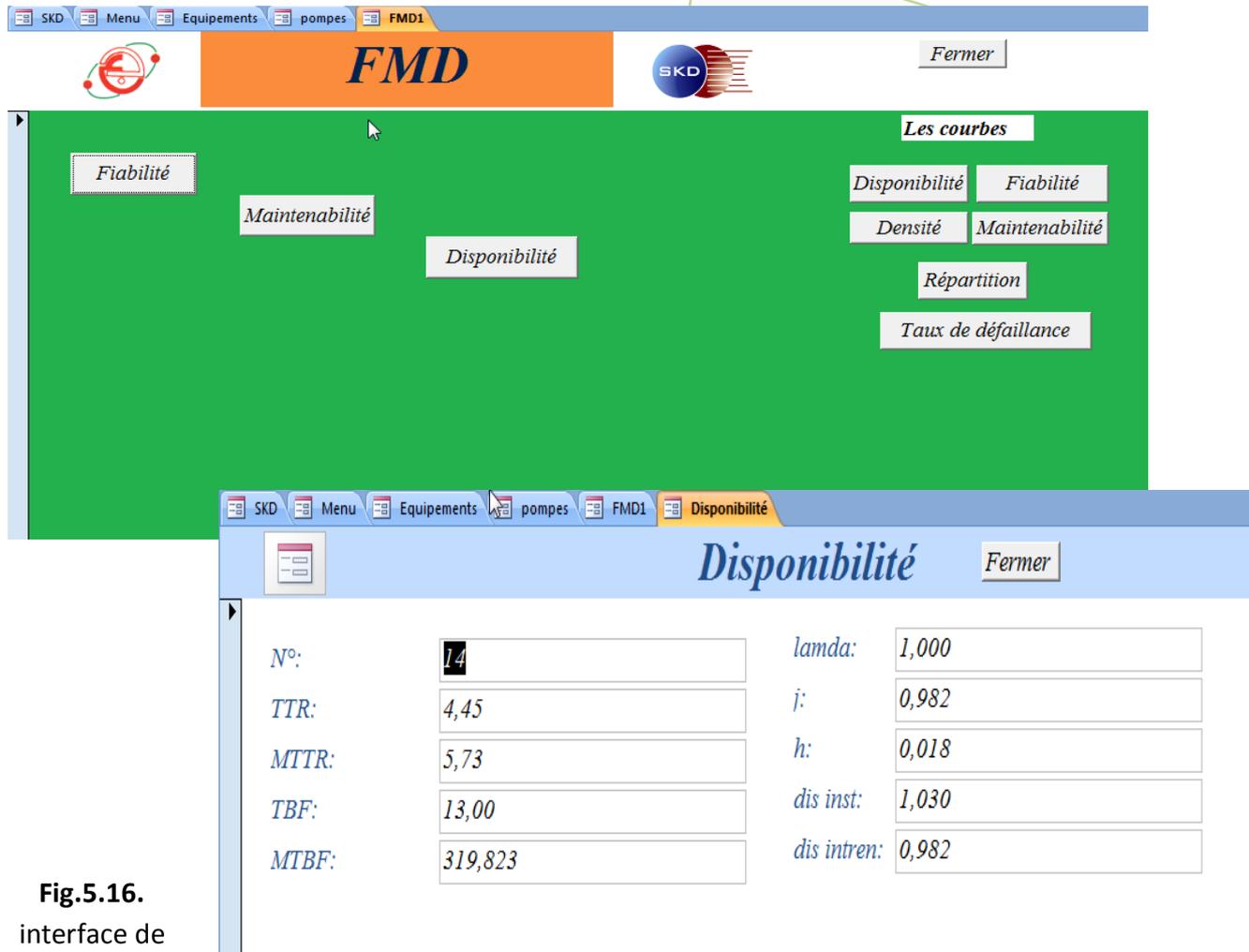
Fig.5.15. interface d'historique des pannes.

V.5.6. interface de FMD :

The image shows a three-step navigation process in the FMD software interface:

- Main Menu:** The top window shows the 'POMPES' application with buttons for 'Documentation', 'Ordre de travail', 'Historique', and 'Demande d'intervention'. A blue arrow points from the 'FMD' button to the next screen.
- FMD Section:** The middle window shows the 'FMD' section with a 'Fermer' button and a 'Les courbes' area containing buttons for 'Disponibilité', 'Fiabilité', 'Densité', 'Maintenabilité', 'Répartition', and 'Taux de défaillance'. A blue arrow points from the 'Fiabilité' button to the final screen.
- Fiabilité Data Entry:** The bottom window shows the 'Fiabilité' data entry screen with a 'Fermer' button and a table of parameters.

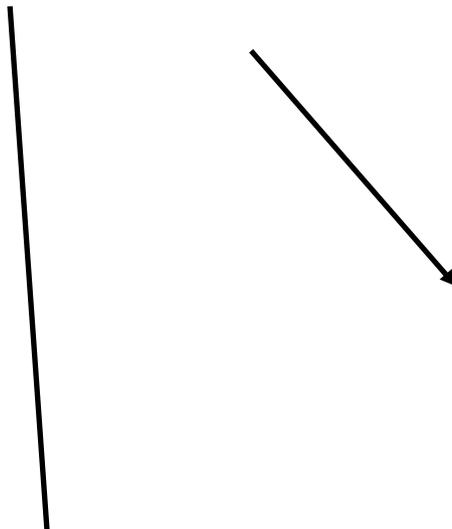
Parameter	Value
N°:	14
TBF:	13,00
Béta:	0,9843
nu:	312,51
gamma:	0
A:	1,023
B:	1,080
R(t):	0,957
F(t):	0,043
lamda:	1,000



**Fig.5.16.**  
interface de

FMD « fiabilité ».

**V.5.7.Interface de maintenabilité et disponibilité :**



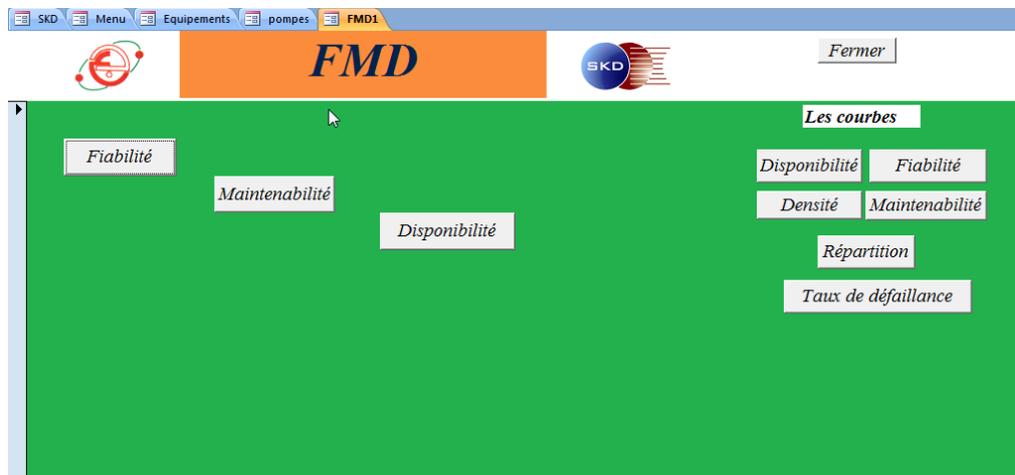


Fig. 5.17. interfaces de maintenabilité et disponibilité.

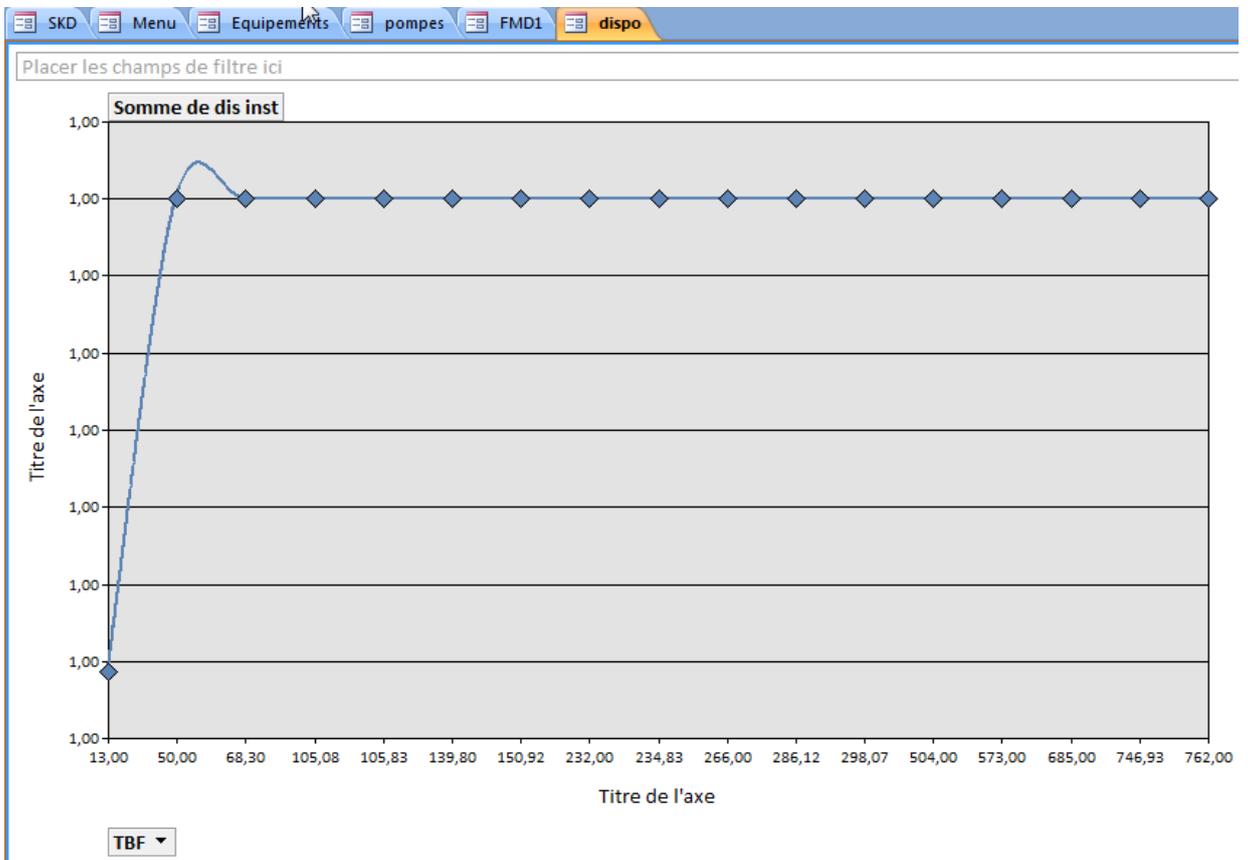
## V.6. Les courbes :

### V.6.1 Interface de disponibilité :

The screenshot shows the 'Maintenabilité' software interface. The header bar includes 'SKD', 'Menu', 'Equipements', 'pompes', 'FMD1', and 'Maintenabilité'. A 'Fermer' button is in the top right. The main area contains a table with input fields for various parameters:

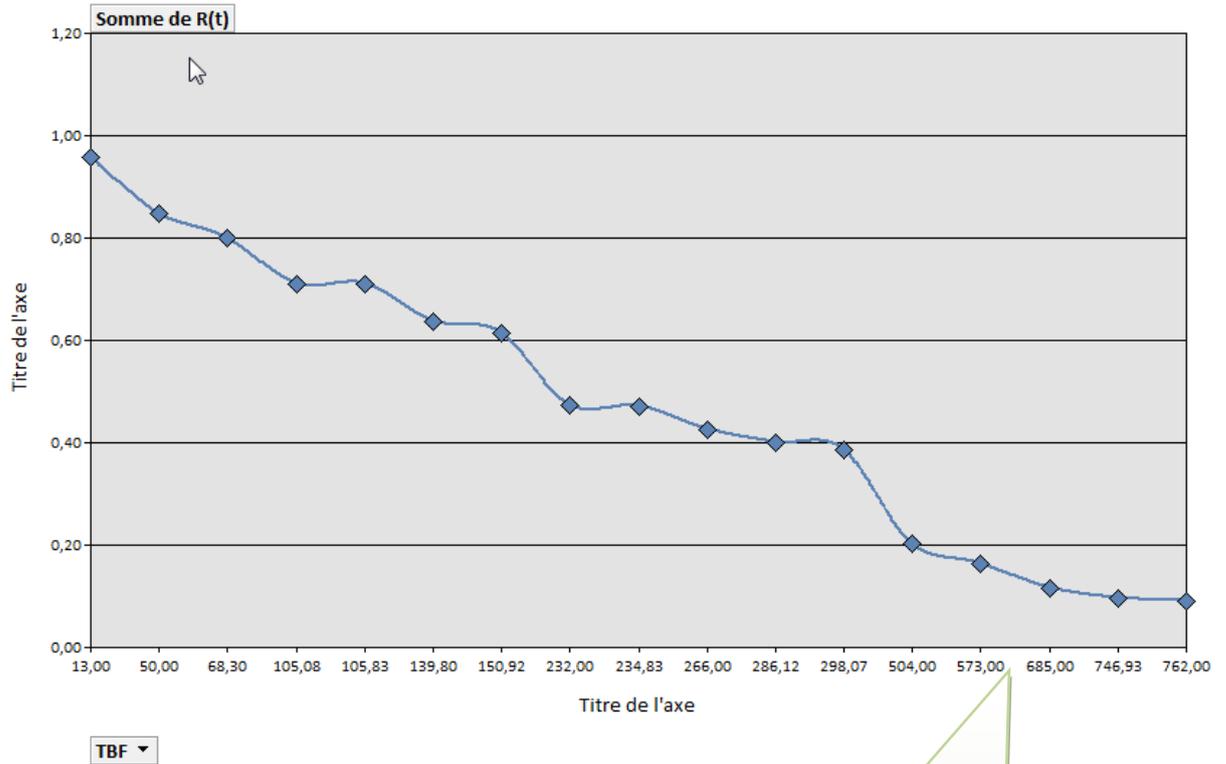
N°:	14
TTR:	4,45
MTTR:	5,73
A:	1,023
l:	0,003
M(t):	0,540

Fig.5.18. courbe de disponibilité.



V.6.2. Interface de fiabilité :

Placer les champs de filtre ici



**Fig. 5.19.** courbe de fiabilité.

Ces courbes sont créés automatiquement à partir de la requête de calcul et affichés sous forme de graphique croisé dynamique.

### V.6.3. Interface de densité :

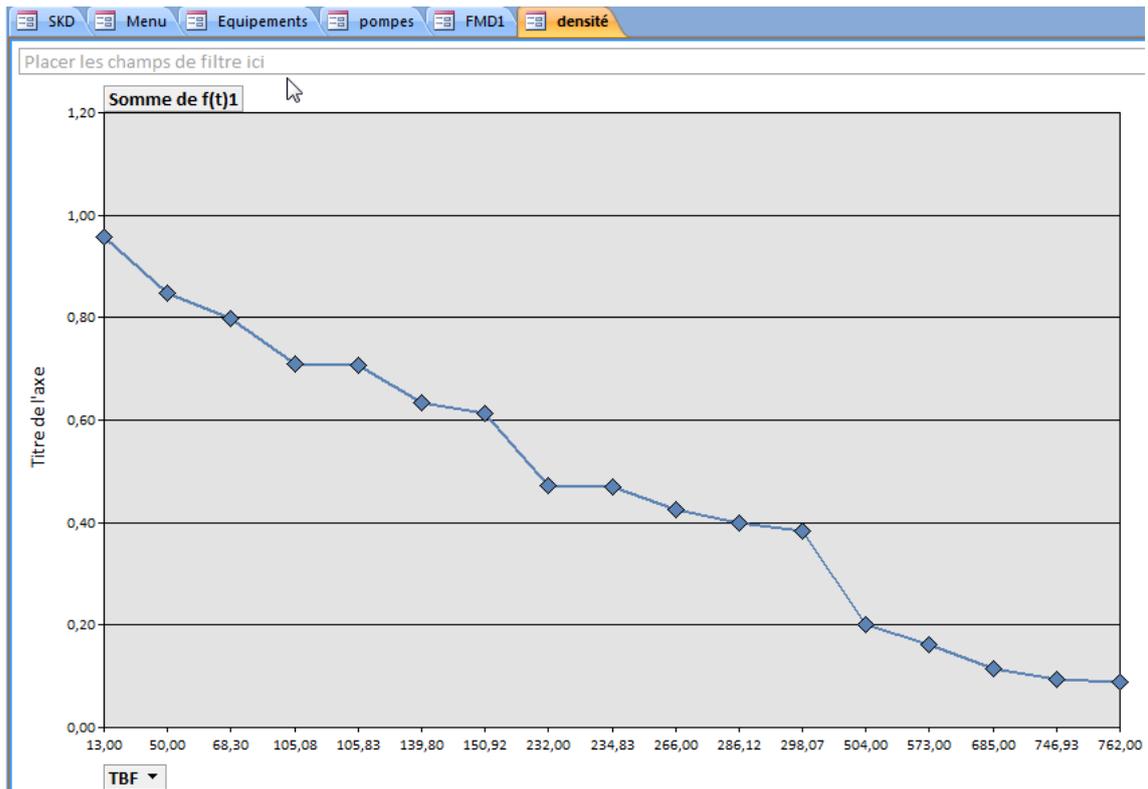


Fig.5.20. courbe de densité.

#### V.6.4. Interface de maintenabilité :

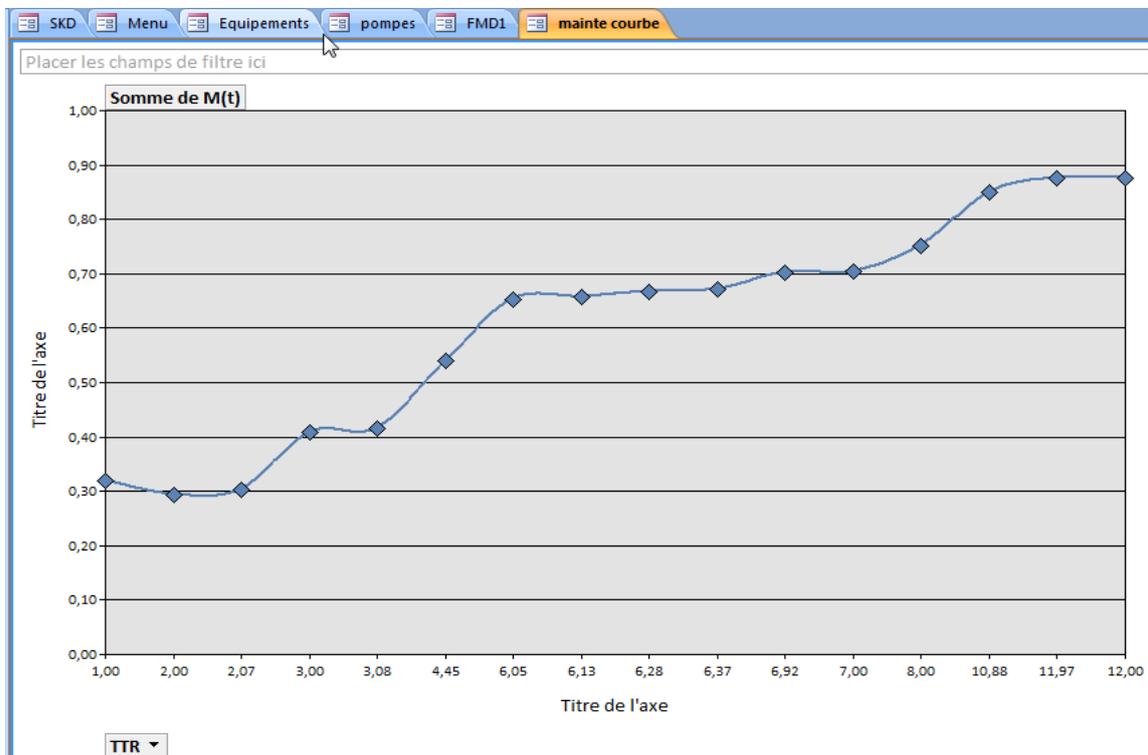


Fig.5.21. courbe de maintenabilité.

#### V.6.5. Interface de répartition :

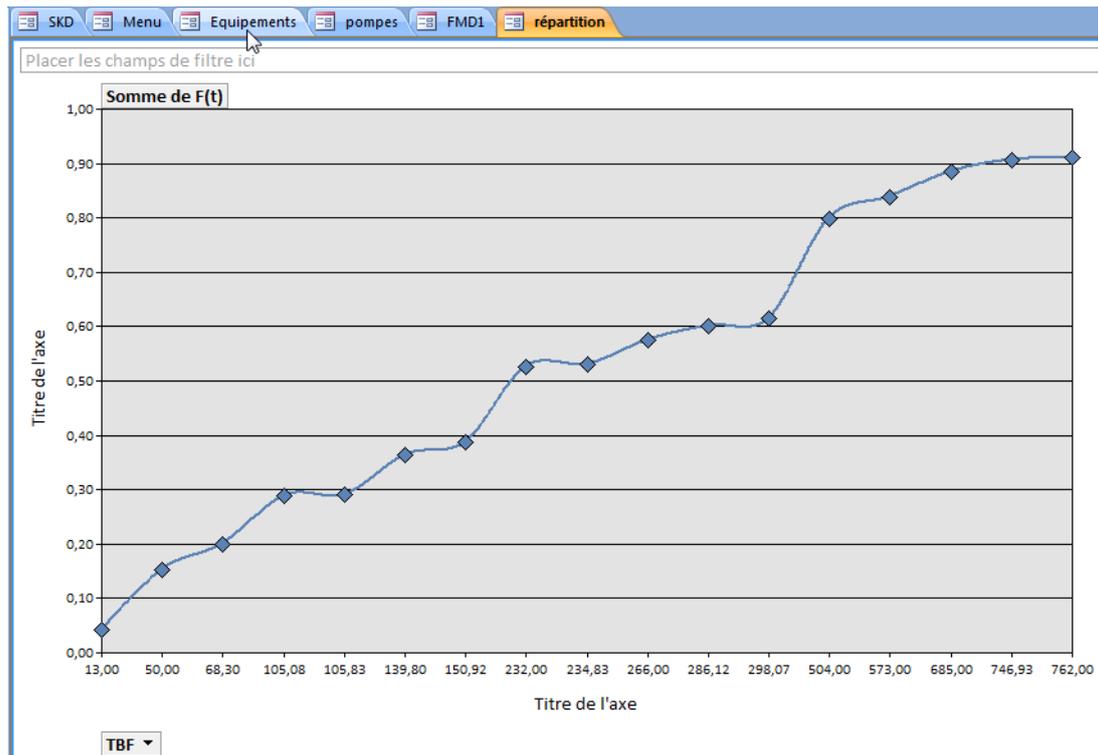


Fig.5.22. courbe de répartition.

V.6.6. interface du taux de défaillance :

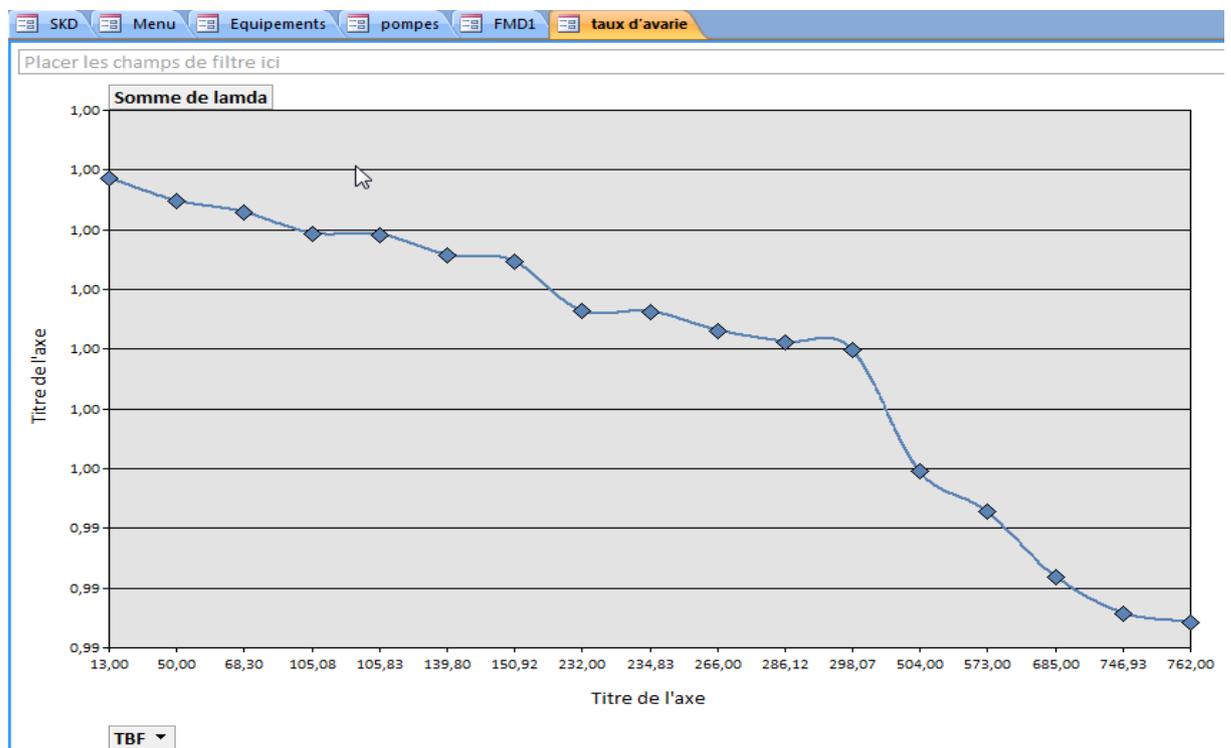


Fig.5.23. courbe du taux de défaillance.

# *Conclusion générale*

Le service maintenance est certainement lui qui doit gérer, consulter, modifier, le plus grand nombre d'informations très diverses. Il est complètement intégré à la vie de l'entreprise, Il doit donc disposer des outils modernes qui contribuent à le rendre plus performant, la GMAO est l'un de ces outils. C'est la voie unique pour valoriser le service maintenance et le rendre plus performant.

Elle constitue un véritable privilège pour les entreprises, en effet, elle aboutit à un ordonnancement et une planification meilleurs.

Cette étude m'a permis de comprendre le principe de fonctionnement d'une GMAO et de connaître ainsi ses différentes fonctionnalités.

De ce fait on voit bien l'utilité du travail que j'ai fait et qui comporte les étapes primordiales de la mise en place d'une GMAO : GESTION DE LA MAINTENANCE ASSISTEE PAR ORDINATEUR CAS CENTRALE ELECTRIQUE « SKD Spa ».

Une étude a montré que la majorité des systèmes de GMAO installés n'étaient pas utilisés de manière satisfaisante du fait de leurs complexités ou d'une mauvaise intégration. Les raisons sont multiples :

- La non implication des personnes concernées impliquées au projet
- Mauvais choix du matériel et du logiciel
- Pas ou mauvaise formation des opérateurs
- Mauvaise présentation du cahier des charges.

Dans notre travail nous avons essayé de présenter une méthode sous un environnement Access, qui va permettre à l'entreprise de gérer ses équipements, ses performances ainsi que et les interventions, pour avoir une maintenance optimale à un coût le moindre possible. Aussi cette outil est nous donne des inducteurs pour pouvoir prendre des décisions en temps voulu.

# *Référence bibliographiques*

- [1] Documents d'entreprise.
- [2] 15ZQ-00-GHC-MR\_-EA\_-500 Rev.02 Cours de Formation du Système d'eau Déminéralisée.
- [3] 15ZQ-00-GB\_-MRM-EA-110 Rev.02 Description du Poste de Dessalement.
- [4] 15ZQ-00-SG\_-GMP-IBE-727 rev0 Course formation système PCI.
- [5] 15ZQ-00-XKB-EMO-SDM-001 Rev 2 Groupes Électrogènes du système Black Start - Manuel d'opération et maintenance
- [6] 15ZQ-00-SG\_-GMP-LBE-727 rev0 Course formation système électrolocation.
- [7] 15ZQ-00-GN\_-MR -DEE-752 rev 1 course de formation Système de traitement des effluents
- [8] 15ZQ-00-QJB-MRM-EA-510 Rev.02 Description du Poste de Production D'hydrogène
- [9] TAGUIDA Mohamed Amine, BOUZERIBA Ammar « proposition plans de maintenance d'une presse à chaine ». Université Badji Mokhtar-Annaba promotion 2011.
- [10] SAADA Farid, GUERAICHI Samir « Élaboration d'une GMAO pour calcul de FMD : application sur la pompe 104j au niveau de FERTIAL (Annaba) » Université Badji Mokhtar-Annaba promotion 2011.
- [11] Documentation d'entreprise PDF « les pompe centrifuge »
- [12] PDFD4.13.Ch1.pompes: Site: <http://genie.industriel.iaa.free.fr>
- [13] Amirat Abd El Aziz « Cours de GMAO », Université Badji Mokhtar-Annaba, Licence Maintenance Industrielle 2010/2011.