



## MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

*Pour l'Obtention du*

**Diplôme de Mater Sciences et Techniques**

**Spécialité : Génie Mécanique et Productique**

***Elaboration du manuel de gestion de la maintenance mécanique au sein  
du PMP-OCP JORF LASFER***

*Présenté par :*

***EZZIAN Zineb***

***ER-REGHAIT Ouiame***

*Encadré par :*

***-EL BIYAALI Ahmed : Professeur département Génie Mécanique, FST Fès***

***- KHAYRI Nasrellah : Ingénieur responsable de service maintenance***

***Effectué à : OCP JORF LASFER (PMP)***

***Soutenu le : 15 juin 2016***

**Le jury :**

- Mr. ABOUCHITA Jalil, FST Fès
- Mme MOUTAOUAKKIL Imane, Noms et Prénoms, FST Fès

**Année Universitaire : 2015-2016**



## *Dédicace*

On dédie ce modeste travail :

✎ A ceux qui se sont sacrifiés juste pour que nous arrivions à réaliser nos rêves, et qui nous ont indiqué la bonne voie en nous rappelant que la volonté fait toujours les grands hommes, A vous nos Parents.

✎ A nos frères et sœurs.

✎ A nos collègues, et nos amis.

✎ A toutes les personnes qu'ont bien voulu apporter leur aide et leur collaboration pour l'élaboration de ce travail.

✎ Et spécialement pour des personnes qui sont très proches à nos cœurs.

Nous dédions ce travail ....





## Remerciements

A l'occasion de la réalisation et de l'aboutissement de ce stage, on tient à exprimer nos vifs remerciements à diverses personnes pour leur accueil chaleureux qu'ils nous ont réservé, pour les moyens qu'ils ont mis à notre disposition, afin de nous faciliter l'accès aux lieux de notre stage:

Dans un premier temps, on tient à remercier Mr EL MAHFOUDI Hamid le Directeur de l'usine PMP, pour avoir nous accueilli au sein de son organisme afin d'accomplir notre stage de fin d'études.

Je remercie également notre encadrant le responsable du service maintenance mécanique l'ingénieur Mr.KHAIRY Nasrellah pour son aide, son soutien, et ses conseils qu'ils ont nous prodiguer au cours de cette période de stage.

Je tenue à exprimer nos profonde gratitude et remerciements à notre encadrant, Pr. EL BIYAALI Ahmed pour son encadrement, son encouragement, sa disponibilité et ses conseils.

Nos vifs remerciements vont également à Mr. EL BELAAI Souroureddine pour son aide, son soutien et ses conseils. Comme nous remercions chaleureusement tous les personnels du PMP pour leur accueil et leur aide.

Et nous voudrions bien adresser nos remerciements particuliers à tous les professeurs du département de génie mécanique .En fin nous remercions tous ceux qui ont contribué à la réalisation de notre projet.



## Sommaire

Remerciements .....	3
Résumé .....	11
Introduction .....	12
<i>Partie 1: Présentation du l'organisme PMP-OCP JorfLasfer .....</i>	<i>13</i>
Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil OCP .....	14
I. L'entreprise d'accueil OCP JORF LASFER et son secteur d'activité .....	14
1. Présentation Générale de l'OCP .....	14
2. Fiche technique du groupe OCP .....	14
3. Historique .....	15
4. Activités du groupe OCP .....	16
II. Organigramme du groupe OCP .....	17
III. Les filiales et partenariats .....	17
1. Filiales .....	18
2. Partenariat de l'OCP .....	19
Chapitre II : Description des procédés de fabrication au sein de la PMP .....	21
I. Présentation de Pakistan Maroc phosphore (PMP) .....	21
1. Introduction .....	21
2. Les unités de l'usine .....	22
3. Description des différents ateliers de Pakistan Maroc Phosphore .....	23
4. Ateliers de maintenance .....	24
5. Organigramme de PMP .....	25
6. Description des procédés de fabrication au sein de Pakistan Maroc Phosphore .....	25
7. Conclusion .....	32
<i>Partie 2: Elaboration du manuel de gestion de la maintenance mécanique au sein du PMP .....</i>	<i>33</i>
Introduction .....	34
Chapitre1 : La maintenance implantée au sein du PMP .....	35
I. Missions et objectifs de la maintenance mécanique .....	35
1. Organigramme hiérarchique de la structure maintenance mécanique .....	35
2. Missions et objectifs des différents postes de la maintenance mécanique .....	35
3. Les missions des différents postes de maintenance .....	37
II. Méthodes et pratique de la maintenance mécanique .....	39
1. Formes de la maintenance .....	39
2. Dépenses de la maintenance mécanique de PMP .....	42



III.	Processus de budgétisation au niveau de la maintenance mécanique au PMP .....	45
1.	Elaboration d'un budget CAPEX .....	46
2.	Elaboration d'un budget OPEX.....	46
IV.	La documentation en maintenance au sein du PMP .....	47
1.	Documentation Générale.....	47
2.	Documentation Stratégique .....	48
Chapitre 2 : Pilotage de l'activité de la maintenance mécanique .....		50
I.	Qu'est-ce qu'un indicateur de performance ?.....	50
II.	Pourquoi ces indicateurs ?.....	50
III.	Les critères de choix d'un indicateur de performance .....	50
IV.	Performance de l'outil de production.....	51
V.	Indicateurs de suivi de la maintenance mécanique.....	53
1.	Disponibilité .....	53
2.	Fiabilité.....	53
3.	Maintenabilité.....	54
4.	Le rendement des travaux en maintenance mécanique .....	54
VI.	Exemple d'application: unité broyage .....	54
1.	Données et résultats obtenue .....	54
2.	Conclusion.....	56
Chapitre 3 : Gestion des équipements .....		57
I.	Inventaire des équipements .....	57
1.	Codification du parc matériel .....	57
2.	Inventaire du parc matériel.....	58
II.	Gestion des interventions de maintenance mécaniques.....	58
1.	Manuel des interventions.....	59
2.	Manuel des pièces de rechange .....	66
3.	Manuel des compétences .....	66
Chapitre 4 : Organisation et environnement de travail.....		70
I.	Organisation du travail .....	71
1.	Bref aperçu sur MS-PROJECT .....	71
2.	Étapes de réalisation d'un projet.....	71
3.	Exemple d'application: planning de lavage de filtre PRAYON; les travaux mécaniques .....	72
II.	Environnement de travail: sécurité requise des postes de travail .....	73
1.	Les préventions.....	74



2. Les protections .....	75
3. Les équipements de protection individuelle (EPI) .....	77
III. Conclusion.....	77
<i>Partie 3: Implantation d'une politique d'approvisionnement "Méthode MIN-MAX"</i> .....	78
I. Problématique.....	79
II. L'approvisionnement et le mode de consommation.....	79
III. Les objectifs de la politique d'approvisionnement.....	79
IV. Processus d'approvisionnement Min-Max .....	81
V. Paramètres de la méthode Min-Max.....	82
VI. Création de l'application .....	84
1. Le but de l'application.....	84
2. Présentation visuel basic.....	84
3. Etapes de création de l'application.....	85
4. Conclusion.....	89
<i>Partie 4: Cas pratique d'élaboration d'un plan préventif</i> .....	90
I. Décomposition du filtre PRAYON .....	91
1. Description de fonctionnement du filtre PRAYON .....	91
2. La décomposition en sous ensemble du filtre.....	93
3. Les pompes centrifuges .....	94
II. Identification Et Analyse Des Pannes Mécaniques Enregistrées Sur Le Filtre PRAYON.....	96
1. Analyse Pareto.....	96
2. Résolution du problème.....	98
3. Plan de maintenance du filtre PRAYON.....	109
4. Conclusion.....	119
<i>Conclusion générale</i> .....	120
<i>Bibliographie</i> .....	121
<i>ANNEXE</i> .....	122



## Liste des figures

Figure 1: Organigramme du groupe OCP .....	17
Figure 2: Vue d'ensemble du PMP .....	21
Figure 3: Les différentes unités du PMP .....	22
Figure 4: Vue d'ensemble de l'atelier sulfurique.....	23
Figure 5: Vue d'ensemble de l'atelier phosphorique (attaque-filtration).....	23
Figure 6: Vue de la station de traitement des eaux douces (unité de déminéralisation).....	24
Figure 7: Organigramme du Pakistan Maroc Phosphore.....	25
Figure 8: schéma bloc de l'activité de Pakistan Maroc Phosphore .....	25
Figure 9: Les étapes de fabrication de l'acide sulfurique .....	26
Figure 10: Schéma détaillée de la TED .....	30
Figure 11: Vue d'ensemble de la centrale thermique.....	31
Figure 12: Les différentes tâches contenues dans la fonction maintenance .....	34
Figure 13: Organisation de différentes méthodes de service maintenance.....	39
Figure 14: Algorithme de choix de la maintenance préventive.....	41
Figure 15: La structure générale de la documentation au PMP.....	47
Figure 16: Les pertes de performances de l'outil de production.....	51
Figure 17: Graphique de la disponibilité de l'unité broyage.....	56
Figure 18: Schéma de codification au sein du PMP.....	58
Figure 19: La procédure proposée d'intervention aux pannes au sein du PMP.....	62
Figure 20: La procédure proposée d'intervention aux pannes préventives.....	64
Figure 21: Le planning de lavage du filtre PRAYON.....	73
Figure 22: Interdiction de fumer.....	74
Figure 23: Détecteur de fumée .....	74
Figure 24: Déclencheur manuel d'alarme d'incendie.....	74
Figure 25: Caméra de surveillance .....	75
Figure 26: Sprinkler déclenché.....	75
Figure 27: Splinkler.....	75
Figure 28: Les lances canons.....	76
Figure 29: Robinet / Poteau d'incendie.....	76
Figure 30: Extincteur.....	76
Figure 31: Les équipements de protection individuelle.....	77
Figure 33: principe de gestion des stocks Min Max.....	82
Figure 32: Schéma de processus d'approvisionnement MIN-MAX.....	82
Figure 34: Interface développeur.....	85
Figure 35: Création d'un nouveau module .....	85
Figure 36: La page de démarrage de l'application.....	85
Figure 37: Le fichier avant l'exécution de la première macro couleur .....	86
Figure 38: Le fichier après l'exécution de macro couleur .....	86
Figure 39: Affectation de macro couleur au bouton visualisation des commandes .....	87
Figure 40: fiche d'expression de besoin avant l'exécution de la 2 <sup>ème</sup> macro .....	87
Figure 41: affecter la macro expression e besoin au bouton saisi des commandes .....	88
Figure 42: le résultat obtenu après l'exécution de la macro.....	88
Figure 43: châssis tournant posé sur des galets .....	91
Figure 44: Cellule.....	91



Figure 45: Distributeur .....	92
Figure 46: Principe de fonctionnement .....	92
Figure 47: principe de renversement et de redressement .....	93
Figure 48: cellule renversée .....	93
Figure 50: dessin d'ensemble en vue de coupe de la pompe centrifuge à bouillie.....	95
Figure 49: pompe centrifuge-PMP-AF-203AP36 .....	95
Figure 51: Garniture mécanique + tresses .....	96
Figure 52: Diagramme Pareto pour le filtre 203AS21 .....	97
Figure 53: Diagramme Pareto pour le filtre 203AS31 .....	98
Figure 54: Découpage matériel de filtre PRAYON .....	102
Figure 55: Découpage matériel de la pompe centrifuge.....	103





### Liste des tableaux

Tableau 1: Fiche technique du groupe OCP.....	14
Tableau 2: Organigramme hiérarchique du service maintenance mécanique .....	35
Tableau 3: Description des différents postes au sein du PMP.....	38
Tableau 4: La composition d'un budget maintenance .....	46
Tableau 5:Tableau de mesures de la disponibilité de l'unité broyage .....	56
Tableau 6: Fiche d'historique des interventions .....	65
Tableau 7: Manuel de suivi des pièces de rechange.....	66
Tableau 8: Manuel de suivi de performance des compétences du PMP.....	68
Tableau 9: Formulaire de remplissage des équipes de travail .....	70
Tableau 10: Les données de planning de lavage de filtre PRAYON .....	73
Tableau 11: Approvisionnement/Mode de consommation.....	79
Tableau 12: Les processus d'approvisionnement .....	81
Tableau 13: Les paramètres de la méthode MIN-MAX.....	84
Tableau 14: Nombre de panne mécanique enregistrés dans le filtre 203AS21 .....	97
Tableau 15: Nombre de panne mécanique enregistrés dans le filtre 203AS31 .....	98
Tableau 16: Indice de fréquence F .....	101
Tableau 17: Indice de gravité G .....	101
Tableau 18: Non-détection de la défaillance D .....	101
Tableau 19: AMDEC des sous-ensembles Cellule/Galets .....	106
Tableau 20: AMDEC Trémie à gypse .....	107
Tableau 21: AMDEC RLT .....	108
Tableau 22: Gamme opératoire de changement du galet support.....	112
Tableau 23: Révision du galet support .....	115
Tableau 24: Plan la maintenance préventif de filtre PRAYON.....	119



*Liste des abréviations*

OCP : Office Chérifien du Phosphate

PMP : Pakistan Maroc Phosphore

SAP : atelier sulfurique

AF : atelier Attaque/filtration

CAP : atelier concentration d'acide phosphorique

AT : Autorisation de Travail

OT : Ordre de Travail

DI : Demande d'Intervention

KPI : Key Performance Indicateur

TMMS : Travaux de Maintenance Mécanique Sous-traité

VBA: Visual Basic for Application

EPI: Les Équipements de Protection Individuels

MM: Maintenance Mécanique



---

## Résumé

---

Compte tenu du paysage économique turbulent actuel où la concurrence exacerbée par la mondialisation entre les entreprises devient de plus en plus forte, le souci permanent est de maîtriser le management des ressources de l'entreprise ainsi que la qualité des produits et des services qui doivent sans cesse être améliorés.

Ainsi, pour la majorité des entreprises, et surtout celles à vocation minière, le parc matériel est classé en front de leurs ressources vu le potentiel important de l'investissement mobilisé pour son acquisition et les tâches qui lui sont confiées. C'est dans cette optique que les responsables du groupe OCP sont conscients de la nécessité d'améliorer davantage la maintenance et la préservation des outils de production afin de maintenir la robustesse du matériel en prolongeant la durée de vie des équipements et des engins afin d'assurer la continuité et la qualité de production requise, c'est dans cette optique que le service Maintenance Mécanique du Pakistan Maroc Phosphore est engagée.

Donc notre projet de fin d'études concerne l'élaboration du manuel de gestion de la maintenance et la création d'une nouvelle application de gestion de stock au sein de l'OCP, plus précisément au PMP, unité très active et parmi les plus importantes en termes de revient financier.

En effet ce rapport est composé de 4 parties essentielles consiste en premier lieu à faire une présentation générale du groupe OCP, de la société PMP, une description du processus de fabrication, ses services et leurs activités. La deuxième partie va être portée sur l'élaboration du manuel de gestion de la maintenance à partir de la stratégie de la division en réalisant une description du service maintenance mécanique, sa politique de maintenance. La troisième partie va être porté sur l'application d'une politique d'approvisionnement au stock des équipements du PMP et de l'informatiser à l'aide du VISUAL BASIC. Et finalement la dernière partie va être porté sur l'élaboration d'un plan de maintenance préventive et des modes opératoires pour augmenter la performance actuelle tout en agissant sur les différents processus mis en place.

Nous avons abordé dans ce rapport, de manière détaillée, les différentes phases parcourues. Nous vous laissons le soin de le découvrir.



---

# Introduction

---

Dans le nouveau contexte concurrentiel et économique, les entreprises subissent une énorme pression de la part de leurs clients. Ces derniers deviennent très exigeants et demandent toujours des produits et des services de bonne qualité, à un coût réduit, livrés dans des bonnes conditions et sans retard.

Pour assurer la satisfaction de la demande en qualité et en quantité, tout en garantissant les délais et réduisant les coûts, les entreprises sont appelées à utiliser un outil de production fiable, donc bien maintenu et maîtrisé.

Positionner la maintenance au sein de l'appareil de production est un exercice difficile, comme il est aussi difficile de faire simple dans un environnement complexe.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre stage de projet de fin d'études, au sein du groupe office chérifien des phosphates OCP, qui porte sur l'établissement du manuel de la gestion de la maintenance mécanique.

Notre projet se compose de quatre volets :

- Au niveau de premier volet de notre projet, nous allons réaliser une description du groupe office chérifien des phosphates OCP, ses activités, ses positions géographiques dans le royaume; ainsi on va s'intéresser à décrire notre champ d'application l'usine PAKISTAN MAROC PHOSPHORE (PMP).
- Au niveau de deuxième volet nous allons élaborer un manuel de gestion de la maintenance mécanique au sein du PMP.
- Au niveau de troisième volet nous allons s'orienter vers l'implantation d'une politique d'approvisionnement au stock des équipements du PMP et de l'informatiser à l'aide du VISUAL BASIC.
- Au niveau de quatrième volet nous allons élaborer un plan préventif du filtre PRAYON l'élément le plus défaillant au PMP.



# *Partie 1: Présentation du l'organisme PMP-OCP JorfLasfer*

*Cette partie est composée de deux chapitres; le premier chapitre consiste à décrire l'organisme du complexe OCP son historique, ses activités, ses partenariats et filiales, ...*

*Or dans le deuxième chapitre on va s'intéresser à décrire notre champ d'application de notre stage l'usine PMP et d'expliquer la procédure de fabrication de son produit de base l'acide phosphorique.*



# Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil OCP

## I. L'entreprise d'accueil OCP JORF LASFER et son secteur d'activité

### 1. Présentation Générale de l'OCP

OCP occupe une place particulière dans l'histoire industrielle du Maroc ; le Groupe est le premier exportateur au monde de minerai, leader sur le marché de l'acide phosphorique et un acteur de poids dans les engrais solides. Cette performance, OCP en puise les racines dans son histoire et dans une expérience accumulée de 95 ans, depuis sa création en 1920.

Office Chérifien des Phosphates à sa création, le Groupe OCP depuis 1975 a évolué sur le plan juridique, pour devenir en 2008 une société anonyme dénommée «OCP S.A ».

D'une activité d'extraction et de traitement de la roche à ses débuts, OCP s'est positionné au fil du temps sur tous les maillons de la chaîne de valeur, de la production d'engrais à celle d'acide phosphorique, en passant par les produits dérivés.

Mais c'est dans sa stratégie industrielle, rythmée par une montée en puissance régulière de l'outil de production et par une politique de partenariats durables ambitieuse, servie par une politique financière efficace, qu'OCP trouve, depuis sa création, les ressources de sa croissance continue et de son leadership.

Ces partenariats touchent aussi bien des accords de livraison à moyen et long terme que la construction d'unités de production sous forme de joint-ventures, basées au Maroc et à l'étranger. OCP aujourd'hui, c'est aussi cinq filiales et six joint-ventures.

De quelques centaines de personnes à sa création, pour un chiffre d'affaires de 3 millions de Dollars US, OCP a réalisé un chiffre d'affaires de 7 milliards de Dollars US en 2011 et compte près de 20 000 collaborateurs.

### 2. Fiche technique du groupe OCP

<b><u>Raison sociale</u></b>	Office Chérifien des Phosphates OCP
<b><u>Numéro du registre de commerce</u></b>	Casablanca 40.327
<b><u>Date de création</u></b>	Dahir du 07/08/1920
<b><u>Mise en place de la structure du groupe</u></b>	Juillet 1975
<b><u>Siège social</u></b>	Angle Route d'EL JADIDA et BD de la Grande ceinture B.P 5196 casa Mâarif
<b><u>Président Directeur Général</u></b>	M. Mustapha TERRAB
<b><u>Secteur d'activités</u></b>	Extraction, valorisation et Commercialisation de phosphates Et produit dérivés.

Tableau 1: Fiche technique du groupe OCP



### 3. Historique

Depuis sa création en 1924, OCP s'est toujours engagé au plus près des préoccupations de ses partenaires c'est pourquoi il n'a cessé de se développer en créant de nouveaux sites de production et de transformation dont voici les principales dates :

- ❖ 1920: Début de l'extraction du phosphate Boujniba(Khouribga).
- ❖ 1930: Ouverture d'un nouveau centre de production de phosphate (Youssoufia).
- ❖ 1950: Mise en œuvre de la méthode d'extraction en découverte à Khouribga.
- ❖ 1960: Développement de la mécanisation du souterrain à Youssoufia.
- ❖ 1965: Démarrage de Maroc phosphore I-II à Safi.
- ❖ 1970: Création de la structure organisationnelle intégrant l'OCP et ces entreprises filiales.
- ❖ 1980: Partenariat industriel en Belgique: Démarrage du site de JorfLasfar avec Maroc phosphore III-IV.
- ❖ 1990 : Exportation des nouveaux projets de partenariat industriels de renforcements des capacités.
- ❖ 1998 : Réalisation de l'usine EMAPHOS pour l'acide phosphorique purifié entre le Maroc la Belgique, et l'Allemagne
- ❖ 1999 : Réalisation de l'usine IMACID en partenariat avec l'Inde.
- ❖ 2000: Démarrage d'une unité de flottation de phosphate à Khouribga.
- ❖ 2002: Prise de participation dans la société indienne PPL en joint-venture avec le Groupe Birla.
- ❖ 2003: L'OCP est devenu le seul actionnaire de Phosboucraâ.
- ❖ 2004: Création de la Société "Pakistan Maroc Phosphore" S.A en Joint-venture entre l'OCP et Fuji Fertiliser Bin Qasim Limited (Pakistan).
- ❖ 2005: Démarrage de l'usine de Lavage/Flottation à Youssoufia
- ❖ 2006: Projet nouvelle DAP à JorfLasfar 850 000 t/an.
- ❖ 2008: La société anonyme OCP SA est née le 22 janvier - Démarrage de Pakistan Maroc Phosphore à JorfLasfar (PMP).
- ❖ 2009: Démarrage de Bugne Maroc Phosphore à JorfLasfar (BMP).
- ❖ 2010 : Partenariat avec Jacobs Engineering et création de JESA, lancement de 4 unités de production d'engrais à JorfLasfar
- ❖ 2010-2011 : ouverture de 2 bureaux de représentation au Brésil et en Argentine
- ❖ 2011 : lancement d'une unité de dessalement d'eau de mer à JorfLasfar.



- ❖ 2013 : démarrage du projet Slurry Pipeline sur l'axe Khouribga-JorfLasfar sur une longueur de 235 Km.
- ❖ 2015 : démarrage du projet Slurry Pipeline de l'axe Benguerir-Youssoufia-Safi.

#### **4. Activités du groupe OCP**

L'OCP est spécialisé dans l'extraction, la valorisation et la commercialisation de phosphate et de produits dérivés. Chaque année, plus de 23 millions de tonnes de minerais sont extraites du sous-sol marocain qui recèle les trois-quarts des réserves mondiales.

Principalement utilisé dans la fabrication des engrais, le phosphate provient des sites de Khouribga, Ben guérir, Youssoufia et Boucraâ-Laâyoune. Selon les cas, le minerai subit une ou plusieurs opérations de traitement (criblage, séchage, calcination, flottation, enrichissement à sec...). Une fois traité, il est exporté tel quel ou bien livré aux industries chimiques du Groupe, à Jorf Lasfer ou à Safi, pour être transformé en produits dérivés commercialisables : acide phosphorique de base, acide phosphorique purifié, engrais solides.

Premier exportateur mondial de phosphate sous toutes ses formes, le Groupe OCP écoule 95% de sa production en dehors des frontières nationales. Opérateur international, il rayonne sur les cinq continents de la planète et réalise un chiffre d'affaires annuel de 1,3 milliard de dollars.

Moteur de l'économie nationale, le Groupe OCP joue pleinement son rôle d'entreprise citoyenne. Cette volonté se traduit par la promotion de nombreuses initiatives, notamment en faveur du développement régional et de la création d'entreprise.

Dans un contexte de concurrence accrue, le Groupe OCP poursuit la politique de consolidation de ses positions traditionnelles et développe de nouveaux débouchés. Avec une exigence sans cesse réaffirmée : améliorer la qualité de ses produits tout en maintenant un niveau élevé en matière de sécurité et de protection de l'environnement.





## II. Organigramme du groupe OCP

L'organisation architecture du groupe OCP est peut être présenté sous le schéma suivant :

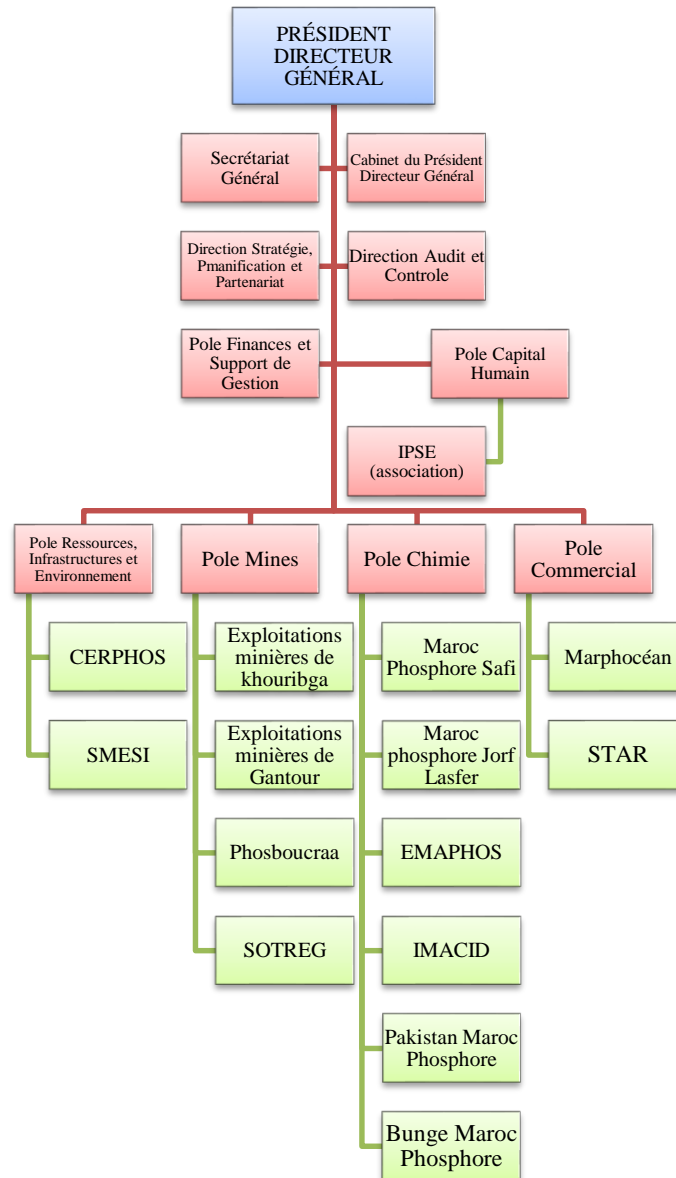


Figure 1: Organigramme du groupe OCP

## III. Les filiales et partenariats

Le Groupe OCP est le premier exportateur mondial de phosphate sous toutes ses formes avec 28,2% de parts de marché en 2004. Il est par ailleurs le premier exportateur mondial de phosphate brut et d'acide phosphorique avec, respectivement 38,6% et 44,4% de parts de marché en 2004. Le Groupe OCP est également le troisième exportateur mondial d'engrais solides avec 9,9% de parts de marché en 2004.



La majeure partie de la production (95%) est livrée à l'étranger, soit sous forme de minerai, soit après transformation en acide phosphorique ou en engrais solides (DAP, MAP, TSP...).

En 2004, les ventes à l'international de phosphate brut ont pesé 11,83 millions de tonnes contre 11,01 millions en 2003. Les trois premiers clients du Groupe en 2004 sont les États-Unis avec 2,4 millions de tonnes, l'Espagne avec 1,6 million de tonnes et le Mexique avec 1 million de tonnes.

De leur côté, les exportations d'acide phosphorique ont atteint 2,04 millions de tonnes P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 2004, en augmentation de 21,9% par rapport à 2003. L'Inde reste le principal client comptant environ 41% des exportations totales.

Enfin, les exportations d'engrais solides (Phosphate Mono ammoniac et di ammoniac et phosphate super triple) ont totalisé 2,03 millions de tonnes en 2004, contre 2,16 millions de tonnes en 2003.

Pour acheminer ses produits, le Groupe OCP s'appuie sur quatre ports qui desservent une quarantaine de pays à travers le monde.

## **1. Filiales**

Concentré sur ses métiers de base, le Groupe OCP s'appuie sur une structure organisée qui s'articule autour de filiales intégrées. Dans le cadre de sa stratégie de développement à l'international, il a également noué au fil des années des partenariats avec de grands opérateurs étrangers :

### **- Maroc Phosphore**

Créée en 1973, Maroc Phosphore est une société anonyme au capital de 6,5 milliards de MAD détenu à 100% par l'OCP. L'entreprise a pour activité principale la production d'acide phosphorique et d'engrais chimiques sur les deux sites de Safi et de Jorf Lasfar ainsi que leur exportation.

### **- Phosboucraâ**

Créée en 1962, Phosboucraâ est une société anonyme au capital de 100 millions de MAD, entièrement détenue par l'OCP depuis 2002. Son activité consiste en l'extraction, le traitement, le transport et la commercialisation du minerai du phosphate.

### **- Marphocéan**



Elle est spécialisée dans le transport maritime et les affrètements grâce à ses quatre chimiquiers à cause des pertes encaissées en 2008.

- **SOTREG**

Créée en 1973, SOTREG est une société anonyme au capital de 56 millions de MAD détenu à 100 % par l'OCP et dont l'unique activité est le transport du personnel. Les effectifs transportés quotidiennement sont passés de 15 020 agents en 2008 à 15 709 agents en 2009, soit une hausse de 5%, pour un kilométrage total parcouru également en hausse, de près de 11 millions de km.

- **CERPHOS**

Il est considéré comme le plus important centre de recherche spécialisé dans les phosphates et ses produits dérivés.

- **IMSA**

Créée en 1970, IMSA est une société anonyme dotée d'un capital de 2 millions de dirhams. Elle est destinée à gérer le cinéma et l'hôtel Atlantide à Safi.

- **IPSE**

L'Institut de promotion socio-éducative (IPSE) est une association à but non lucratif créée par l'OCP en 1974. Son but est de promouvoir les activités d'enseignement et d'éducation en faveur des enfants du personnel d'OCP.

## **2. Partenariat de l'OCP**

Dans le cadre de sa stratégie de développement à l'international, le Groupe OCP a noué des partenariats durables avec ses clients. Cette coopération touche aussi bien les accords de livraison à moyen et long terme que la construction d'unités de production. Dans cette optique, des unités basées au Maroc et à l'étranger sont en exploitation en joint-venture avec des partenaires.

- **IMACID**

Indo Maroc Phosphore S.A (IMACID) est une société indo-marocaine créée en 1997 sur le site de Jorf Lasfer. Son capital social de 619,998 millions de dirhams est détenu à raison d'un tiers chacun par OCP SA, Chambal Fertilizers and Chemicals Ltd et Tata Chemical Ltd.

IMACID produit et commercialise de l'acide phosphorique. Sa capacité de production est de 430 000 tonnes par an. La société a produit 298 340 tonnes de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> clarifié et en a commercialisé 275 854 tonnes.



Le chiffre d'affaires a plus que doublé en augmentant de 105% entre 2007 et 2008 passant de 1,95 milliard de DH à 4 milliards. Le résultat net, lui, a baissé de 4% passant de 307 millions de DH à 294,45 millions de DH.

#### - **EMAPHOS**

EMAPHOS S.A, créé en 1996 à Jorf Lasfer est doté d'un capital de 180 millions de dirhams détenu à égalité par trois actionnaires : OCP SA, Société chimique Prayon Rupel et Chemische Fabrik Budenheim. Son activité principale est la fabrication et la commercialisation d'acide phosphorique purifié avec une capacité de production de 150 000 tonnes P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Les ventes ont baissé de 128 545 tonnes en 2007 à 102 048 tonnes en 2008. Le chiffre d'affaires a doublé (+ 199%), passant de 1,06 milliard de dirhams en 2007 à 2,11 milliards en 2008. Le résultat net, 211,19 millions de DH en 2008 est en augmentation de 184%.

#### - **PAKISTAN MAROC PHOSPHORE**

Installé à Jorf Lasfer, Pakistan Maroc Phosphore a été créé en 2004 avec un capital de 800 millions de DH partagé à égalité entre OCP SA et le groupe pakistanais Fauji. Avec une capacité installée de 375 000 tonnes P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Pakistan Maroc Phosphore a pour activité la production et la commercialisation de l'acide phosphorique marchand.

Les usines ont été inaugurées par Sa Majesté le Roi Mohammed VI le 30 octobre 2008. Cette même année, la société a produit 188 896 tonnes dont 166 346 tonnes ont été vendues. Le chiffre d'affaires de cette première année d'activité s'est élevé à 2,64 milliards de DH pour un résultat net de 93,49 millions de DH.

#### - **BUNGE MAROC PHOSPHORE**

Société anonyme au capital de 900 millions de DH, Bunge Maroc Phosphore a été créé le 15 avril 2008 à Jorf Lasfer et a débuté ses activités en mars 2009.

Le capital est détenu à parts égales par l'OCP et le Brésilien Bunge Koninklijke B.V. Bunge a pour activité la fabrication et la commercialisation d'acide phosphorique, d'engrais phosphatés et azotés et d'autres produits dérivés. Les capacités de production installées sont les suivantes :

- Acide phosphorique : 375 000 tonnes de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> par an.
- Engrais (MAP/DAP) : 340 000 tonnes équivalent MAP par an.
- Engrais (TSP/MAP) : 270 000 tonnes équivalent TSP par an.

## Chapitre II : Description des procédés de fabrication au sein de la PMP

### I. Présentation de Pakistan Maroc phosphore (PMP)



Figure 2: Vue d'ensemble du PMP

#### 1. Introduction

Pakistan Maroc Phosphore (PMP) est le fruit d'un partenariat entre l'Office Chérifien des Phosphates (OCP) et le groupe pakistanais FaujiFertilizer. En Septembre 2004, trois entreprises pakistanaises, Fauji d'engrais Bin Qasim (FFBL), société Fauji d'engrais (FFC) et Fondation Fauji (FF), sont entrées dans une joint-venture avec l'Office Chérifien Marocain des Phosphates (Groupe OCP) pour créer "Pakistan Maroc Phosphore S.A", avec un chiffre d'affaires de 800 millions de dirhams. Le groupe OCP tenait 50% des parts alors que les 50% restants sont partagés entre les sociétés pakistanaises (FFBL 25%, FFC 12,5 % et FF 12,5%,).

La construction de PMP a démarré en janvier 2005, à proximité du complexe Maroc Phosphore III – IV à JorfLasfer, pour un montant d'investissement global de 2,03 milliards de



dirhams et sur une superficie de 18 hectares. Cette usine comporte une unité de production d'acide sulfurique de 1.125.000 tonnes/an, utilisé pour la production d'acide phosphorique, une unité de production d'acide phosphorique de 375.000 tonnes/an destinées à couvrir le 1/3 des besoins du marché pakistanais ainsi qu'une centrale thermoélectrique de 32 MW.

La production de l'acide phosphorique au sein de PMP a démarrée en avril 2008 avec une capacité de production annuelle de 375.000 tonnes d'acide phosphorique dont environ 2/3 est destinée à Fauji au Pakistan. PMP a assuré la création de 180 emplois permanents pendant la phase d'exploitation et ses besoins en phosphate sont de l'ordre de 1,370 million de tonnes/an.

Pakistan Maroc Phosphore bénéficie des avantages du site de JorfLasfer :

- La proximité du gisement minier de Khouribga ;
- La proximité du port avec un grand tirant d'eau ;
- L'alimentation en eau de mer et eau douce sur des faibles distances ;
- La dotation de site de grandes facilités industrielles ;
- La possibilité d'utilisation de l'infrastructure de Maroc Phosphore III – IV.

## 2. Les unités de l'usine

Pakistan Maroc Phosphore se compose de quatre principaux ateliers :

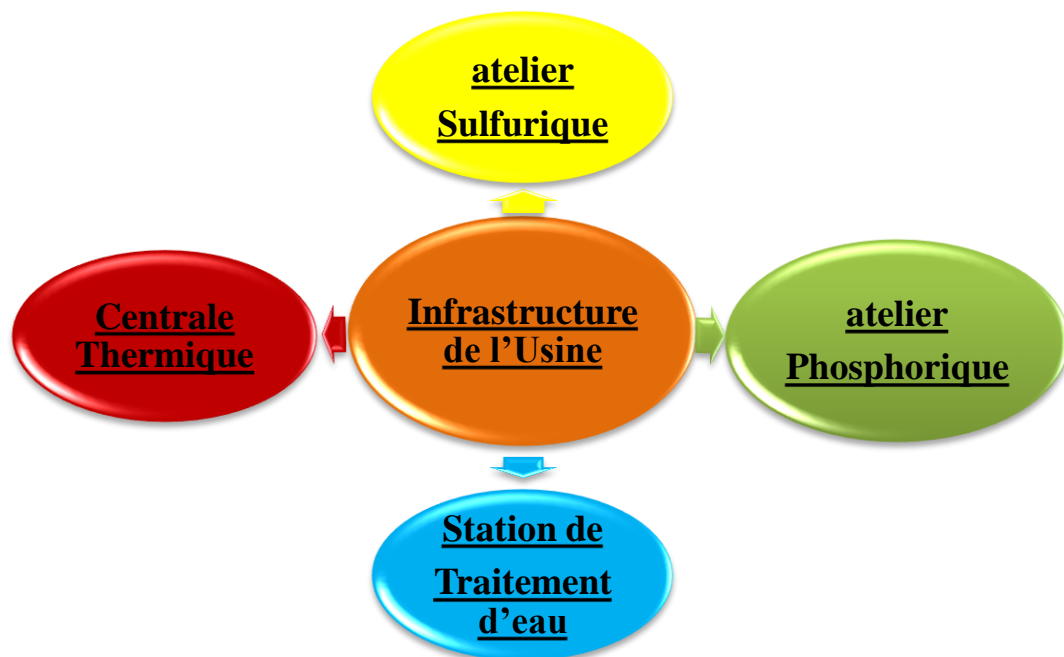


Figure 3: Les différentes unités du PMP



### 3. Description des différents ateliers de Pakistan Maroc Phosphore

#### a) Atelier sulfurique(SAP: Sulfuric Acid Plant)



Figure 4: Vue d'ensemble de l'atelier sulfurique

Une unité de production d'acide sulfurique de capacité 3 410 TMH/J utilisant le procédé à double absorption, MONSANTO (USA). Cette installation comprend principalement :

- Une Turbosoufflante ;
- Une chaudière ;
- Un système de refroidissement d'acide ;
- Des échangeurs thermiques ;
- Un convertisseur ;
- Un four de combustion.

#### b) Atelier phosphorique (PAP: Phosphoric Acid Plant)



Figure 5: Vue d'ensemble de l'atelier phosphorique (attaque-filtration)

Une unité de production d'acide phosphorique de capacité 1135 tonnes d'acide phosphorique (P2O5) par jour.

Le procédé utilisé est JACOBS. Cette installation comprend :

- Un Hangar de stockage des phosphates bruts,



- Un système de broyage : broyage humide avec un système de sélection et de séparation des grains,
- Un réacteur avec flash-coller,
- Une unité de lavage des gaz venant de la réaction d'attaque des phosphates,
- Deux filtres à cellules basculantes,
- Quatre échelons de concentration de 330 tonnes P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> par jour chacun, à échangeurs tubulaires de graphite,
- Des réservoirs de stockage de l'acide 28% et 54%.

### c) Atelier des utilités



Figure 6: Vue de la station de traitement des eaux douces (unité de déminéralisation)

Il comporte:

- Une centrale thermoélectrique avec un groupe turboalternateur de 32 MW,
- Un réservoir d'eau douce et une station de traitement de 200 m<sup>3</sup>/h,
- Un bassin de reprise d'eau de mer de 15.000 m<sup>3</sup>/h,
- Une station de compression d'air.

## 4. Ateliers de maintenance

PMP dispose de plusieurs ateliers de maintenance assurant ainsi les divers travaux de :

- Maintenance mécanique,
- Maintenance instrumentation,
- Maintenance électrique,
- Génie civil,
- Gestion des stocks.





## 5. Organigramme de PMP

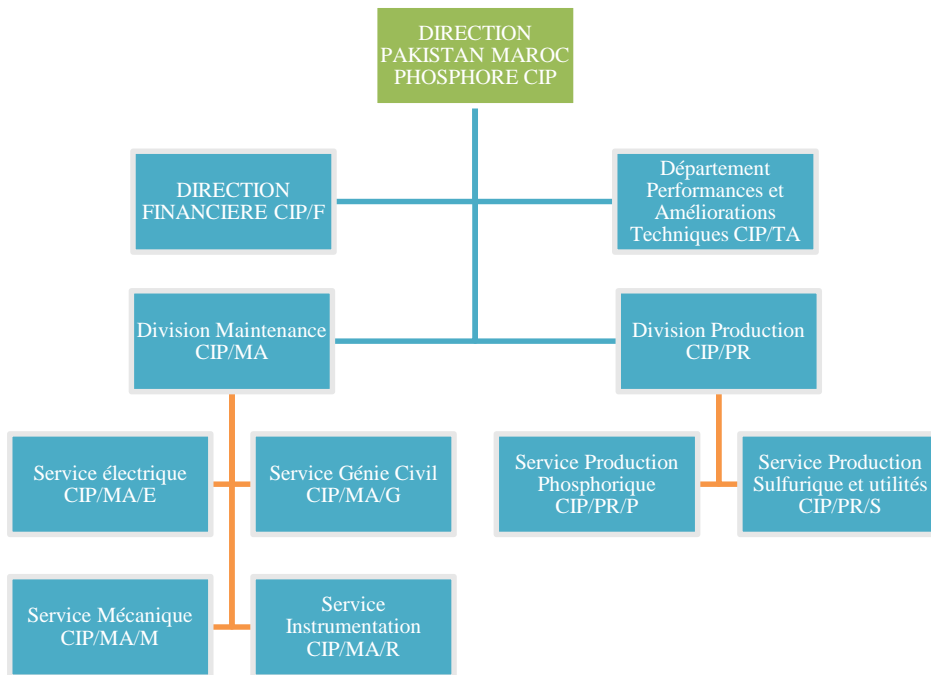


Figure 7: Organigramme du Pakistan Maroc Phosphore

## 6. Description des procédés de fabrication au sein de Pakistan Maroc Phosphore

Cette partie est consacré à une description des procédés de fabrication d'acide Phosphorique au sein de PMP passant par les différentes ateliers a savoir atelier phosphorique et l'atelier sulfurique..

Le produit final de la PMP est l'acide phosphorique en plus d'une quantité d'énergie électrique, le schéma suivant donne un aperçu clair de l'ensemble des unités de production dont dispose la direction PMP :

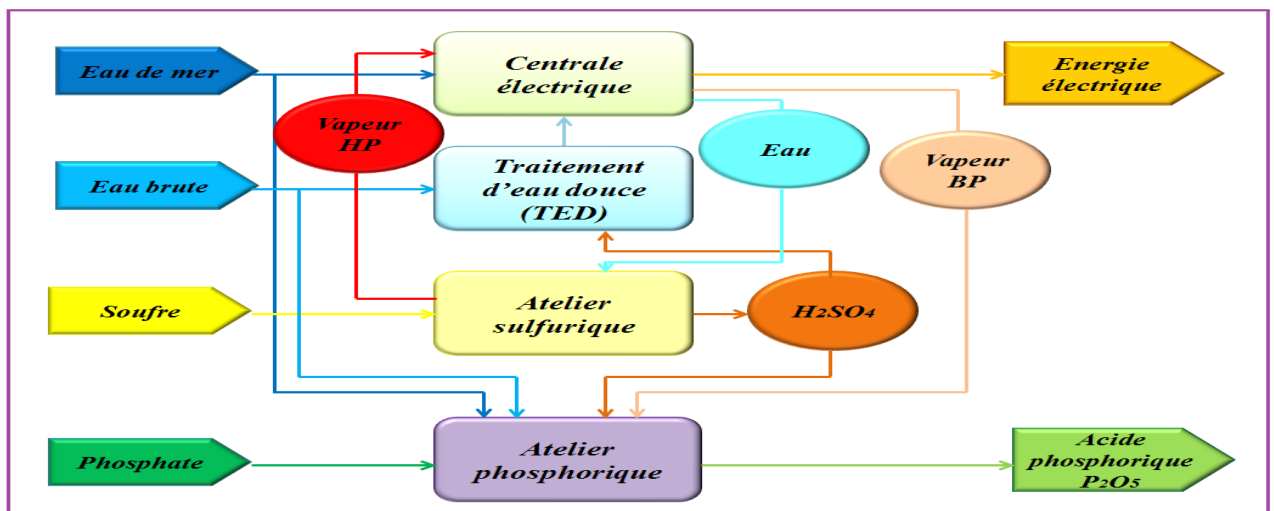


Figure 8: schéma bloc de l'activité de Pakistan Maroc Phosphore

### a) Procédés de fabrication de l'acidesulfurique

L'acide sulfurique est un composant indispensable dans la production de l'acide phosphorique. Pakistan Maroc Phosphore a installé une unité spécialisée dans la production d'acide sulfurique de capacité 3140 TMH/J

Le soufre liquide est transporté via des canaux depuis le port de Jorf Lasfer. La transformation de ce dernier en acide sulfurique se fait à travers trois étapes :

- ✦ Combustion de soufre en dioxyde de soufre ;
- ✦ Conversion de dioxyde de soufre SO<sub>2</sub> en trioxyde de soufre SO<sub>3</sub>;
- ✦ Absorption de SO<sub>3</sub> dans de l'eau pour avoir de l'acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Le schéma suivant donne un aperçu clair de l'ensemble des éléments constituant l'atelier de production de l'acide sulfurique :

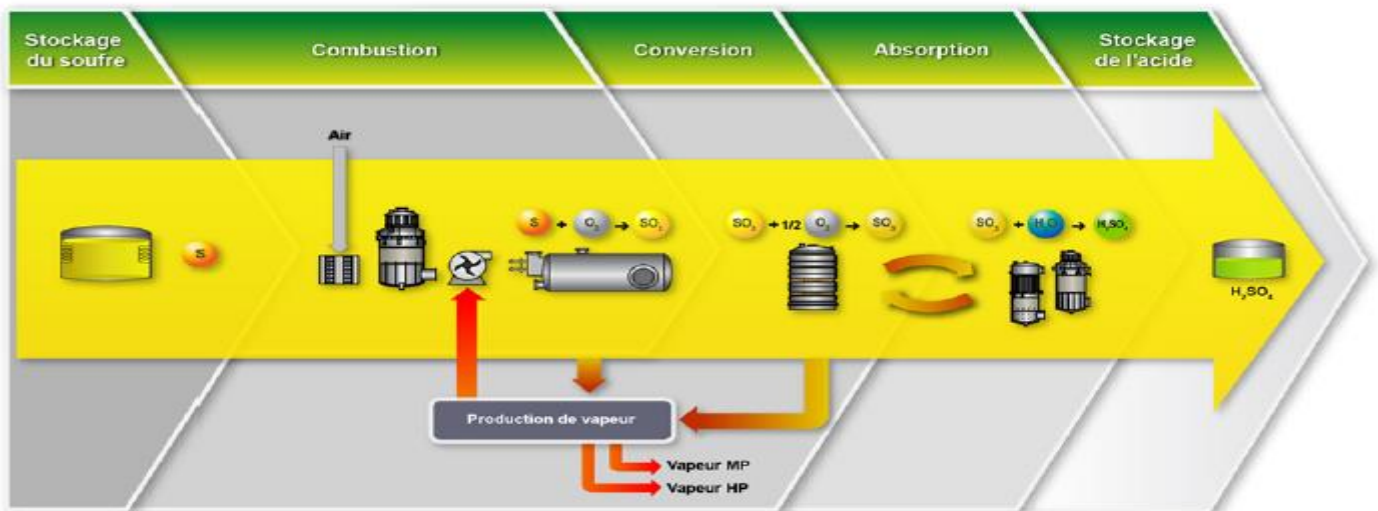


Figure 9: Les étapes de fabrication de l'acide sulfurique

#### Combustion

Le soufre est reçu à PMP sous forme liquide : fondu et filtré. Il est stocké dans deux bacs réchauffés pour le maintenir à l'état liquide.

Le soufre liquide passe dans une fosse pour qu'il soit pompé vers le four où se fera la combustion avec l'air sec. Ce dernier qui provient de la tour de séchage après avoir été aspiré par la turbo soufflante. Au niveau du four, il y a combustion du soufre qui donne le gaz SO<sub>2</sub> à une température de 1120°C.

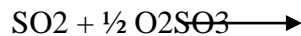
L'équation de la réaction est :  $S + O_2 \rightarrow SO_2$



Ensuite, le gaz SO<sub>2</sub> passe par la chaudière pour se refroidir et par la suite on obtient de la vapeur à haute pression qui va vers la centrale et vers la turbosoufflante après un circuit de surchauffe pour obtenir une vapeur surchauffée.

### Conversion

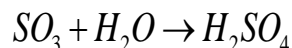
Le gaz SO<sub>2</sub> est envoyé vers le convertisseur de 4 masses catalytiques de pentoxyde de vanadium, dans le but de le transformer en SO<sub>3</sub> selon la réaction exothermique :



Lors du passage d'une masse à la suivante les gaz SO<sub>2</sub> et SO<sub>3</sub> est refroidit par l'intermédiaire d'échanges thermiques gaz / gaz ou liquide / gaz.

### Absorption

C'est la dernière étape du processus, elle consiste à absorber le gaz SO<sub>3</sub> provenant du convertisseur et le transformer en acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> au niveau des deux tours d'absorption intermédiaire et finale.



Ensuite l'acide sulfurique est stocké pour être acheminé vers l'atelier phosphorique et en faible quantité vers l'atelier de traitement des eaux TED.

### Circuit eaux de l'atelier sulfurique

Les eaux préchauffées et conditionnées venant de la centrale passent au premier lieu dans des économiseurs pour récupérer l'énergie dégagée lors de la conversion et avoir une eau forme de liquide saturé, ensuite ces eaux passent dans le ballon de la chaudière pour se vaporiser et produire une vapeur saturée qui passe dans des surchauffeurs pour produire de la vapeur HP qui est par la suite utilisée en partie pour entrainer la rotation de la turbosoufflante et en autre partie pour générer de l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement des différents équipements de l'usine. L'eau utilisée dans la dilution de l'acide venant des tours d'absorption est une eau déminéralisée livrée directement de la TED sans conditionnement.

### b) Procédés de fabrication de l'acide phosphorique

L'atelier phosphorique destiné à la production de l'acide phosphorique concentré à 54% en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> comprend cinq sections principales :

- Manutention et Broyage du phosphate ;



- Attaque ;
- Filtration ;
- Concentration ;
- Stockage.

L'acide phosphorique est obtenu par attaque directe (Réaction chimique) du phosphate minéral par l'acide sulfurique.

### *Section manutention et broyage du phosphate*

Le broyage se fait par voie humide. Un débit d'eau est injecté proportionnellement au débit du phosphate (0,5 m<sup>3</sup> d'eau /tonne phosphate).

Le phosphate criblé est stocké dans le bac à pulpe et le reflux des cribles est broyé la pulpe est collectée dans un petit bac légèrement agité pour assurer le dégazage et éviter la cavitation des pompes situées sur les circuits de la pulpe. Les pompes font le transfert de la pulpe vers la cuve d'attaque.

### *Section attaque (Lieu de la réaction chimique)*

Cette section comprend essentiellement :

- Une cuve d'attaque ;
- Un système de refroidissement ;
- Trois cuves de digestion.

### *Une cuve d'attaque*

La cuve d'attaque consiste en une cuve prismatique en 4 compartiments construite en béton armé monolithique. Chaque compartiment est équipé d'agitateurs à pales, permettant une bonne incorporation des éléments entrants et un bon mélange.

D'autre part, les compartiments de la cuve d'attaque communiquent entre eux permettant ainsi à la bouillie de circuler d'un compartiment à l'autre avant de passer vers les trois digesteurs.

La cuve d'attaque dispose d'un flash-cooler avec deux pompes de circulation de grand débit permettant le refroidissement de la bouillie.

Les gaz de réaction sont collectés par deux ouvertures (hottes) pour être envoyés vers le système de lavage des gaz.

Celui-ci maintient une légère dépression dans la cuve de manière à éviter l'échappement à l'atmosphère des gaz de réaction. La pulpe de phosphate provenant du bac à pulpe est introduite dans la cuve d'attaque où elle sera attaquée par l'acide sulfurique concentré.

### *Le système de refroidissement*



Les réactions chimiques se produisant dans la cuve d'attaque ainsi que la dilution de l'acide sulfurique étant exothermiques, il est nécessaire de refroidir la bouillie à une température de l'ordre de 78 °C pour éviter la prise en masse. Pour cela un flash couleur est mis en place.

### Cuves de digestion

Ces digesteurs, sous forme de bacs agités, servent à augmenter les temps de séjour de la bouillie permettant de maximiser le rendement chimique.

### Section filtration

La bouillie est véhiculée au filtre par des pompes » deux filtres horizontaux à cellules basculantes sous vide. À la sortie des cellules, on obtient l'acide phosphorique 28% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et le gypse.

Le gypse est finalement lavé à l'eau de procédé et déchargé par rotation de la cellule basculante, dans une trémie arrosée d'eau de mer devant servir à son évacuation vers la mer.

L'acide phosphorique, titrant alors 28% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, est acheminé vers une unité de stockage composée d'un bac de désursaturation, d'un bac de décantation et d'un bac de stockage.

### Concentration de l'acide

La concentration de l'acide phosphorique consiste en une élimination d'une partie de son eau de dilution par une évaporation forcée sous vide. On favorise ce phénomène par une augmentation de la température de l'acide.

L'acide phosphorique titrant 28% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> est acheminé vers 4 échelons de concentration pour atteindre un titre de 54% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et devenir un acide marchand répondant aux exigences clients. L'opération de concentration se fait par le chauffage indirect de l'acide par la vapeur basse pression au niveau d'un échangeur tubulaire en graphite.

L'acide produit passe ensuite vers une unité de stockage constituée par deux bacs de désursaturation, deux bacs de décantation, deux bacs de stockage et d'un bac de transfert vers la station de chargement des navires.

## **c) Traitement des eaux douces (TED)**

Cette unité comporte principalement :

⊕ Deux chaînes de traitement d'eau permettant la production de différentes qualités d'eau : Eau filtrée, eau désilicée et eau potable ;

⊕ Une station de compression d'air permettant le conditionnement d'air pour les besoins d'instrumentation et de service.



Un bassin de reprise d'eau de mer permettant l'alimentation des ateliers de production en eau mer pour les besoins de Process : refroidissement et repulpage du phosphogypse.

### Description de l'unité TED

Dans le but de satisfaire les différents besoins des ateliers de PMP en eau, l'usine dispose d'une station de traitement des eaux (TED). Elle délivre différentes qualités d'eaux :

- ⊕ L'eau filtrée, utilisée généralement pour l'alimentation des chaînes de déminéralisation, le bac d'eau potable et pour le lavage des filtres ;
- ⊕ L'eau potable ;
- ⊕ L'eau déminéralisée ;
- ⊕ L'eau brute, sans aucun traitement livrée vers l'atelier phosphorique.
- ⊕ L'eau arrive au bassin de stockage, puis elle est pompée vers le réservoir de stockage

Le traitement des eaux commence dans les chaînes de filtration (3 et 4) où les eaux subissent une filtration sur sable pour éliminer la matière en suspension suivie d'une autre sur charbon pour éliminer la matière organique et le chlore résiduel.

L'eau produite de cette filtration est stockée dans un réservoir d'eau filtré (5), l'eau filtré alimente la chaîne de déminéralisation qui comporte un échangeur cationique fort suivie d'un dégazeur et un échangeur anionique à deux lits, un faible (partie inférieure) et un autre fort (partie supérieure).

L'eau produite est stockée dans un bac à eaux déminéralisées. Enfin les eaux utilisées pour alimenter la chaudière de production de la vapeur HP subissent un plissage sur un échangeur à lit mélangé et envoyées vers la centrale.

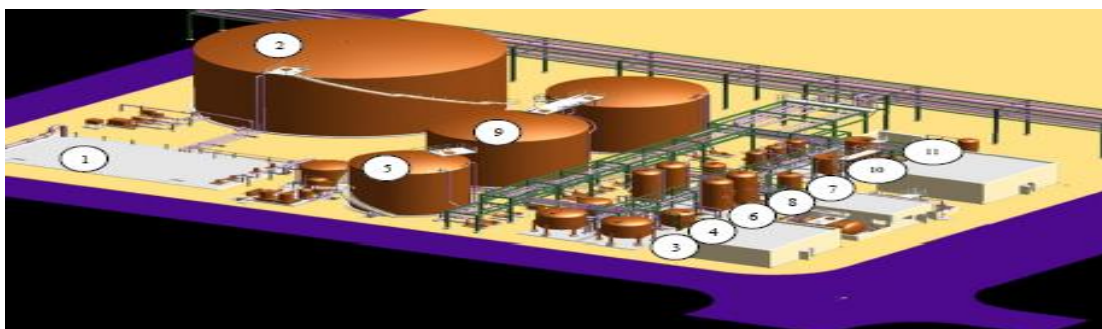


Figure 10: Schéma détaillée de la TED



- |                                          |                                   |
|------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 : Bassin de stockage de l'eau brute    | 7 : Dégazeur de CO <sub>2</sub>   |
| 2 : Réservoir de stockage de l'eau brute | 8 : Echangeur anionique           |
| 3 : Filtre à bicouche à sable            | 9 : Réservoir d'eau déminéralisée |
| 4 : Filtre à charbon actif               | 10 : Echangeur Mixed Bed          |
| 5 : Réservoir d'eau filtré               | 11 : Fosse à effluents de la TED  |
| 6 : Echangeur cationique                 |                                   |

#### **d) Centrale à vapeur**

La centrale à vapeur comporte :

✦ Un groupe turbo alternateur de 32MW, permettant la production de l'énergie électrique par la transformation de l'énergie thermique récupérée au niveau de l'atelier de production d'acide sulfurique ;

✦ Condenseur à eau de mer de la vapeur BP restants après détente de la vapeur HP dans la turbine,

✦ Barillet collecteur de vapeur BP satisfaisant les besoins en BP dans la centrale alimentant l'unité de concentration de l'acide phosphorique avec de la vapeur BP avec les exigences d'exploitation de cette dernière,

✦ Bâche alimentaire équipé d'un dégazeur thermique de l'eau alimentaire avec de la vapeur venant du barillet collecteur de vapeur BP.

Voici ci dessous une vue de la centrale à vapeur :



Figure 11: Vue d'ensemble de la centrale thermique

#### **Circuit eaux de la centrale à vapeur**



Au départ, l'eau désilicée venant de la TED subit un préchauffage dans le réchauffeur (voir flow sheet), après cette étape nous procédons par un dégazage thermique au niveau du dégazeur accompagné d'un autre chimique dans la bêche alimentaire par injection de l'hydrazine. De même une correction de PH par ajout de l'ammoniac est réalisée dans cette étape. Les eaux préchauffées et conditionnées dans la centrale sont envoyées vers la SAP par des pompes de grandes puissances qui débitent 180 m<sup>3</sup>/h sous une pression d'environ 80 bars.

De la SAP, la centrale reçoit deux charges : la vapeur HP qui est envoyée directement vers la turbine pour produire de l'électricité et la vapeur BP envoyée vers le Barillet collecteur de la vapeur BP. Après détente dans la turbine une partie de la vapeur BP est collectée dans le barillet alors que le reste est condensé dans un condensat à la TED. Les besoins en vapeur BP pour le dégazage thermique et l'atelier phosphorique sont assurés par la vapeur BP collectée dans le barillet.

## **7. Conclusion**

Dans ce chapitre on a présenté notre lieu de stage OCP Jorf Lasfar, son organigramme et ses filiales et partenariat, dans notre deuxième partie on présenter notre unité d'accueil PMP et ses différents procédés de fabrication





# *Partie 2: Elaboration du manuel de gestion de la maintenance mécanique au sein du PMP*

*Dans cette partie on donne une description de la maintenance au sein du PMP ainsi on va mettre en place une politique de réorganisation de service MM tout en abordant une politique de gestion des équipements, des personnels et des mesures de sécurité.*

# Introduction

Le présent manuel décrit la politique générale et le système organisationnel que nous avons mis en place au sein du service maintenance de Pakistan Maroc Phosphore (PMP). Il définit l'organisation générale du service, ses missions, ses objectifs et son processus de fonctionnement.

Ce manuel comporte aussi toute la gestion de la documentation administrative et des ressources humaines, ainsi il décrit les relations du service mécanique avec les autres services.

On peut regrouper les différentes tâches de la fonction maintenance au sein du PMP dans la figure suivante :

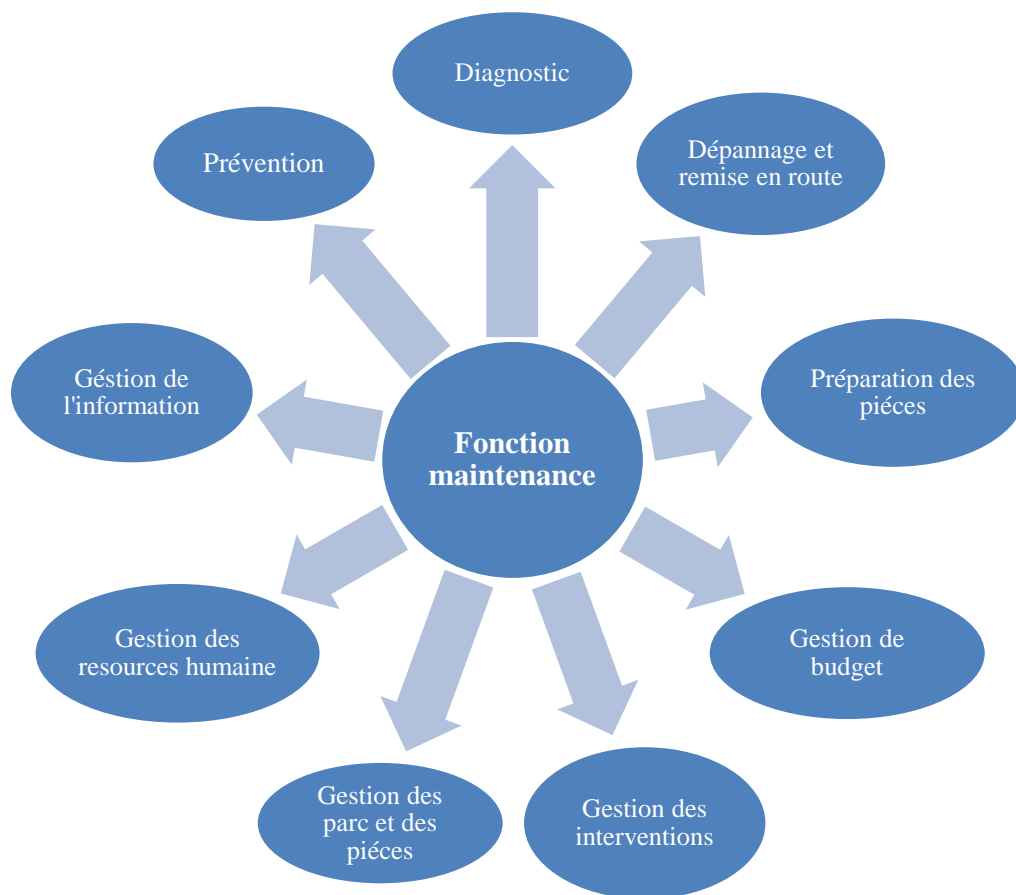


Figure 12: Les différentes tâches contenues dans la fonction maintenance



## Chapitre 1 : La maintenance implantée au sein du PMP

### I. Missions et objectifs de la maintenance mécanique

Le service maintenance mécanique au sein de PMP a pour rôle de réparer l'outil de travail mais également, de prévoir et éviter les dysfonctionnements, afin d'assurer le bon fonctionnement des outils de production. Il est à la recherche d'une qualité totale avec un coût minimum. Son but premier est de conserver la disponibilité permanente et le rendement optimum des installations.

#### 1. Organigramme hiérarchique de la structure maintenance mécanique

L'organigramme est une description fonctionnelle et hiérarchique du service maintenance mécanique.

Nous avons constaté que l'organisation du service maintenance mécanique au sein du PMP peut être structure dans le tableau ci-dessous:

Responsable Maintenance Mécanique						
Ingénieur mécanique			Ingénieur mécanique			
Secrétariat / PREPARATION						
Suivi des marchés et des budgets	Responsable unité CAP & stockage	Responsable unité AF & atelier	Responsable unité CTE & TED	Responsable unité BROYAGE	Responsable unité Section SAP	Section approvisionnement
Équipe normale			Équipes postées			
			Équipes A	Équipes B	Équipes C	Équipes D

Tableau 2: Organigramme hiérarchique du service maintenance mécanique

#### 2. Missions et objectifs des différents postes de la maintenance mécanique

##### a. Missions et objectifs de la maintenance mécanique

###### i. Missions de la maintenance

Afin de garantir la gestion optimisée du système de production, on peut entrevoir les missions qui sont assurées par le service maintenance du PMP au travers de trois facteurs primordiaux:

- **Facteur Technique** : Assurer la fiabilité et la maintenabilité, c'est-à-dire la disponibilité en général, par l'étude du comportement du matériel;



- **Facteur Économique** : Analyser précisément les coûts, directs et indirects, engendrés par les actions de maintenance, en vue d'établir des indicateurs permettant de choisir une politique adaptée;
- **Facteur Humain** : Garantir la sécurité des biens et des personnes, au travers des normes et des règlements, afin d'optimiser les conditions de travail.

De façon plus spécifique, les missions de la maintenance concernent quotidiennement :

- **La maintenance des équipements** : Actions correctives et préventives, dépannages, réparations et révisions.
- **L'amélioration du matériel dans l'optique de la qualité, de la productivité ou de la sécurité.**
- **Les travaux concernant l'hygiène, la sécurité, l'environnement et la pollution, les conditions de travail, la gestion de l'énergie...**
- **L'approvisionnement et la gestion des outillages, des rechanges...**
- **Les prestations diverses, pour la production (réalisation de montages, par exemple) ou pour tout autre service.**
- **L'entretien général des bâtiments administratifs ou industriels, des espaces verts, des véhicules...**

#### ii. Objectifs de la maintenance mécanique

Au sein du PMP on a remarqué que la maintenance s'effectue afin d'aboutir les objectifs suivants:

- **Améliorer la disponibilité de l'équipement de production par :**
  - ✓ Une diminution des pannes et défaillances et augmenter ainsi la fiabilité des équipements;
  - ✓ La mise en place d'un système de suivi des indicateurs de performances, notamment la disponibilité des équipements;
- **Éliminer les activités de maintenance non planifiées, improvisées**
- **Utiliser les méthodes de maintenance (périodiques, conditionnelles, autonome,...) en fonction de la criticité des machines pour un meilleur coût**
  - **Diminuer la probabilité des défaillances en service**
  - **Diminuer le temps d'arrêt en cas de révision ou de panne**
  - **Diminuer le budget de maintenance**
  - **Développer les compétences des personnels de maintenance et des opérateurs pour supporter la stratégie de maintenance professionnelle.**



- Créer une culture zéro défaillance
- Planifier les activités pour réduire au maximum les arrêts de production.
- Diminuer les couts de maintenance par un suivi rigoureux de tous les paramètres, qui y entrent (main d'œuvre, matières ...).

« De faire le minimum de travail nécessaire à l'élimination des pannes et à l'utilisation maximum des équipements »

### 3. Les missions des différents postes de maintenance

Le tableau ci-dessous décrit les différents postes existants au sein du service maintenance de PMP ainsi les missions exécutés par chaque poste :

Poste	Description de poste
Responsable des unités	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Suivi des activités des équipes au niveau de son atelier</li><li>➤ Veiller sur l'aspect sécuritaire au sein de l'unité (zéro accident zéro incident)</li><li>➤ Veille sur la disponibilité de son unité</li><li>➤ Élabore les plannings et les préparatifs des arrêts de son atelier</li><li>➤ Exprime et suit la situation du rechange des équipements de son atelier</li><li>➤ Contrôle et encadre les prestations faites par les sous-traitants</li><li>➤ Mise à jour des fiches de suivi des équipements</li><li>➤ Remettre au secrétariat technique la liste des travaux importants effectués durant la semaine au niveau de son atelier</li><li>➤ Veille sur tout l'engagement et objectifs de la direction :<ul style="list-style-type: none"><li>• Hygiène Sécurité environnement</li><li>• Discipline</li></ul></li></ul>
L'équipe Normal	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Établir les plannings des arrêts (arrêts froid et arrêts chaud) ;</li><li>➤ Établir les plannings des lavages;</li><li>➤ Préparation des travaux destinés aux installations (révision des équipements, travaux de réparation par mécano soudure...);</li><li>➤ Renforcement de l'équipe postée ;</li><li>➤ Assistance des travaux de révision des équipements à l'atelier par le sous-traitant.</li><li>➤ Analyse des pannes enregistrées durant j-1 ou s-1</li></ul>
Les équipes postées (équipe de dépannage):	<p>Ce sont les équipes qui assurent la maintenance corrective. Chaque équipe est composée d'un mécanicien, d'un soudeur et de deux aides d'une société sous-traitances.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Réaliser les travaux courants de maintenance des différentes unités de production ;</li><li>➤ Réaliser les travaux de la maintenance corrective ;</li></ul>



	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Exécuter les interventions spécifiques ;</li><li>➤ Intervenir pendant les grands arrêts programmés.</li></ul>
L'équipe de graissage	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Planifier les travaux de graissage préventifs et systématiques (planning annuel et mensuel) en concertation avec bureau de méthodes;</li><li>➤ Assure le suivi de graissage des équipements et déclarer toute anomalie au responsable de l'unité en question;</li><li>➤ Rédiger le rapport journalier des travaux réalisés et rectifier les écarts par rapport au planning.</li></ul>
Secrétariat	<p>Il transcrit, présente organise, classe et exploite l'ensemble ou une partie des informations du service. Ses tâches principales sont :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Suivi des pointages du personnel ;</li><li>➤ Gestion du personnel ;</li><li>➤ Gestion des courriers du service MM;</li><li>➤ Planification des travaux du personnel ;</li><li>➤ Préparation des formations ;</li><li>➤ Préparation des ouvertures de chantier avec les sociétés sous-traitantes.</li></ul>
Préparation	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Gestion des BT (Réception, enregistrement, OT, saisie main d'œuvre)</li><li>➤ Préparation et gestion des entrées/sorties du service MM</li><li>➤ Suivi et classement des plannings des arrêts</li><li>➤ Suivi des et classement des BT faits</li><li>➤ Rédiger un rapport Journalier des travaux important ou travaux provoquant arrêt installation</li><li>➤ Rédiger le rapport hebdomadaire de travaux important réalisés</li></ul>
Section Approvisionnement	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Gestion de stock</li><li>➤ Descriptif technique</li><li>➤ Achats (DAM, DPM et DPX)</li></ul>
Bureau des méthodes	<p>Le service (MM) est assisté par un bureau des méthodes dont les principales charges sont :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Contribuer dans la mise en place et le suivi des plans de maintenance;</li><li>➤ Gérer des pièces de rechange et consommables de la maintenance (Établissement listes besoins, suivi stock, réception qualitative) ;</li><li>➤ Établir les plannings des arrêts et des travaux programmés ;</li><li>➤ Assurer l'exécution de la maintenance préventive;</li><li>➤ Assurer le Suivi des équipements.</li></ul>

Tableau 3: Description des différents postes au sein du PMP



## II. Méthodes et pratique de la maintenance mécanique

### 1. Formes de la maintenance

L'analyse qu'on a effectuée à l'aide de l'expérience des agents, on a conclu que les différentes formes de la maintenance au sein du PMP reposent sur 3 concepts :

- ✓ **Les méthodes de maintenance** qui leur seront respectivement associées : maintenance préventive systématique, maintenance préventive conditionnelle, maintenance corrective
- ✓ **Les événements** qui sont à l'origine de l'action : référence à un échancier, relation à un type d'événement (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.), l'apparition d'une défaillance.
- ✓ **Les opérations de maintenance** proprement dites : inspection, contrôle, dépannage, réparation, etc.

La figure suivante présente l'organisation de différentes méthodes de service maintenance :

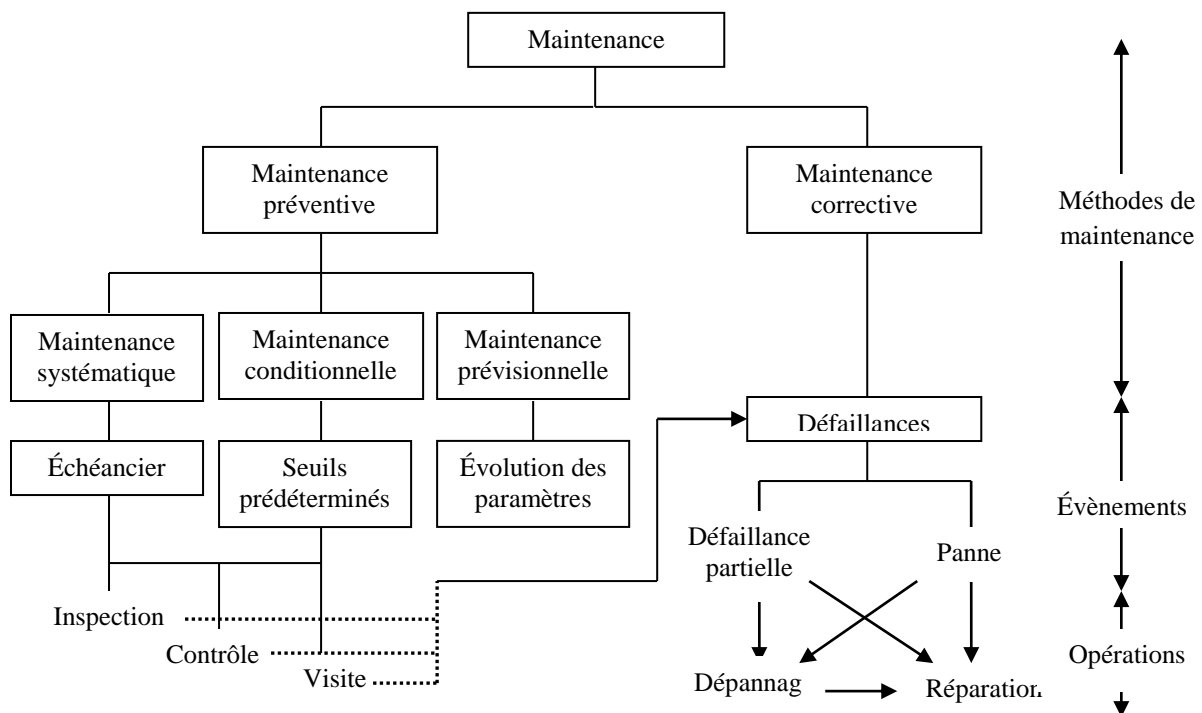


Figure 13: Organisation de différentes méthodes de service maintenance



## a. Maintenance corrective

Appelée maintenance curative, cette maintenance effectuée après la détection d'une défaillance et destinée à remettre le bien dans un état qui lui permet d'accomplir sa fonction requise, au moins provisoirement.

### Opérations de la maintenance corrective

Après apparition d'une défaillance, le maintenancier doit mettre en œuvre un certain nombre d'opérations dont les définitions sont données ci-dessous. Ces opérations s'effectuent par étapes (dans l'ordre) :

- **Test**, c'est la comparaison des mesures avec une référence,
- **Détection** ou action de déceler l'apparition d'une défaillance,
- **Localisation** ou action conduisant à rechercher précisément les éléments par lesquels la défaillance se manifeste,
- **Diagnostic** ou identification et analyse des causes de la défaillance,
- **Dépannage, réparation** ou remise en état (avec ou sans modification),
- **Contrôle** du bon fonctionnement après intervention,
- **Amélioration éventuelle**, c'est à dire éviter la réapparition de la panne,
- **Historique** ou mise en mémoire de l'intervention pour une exploitation ultérieure.

## b. Maintenance préventive

La maintenance préventive doit permettre d'éviter les défaillances des matériels en cours d'utilisation.

On constate que la maintenance préventive peut prendre différentes formes :

- ✓ Maintenance systématique
- ✓ Maintenance périodique
- ✓ Maintenance de ronde
- ✓ Auto-maintenance
- ✓ Maintenance conditionnelle
- ✓ Maintenance prévisionnelle

### i. Choix de la maintenance préventive adéquate

Le service Méthodes Maintenance devra donc mettre en place un plan de préventif provisoire qu'il affinera progressivement. Cela signifie qu'au départ, la maintenance préventive est un « apprentissage du comportement » du nouvel équipement :





- Visites systématiques,
- Prise de signatures (mesures de référence),
- Historiques des interventions,
- Mémorisation des anomalies de comportement, etc...

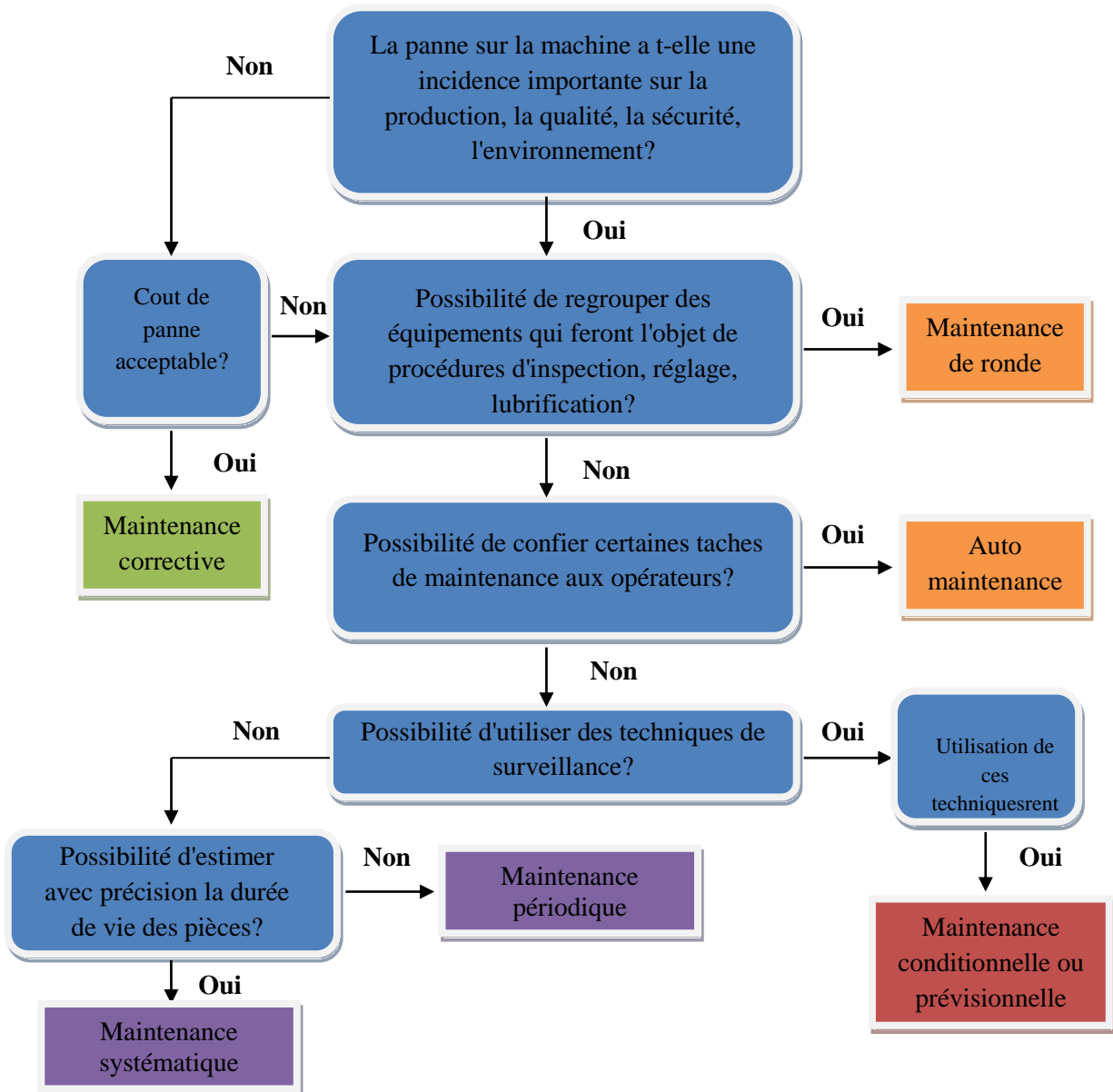


Figure 14: Algorithme de choix de la maintenance préventive

### ii. Opérations de la maintenance corrective

Après Le planning de maintenance comporte plusieurs opérations sont mis en œuvre. Ces opérations sont données ci-dessous :



- 1. Inspection** : contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien
- 2. Contrôle** : vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement.
- 3. Visite** : examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance de premier et deuxième niveau.
- 4. Test** : comparaison des réponses d'un système par rapport à un système de référence ou à un phénomène physique significatif d'une marche correcte.
- 5. Échange standard** : remplacement d'une pièce ou d'un sous-ensemble défectueux par une pièce identique, neuve ou remise en état préalablement, conformément aux prescriptions du constructeur.
- 6. Révision** : ensemble complet d'examens et d'actions réalisées afin de maintenir le niveau de disponibilité et de sécurité d'un bien.

## 2. Dépenses de la maintenance mécanique de PMP

On peut associer aux dépenses relatives à la maintenance deux catégories de causes :

### ✓ Les causes directes

Il se calcul a partir de l'ensemble des coûts relatifs à la réalisation des opérations de maintenance y compris le coût de main d'œuvre d'intervention, les frais généraux de la fonction maintenance (main d'œuvre indirecte, énergie, outillages, etc.) et travaux sous-traités sur interventions (contrats en dépense contrôlée).

- Coûts des interventions curatives donnant suite à des désordres ou pannes,
- Coûts des activités préventives destinées à préserver les équipements des dégradations.

### Pour le calcul des coûts directs :

- Les temps passés,
- Les taux horaires des intervenants,
- Les pièces et équipements de rechange.

### ✓ Les causes indirectes

Ce calcul à partir de l'ensemble des coûts engendrés par l'indisponibilité de l'installation les coûts indirects de maintenance correspondent au coût d'arrêt de la production

- Coûts de productions supplémentaires : surconsommations de consommable, coûts de non qualités dues aux fonctionnements défectueux ou aux mauvais réglages



- Pertes de production : produits non fabriqués pendant les périodes d'indisponibilité des équipements, mécontentement de la clientèle...

Le suivi des coûts relatifs à la maintenance nécessite la mise en place d'une comptabilité adéquate, et la connaissance de certains éléments, notamment :

**Pour le calcul des coûts indirects :**

- Les temps d'indisponibilité des éléments et leurs motifs,
- Les pertes de production

**a. Coûts directs de maintenance**

Les coûts directs de maintenance, qu'elle soit corrective ou préventive, correspondent aux coûts directement imputables à la maintenance, à l'exclusion des coûts résultant de l'indisponibilité et des dégradations de fonction des équipements :

- ✓ Salaires du personnel du service maintenance et charges sociales correspondantes ou *dépenses de main d'œuvre* ;
- ✓ Coûts des *fournitures de maintenance* et consommables ;
- ✓ Coûts des travaux de la *maintenance sous traités*;
- ✓ Charges financières (*frais fixes*).

Par définition le total des coûts de la maintenance s'exprime par la somme de tous les coûts décrite au-dessous.

$$C = CMO + CFM + CMS + CFF$$

**i. Coût de main d'œuvre**

Les dépenses en main d'œuvre sont calculées en multipliant le taux horaire par le temps passé.

**Temps passés** : ils sont normalement saisis sur les BT ;

**Taux horaires** : C'est les frais fixes de l'atelier ramené à l'heure de l'activité : Il est calculé en divisant les dépenses fixes de l'atelier de maintenance (salaires, charges sociales, heures supplémentaires, primes...) par le nombre des heures travaillées.

Nous avons donné pour le calcul du coût de main d'œuvre d'intervention au sein de PMP la relation suivante:

$$CMO = \text{nbr agents} \times \text{nbr d'heure de travail} \times \text{coût en heure (DH)}$$

**ii. Coûts des pièces de rechange**

On distingue :



- Pièces de rechange consommables
- Pièces de rechange de la marque

Coût des pièces de rechange PMP :

$$\text{CFM} = \text{nbr de pièces} \times \text{prix unitaire (DH)} + \text{les charges supplémentaires} + \text{coût de stockage}$$

### **Pièces de rechange consommables**

Ce sont les articles de maintenance dont la consommation est relativement régulière :

On trouve :

#### Les pièces de rechange lors de l'intervention :

- Les accouplements ;
- Les garnitures mécaniques : les joints, les tresses ;
- Roulements ;

#### Les consommables et produits utilisés :

- Fixation : les visseries, les tiges, les boulons, les rondelles, les écrous ;
- Lubrifiants et Graisses ;
- Les électrodes, les meules ;
- Transmission : les courroies,
- Les dilueurs d'acide ;
- Chiffons...

### **Pièces de rechange de la marque**

On distingue :

- Les pompes, les vannes ;
- Les agitateurs, les racleurs ;
- Broyeur ;
- Les bacs, les réservoirs ;
- Les compresseurs ...

### iii. Coûts des travaux de la maintenance sous traités

Ils comprennent :

- Le coût des contrats de maintenance ; ce coût est généralement négocié à l'année ;



- Le coût des travaux sous-traités, car la facture du prestataire comprend outre les pièces et la main d'œuvre, l'assistance technique (hot line téléphonique, etc..), le prêt de matériel spécifique(nacelle, monte-charge, etc..), etc...

$$\text{CMS} = \text{Qté réalisée pour chaque opération} \times \text{Prix unitaire}^* \text{ (DH)}$$

\* le prix unitaire diffère d'une opération à autre, il est mis en accord dans le contrat entre le sous-traitant.

### b. Coûts indirects de la maintenance

Les coûts indirects intègrent toutes les conséquences économiques induites par un arrêt propre d'un équipement de production.

#### i. Les coûts de perte de production

Ce coût exprime le manque à gagner de production. On peut associer pour le calcul de ce coût la relation suivante:

Si  $T_i$  = temps d'indisponibilité exprimé en heures et  $T_h$  = taux horaire exprimé en DH/heure, alors:

$$C_p = T_i \times T_h$$

#### ii. Autres coûts indirects

Au sein du PMP il existe d'autres coûts indirects liés à la maintenance, par exemple:

- Coûts de la main d'œuvre inoccupée pendant le temps  $T_i$
- Coût de non-qualité : non-qualité de production provoquée par la défaillance des équipements de production (coûts des rebuts et/ou retouches).
- Frais de redémarrage de la production : le redémarrage induit une perte de matière et une non-qualité (rebut).

### III. Processus de budgétisation au niveau de la maintenance mécanique au PMP

Le budget du service maintenance est une somme que l'on prévoit en vue de maintenir la disponibilité des équipements ainsi que la qualité des produits fabriqués. Le tableau ci-dessous fait apparaître la composition d'un budget maintenance que nous avons constaté.

Budget projet = ensemble des coûts liés à la réalisation du projet sur tout son cycle de vie

Fonctionnement	Investissement
----------------	----------------



Main d'œuvre interne Encadrement Pièces de rechange Consommables Prestations externes Fluides Formation	Modernisation des machines Amélioration Dépenses exceptionnelles Matériel maintenance inventoriable
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Tableau 4: La composition d'un budget maintenance**

Il appartient au chef du service maintenance de budgétiser son service par année civile.

Le budget de la maintenance au sein du PMP, on peut le composer de la manière suivante :

- CAPEX : Le budget des immobilisables (budget d'investissement)
- OPEX : Le budget opérationnel (budget de fonctionnement)

## **1. Elaboration d'un budget CAPEX**

Pour élaborer le budget des CAPEX, on se basant sur les éléments suivants :

- ✓ Les plans de maintenance
- ✓ La fiabilité des équipements
- ✓ La disponibilité des équipements
- ✓ Le renouvellement des équipements
- ✓ La reconstitution de réserve

## **2. Elaboration d'un budget OPEX**

### **a. Budget des PDR (marque et consommables)**

- ✓ L'historique de consommation
- ✓ Les plans de maintenance
- ✓ Les modifications

### **b. Opérationnel (convention)**

- ✓ L'historique des interventions
- ✓ Le planning de la maintenance préventive et la maintenance corrective (inspection)
- ✓ Projets d'amélioration



## IV. La documentation en maintenance au sein du PMP

La documentation est un des piliers de la fonction maintenance, il est indispensable pour avoir une bonne connaissance du matériel, prendre en compte tous les équipements nécessitant un suivi, une politique de maintenance et/ou un stockage de pièces de rechange.

La documentation intervient donc à tous les niveaux du service maintenance :

- Dossiers techniques pour la préparation d'interventions plus efficaces et plus sûres,
- Modes opératoires pour les interventions proprement dites,
- Dossiers historiques pour la politique de maintenance à mettre en place (traçabilité des interventions et analyse du comportement des équipements),
- Catalogues constructeurs pour la gestion du stock maintenance,
- Etc...

La structure générale de la documentation du service maintenance au sein du PMP est donnée par la figure ci-dessous.

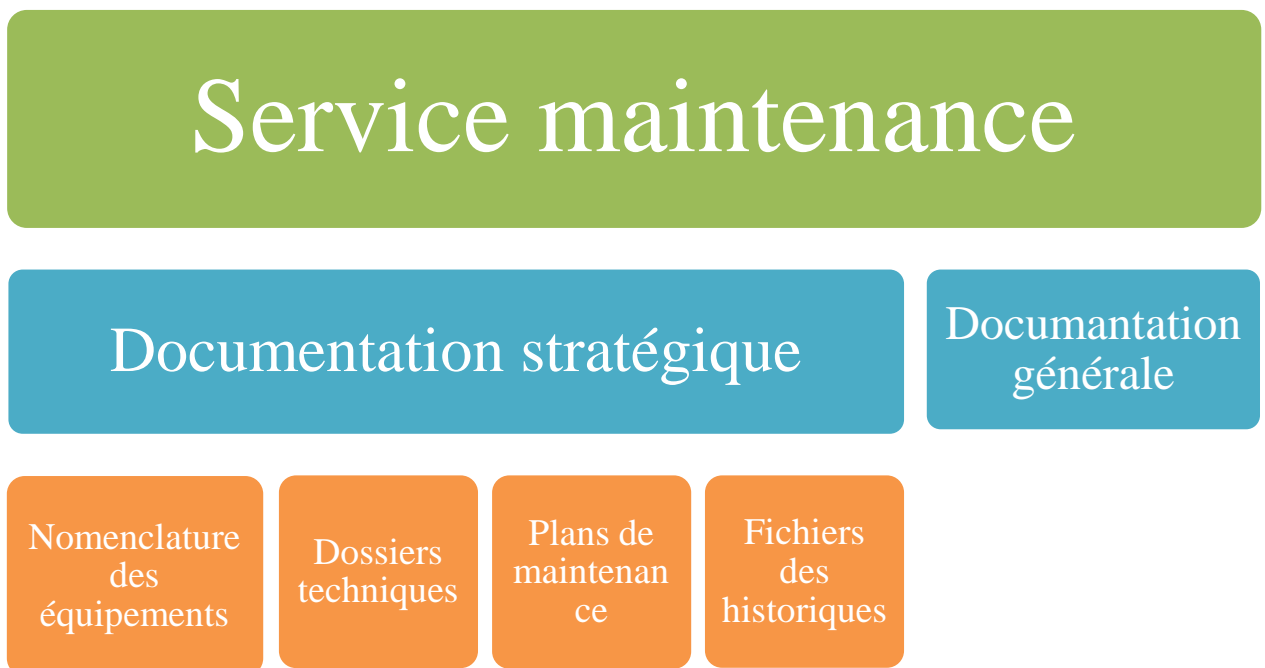


Figure 15: La structure générale de la documentation au PMP

Cette documentation se décompose en deux grandes parties : la documentation générale et la documentation stratégique.

### 1. Documentation Générale

Elle comprend tous les documents techniques qui ne sont pas affectés à des matériels particuliers, mais qui sont nécessaires aux maintenanciers pour répondre à des questions techniques plus générales. Elle contient en particulier :



- Technique fondamentale
- Ouvrages plus spécialisés
- Revues techniques
- Normes (internationales et nationales)
- Catalogues de fournisseurs

## **2. Documentation Stratégique**

Elle se décompose en quatre grandes parties :

- La nomenclature des équipements ou inventaire du parc matériel,
- Le dossier technique des équipements (DTE),
- Le plan de maintenance des équipements,
- Le fichier des historiques.

### **a. Nomenclature des équipements**

Tous les matériels et biens durables de l'entreprise doivent être inventoriés, classés et codifiés (L'apport de l'informatique GMAO facilite cette tâche)

Elle Facilite :

- l'établissement des budgets de maintenance
- la mise en place de plans de maintenance préventive
- l'inventaire

### **b. Le dossier technique des équipements (DTE)**

Le dossier technique d'un équipement est fourni par le constructeur de l'équipement (exigences contractuelles). Il doit être défini dans le cahier des charges.

Ce dossier énumère et définit l'ensemble complet des documents et renseignements à prendre en considération lors de l'acquisition d'un bien afin de rendre possible l'organisation de sa maintenance.

Elle comporte

- documents achats dont cahier des charges,
- caractéristiques techniques,





- factures pour la garantie,
- catalogue des pièces détachées
- liste des pièces critiques avec référence et leur coût,
- plans de toutes sortes (ensemble, détail, montage/installation, vues éclatées) et schémas (fonctionnels, techniques)
- le mode d'emploi,
- les notes d'entretien,
- matériel de maintenance préconisé
- équipements d'intervention et de mesure
- liste des outillages spéciaux
- listings des programmes
  - automates
  - informatiques

### **c. Plan de maintenance d'un équipement**

Le plan de maintenance doit comprendre tous ce qui est nécessaire aux maintenanciers dans leurs activités quotidiennes.

Ses objectifs :

- adapter la documentation à la notion de risque (perte de disponibilité de l'équipement)
- limitation des pertes de temps lors des interventions

### **d. Fichier historique de l'équipement**

Partie de la documentation de maintenance qui enregistre les défaillances, pannes et informations relatives à la maintenance d'un bien. Elle retrace la vie du matériel en indiquant chronologiquement tous les faits marquants de maintenance ainsi que les améliorations qui auront été apportées à l'équipement depuis sa mise en service (historique des modifications, DI, OT, AT, rapports d'expertise, etc...)

### **e. Les dossiers de sous-traitant**

Description technique, convention contrats, et tous documents associés aux travaux confiés à des entreprises.



## **Chapitre 2 : Pilotage de l'activité de la maintenance mécanique**

Les performances de l'activité de maintenance sont pilotées par des indicateurs de suivi de maintenance et des tableaux de bord qui permettent d'assurer la Performances des équipements et efficacité du service de maintenance.

### **I.Qu'est-ce qu'un indicateur de performance ?**

Les indicateurs de performance constituent des critères, des points de repères qui permettent de constater la progression vers un but défini. Il doit y avoir un lien entre l'indicateur et l'objectif à atteindre, on cherche à mesurer le progrès réalisé.

Ils sont utilisés comme outils de gestion et pilotage de la performance. Ils sont utilisés comme un outil de gestion de performance, mais aussi comme un outil de motivation. Ils donnent à chacun dans l'organisation une image claire de ce qui est important, de la situation qu'il doit atteindre.

### **II.Pourquoi ces indicateurs ?**

Comme dans toutes entreprises, il est normal de pouvoir contrôler l'évolution dans un sens comme dans l'autre des process aussi bien que des hommes. Les indicateurs servent de référence, de base vers une évolution positive et permettra de poser de manière quantitative les objectifs à atteindre.

Ces indicateurs permettent également aux services annexes à la maintenance de comprendre et d'avoir une vision plus concrète des efforts réalisés.

### **III.Les critères de choix d'un indicateur de performance**

Mettre en place des indicateurs de performance c'est s'assurer :

- ❖ La visibilité de la performance et de l'objectif stratégique.
- ❖ La rapidité dans les prises de décision.
- ❖ Le pilotage efficace par le management.
- ❖ Le travail en équipe sur la base d'objectifs partagés et mesurables.

Les bons indicateurs répondent en conséquence à la définition SMART et encouragent à produire des résultats et à réaliser des actions d'amélioration. Ils sont en outre rapidement disponibles et faciles à mesurer.

Utilisez les mots clés ci-dessous pour sélectionner des indicateurs de performance clés efficaces :



- ✓ **Spécifique** : Sélectionnez des indicateurs de performance clés clairs, précis, bien décrits et compréhensibles par les opérateurs pour éviter les interprétations erronées.
- ✓ **Mesurable** : Sélectionnez des indicateurs de performance clés qui peuvent être quantifiés et comparés à des objectifs spécifiques.
- ✓ **Atteignable** : Sélectionnez des indicateurs de performance clés atteignables, raisonnables et plausibles dans les conditions attendues.
- ✓ **Réaliste** : Sélectionnez des indicateurs de performance clés adaptés aux contraintes de l'organisation.
- ✓ **Temporel** : Sélectionnez des indicateurs de performance clés qui peuvent être évalués et faire l'objet de rapports dans les temps pour être utiles à l'organisation.

Ces indicateurs sont regroupés sous forme de **tableaux de bord**.

#### IV. Performance de l'outil de production

Les pertes de performances de l'outil de production se mesurent ou se ramènent à des temps perdus :

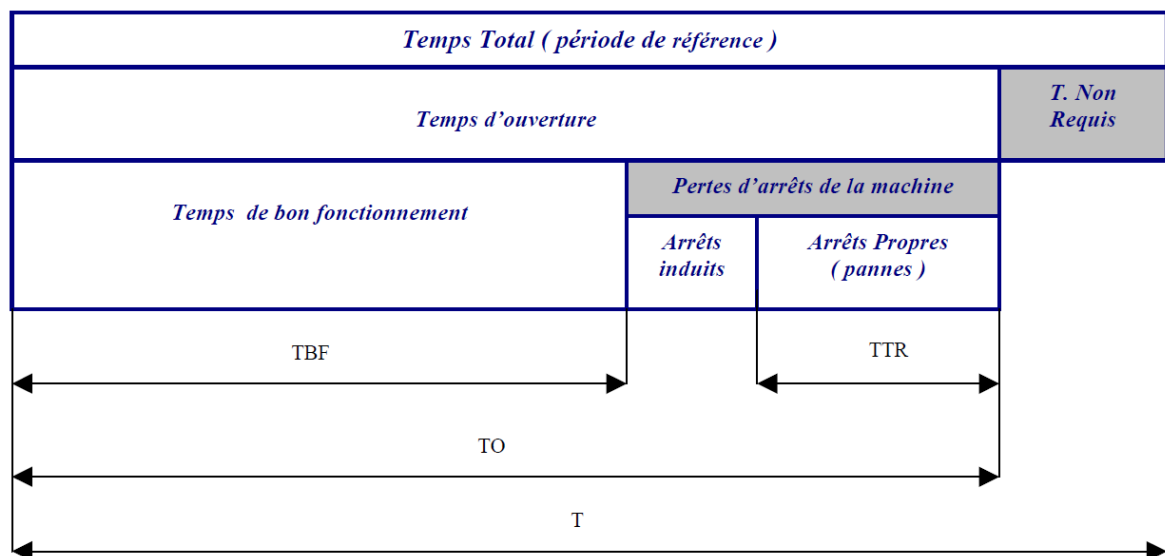


Figure 16: Les pertes de performances de l'outil de production

**Temps total disponible** : est défini par période de référence

Poste :  $T = 8h$  ; Jour :  $T = 24 h$  ; semaine :  $T = 24h * 7$  jours ; année :  $T = 24h * 365$  jours.

**Temps d'ouverture**

L'organisation sociale du travail ainsi que l'organisation interne et les plans de production réduisent le temps total annuel disponible à un temps « requis » ou un temps d'ouverture « TO » pendant lequel le système de production est supposé répondre à la demande.

**Arrêts propres sur pannes**



Ce sont les temps propres d'indisponibilité associés aux interventions de maintenance planifiées et non planifiée.

### Arrêts induits

Ces arrêts sont extrinsèques, généralement liés à l'organisation et aux aléas de production.

### Taux de défaillance

Le taux de défaillance peut se calculer de manière probabiliste avec le MTBF :

$$L = 1 / \text{MTBF}$$

Mais pour un cas concret sur un essai on utilise :

$$L = \text{Nb de défaillances} / \text{durée d'usage}$$

### Taux de réparation

Le taux de réparation mu se calcule à partir du MTTR :

$$\text{Mu} = 1 / \text{MTTR}$$

### T.R.S (Taux de rendement synthétique)

Cet indicateur est très utile car il permet de déterminer l'efficacité d'un moyen de production.

La base de calcul est temporelle et voici les 4 temps utiles au calcul des 3 taux :

**A=Le temps d'ouverture**

**B=Le temps brut de fonctionnement (A - pertes par arrêts)**

**C=Le temps net de fonctionnement (B - pertes par ralentissement)**

**D=Le temps utile (C - pertes par défaut)**

Le TRS est le produit de 3 taux intermédiaires que nous allons détailler :

### Le taux de production :

$$B/A = (\text{Temps d'ouverture}(A) - \text{temps des arrêts}) / \text{Temps d'ouverture}(A)$$

### Le taux de performance:

$$C/B = (\text{Temps de cycle théorique} * \text{Nb de pièces produites}) / \text{Temps brut de fonctionnement}(B)$$

### Le taux de qualité:

$$D/C = (\text{Nb de produits fabriqués bon}) / (\text{Nb de produits fabriqués} - \text{Nb de produits mauvais})$$



### Calcul du TRS:

$$\text{TRS} = (D / A) = (B / A) * (C / B) * (D / C)$$

On considère 80% de TRS comme un niveau d'excellence dans l'industrie.

## V. Indicateurs de suivi de la maintenance mécanique

Les indicateurs qu'on a mis en place dans PMP pour assurer le bon fonctionnement de ses équipements sont :

- Disponibilité (D)
- Fiabilité (MTBF,  $\lambda$ )
- Maintenabilité (MTTR,  $\mu$ )
- Taux de DI réalisée/ demandée

### 1. Disponibilité

La disponibilité est l'un des principaux critères d'évaluation de la performance de l'outil de production, liée à la maintenance. Elle représente l'aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, durant un intervalle de temps donné en supposant que la fourniture des moyens extérieurs, autres que la logistique de maintenance, est assurée.

La disponibilité d'un dispositif est une aptitude à être en état de fonctionner dans des conditions données à un instant t.

L'indicateur de base de mesure de la disponibilité est présenté par la formule suivante :

$$D = \frac{\text{Moyenne des temps de bon fonctionnement}}{\text{Moyenne des temps de bon fonctionnement} + \text{Moyenne des temps de réparation}} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

L'unité de la disponibilité est le % qui doit se rapprocher de la valeur optimale 100.

### 2. Fiabilité

La fiabilité est l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise dans des conditions données, durant un intervalle de temps donné.

Pour mesurer la fiabilité d'un équipement on utilise MTBF comme indicateur, il désigne le temps moyen entre défaillances. Il est représenté par la formule suivante :

$$MTBF = \frac{\text{somme des temps de bon fonctionnement}}{\text{nombre de défaillances}}$$



### 3. Maintenabilité

Dans des conditions données d'utilisation, c'est l'aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits

La maintenabilité se traduit par l'aptitude d'un bien à avoir un faible temps de réparation

Pour mesurer la maintenabilité d'un équipement on utilise la MTTR comme indicateur, il désigne le temps moyen de réparation il est représenté par la formule suivante :

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Temps d'arrêt total}}{\text{nombre d'arrêts}}$$

### 4. Le rendement des travaux en maintenance mécanique

Le service maintenance mécanique reçoit chaque jour dans l'oracle des demandes d'intervention viennent des sales de contrôle de chaque unité et principalement par le service production.

Ces demandes doivent normalement être réalisées dans la période demandée

Le service a utilisé comme indicateurs de performance du service le rendement des travaux demandés ou bien le taux des DI réalisée sur les DI demandée:

$$T = \frac{DI_{réalisée}}{DI_{demandée}}$$

Cet indicateur permet de visualiser clairement le rendement du service chaque jour en termes des travaux réalisés et des DI clôturées.

## VI.Exemple d'application: unité broyage

Afin de concrétiser et de mettre en valeur notre travail, nous sommes orientés vers le calcul des indicateurs suivants MTBF, MTTR et la disponibilité de l'unité broyage pendant la durée entre 01/02/2016 jusqu'à 27/04/2016.

### 1. Données et résultats obtenue

Le tableau ci-dessous représente les données ainsi que les résultats obtenus:



Date	Les heures de marches	Arrêt total (h)	Nbr de défaillance	Nbr d'arrêt	MTBF(h)	MTTR(h)	Disponibilité (%)
01/02/2016	0,00	48	13	1	0	48	0%
02/02/2016	35,42	12,58	6	1	5,902777778	12,58	32%
03/02/2016	45,92	2,08	2	1	22,95833333	2,08	92%
04/02/2016	45,67	2,33	2	2	22,83333333	1,165	95%
05/02/2016	47,50	0,5	2	1	23,75	0,5	98%
09/02/2016	42,08	5,92	8	2	5,260416667	2,96	64%
10/02/2016	46,75	1,25	1	1	46,75	1,25	97%
13/02/2016	47,08	0,92	1	1	47,08333333	0,92	98%
16/02/2016	43,00	5	3	2	14,33333333	2,5	85%
17/02/2016	13,50	34,5	11	2	1,227272727	17,25	7%
20/02/2016	46,25	1,75	1	1	46,25	1,75	96%
22/02/2016	46,92	1,08	1	1	46,91666667	1,08	98%
25/02/2016	47,08	0,92	1	1	47,08333333	0,92	98%
29/02/2016	47,08	0,92	1	1	47,08333333	0,92	98%
01/03/2016	47,42	0,58	1	1	47,41666667	0,58	99%
02/03/2016	26,75	21,25	2	2	13,375	10,625	56%
03/03/2016	46,67	1,33	3	1	15,55555556	1,33	92%
04/03/2016	44,67	3,34	3	2	14,88888889	1,67	90%
06/03/2016	42,92	5,08	5	1	8,583333333	5,08	63%
08/03/2016	47,08	0,92	1	1	47,08333333	0,92	98%
09/03/2016	46,92	1,08	1	1	46,92	1,08	98%
10/03/2016	47,08	0,92	2	1	23,54166667	0,92	96%
11/03/2016	47,33	0,67	1	2	47,33333333	0,335	99%
12/03/2016	45,08	2,92	1	1	45,08333333	2,92	94%
13/03/2016	44,58	3,42	1	1	44,58333333	3,42	93%
14/03/2016	44,92	3,08	3	2	14,97222222	1,54	91%
15/03/2016	25,17	22,83	4	2	6,291666667	11,415	36%
16/03/2016	45,00	3	2	2	22,5	1,5	94%
17/03/2016	47,33	0,67	1	1	47,33333333	0,67	99%
21/03/2016	47,25	0,75	1	1	47,25	0,75	98%
23/03/2016	47,58	0,42	1	1	47,58333333	0,42	99%
24/03/2016	46,83	1,17	1	1	46,83333333	1,17	98%
29/03/2016	46,67	1,33	2	1	23,33333333	1,33	95%
30/03/2016	47,50	0,5	1	1	47,5	0,5	99%
31/03/2016	25,67	22,33	3	2	8,555555556	11,165	43%
01/04/2016	46,25	1,75	1	1	46,25	1,75	96%
02/04/2016	45,42	2,58	3	1	15,13888889	2,58	85%
03/04/2016	46,92	1,08	1	1	46,91666667	1,08	98%
04/04/2016	45,67	2,33	2	1	22,835	2,33	91%
05/04/2016	43,83	4,17	5	2	8,766	2,085	81%



06/04/2016	47,08	0,92	1	1	47,08333333	0,92	98%
07/04/2016	46,42	1,58	1	1	46,41666667	1,58	97%
10/04/2016	47,50	0,5	1	1	47,5	0,5	99%
11/04/2016	46,50	1,5	1	1	46,5	1,5	97%
12/04/2016	47,00	1	1	1	47	1	98%
13/04/2016	36,83	11,16	3	2	12,27777778	5,58	69%
14/04/2016	38,00	10	6	1	6,333333333	10	39%
15/04/2016	47,67	0,33	1	1	47,66666667	0,33	99%
16/04/2016	41,08	6,92	2	1	20,54166667	6,92	75%
17/04/2016	32,67	15,33	9	2	3,62962963	7,665	32%
18/04/2016	46,00	2	2	1	23	2	92%
20/04/2016	47,17	0,83	1	1	47,16666667	0,83	98%
22/04/2016	45,33	2,67	2	1	22,66666667	2,67	89%
24/04/2016	47,17	0,83	2	1	23,58333333	0,83	97%
27/04/2016	47,00	1	1	1	47	1	98%

Tableau 5: Tableau de mesures de la disponibilité de l'unité broyage

Le graphique ci-dessous représente la disponibilité de l'unité broyage pendant la durée entre 01/02/2016 et 27/04/2016:

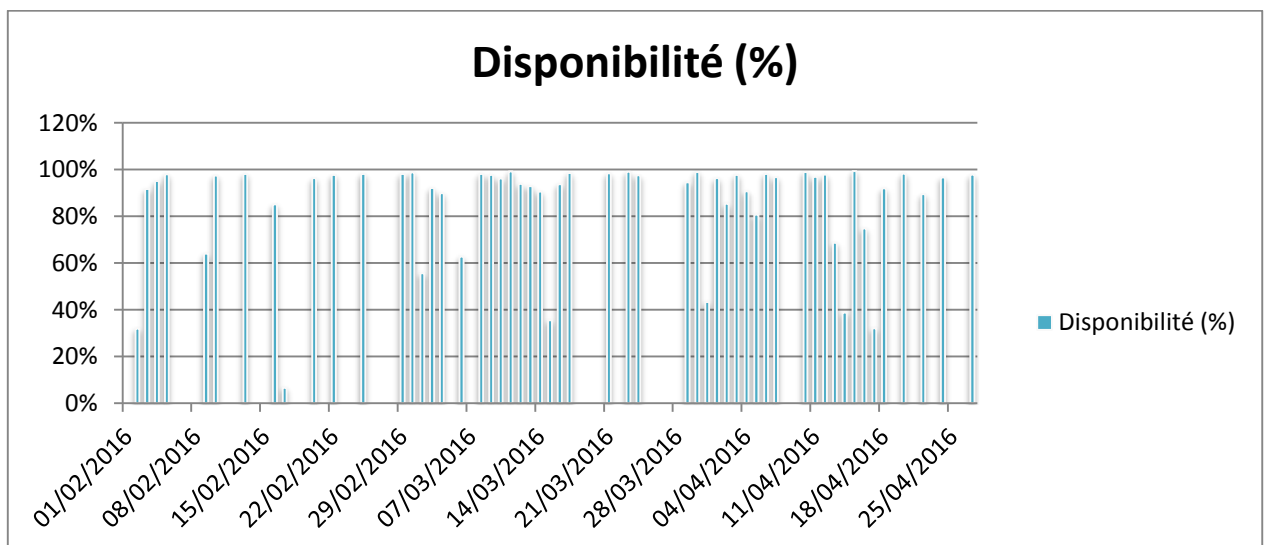


Figure 17: Graphique de la disponibilité de l'unité broyage

## 2. Conclusion

Pour améliorer la performance de l'outil de production il faut se baser sur d'autres indicateurs tels que la productivité du personnel de maintenance (taux d'absentéisme, taux de formation, taux des heures supplémentaires...) pour mieux visualiser la problématique et mettre en place des plans d'actions requises et adéquates.





## **Chapitre 3 : Gestion des équipements**

---

La gestion des équipements permet de rendre la fonction maintenance et la fonction production plus efficace et plutôt plus productive.

Elle consiste à :

- Connaitre l'installation (ses différents composants et PDR) et posséder un inventaire complet de tous les équipements et parc matériel ( les biens immobilisés)
- Elaborer une bonne gestion des interventions correctives et préventives
- Saisir, mettre à jour et exploiter l'historique de ces interventions

### **I. Inventaire des équipements**

L'inventaire et sa codification constituent la première phase vers une gestion rigoureuse de la maintenance. Il va conditionner toutes ses fonctionnalités : par exemple, une intervention corrective sera imputée en temps et en coût à un équipement donné par sa codification.

L'inventaire des biens durables d'un site industriel est une nomenclature codifiée de tous les équipements à maintenir.

Une telle nomenclature va faciliter l'établissement des budgets de maintenance, la mise en place de plans de maintenance préventive et plus généralement des méthodes maintenance.

#### **1. Codification du parc matériel**

La codification est l'identification principale de l'équipement dans la société. Cette codification doit être simple et doit se présenter d'une façon structurée.

Cela consiste à donner à chacun des articles utilisés dans l'entreprise, un symbole qui permettra de connaître avec précision ces caractéristiques.

Le groupe OCP utilise une codification par emploi, c'est une codification qui groupe hiérarchiquement les articles conformément à leur emploi et à leur destination.

Elle décompose l'installation, l'équipement, l'ensemble, ou les sous-ensembles jusqu'aux éléments les plus petits, comme les vis, les roulements, les joints, les flexibles, les raccords, etc...



Le schéma ci-dessous décrit la démarche de la codification au sein du PMP :

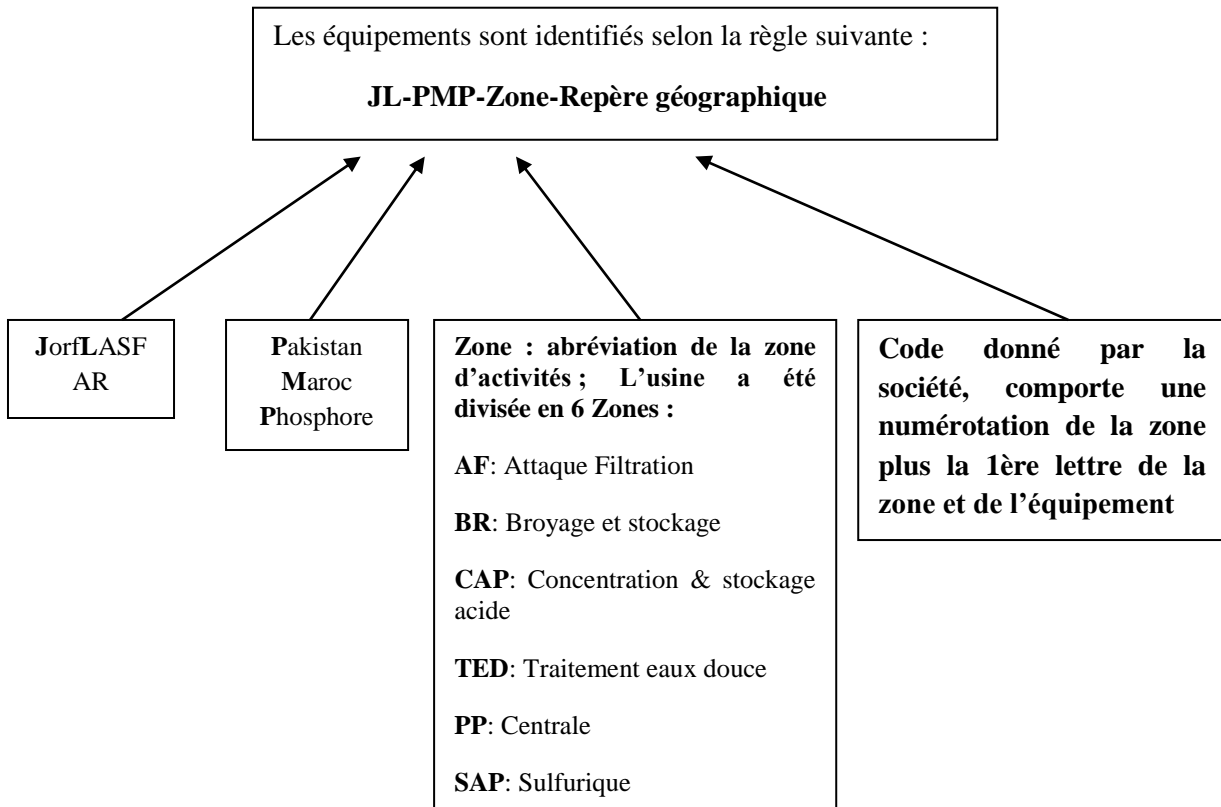
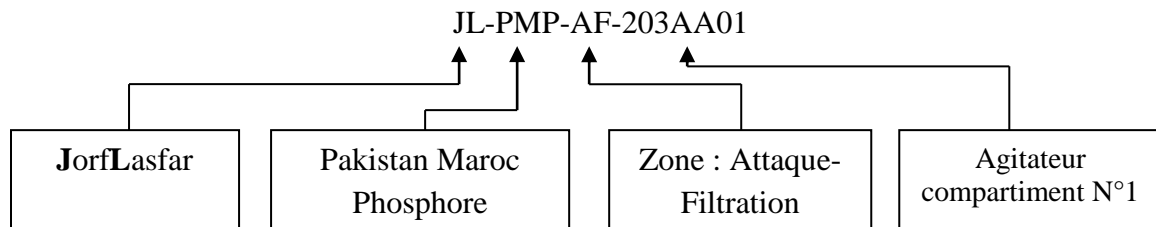


Figure 18: Schéma de codification au sein du PMP

**Exemple :**



**2. Inventaire du parc matériel**

L'inventaire des équipements consiste à:

- ✓ Identifier l'ensemble des biens à entretenir ;
- ✓ Définir des zones géographiques pour la localisation des équipements.

Ci-joint le fascicule de codification et l'inventaire qu'on a réalisé pendant notre période de stage **ANNEXE1**

**II. Gestion des interventions de maintenance mécaniques**

Pour une meilleure gestion des interventions, il fallait élaborer les manuels suivants :



- ✓ Manuel des interventions
- ✓ Manuel des pièces de rechange
- ✓ Manuel des compétences
- ✓ Manuel de gestion de l'historique des interventions

## 1. Manuel des interventions

Le manuel des interventions est constitué d'un ensemble des fiches des interventions effectuées sur l'équipement de travail; ainsi il décrit la démarche avant, en cours et après l'intervention.

Le manuel qu'on a élaboré se compose de deux parties essentielles:

- ✓ La procédure pour réaliser une intervention quelconque.
- ✓ La procédure pour réaliser une intervention préventive.

### a. La procédure d'intervention aux pannes au sein du PMP

Pour une meilleure conduite de service mécanique, on a proposé aux responsables la démarche suivante, afin de fluidifier le flux entre le service production et service maintenance.

#### i. Demande d'intervention

La demande d'intervention ou demande de travail est la communication d'un besoin entre le demandeur et la maintenance.

**Objectif** : adresser une action à la maintenance.

**Personnes concernées** : tout demandeur d'une action à la maintenance.

**Exigences** :

Après que le chef d'équipe de la production a été informé de l'anomalie, il accède à l'application GMAO par un mot de passe. Il accède directement à la DI (demande d'intervention). Il saisit :

- Le nom de demandeur...
- Il sélectionne l'équipement en ayant accès.
- Le logiciel indique les demandes en cours sur l'équipement sélectionné.
- Il indique la date souhaitable de réalisation. Il peut sélectionner le destinataire de la demande.
- Le logiciel enregistre la date et l'heure de saisie, non modifiable.
- Il sélectionne la criticité de l'intervention (exemple : production arrêtée, sécurité...)
- Le statut de la demande devient demande en cours.



- Il doit être possible au demandeur de suivre le déroulement ou la prise en compte de sa demande. Les différents changements de statut de l'OT (ordre de travail) correspondant sont indiqués dans la DI à l'origine de l'OT.

#### ii. Réception des demandes d'intervention

**Objectifs** : réceptionner ou adresser les demandes d'intervention.

**Personnes concernées** : responsable de maintenance, service méthode maintenance.

**Exigences** :

- Un clic sur la DI permet de voir les OT associés s'il y en a ;
  - Passage au statut (refusée) de la DI avec justificatifs dans le texte libre ;
  - Passage au statut (à préparer) ou (à lancer) quand on peut intervenir tout de suite. Cela donne lieu à la création en automatique d'un OT ;
  - Avoir un avertissement si une DI ou un OT est déjà en cours sur cet équipement.

#### iii. Préparation d'un OT

**Objectifs** : définir les moyens humains et matériels nécessaires à une intervention.

**Personnes concernées** : responsable de maintenance, service méthode maintenance.

**Exigences** :

- Le préparateur sélectionne une DI <à préparer> et se positionner sur l'OT correspondant ou crée directement un OT ;
- Les informations suivantes sont rajoutées dans l'en-tête de l'OT :
  - Dates de début et de fin des travaux (modifiables lors de la planification)
  - Le coût total de l'OT sera calculé automatiquement en fonction du détail des travaux et opérations à réaliser ;
- Le logiciel doit proposer des opérations préétablies notamment pour les procédures de sécurité ou de consignation ;
- Le travail à réaliser est décrit sous forme d'une liste d'opérations :
  - Un numéro d'ordre ;
  - Désignation du travail à accomplir (mode opératoire) ;
  - Métiers, compétences, habilitations nécessaires ;
  - Début et fin du travail prévu (optionnel mais modifiable par la planification) ;
  - Outillages spécifiques.



- Sélection des pièces détachées : le logiciel propose la liste des pièces à travers de la nomenclature de l'équipement concerné ou en recherchant dans un magasin.
- On détermine les exécutants de travail soit par une équipe de l'OCP soit par une équipe sous-traitant.

#### iv. Planification d'un OT

**Objectifs** : positionner un OT dans le temps en tenant compte de la charge de travail de la maintenance et des contraintes de la production.

**Personnes concernées** : responsable de maintenance, service méthode maintenance.

**Exigences** :

- Le planificateur sélectionne un OT déjà préparé ;
- Le logiciel lui propose des dates au plus tôt en fonction de la disponibilité des ressources : matériel et personnel avec prise en compte des commandes en cours avec date prévue de livraison ;
- Le planificateur passe l'OT en statut (planifié). La DI passe automatiquement en statut (planifié) quand tous les OT associés à cette DI sont planifiés.

#### v. Lancement d'un OT

**Objectifs** : par semaine, organiser les activités en prenant compte les OT planifiés ou non.

**Personnes concernées** : responsable de maintenance, contremaître.

**Exigences** :

- Vérification des disponibilités (matériel et ressources).
- L'OT passe en statut (lancé).
- La DI à l'origine de l'OT passe automatiquement en statut (lancé) quand tous les OT associés à cette DI sont lancés.

L'OT sera exécuté suite à une autorisation de travail de la part d'unité de production après vérification des consignes de sécurité (lieu, date, sécurité : circuit vidangé, coupure électricité, aération...)

#### vi. Clôture des OT

**Objectifs** : clore un OT, et il faut absolument éviter la constitution des OT non clôturés

**Personne concernée** : responsable de maintenance, intervenant, service maintenance, contremaître.  
Après exécution des travaux l'équipe de maintenance rendre le coupon fin de travaux.

Le schéma ci-dessous décrit en chronologie la procédure d'intervention aux pannes au sein du PMP :

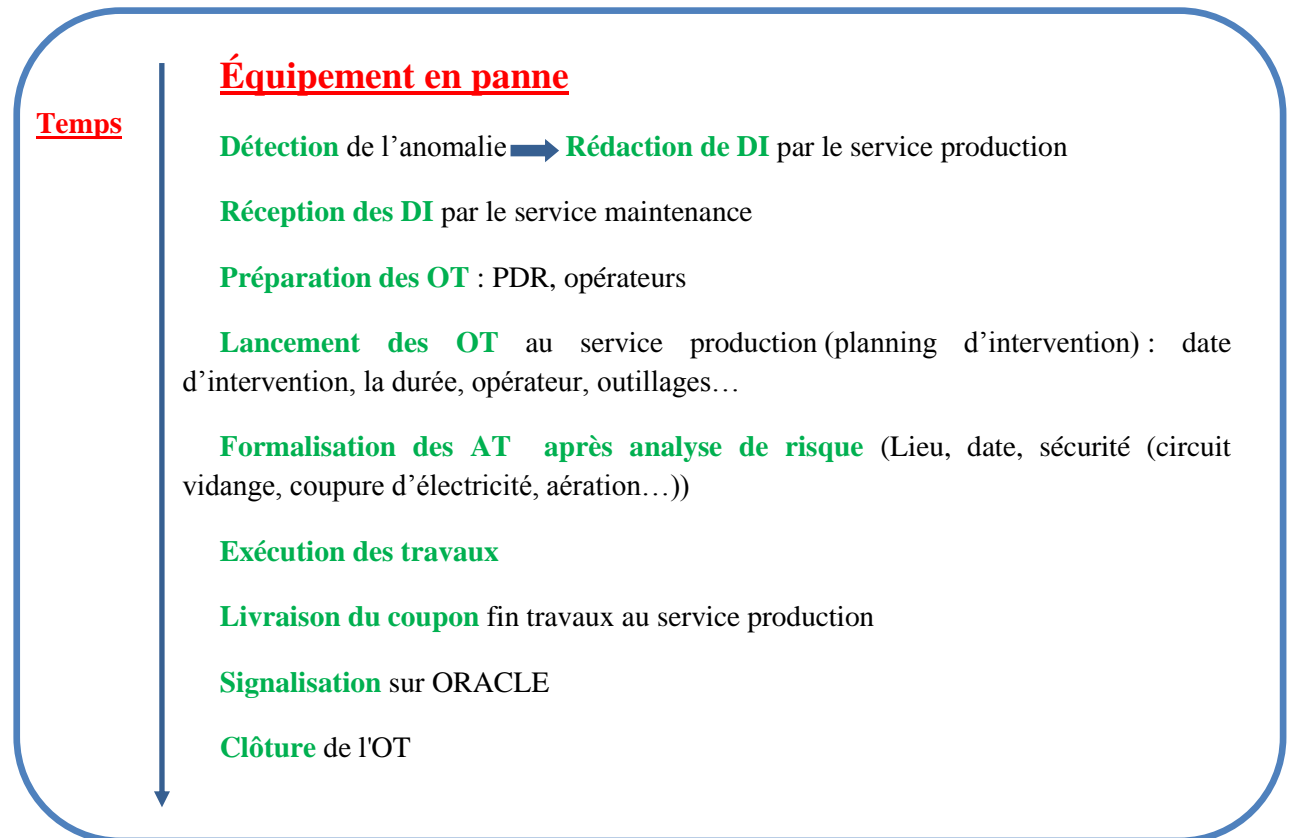


Figure 19: La procédure proposée d'intervention aux pannes au sein du PMP

➤ **Détection de l'anomalie**

Il s'agit de la détection de l'anomalie par un agent d'unité de production durant la tournée dans l'installation.

➤ **Formalisation du Bon de Travail (DI)**

Après que le chef d'équipe de la production a été informé de l'anomalie, ce dernier formalise le DI et l'envoie à la réception du service maintenance mécanique.

➤ **Enregistrement du DI**

Suite à l'enregistrement des demandes d'interventions (enregistrement de numéro du DI, date de réception, et la section) par la réception du service mécanique, ce dernier les classe selon l'unité ou le type de maintenance.

➤ **Préparation du DI**

Dans cette étape le chef d'unité ou le chef d'équipe reçoit le DI et détermine leur besoin en matériel, ce dernier est préparé par le préparateur.



➤ **Réalisation du DI**

La demande d'intervention sera exécuté suite à l'autorisation de travail (lieu, date, sécurité : circuit vidangé, coupure électricité, aération...) de la part d'unité de production par une entité du Groupe OCP ou bien par un sous-traitant. Évidemment ce dernier doit avoir de plus un ordre de travail de la part du service maintenance mécanique avant l'exécution de la DI.

➤ **Enregistrement**

Après exécution des travaux l'équipe de maintenance rendre le coupon fin de travaux.

La formalisation du demande d'intervention jusqu'à la livraison du coupon fin travaux sont enregistrés au niveau de la GMAO.

**b. La procédure d'intervention aux pannes préventives**

D'après notre modeste expérience on distingue qu'une intervention préventive nécessite obligatoirement quelques préparations à l'avant ainsi on ne peut pas parler d'une intervention préventive sans parler d'un plan de maintenance préventif associé.

Elaborer un plan de maintenance préventive, c'est décrire toutes les opérations de maintenance préventive qui devront être effectuées sur chaque équipement. La réflexion sur l'affectation des opérations de la maintenance se fait en balayant tous les équipements et les organes qui les composent en tenant compte de leur utilisation, et de leur impact sur la production et la sécurité.

Le bureau de méthodes réalise des opérations de visite ou de contrôle pour objectif de détecter les effets des dysfonctionnements qui peuvent arriver sur chacun de ces équipements.

Une GMAO est indispensable de gérer les plans de maintenance préventive, les déclencher au moment programmé et les planifier, puis enregistrer l'historique. Elle crée automatiquement les ordres de travaux pour toutes les interventions préventives qui doivent être réalisées régulièrement en fonction d'une planification calendaire.

En maintenance préventive la procédure des interventions (DI ; OT ; AT...) qu'on a proposé doit être fait d'une manière automatique dans l'ORACLE (GMAO) suivant le plan de maintenance élaboré.



- Création de plan de maintenance préventive
- Préparation, ordonnancement et lancement des travaux
- Exécution des interventions
- Vérification des interventions
- Enregistrement des interventions

Pour chaque équipement on peut introduire dans le logiciel GMAO, les informations suivantes :

- Les opérations de la maintenance, ces opérations seront générées automatiquement sous forme des ordres de travail ;
- Temps prévu de chaque opération ;
- Pièces de rechange et consommable...

Le schéma ci-dessous décrit en chronologie la procédure d'intervention aux pannes préventives au sein du PMP :

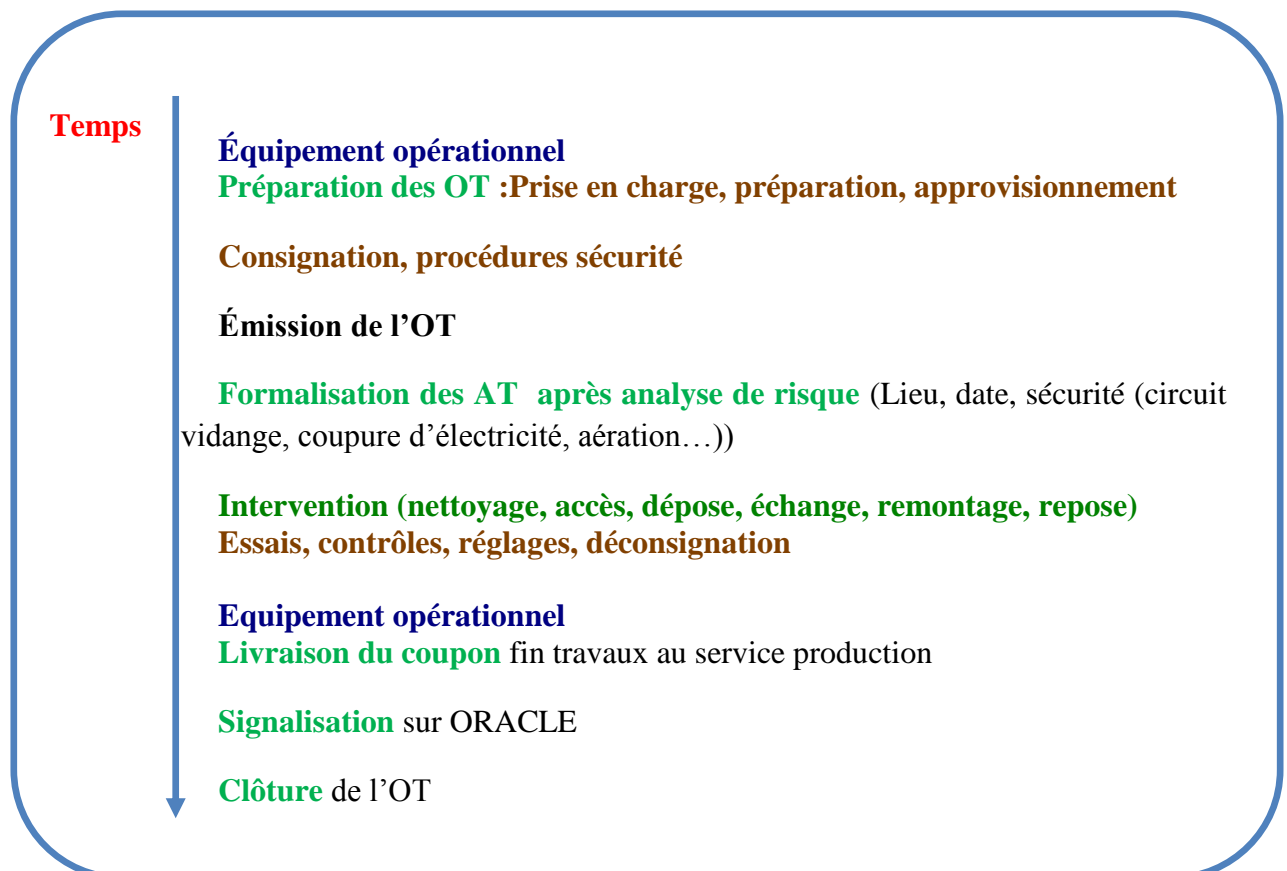


Figure 20: La procédure proposée d'intervention aux pannes préventives





**c. Gestion de l'historique des interventions**

L'historique est établi par équipement, il doit permettre l'enregistrement des éléments suivants :

- ✓ Les travaux planifiés réalisés ;
- ✓ La liste des interventions correctives réalisées ;
- ✓ Les modifications apportées à chaque équipement depuis son acquisition ;
- ✓ La consommation en pièces de rechange par équipement ;
- ✓ Les ressources humaines déployées pour la réalisation des interventions.

L'enregistrement des travaux correctifs réalisés a pour but de mettre sous surveillance les équipements ayant subi des pannes critiques ou répétitives. L'analyse de cet historique permet de générer :

- ✓ Les actions de maintenance préventive à développer ;
- ✓ Les actions de modification ou d'amélioration à apporter ;
- ✓ Les actualisations nécessaires des fiches d'intervention et des instructions d'utilisation du matériel;
- ✓ Les indicateurs de pilotage des interventions de maintenance.

L'enregistrement des travaux planifiés réalisés a pour but de :

- ✓ Constater les points toujours parfaits pour lesquels on peut réduire la fréquence des visites systématiques ;
- ✓ Détecter les points faibles qui nécessiteront une étude pour améliorer les performances de l'équipement ;
- ✓ Générer les indicateurs de suivi des interventions de maintenance.

Notre proposition au service MM au sein du PMP pour construire un historique des interventions de remplir la fiche suivante en cas de perte de mémoire de la GMAO cette fiche sera la réserve:

date	TBF (H)	temps d'arrêt (min)	rep géo	équipement	s.ensemble	Causes de défaillance								Nature d'arrêt					description de la panne	pièces de rechange			
						A	B	C	D	E	F	G	H	0	1	2	3	4					

Tableau 6: Fiche d'historique des interventions



## 2. Manuel des pièces de rechange

Le manuel des pièces de rechange est défini sur la base des catalogues livrés avec les équipements et l'historique des interventions de maintenance.

Le manuel des pièces de rechange, consiste à définir pour chaque fiche d'intervention les éléments suivants :

- ✓ La désignation de l'équipement ou de la famille d'équipements concernée par l'intervention ;
- ✓ La périodicité de remplacement ;
- ✓ La désignation et le code de la fiche d'intervention correspondante ;
- ✓ Les ressources en pièces de rechange en précisant :
  - La quantité ;
  - Le type de remplacement : systématique, conditionnels, sous contrôle ;
  - La référence documentaire de la pièce de rechange.

Le manuel des pièces de rechange élaboré est le suivant:

Désignation des équipements	Code OCP	Qté disponible en stock	Qté minimale à stocker	Qté maximale à stocker	Qté en demande d'achat	Qté en commande

Tableau 7: Manuel de suivi des pièces de rechange

## 3. Manuel des compétences

Les ressources humaines constituent un capital essentiel pour toutes les entreprises, quelle que soit leur activité.



Ainsi, la gestion des ressources humaines élargit son champ d'action en essayant d'évaluer et d'analyser aussi bien la dimension quantitative des coûts des ressources humaines que la dimension qualitative des compétences, des comportements des acteurs et du climat social de l'organisation.

### a. Suivi des performances des personnels

La performance de l'entreprise est appréhendée aujourd'hui aussi sous l'angle social et concerne les salariés de l'organisation dans leurs compétences, leur apport à la création de valeur de l'entreprise et la qualité du management des acteurs.

Il s'agit donc de piloter des variables quantitatives et qualitatives diverses qui contribuent à la performance globale de l'entreprise.

1er niveau descriptif: système d'information de base (indicateurs quantitatifs), ce système englobe les effectifs (démographie, sexe, mobilité) et rémunérations (Coût du personnel par catégories, les charges sociaux).

2ème niveau analytique: système d'information évolué (indicateurs qualitatifs), cet indicateur permet de voir la performance socioéconomique (productivité, climat social, climat de travail...)

Le tableau ci-dessous représente le quadrillage de suivi de performance des compétences:

Unité	Atelier mécanique				
	Prévu	Mois		Cumul	
		Réalisé	Réalisé/ Prévu	Réalisé	Réalisé/ Prévu
<b><u>Cadre:</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• H. Travaillées</li> <li>• Taux d'absentéisme</li> <li>• Taux de fréquence des AT</li> <li>• Taux de gravité AT</li> <li>• Taux de participation à la politique sécurité</li> <li>• Taux de participation à la démarche qualité</li> <li>• Taux de formation</li> </ul>					
<b><u>PERSONNEL</u></b> <b><u>MAINTENANCE</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Productivité</li> </ul>					



<ul style="list-style-type: none"><li>○ H. Effective Travaillées</li><li>○ H. disponibles</li><li>○ Taux de charge</li><li>• Taux des heures supplémentaires</li><li>• Taux d'absentéisme</li><li>• Indicateurs sécurité<ul style="list-style-type: none"><li>○ Taux de fréquence des AT</li><li>○ Taux de gravité AT</li><li>○ Taux de participation à la politique sécurité</li></ul></li><li>• Taux de participation à la démarche qualité</li><li>• Taux de formation</li></ul>						
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--	--	--

Tableau 8: Manuel de suivi de performance des compétences du PMP

## b. Les compétences demandées pour chaque poste

### Le responsable du service

Ce poste exige une bonne connaissance de terrain (organisation, environnement, ressources humaines et matérielles), aussi connaissances des équipements sensibles. Outre la responsabilité classique de la gestion et de l'animation d'un service technique.

### L'ingénieur

Légitimement rattachés à la maintenance, les techniciens des travaux neufs, ont pour mission de définir puis de mettre en place et de démarrer les nouveaux équipements. Attentifs à la maintenabilité, à la logistique de soutien et à la sûreté de fonctionnement. Exploitant les retours d'expérience, ils rendent plus facile et plus efficace la maintenance ultérieure des équipements.

### Le technicien du bureau des méthodes de maintenance

Les agents de méthodes ont pour missions principales :

- La préparation des actions préventives ou correctives.



- L'exploitation des retours d'expérience en temps en coût et en analyse qualitative des défaillances.
- L'amélioration des performances des équipements et des intervenants.

Il réalise les opérations d'optimisation des équipements et de mise en place de nouveaux équipements dans le respect de la réglementation et des règles d'hygiène et de sécurité.

Dans le cadre des méthodes maintenance, le technicien méthodes peut notamment intervenir sur la mise en place ou l'exploitation d'une GMAO.

### **Le technicien d'intervention de l'unité**

Une forte technicité adaptée aux technologies du secteur est requise pour ces techniciens travaillant en équipe (surveillances, dépannages, réparations, mise en œuvre d'amélioration et d'actions préventives).

Le technicien de maintenance optimise le fonctionnement des équipements et réalise la maintenance des équipements de production dans les domaines électriques, mécaniques, hydrauliques, ..., dans le respect de la réglementation et des règles d'hygiène et de sécurité.

### **Le technicien de l'atelier**

On trouve les vieux métiers de l'entretien : tourneurs, soudeurs, tuyauteurs, ajusteurs, mais aussi électriciens, automaticiens, etc. ils sont chargé de la remise à niveaux d'équipements déposés à l'atelier.

La mise en place d'un manuel des compétences consiste à déterminer la liste des ressources humaines et le volume des heures disponibles par spécialité et par niveau de qualification.

## **c. Les règles de construction d'une équipe de travail**

La complémentarité est un facteur clé de réussite d'une Equipe projet

### **Complémentarité des spécialités**

- ✓ Techniciens
- ✓ Gestionnaires
- ✓ Qualiticiens

### **Complémentarité des expériences**

- ✓ Débutants
- ✓ Chevronnés



- Complémentarité des caractères**
  - ✓ Optimistes
  - ✓ Sereins
  - ✓ Pessimistes
- Complémentarité des personnalités**
  - ✓ Intuitifs
  - ✓ Cartésiens
  - ✓ Esprits de synthèse
  - ✓ Perfectionnistes

Et certaines valeurs essentielles dont doit disposer chacun des membres de l'équipe :

- Compétent**
- Engagé**
- Dynamique**
- Motivé**
- Solidaire**
- Ambitieux**
- Représentatif des valeurs de l'entreprise**

On propose ci-joint un formulaire de remplissage des équipes de travail:

Code OCP	Equipe de travail	Nom	Prénom	Poste de travail	Nbr d'heures de travail	Les taches à réalisés

Tableau 9: Formulaire de remplissage des équipes de travail

---

## **Chapitre 4 : Organisation et environnement de travail**

---

La gestion des ressources humaines est placée au carrefour des actions de développement des performances de l'activité de maintenance. En effet, la qualité du service produit par lamaintenance, est liée aux performances des équipes de maintenance et repose sur :

- L'efficacité de l'organisation en maintenance ;



- L'efficacité de la démarche d'évaluation et développement des compétences.

## **I. Organisation du travail**

Un Projet fait intervenir des différents acteurs avec différentes fonctions, différents types de compétences, différents niveaux de responsabilité qui ne travaillent pas toujours au même endroit, ni à la même période ... et qui doivent respecter les règles de fonctionnement d'un travail en équipe

Malgré cela, si l'on veut tenir les objectifs de qualité, de coût et de délai il faut éviter : la dispersion, les incompréhensions et malentendus, le travail fait en double ou à l'inverse le travail non fait, les erreurs de décision, l'absence de suivi et de contrôle...

Il est donc indispensable de s'organiser et de définir :

- ✓ Quels sont les intervenants du projet
- ✓ Qui fait Quoi
- ✓ Quels sont les liens de coordination
- ✓ Quels sont les liens de subordination

### **1. Bref aperçu sur MS-PROJECT**

Pour une meilleur gestion de projet on a utilisé le logiciel MS-PROJECT un logiciel d'organisation des plannings des projets sa durée, ses ressources exploités ainsi son suivi.

Il permet :

- L'optimisation des compétences en management de projets
- La maîtrise des données sur les avancées du projet
- La mise en évidence des risques de glissement en temps et en coût du projet
- L'impression des rapports d'état (temps, coûts, ressources ou rapports croisés)

### **2. Etapes de réalisation d'un projet**

#### **i. La planification**

Le Ms Project est conçu de façon à étaler toutes les tâches liées au projet que l'on gère; avec la possibilité de les regrouper en tâche répétitive, de les déplacer et/ou de les supprimer.

Nous attribuerons à chacune de ces tâches :



- ✓ le temps
- ✓ les ressources
- ✓ Le coût

ii. Suivi et évaluation

Le MS Project permet de suivre le projet sous forme de diagramme de Gantt, il permet l'établissement du diagramme de PERT, pour retracer le chemin critique du projet, selon les différentes contraintes que nous avons imposé.

iii. Évaluation et clôture

- Le MS Project permet l'impression de la plupart des rapports quant à la gestion des ressources humaines, financières, matérielles tout au long de l'exécution du projet,
- Il permet l'impression des rapports des écarts entre prévisions et réalisations,
- Il donne la synthèse du projet en temps réel, du début à la fin du projet.

### **3. Exemple d'application: planning de lavage de filtre PRAYON; les travaux mécaniques**

Tableau des données pour filtre A: Durée totale: 1 jour

Tâches	Durée (h)	Ressources
Graissage des éléments du filtre	4	HANACHI;HASSAM;LATRACH;AMOURI
Changement de tétine de la rampe lavage toiles	4	DEFFA;TMMS
Changement des buses dégradés de la Rampe lavage toiles	4	MOUNJI;TMMS
Réglage de la planéité des cellules du filtre	4	TMMS;MOUNJI
Contrôle et remise en état des bavettes du filtre	4	BEUGIN;MOUNJI
Élimination fuite entre les trémies du filtre	4	TMMS;MOUNJI
Remise en état de la grille de la trémie à gypse Revêtement de la trémie à gypse	4	TMMS;MOUNJI
Fixation et changement si nécessaire des coussinet des cellules N° 10,19,22	4	MOUNJI
soulèvement de la boîte à vide pour contrôle du Bruit anormal	4	TMMS;MOUNJI
Élimination fuite sur piquage aspiration (SVR) de la pompe P26	4	TMMS;MOUNJI
Changement du raccord de l'eau de mer entrée pompe à vide 203AC21	4	DEFFA;TMMS





Réalisation d'une bride en SVR DN 100 au circuit de l'eau gypseuse 203AR22	4	DEFFA;POLYTECH
Élimination fuite des tresses de la pompe à vide AC21	4	DEFFA;TMMS

Tableau 10: Les données de planning de lavage de filtre PRAYON

Le planning qu'on a élaboré est le suivant:

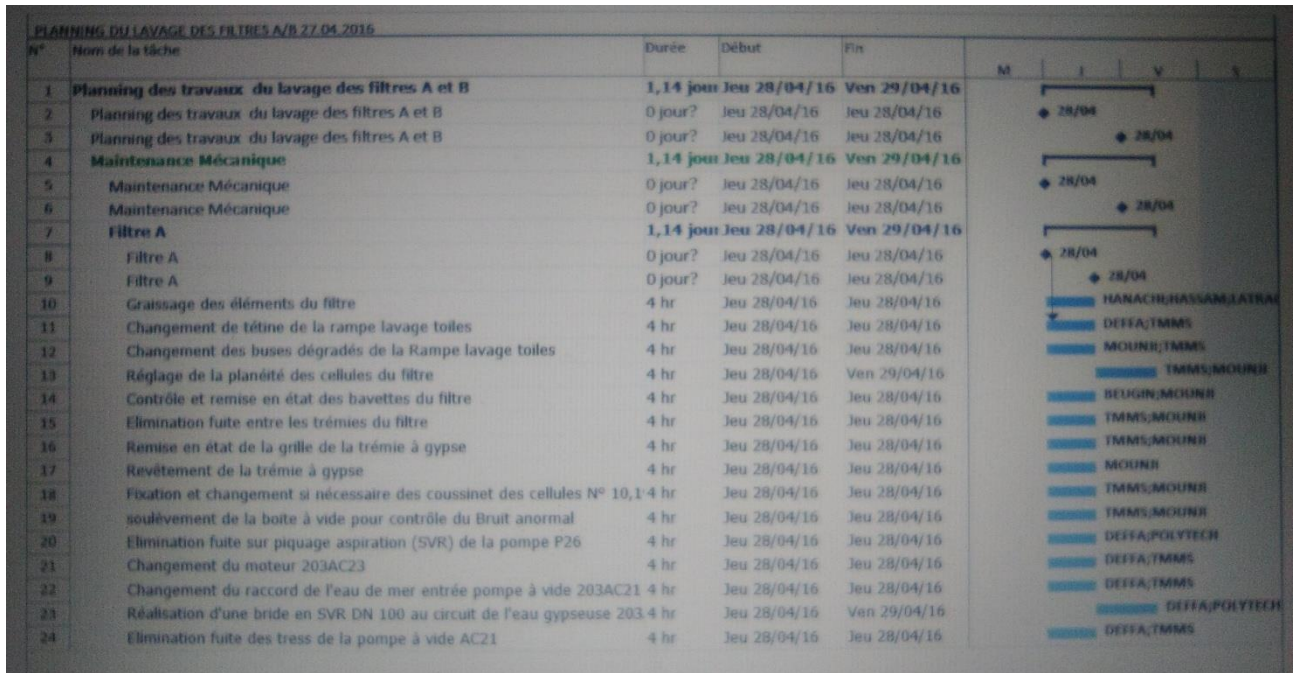


Figure 21: Le planning de lavage du filtre PRAYON

**Remarque:** à cause d'expiration de notre version du MS-PROJECT nous n'avons pu enregistrer le planning en tant que format PDF; et par conséquent on a pris une image de planning.

## II. Environnement de travail: sécurité requise des postes de travail

Parce que chaque minute compte lorsqu'un travailleur est victime d'un accident ou d'un malaise soudain, il est important d'avoir des secouristes formés et présents dans les milieux de travail en tout temps, peu importe la taille de l'entreprise.

Comme dans toute usine, l'usine de PMP possède des équipements de préventions et de protections des biens et des personnes.

Avant l'affectation de nouvelles recrues et les stagiaires à leurs prévus, ils doivent obligatoirement passer au service de sécurité afin de recevoir des consignes générales et primordiales.

La fumée est strictement interdite, notamment dans les zones de stockage ou de dépotage de carburant (fuel, gaz, oil) et les zones sulfurique.



Figure 22: Interdiction de fumer

## 1. Les préventions

✓ Il existe des détecteurs de fumée, placés dans les salles de contrôles, les ateliers de maintenance et dans le bloc administratif (figure 23)



Figure 23: Détecteur de fumée

✓ Des déclencheurs manuels d'alarme d'incendie installés dans toute l'usine, notamment dans les zones sulfurique (figure 24)



Figure 24: Déclencheur manuel d'alarme d'incendie

✓ Sur des poteaux on trouve une centaine de caméras de surveillances, qui jouent aussi un rôle préventif (figure 25)



Figure 25: Caméra de surveillance

## 2. Les protections

✓ Il existe des Sprinklers appelés aussi « têtes d'extinction automatique à eau », ce sont des appareils de détection de chaleur excessive et de dispersion automatique d'eau, ils sont installés partout dans les unités de productions sulfurique, phosphorique (figure 26)



Figure 26: Sprinkler déclenché



Figure 27: Splinkler

Ce système permet de protéger les biens et les personnes contre le risque d'incendie. Sa mise en œuvre automatique le rend opérant jour et nuit.

✓ 4 lances canons fixes (3 situé dans le haule à soufre et un à proximité de l'unité de TED) plus un mobile.(figure 28)



Figure 28: Les lances canons

- ✓ Une vingtaine de R.I.A (robinet d'incendie armé) et une vingtaine de poteaux d'incendie approximatifs des unités de productions.(firure 29)



Figure 29: Robinet / Poteau d'incendie

- ✓ 300 extincteurs (à CO2 et à poudre) (figure 30)



Figure 30: Extincteur



### 3. Les équipements de protection individuelle (EPI)

Ils consistent à protéger tout le corps, les yeux, les oreilles, les mains et les pieds ainsi le nez grâce à un masque respiratoire pour les personnes travaillant dans les zones sulfuriques, ou bien les techniciens intervenant une fuite d'un gaz toxique.



Figure 31: Les équipements de protection individuelle

### III. Conclusion

Dans cette partie on a essayé de réaliser un manuel de gestion de la maintenance mécanique pour standardiser le processus afin d'assurer la continuité et la qualité de production requise.



## *Partie 3: Implantation d'une politique d'approvisionnement "Méthode MIN- MAX"*

*Dans cette partie on va implanter une politique d'approvisionnement à travers la méthode min-max afin de garantir une meilleure disponibilité de stock; ainsi on a réalisé une application informatique à l'aide VISUAL BASIC pour informatiser l'outil de gestion de stock,*



## I. Problématique

Au sein du service MM la rupture de stock est un problème fréquent reconnue par la section approvisionnement.

Afin de résoudre cette problématique et après une discussion avec la section approvisionnement, on est mis en accord sur l'implantation d'une politique d'approvisionnement; c'est la méthode MIN-MAX et pour faciliter encore plus la gestion de stock on a pensé de créer une application informatique à l'aide de VISUAL BASIC.

## II. L'approvisionnement et le mode de consommation

L'approvisionnement c'est l'ensemble des opérations qui permettent de mettre à la disposition d'un utilisateur un bien ou un service non disponible dans l'entreprise correspondant à un besoin défini en quantité dans un temps déterminé à un coût minimum

Ainsi, chaque approvisionnement dépend du mode de consommation qui se distingue en trois modes détaillés dans le schéma suivant :

	Mode	Description	Exemples	Conséquence sur l'approvisionnement
↑ Capacité à anticiper l'approvisionnement	<b>Consommation systématique</b>	La référence est consommée régulièrement en fonction d'une variable(temps, heure de marche d'un équipement...)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Courroie</li><li>• Filtre</li></ul>	L'approvisionnement peut être ajusté à la consommation à partir des plans de maintenance planifiée
	<b>Consommation prévisible</b>	La consommation de la référence est anticipée à l'avance pour pouvoir l'approvisionner à temps	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pignon d'engrenage</li></ul>	L'approvisionnement peut être ajusté à la consommation
	<b>Consommation imprévisible</b>	La consommation de la référence ne peut pas être anticipée	<ul style="list-style-type: none"><li>• Composant électronique</li><li>• clavette</li></ul>	Un stock doit être constitué

Tableau 11: Approvisionnement/Mode de consommation

## III. Les objectifs de la politique d'approvisionnement

Les objectifs sont :

- De fournir au moment voulu des quantités suffisantes aux différents postes de travail
- Pour éviter toute rupture ou ralentissement du processus productif
- De s'assurer de la qualité et de la fiabilité des approvisionnements



- De rechercher les coûts minimum (coût d'achat, coût de transport, coût de stockage)

Le tableau ci-dessous représente les processus d'approvisionnements utilisés par OCP:

<b>Processus</b>	<b>Principe</b>
<b>Approvisionnement planifié</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Synchronisation des livraisons avec les besoins du planning de maintenance</li><li>➤ Expression annuelle et à date fixe des besoins à partir des plans de maintenance et les arrêts de production planifiés</li><li>➤ Planification des DA en fonction des délais d'approvisionnement et des dates d'utilisation prévues</li><li>➤ Les articles commandés sont réservés à l'utilisateur</li></ul>
<b>Approvisionnement à la demande sur OT</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Approvisionnement à la demande des services de maintenance</li><li>➤ Expression de besoin dès leur détection en maintenance conditionnelle (création de l'OT par la maintenance, envoi des besoins aux approvisionnements)</li><li>➤ Déclenchement des DA en fonction des délais d'approvisionnement et des dates d'utilisation prévues</li><li>➤ Les articles commandés sont réservés à l'utilisateur</li></ul>
<b>Approvisionnement à la demande hors OT</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Approvisionnement à la demande d'utilisateur</li><li>➤ Expression de besoin dès leur détection par l'utilisateur</li><li>➤ Déclenchement immédiat de la DA</li><li>➤ Les articles commandés sont stockés chez l'utilisateur</li></ul>
<b>Approvisionnement «Min-</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Approvisionnement en fonction du niveau de</li></ul>





<b>Max »</b>	stock ➤ Expression de besoin : analyse mensuelle par les approvisionneurs des articles dont le stock est inférieur ou égal à un seuil Min ➤ Calcul des quantités à approvisionner pour atteindre un seuil Max ➤ Déclenchement immédiat de la DA par famille achat
--------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tableau 12: Les processus d'approvisionnement

#### IV. Processus d'approvisionnement Min-Max

La planification Min-Max est une méthode de planification des stocks qui permet de déterminer la quantité à commander en fonction des niveaux de stock minimum, qui déclenche l'approvisionnement, et maximum qu'il ne faut pas dépasser, définis par l'utilisateur

Les différentes classes d'articles gérés par la méthode Min-Max sont :

- Approvisionnement curatif à consommation courante
- Approvisionnement curatif à consommation exceptionnelle
- Consommable courant
- Pièces de rechange critique
- Référence pour service fonctionnel et à consommation courante

D'après le service d'approvisionnement 33.1% des articles doivent être gérés par la méthode Min-Max, donc on peut dire que les articles classées en Min-Max occupent une place importante parmi la totalité des articles en magasin.

Schéma de processus d'approvisionnement Min-Max :

Le chemin suivant illustre le chemin d'approvisionnement Min-Max adapté par le service :

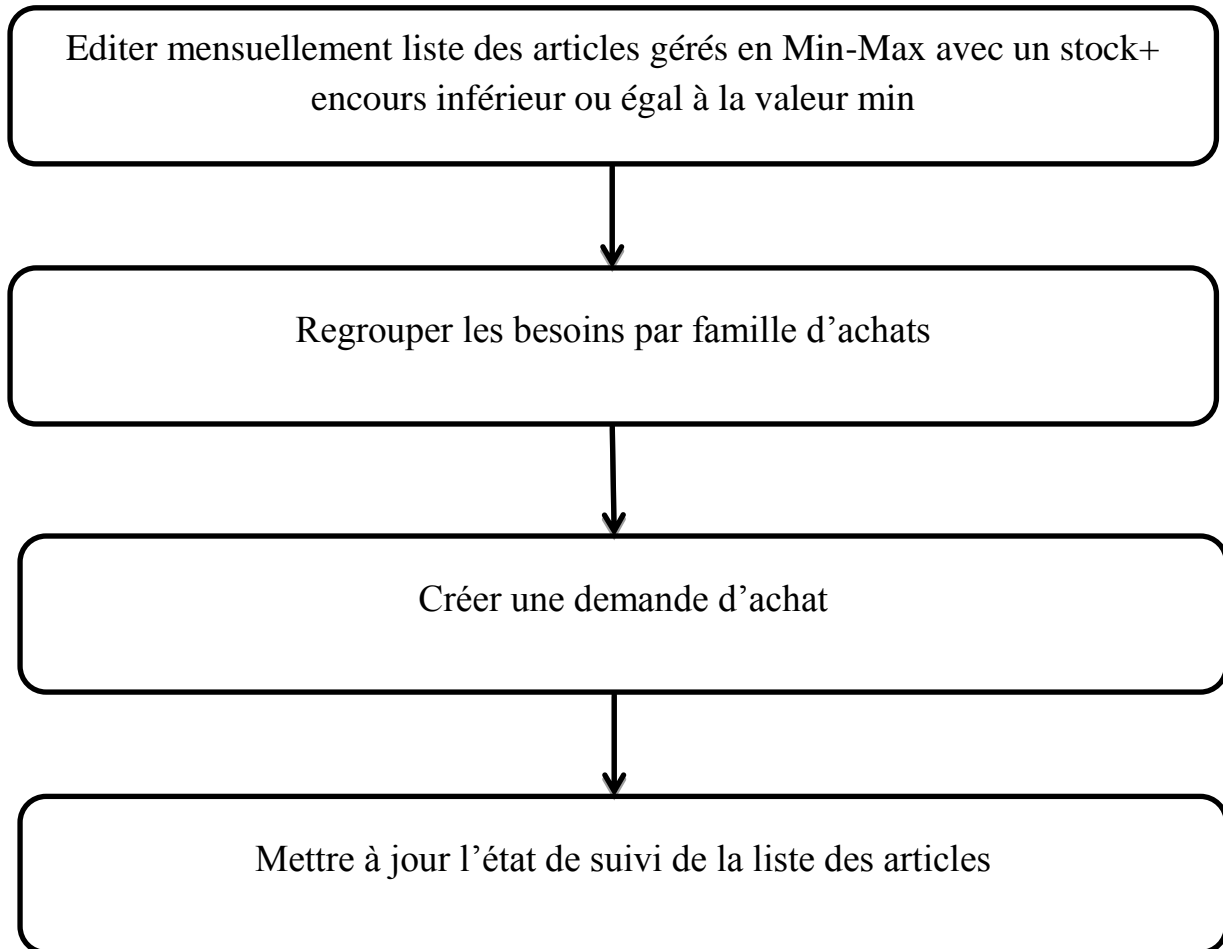


Figure 32: Schéma de processus d'approvisionnement MIN-MAX

## V. Paramètres de la méthode Min-Max

Pour la méthode Min-Max, il faut tout d'abord déclencher la commande immédiatement dès que le niveau de stock est égal ou inférieur à la borne Min, et il faut de plus qu'il ne dépasse jamais la borne Max.

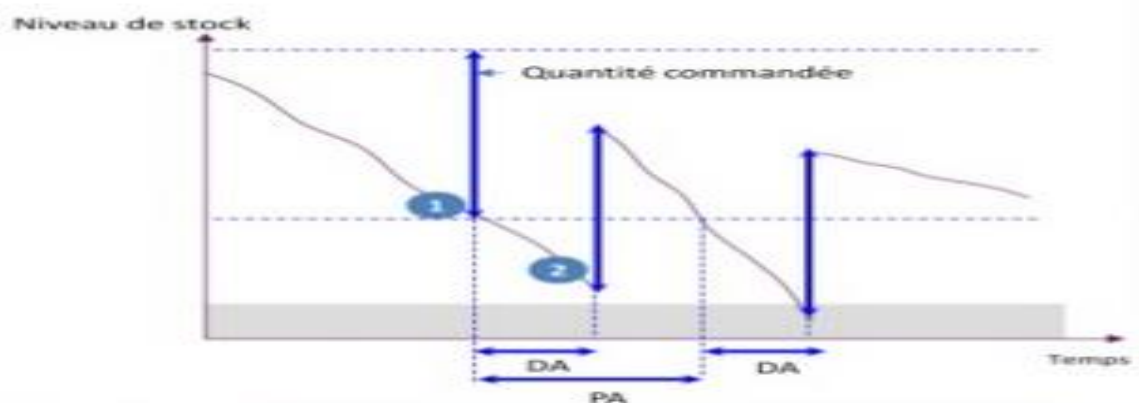


Figure 33: principe de gestion des stocks Min Max



Avec :

**1** : La commande est déclenchée dès que le niveau de stock est égal ou inférieur à un seuil minimum

**Quantité commandée**= Seuil maximum- stock actuel- encours de commande+ besoin exceptionnelle

**2** : Livraison de la commande après un délai DA

DA : délai d'approvisionnement (interne +externe)

PA : période entre deux approvisionnements

### **Calcul des paramètres :**

**Min**=Quantité moyenne consommée pendant le délai d'approvisionnement+ Stock de sécurité  
= CMM\*DA+SS

**Max**= Quantité moyenne consommée entre 2 approvisionnement+ Min  
=CMM\*PA+MIN

**Stock de sécurité**=  $\mu \cdot \sigma \cdot \sqrt{DA}$

Avec:

- $\mu = 1,3$  (taux de couverture de 90%)
- $\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (CMI - CMM)^2}{n-1}}$
- DA:
  - délai administratif
  - Délai fournisseur

La commande est déclenchée dès que le niveau de stock est égal ou inférieure à un seuil minimum

Le tableau suivant définit en détail, le calcul des paramètres de notre méthode :



Paramètres	Définition
<b>Consommation moyenne</b>	Moyenne des consommations de l'article sur les 4 dernières années
<b>Délai d'approvisionnement DA</b>	Délai entre l'expression du besoin et la livraison par le fournisseur cette date est fixée en un an et demi
<b>Période entre deux approvisionnements PA</b>	Période souhaité entre deux approvisionnements (on a fixé cette date avec le service d'approvisionnement par 3ans)
<b>Stock de sécurité SS</b>	Quantité en stock destinée à éviter la rupture de stock en cas de consommation supérieure à la moyenne

Tableau 13: Les paramètres de la méthode MIN-MAX

## VI. Création de l'application

### 1. Le but de l'application

Afin de faciliter la gestion de stock au sein de PMP on a réalisé une application qui permet de visualiser rapidement les articles qui nécessitent une commande, ainsi d'exprimer automatiquement le besoin de commande

### 2. Présentation visuel basic

Visual Basic for Applications (VBA) est une implémentation de Microsoft Visual Basic qui est intégrée dans toutes les applications de Microsoft Office. Il remplace et étend les capacités des langages macro spécifiques aux plus anciennes applications comme le langage WordBasic intégré à une ancienne version du logiciel Word, et peut être utilisé pour contrôler la quasi-totalité de l'IHM des applications hôtes, ce qui inclut la possibilité de manipuler les fonctionnalités de l'interface utilisateur comme les menus, et de personnaliser les boîtes de dialogue et les formulaires utilisateurs.

Donc le VBA (Visual Basic for Applications) est un langage proche du Visual Basic qui nécessite une application hôte pour s'exécuter (Excel dans notre cas), VBA est un langage de programmation (Visual Basic) qui va nous permettre d'étendre les fonctionnalités d'Excel, et nous aide à accomplir de longues tâches fastidieuses et répétitives.



### 3. Etapes de création de l'application

Pour créer cette application la première étape consiste à générer deux nouvelles macros :

- La première permet de visualiser les articles qui nécessitent une commande
- La deuxième permet d'exprimer le besoin de la commande

Pour la réalisation de ces deux macros, on ouvre l'onglet « développeur », après on clique sur le bouton Visual basic

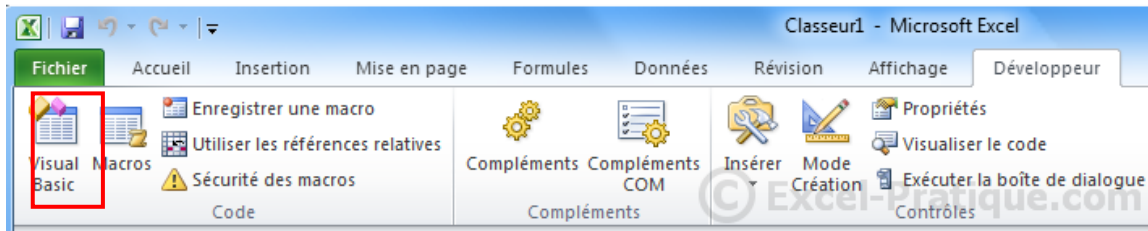


Figure 34: Interface développeur

Pour travailler avec le code VBA, nous avons besoin d'un éditeur c'est une feuille blanche dans laquelle on va écrire notre macros. On code cette macro dans ce qu'on appelle un module.

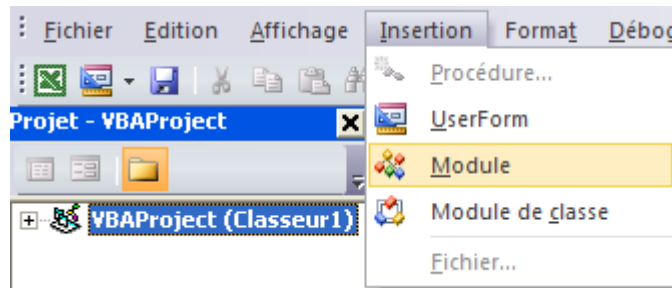


Figure 35: Création d'un nouveau module

L'éditeur de la macro ou on va réaliser notre programme s'ouvre:

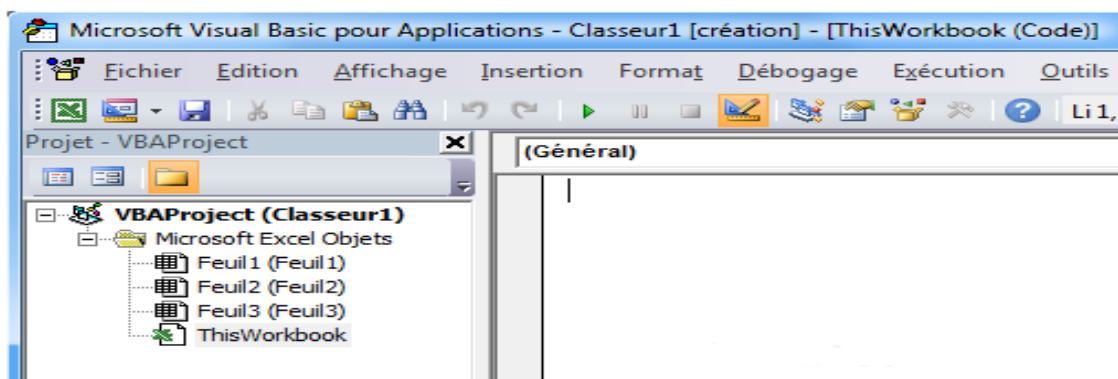


Figure 36: La page de démarrage de l'application



## Elaboration du manuel de gestion de la maintenance mécanique



A partir de ce module on écrit notre programme on appelle la première macro par couleur, il va nous permettre de visualiser les articles qu'on doit commander, si la couleur est rouge ce sont des articles à commander avec la quantité calculé par la méthode Min-Max et si la couleur est vert donc les articles est ont bonne quantité en stock.

On nomme notre première macro par couleur et on insère cette macro a un bouton pour simplifier la tâche.

La figure suivante montre le fichier avant l'exécution de macro couleur:

Type de pompe	Rep Géo	Code OCP	désignation	Quantité installée	cons-A1	cons-A2	cons-A3	cons-A4	la moy des cons	stock actuelle	déla	ecart types	stock de séc		
A 44-200 N° serie: 100038219/100038216/100038217	203A-P03 203A-P04	20497.10490	CORPS DE POMPE Rep. 102.11	3	0	0	2	0	0	0,75	1	0,567427308	1524		
		20497.10491	PLAQUE LATÉRALE Rep. 135	3	1	2	0	0	0	1	0	1	0,816496581		
		20497.10492	COUVERCLE DE CORPS Rep.	3	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	
		20497.10493	ARBRE Rep. 210.31 TYPE A 44	3	0	0	1	0	0	0	0,25	1	0,5	0,7966	
		20497.10494	JEU DE JOINTS TYPE A 44-20	3	2	2	1	1	0	1,5	1	1	0,577350269	0,936	
		20497.10495	BAGUE DETANCHEITE A 44	3	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	
		20497.10496	BAGUE DETANCHEITE TYP	3	0	0	0	0	0	0	0	6	1	0	
		20497.10497	BAGUE LABYRINTHE TYPE 1	3	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	
		20497.10498	BAGUE LABYRINTHE TYPE 1	3	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	
		20497.10499	HUILLEUR A NIVEAU CONST	3	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	
A 21-100 N° de série: 100038218/100038219/100038222	203A-P06 203A-P07	20497.10500	COUVERCLE DE PALIER Rep.	3	0	0	0	0	0	0	2	1	0		
		20497.10501	ECROU DE ROULEMENT Rep.	3	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	
		20497.10502	RONDILLE DE SECURITE T1	3	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	
		20497.10503	CLAVETTE TYPE A 44-200 SE	3	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	
		20497.10504	JEU DE VISSERIE VIS DE ROU	3	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	
		20497.10505	VOYANT D'HUILE Rep. 642.31	3	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	
		20497.10506	ROUE Rep. 230.11 TYPE A 44	3	2	0	1	4	0	1	0	0	1	1,707825128	2,791
		20497.10506	Corps de pompe Rep. 102.11 T1	3	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	
		20497.10507	Plaque laterale Rep. 135.11 TYP	3	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	
		20497.10508	Couvercle de corps Rep. 161.21	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figure 37: Le fichier avant l'exécution de la première macro couleur

Après l'exécution de la macro on obtient la figure suivante:

Type de pompe	Rep Géo	Code OCP	désignation	Quantité installée	cons-A1	cons-A2	cons-A3	cons-A4	la moy des cons	stock actuelle	déla	ecart types	stock de séc		
A 44-200 N° serie: 100038219/100038216/100038217	203A-P03 203A-P04	20497.10490	CORPS DE POMPE Rep. 102.11	3	0	0	2	0	0	0,75	1	0,567427308	1524		
		20497.10491	PLAQUE LATÉRALE Rep. 135	3	1	2	0	0	0	1	0	1	0,816496581		
		20497.10492	COUVERCLE DE CORPS Rep.	3	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	
		20497.10493	ARBRE Rep. 210.31 TYPE A 44	3	0	0	1	0	0	0,25	1	1	0,5	0,7966	
		20497.10494	JEU DE JOINTS TYPE A 44-20	3	2	2	1	1	0	1,5	1	1	0,577350269	0,936	
		20497.10495	BAGUE DETANCHEITE A 44	3	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	
		20497.10496	BAGUE DETANCHEITE TYP	3	0	0	0	0	0	0	0	6	1	0	
		20497.10497	BAGUE LABYRINTHE TYPE 1	3	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	
		20497.10498	BAGUE LABYRINTHE TYPE 1	3	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	
		20497.10499	HUILLEUR A NIVEAU CONST	3	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	
A 21-100 N° de série: 100038218/100038219/100038222	203A-P06 203A-P07	20497.10500	COUVERCLE DE PALIER Rep.	3	0	0	0	0	0	0	2	1	0		
		20497.10501	ECROU DE ROULEMENT Rep.	3	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	
		20497.10502	RONDILLE DE SECURITE T1	3	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	
		20497.10503	CLAVETTE TYPE A 44-200 SE	3	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	
		20497.10504	JEU DE VISSERIE VIS DE ROU	3	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	
		20497.10505	VOYANT D'HUILE Rep. 642.31	3	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	
		20497.10506	ROUE Rep. 230.11 TYPE A 44	3	2	0	1	4	0	1,75	1	0	1	1,707825128	2,791
		20497.10506	Corps de pompe Rep. 102.11 T1	3	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	
		20497.10507	Plaque laterale Rep. 135.11 TYP	3	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	
		20497.10508	Couvercle de corps Rep. 161.21	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figure 38: Le fichier après l'exécution de macro couleur



Ensuite on affecte la macro couleur au bouton visualisation des articles, on obtient la figure suivante:

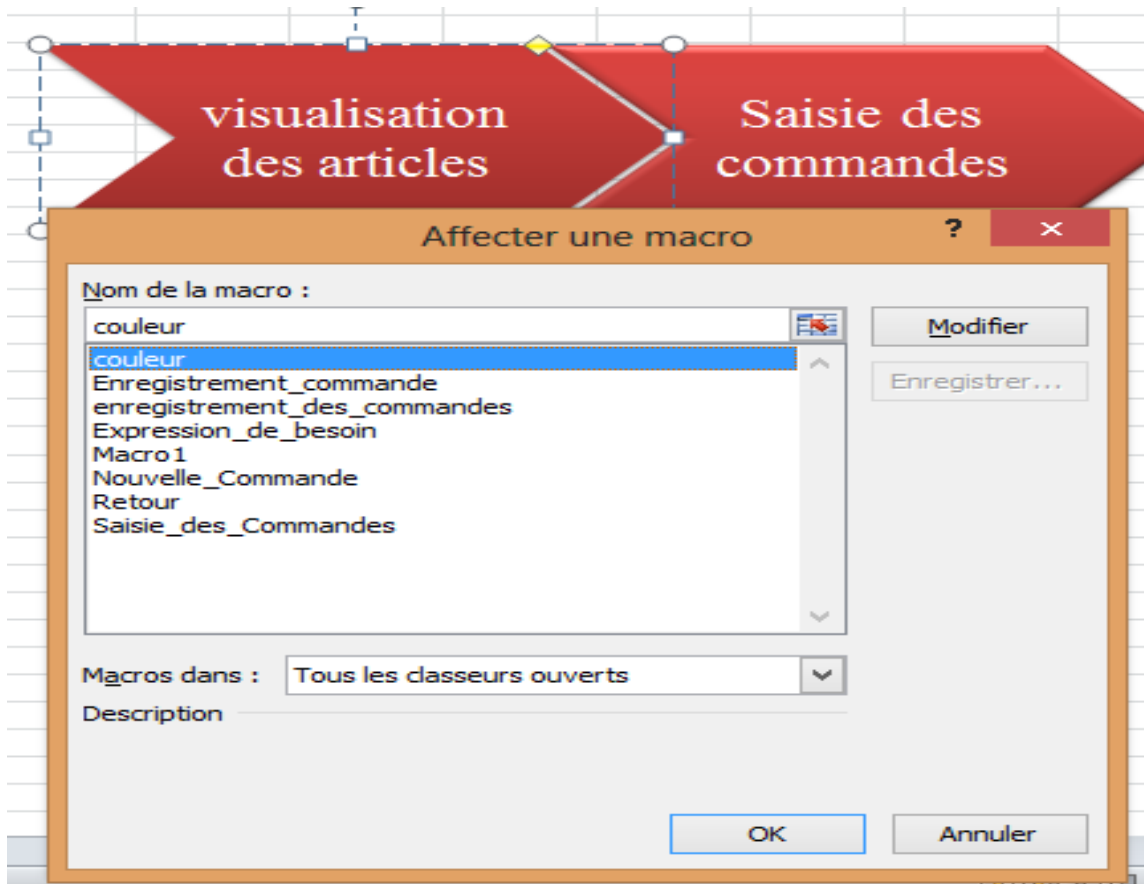


Figure 39: Affectation de macro couleur au bouton visualisation des commandes

Pour notre deuxième macro on écrit le programme puis on réalise les mêmes étapes, on insère un bouton la macro saisie des commandes:

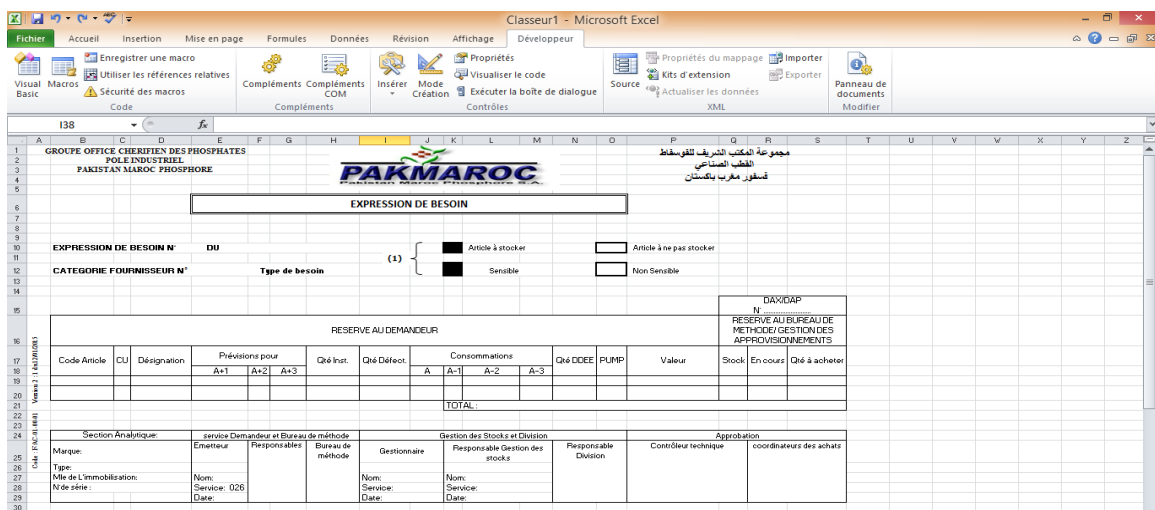


Figure 40: fiche d'expression de besoin avant l'exécution de la 2<sup>ème</sup> macro



Par la suite on affecte la macro saisie des commandes au bouton saisie des commandes, on obtient la figure suivante:

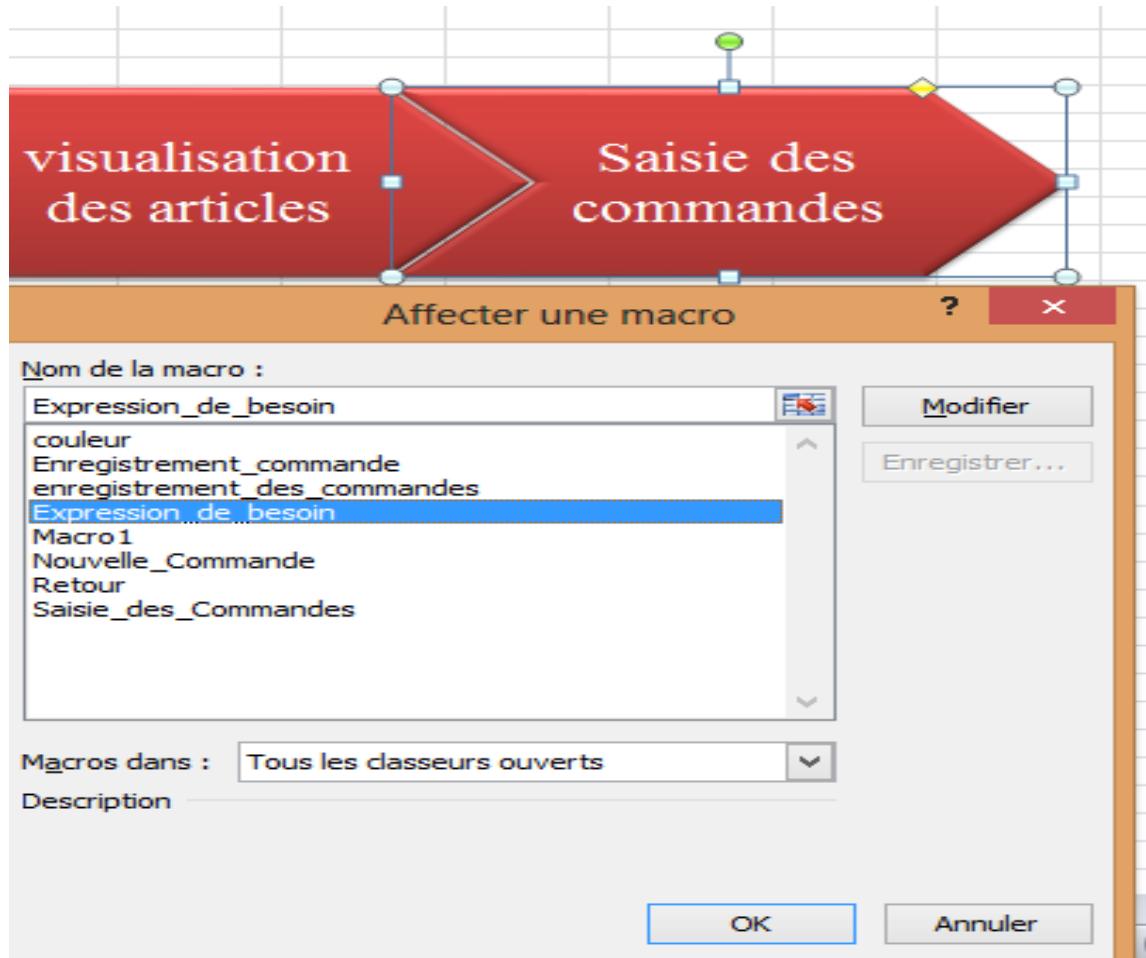


Figure 41: affecter la macro expression e besoin au bouton saisi des commandes

Enfin la fiche d'expression de besoin se remplit automatiquement:

Code Article	CU	Désignation	Prévisions pour			Qté Inst.	Qté Défect.	Consommations			Qté DDEE	PUMP	Valeur	Stock	En cours	Qté à acheter
			A-1	A-2	A-3			A	A-1	A-2						
20497.10376		ROULE DB 272,5 Bx44 28 PAT. 64LJ A890 18 A31- 15 PL- 100045080809 REP-230-11 REP- 316198014L-C				4		1	0	0	0	1		1		
20497.10651		TRIPLE Isaerale Rep. 135-11 TYPE A 31-163 SERIE 10003822390 00082239000 038235/00003 3249				4		2	0	0	0	3		1		
20497.10604		laburthe Rep. 423 132 TYPE A 23-40 SERIE 100038256 060423.30				1		0	0	1	0	2		0		
20497.10597		Couvercle de scope Rep. 161 21 TYPE A 23-40 SERIE 100038256 060421.21				1		0	1	0	0	1		1		

Figure 42: le résultat obtenu après l'exécution de la macro





#### **4. Conclusion**

Cette partie a été consacrée pour la description des méthodes d'approvisionnement ainsi que l'application de la méthode Min-Max, et à la fin on réalise une application informatique pour simplifier la gestion de stock.



## *Partie 4: Cas pratique d'élaboration d'un plan préventif filtre PRAYON*

*Dans cette partie on va s'intéressé à l'étude de filtre PRAYON; cette étude consiste à faire une description détaillé des filtres et son principe de fonctionnement ainsi de faire une analyse des causes afin d'élaborer un plan préventif et une gamme opératoire*



Pour la mise en application du manuel élaboré on va réaliser dans cette partie un cas pratique sur le déroulement de la maintenance préventive pour un des éléments le plus critique au sein de PMP

## I. Décomposition du filtre PRAYON

### 1. Description de fonctionnement du filtre PRAYON

La filtration de la bouillie se fait avec un filtre PRAYON c'est un filtre rotatif sous vide, plan et circulaire comportant des cellules filtrantes complètement isolées les unes des autres.

Il se compose principalement de:

- Une ossature fixe qui supporte les dispositifs d'alimentation de bouillie et de l'eau.
- Un châssis tournant sur lequel sont fixées des cellules par l'intermédiaire de deux paliers.

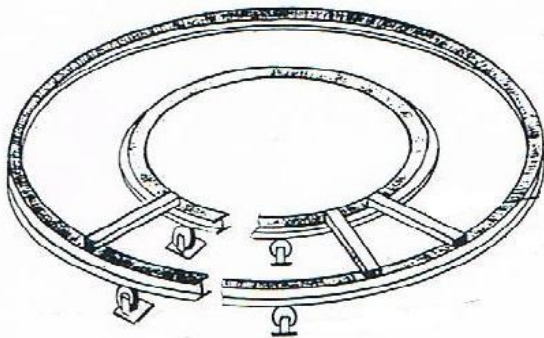


Figure 43: châssis tournant posé sur des galets

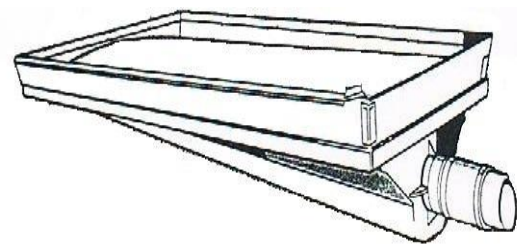


Figure 44: Cellule

- Les cellules forment ensemble une couronne circulaire.
- Le fond de la cellule couvert d'une toile, son mode de fixation convient parfaitement aux fortes pressions de soufflage qui peuvent être nécessaire à son nettoyage.
- Une auge de distribution de bouillie, le type d'auge est adapté suivant la consistance de la boue à filtrer de façon à obtenir une répartition homogène et uniforme sur toute la surface des cellules.
- Une auge de distribution d'eau et une auge distribuant l'acide faible provenant de la 3eme absorption.
- Un distributeur qui assure la répartition des filtrats et leurs évacuations ainsi que la mise en communication des cellules avec les différents circuits d'air et de vide. (**Figure 3**)

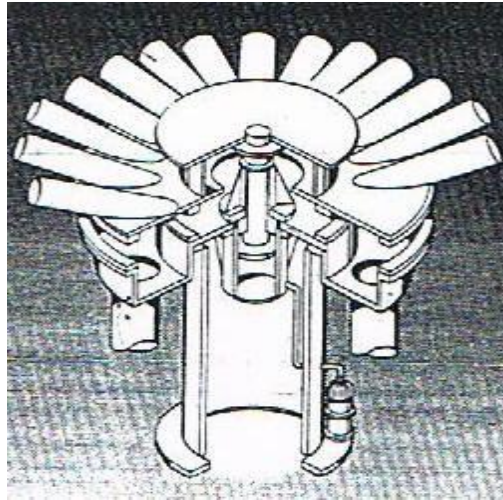


Figure 45: Distributeur

- Un circuit de vide situé en dessous de la couronne circulaire, crée par une pompe centrifuge.
- Des rails de guidage, des galets et des leviers pour chaque cellule qui permettent son renversement en arrière.

Au cours de rotation du châssis, les cellules se remplissent d'abord avec la bouille grâce à l'auge de distribution, et puis elles passent au-dessus du circuit de vide où se déroule l'opération de filtration en trois fois :

- Une première absorption qui nous donne un acide phosphorique fort. □
- Une deuxième absorption arrosé avec de l'acide faible qui nous donne un acide moyen qui sera renvoyé dans la station d'attaque.
- Et une troisième absorption arrosée avec l'eau, nous donne un acide faible qui sera envoyé pour arroser la bouillie de la seconde absorption.

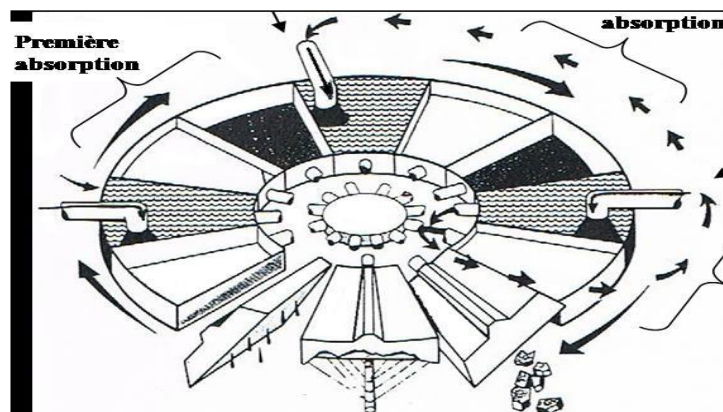


Figure 46: Principe de fonctionnement



Ensuite, elles basculent en arrière pour permettre au gâteau (phosphogypse) de tomber, elles cheminent ensuite pendant un certain angle en position renversées pour être lavées par pulvérisation d'eau. Enfin elle se redresse pour se retrouver prête à faire un nouveau cycle.

Ces mouvements sont imprimés à la cellule par le levier de cellule portant à ses deux extrémités un galet de roulement. Ces deux galets entrent donc successivement en contact avec les sections de rails de guidage fixés aux colonnes de l'ossature du filtre.

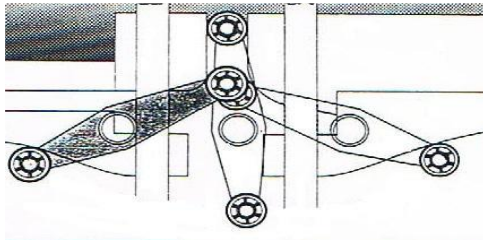


Figure47: principe de renversement et de redressement

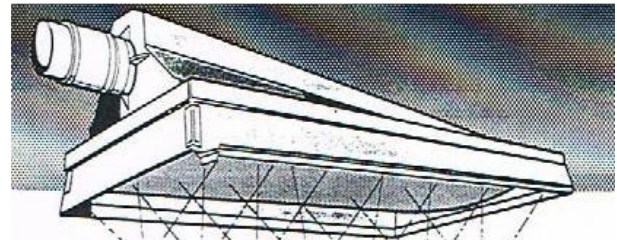


Figure48: cellule renversée

## 2. La décomposition en sous ensemble du filtre

On peut décomposer le filtre en les sous ensembles suivants:

### Système d'entraînement

- ✓ Réducteur FLENDER B4SV - Taille 9
- ✓ Accouplement
- ✓ Arbre
- ✓ Pignon d'attaque
- ✓ Couronne
- ✓ Roulements

### Hotte et chapeau

- ✓ rideaux

### Tuyaux flexibles

- ✓ Capillaires

### Cellule

- ✓ Toiles filtrantes
- ✓ Vis de réglage des cellules
- ✓ Vis de fixation des grilles.
- ✓ Clame
- ✓ Ressort
- ✓ Grille



- ✓ Bagues d'usure
- ✓ Coussinets
- ✓ Joints de grilles

### **Galets**

- ✓ Galets de support
- ✓ Galets de centrage
- ✓ Galets de cellule

### **Trémie à gypse**

- ✓ Toile d'usure
- ✓ Ecrou et rondelle de fixation

### **Rampe Lavage Toile**

- ✓ La rampe
- ✓ Pastille de pulvérisation

### **Distributeur**

- ✓ Anneaux d'usures
- ✓ Patin de centrage
- ✓ Plateaux

## **3. Les pompes centrifuges**

L'intervention des pompes centrifuges était une tâche principale pendant notre stage.

Généralement le type des pompes utilisées par l'usine, ce sont des pompes centrifuges. On trouve aussi des pompes volumétriques qui sont moins utilisées.

Les matériaux utilisés à la fabrication des pompes sont généralement: la fonte pour l'ensemble de la volute et le corps de la pompe, l'acier inoxydable pour le reste des pièces intérieures.

On a pris l'exemple de la pompe centrifuge de lavage du filtre (JL-PMP-AF-203AP36) dans le filtre précédent, pour analyser son fonctionnement et dysfonctionnement.



Figure 49: pompe centrifuge-PMP-AF-203AP36

### a. Principe et description de fonctionnement

Une pompe est un dispositif capable d'aspirer et de refouler un fluide. Une pompe centrifuge va utiliser pour cela la force centrifuge.

Elle est composée essentiellement d'une roue à aubes, une volute, un arbre, des éléments d'assemblage, d'étanchéité et de guidage en rotation

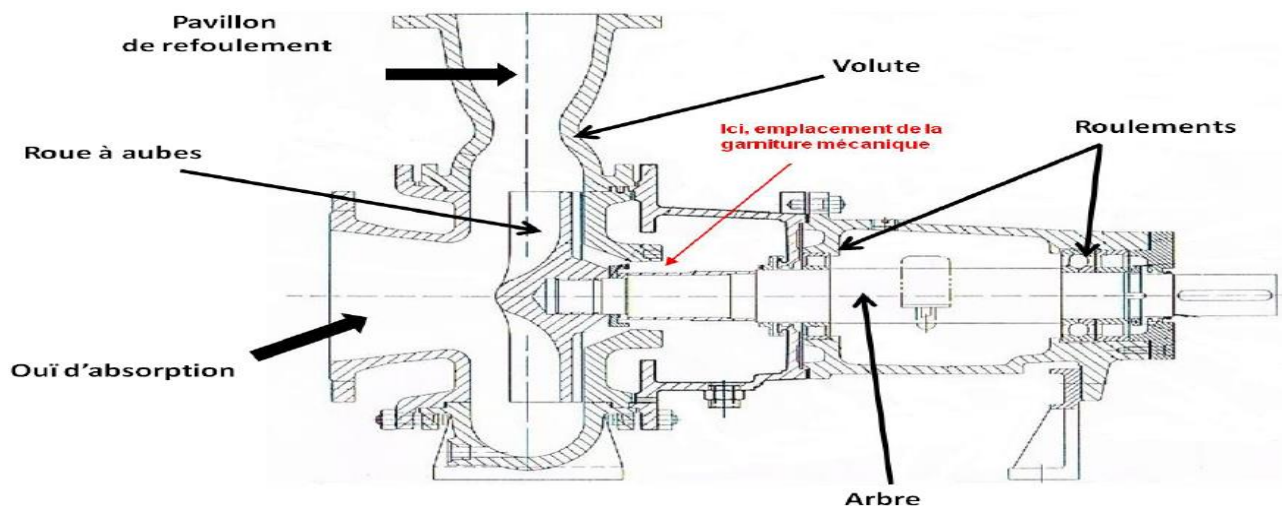


Figure 50: dessin d'ensemble en vue de coupe de la pompe centrifuge à bouillie

L'arbre du moteur entraîne celui de la pompe. Ce dernier, dans sa rotation sur lui-même, anime la roue à aubes. L'eau arrive au centre de l'axe de la pompe. La force centrifuge créée par la roue à aubes



va projeter l'eau avec force en périphérie de la roue. L'eau, alors mise en mouvement, est ensuite canalisée vers le refoulement.

L'étanchéité de la pompe est réalisée avec des joints plats, une garniture mécanique et des anneaux de bourrage à tresse assurant l'étanchéité entre l'arbre rotatif et le corps de la pompe.

La garniture mécanique est composée de deux grains, un fixé sur la chemise d'arbre et un mobile, un ressort et un joint torique.

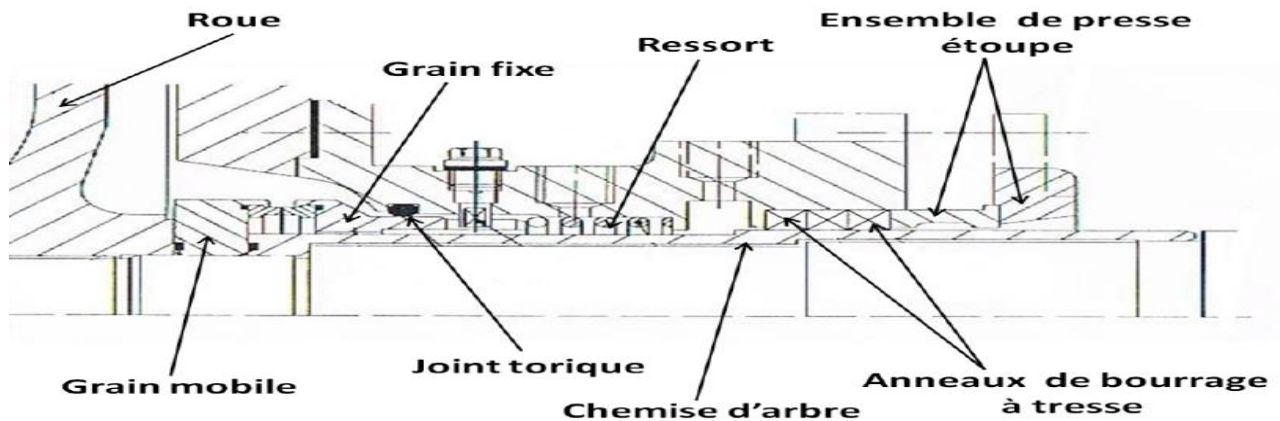


Figure 51: Garniture mécanique + tresses

Pendant le fonctionnement de la pompe, la pression de l'eau agit sur la garniture. Par conséquent, le joint torique se dilate et assure l'étanchéité.

L'ajustement des tresses est réalisé de manière à assurer l'étanchéité en permettant à la l'arbre de tourner facilement.

## II. Identification Et Analyse Des Pannes Mécaniques Enregistrées Sur Le Filtre PRAYON

Dans cette partie on va commencer par une analyse Pareto pour déterminer les équipements les plus critiques, ensuite on va identifier et analyser les causes qui font les filtres tombent fréquemment en panne

### 1. Analyse Pareto

Le diagramme de Pareto permet de positionner les équipements critiques (selon le critère défini) d'après une répartition de type 80/20 : 20% des équipements produisent 80% des pannes. Les équipements sont classés selon un ordre décroissant par rapport au critère. Un graphique affiche les fréquences cumulées et les compare au seuil paramétré (ex : 80%). Le point de la courbe ou le cumul croise le seuil délimite les équipements critiques.





Les 2 tableaux suivants représentent le nombre des pannes mécaniques enregistrés dans les deux filtres au court del'année2015 jusqu'à avril 2016

### Filtre 203AS21

S/Ensemble	Nbre de panne	%Fréquence	%Fréquence cumulé
Cellule	30	22	22
Galets	28	21	43
Trémie à gypse	20	15	58
RLT	18	13	71
Pompe	15	11	82
Capillaire	10	7	89
Ressort	7	5	95
Vanne	3	2	97
Ventilateur	3	2	99
Moteur	1	1	100
<b>Total</b>	<b>135</b>		

Tableau 14: Nombre de panne mécanique enregistrés dans le filtre 203AS21

Afin d'analyser la fréquence des arrêts causées par les pannes mécaniques, nous avons tracé le diagramme de Pareto pour déterminer les éléments les plus critiques.

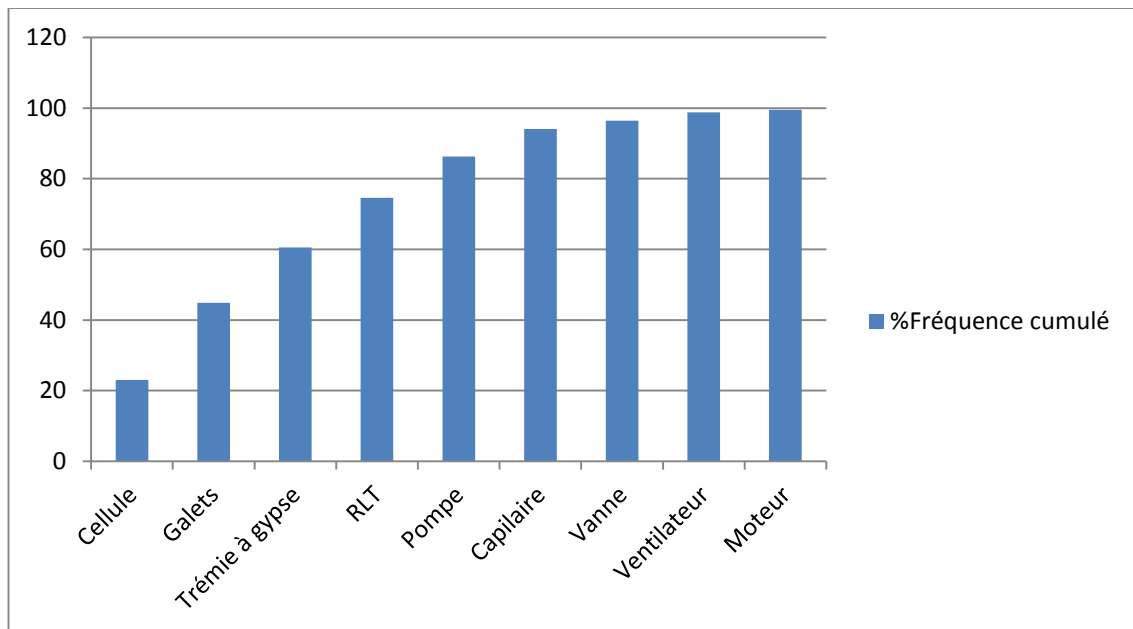


Figure 52: Diagramme Pareto pour le filtre 203AS21



### Filtre 203AS31

S/Ensemble	Nbre de panne	%Fréquence	%Fréquence cumulé
cellule	50	27	27
Galets	37	20	47
pompe	25	14	61
Trémie à gypse	23	13	74
RLT	17	9	83
Ressort	16	9	92
Capillaire	10	5	97
conduites eau de mer	2	1	98
moteur	1	1	99
vanne	1	1	100
<b>Total</b>	<b>182</b>		

Tableau 15: Nombre de panne mécanique enregistrés dans le filtre 203AS31

Afin d'analyser la fréquence des arrêts causées par les pannes mécaniques, nous avons tracé le diagramme de Pareto pour déterminer les éléments les plus critiques.

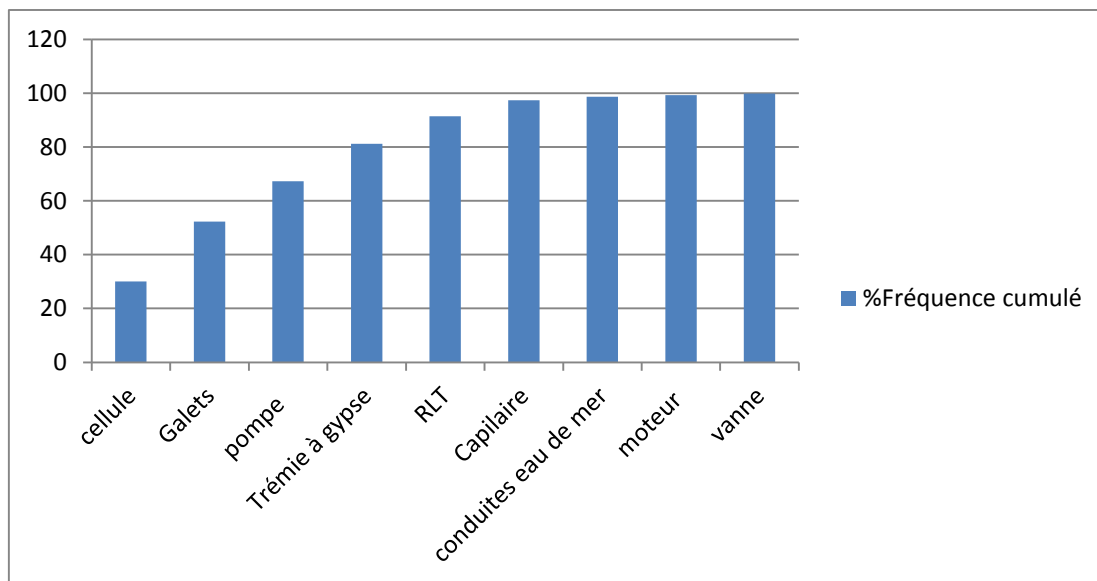


Figure 53: Diagramme Pareto pour le filtre 203AS31

D'après l'analyse de l'historique des pannes des 2 filtres, nous avons remarqué que les éléments les plus névralgiques sont: Cellules, Galets, RLT, Pompes, Trémie à gypse

Pour l'analyse de ces problèmes on a adopté une des méthodes de la résolution des problèmes.

## 2. Résolution du problème

Pour mener cette analyse nous avons tout d'abord commencé, pour chaque problème, par l'état des lieux, en identifiant le phénomène de la défaillance, et son impact sur l'exploitation. Et avant de



passer à l'analyse des causes racines du problème, nous avons déjà décrit le fonctionnement du système, dans les conditions réelles de fonctionnement. Après, en creusant dans les détails nous avons identifié les causes racines du phénomène. Ensuite, on a enchaîné par des actions et contre-mesures pour éliminer les causes racines, et en fin conclure avec des actions de verrouillages pour assurer la pérennisation des solutions mis en place.

### **a. Clarification du problème (QOQQPC)**

**Quoi** : Filtre A

**Qui** : Maintenance mécanique.

**Où** : Atelier attaque/ filtration

**Quand** : Durant l'année 2015 jusqu'à le mois 4 de l'année 2016

**Par quel** : desserrage de toile, mauvaise lubrification, mauvais positionnement des galets,

**Comment** : Apparition du problème avec une moyenne d'une fois pour chaque 15 jours

### **b. Objectifs de la méthode**

- ✓ Eliminer les arrêts de filtre causés par la dégradation des pièces de rechange
- ✓ Réduire les pertes d'arrêt de production
- ✓ Réduire les coûts de maintenance. (Réduire la consommation des pièces de rechange.)

### **c. Présentation de l'AMDEC**

#### **i. Définition**

AMDEC ou Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité, cette méthode est à vocation préventive. Elle permet de s'assurer de la faisabilité d'un cahier des charges en respect des spécifications clients et réglementaires. L'AMDEC est née au sein de l'industrie aéronautique durant les années 1960. L'industrie automobile l'a ensuite adoptée. Aujourd'hui, les applications de l'AMDEC comme outil d'analyse des risques sont multiples.

#### **ii. Etapes de réalisation d'une AMDEC**

L'AMDEC est une méthode inductive d'analyse de systèmes, utilisée pour l'étude systématique des causes et des effets des défaillances selon les cinq étapes suivantes:

- Définition du système, de ses fonctions et de ses composants



Cette étape consiste à donner une définition précise du système, déterminer les fonctions qu'il réalise ainsi que les spécifications relatives à son fonctionnement et au fonctionnement de ses composants.

- Recherche des modes de défaillances des composants et leurs causes

C'est l'étape de recensement des modes de défaillance, de chaque composant du système dans l'état de fonctionnement étudié pour ce dernier, et de la recherche des causes possibles pour ces modes.

La source de données relatives à ces défaillances peut être :

- Le retour d'expérience pour les composants déjà utilisés.
- Référence à des composants, fonctions similaires aux celles du système étudié ou une analyse de fiabilité prévisionnelle, pour les composants de nouvelle conception.

- Etude des effets des modes de défaillance

Le but de cette étape est l'étude systématique des effets de chaque mode de défaillance sur les fonctions du système et de chacun de ses composants.

- Analyse de la criticité

Cette analyse se base sur une grille de notation adoptée pour faire une évaluation, pour chaque mode, des critères suivants :

- Fréquence « F »: Probabilité que la cause apparaisse et qu'elle entraîne le mode de défaillance.
- Gravité « G »: Gravité des effets du mode de défaillance sur la disponibilité et sur la sécurité des personnes et des biens.
- Détection « D »: Probabilité que le mode de défaillance ne soit pas détecté.

La criticité d'un mode de défaillance se calcul par :

$$C = F \times G \times D$$

### iii. Grille de notation adoptée

Pour l'évaluation des critères F, D et G on élabore des grilles de notation.

Pour effectuer l'évaluation, on s'appuie sur:

- Les connaissances des membres du groupe AMDEC.
- Les données disponibles de fiabilité, historiques de défaillance, retours d'expérience etc.

En se basant sur ces données, nous avons adopté la grille de notation suivante :



Valeurs de F	Fréquence d'apparition de la défaillance
1	Défaillance pratiquement inexistante
2	Défaillance rarement apparue
3	Défaillance occasionnellement apparue
4	Défaillance fréquemment apparue

Tableau 16: Indice de fréquence F

Valeur de G	Valeur de G Gravité de la défaillance
1	Défaillance mineure pas d'arrêt de production
2	Défaillance moyenne Arrêt $\leq 2h$
3	Défaillance majeure $2h \leq \text{arrêt} \leq 10h$
4	Défaillance catastrophique $10h \leq \text{arrêt} \leq 1j$
5	Sécurité/Qualité arrêt $\geq 1$ jour

Tableau 17: Indice de gravité G

L'effet de la défaillance s'exprime en termes de durée d'arrêt, de non-conformité, de sécurité de l'opérateur.

Valeurs de D	Non-détection de la défaillance
1	détection totale
2	Détection possible
3	Détection improbable
4	Indétectable

Tableau 18: Non-détection de la défaillance D

#### d. Application de l'analyse A.M.D.E.C

Nous présentons ci-après l'étude AMDEC détaillée du filtre. Ce fait, incite à se mettre en question sur une étude préliminaire concernant la constitution de ce dispositif. Ces différentes caractéristiques techniques y seront bien évidemment consignées

Après avoir défini chaque constituant de grateur dans le chapitre précédent, il est important de réaliser un document synthèse du matériel

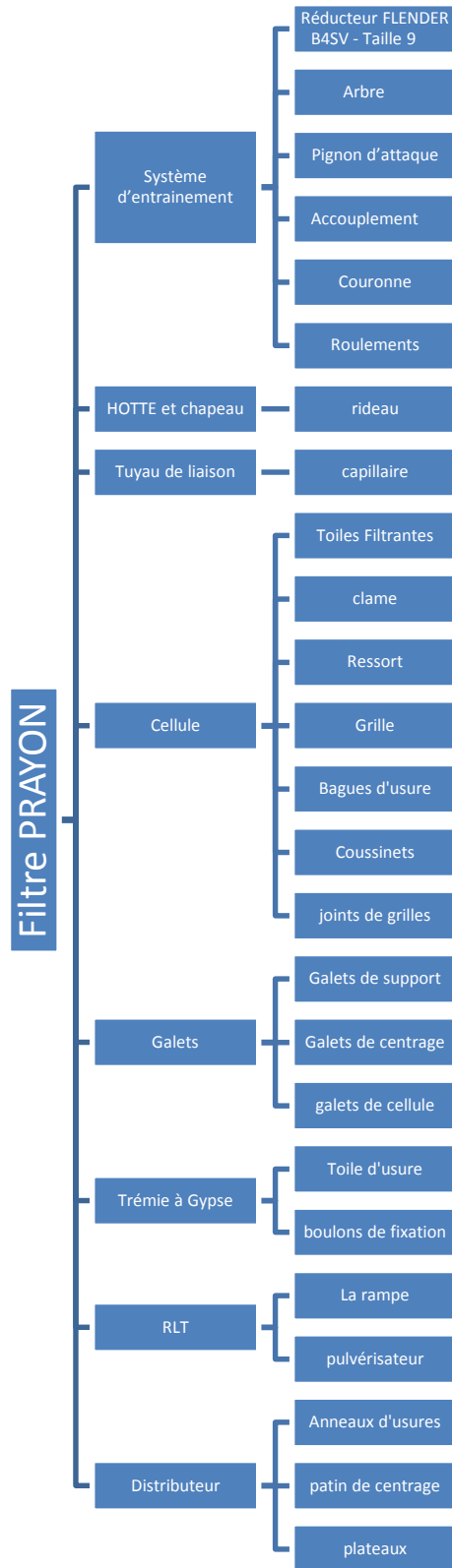


Figure 54: Découpage matériel de filtre PRAYON

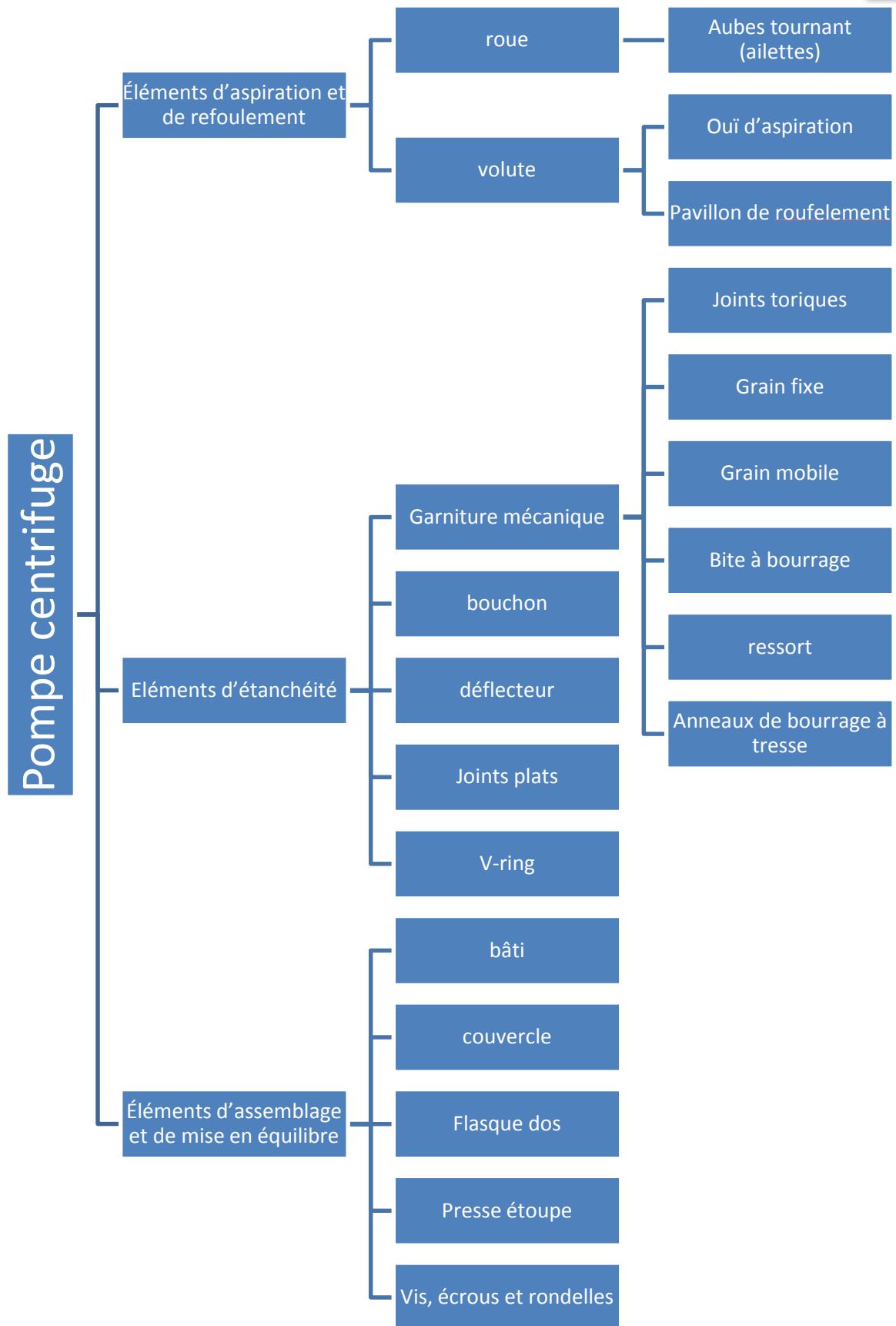



Figure 55: Découpage matériel de la pompe centrifuge



 Etude: Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leur Criticité						Service: Maintenance Mécanique			
Section: <b>attaque filtration</b> Equipement: <b>filtre PRAYON</b>			Sous ensemble: <b>Cellule</b>						
Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance	Détection	F	G	D	C
Toiles filtrantes	Filtration	Mauvaise filtration	Déchirure des toiles+ encrassement	Mauvaise filtration	Visuel	3	2	1	6
Bras de cellule	Guidage	Mauvais réglage/	Desserrage de la vis/détérioration des galets	Non planéité des cellules	Visuel	3	3	1	9
Vis de fixation des grilles	Fixation des grilles	Détérioration du filet de la vis	Encrassement des vis	Déformation des grilles lors du nettoyage	Visuel	1	1	1	1
Bagues d'usure	Guider l'arbre en rotation	Guidage avec frottement	Usure des bagues/ mauvaise lubrification	Usure des paliers/ Non planéité des cellules	Chocs lors du passage de la cellule dans le chemin de renversement	3	4	2	24
Ressort	Amortir le choc maintenir /la planéité des cellules	Mauvais amortissement et mauvais maintien de la planéité des cellules	Détérioration du ressort	Non planéité des cellules	Visuel	2	3	1	6





*Elaboration du manuel de gestion de la maintenance*



Jointes de grilles	Assurer une bonne étanchéité des grilles	Mauvaise étanchéité	Détérioration des joints	Déformation des grilles	Visuel	1	1	1	1
	Etude: Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leur Criticité					Service: Maintenance Mécanique			
	Section: <b>Attaque/Filtration</b> Equipement: <b>filtre PRAYON</b>		Sous ensemble: <b>Galets</b>						
Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance	Détection	F	G	D	C
Galets de supports	Supporter+guider	Mauvais support	Mauvais positionnement des galets	Mauvais réglage du hauteur du galets	Visuel	3	2	1	6
	Supporter+guider	Mauvais support	Arrachement du bondage de la jante	Déséquilibre du filtre	Visuel	2	3	1	6
	Supporter+guider	Mauvais support	Usure de l'axe du galet	Arrêt de galet	Jeu exagéré au niveau de la fixation du galets	1	3	1	3
	Supporter+guider	Mauvais support	Détérioration des roulements	Arrêt du galet	Absence du contact entre galet et la table tournante/ jeu exagéré au niveau de la fixation du galets	3	4	1	12
Galets de centrage	Centrer la table tournant	Mauvais centrage	Usure de l'axe du galet		Jeu exagéré au niveau de la fixation du galets	1	5	1	5



*Elaboration du manuel de gestion de la maintenance*



	Centrer la table tournant	Mauvais centrage	Roulement défectueux	Coincement du filtre/Décentrage du filtre	Jeu exagéré au niveau de la fixation du galets	1	5	3	15
Galets de cellule	Renversement de la cellule	Coincement	Fatigue du roulement	Arrêt du filtre	Visuel	1	2	1	2
	Renversement de la cellule	Mauvais renversement de la cellule	Usure du galet	Chocs lors du passage de la cellule dans le chemin de renversement		1	2	1	2

Tableau 19: AMDEC des sous-ensembles Cellule/Galets





	Etude: Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leur Criticité						Service: Maintenance Mécanique			
	Section: <b>attaque filtration</b> Equipement: <b>filtre PRAYON</b>		Sous ensemble: <b>Trémie à gypse</b>							
Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance	Détection	F	G	D	C	
Tôles d'usure	Protection de la trémie à gypse	Usure des tôles	Arrachement des tôles	Détérioration des vis de fixation	Visuel	4	4	2	32	
Boulons de fixation	Fixation de trémie	Détérioration des écrous	Vibration	Bruit	Visuel	1	2	1	2	

Tableau 20: AMDEC Trémie à gypse

	Etude: Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leur Criticité						Service: Maintenance Mécanique			
	Section: <b>attaque filtration</b> Equipement: <b>filtre PRAYON</b>		Sous ensemble: <b>RLT</b>							
Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance	Détection	F	G	D	C	



*Elaboration du manuel de gestion de la maintenance*



La rampe	Lavage des cellules	Mauvais lavage des cellules	Bouchage des buses	Mauvais lavage toile	Visuel	2	2	1	4
Pulvérisateur	Lavage des cellules	Mauvais lavage des cellules	Bouchage des buses	Détérioration des buses	Visuel	1	2	1	2

Tableau 21: AMDEC RLT



On a défini un seuil de criticité égale à 12, les modes de défaillances qui ont une criticité supérieure à ce seuil sont mentionnés en rouge.

Pour le filtre l'AMDEC m'a permis de découvrir tous les modes de défaillance possibles, leurs causes, leurs conséquences et leurs méthodes de détection et d'identifier les sous-ensembles critiques de cet équipement

### **e. Conclusion**

Pour réduire la criticité il faut réduire les trois facteurs qui sont la fréquence, la gravité et la non-détection par les méthodes suivantes :

- Réduire la fréquence par la maintenance préventive.
- Réduire la gravité par une bonne préparation avant l'intervention à travers les gammes et la préparation des ressources.
- Réduire la non-défectabilité par la planification des contrôles avec les moyens de mesures adéquats (analyse des huiles, analyse vibratoire...)

## **3. Plan de maintenance du filtre PRAYON**

Après avoir déterminé les différents modes de défaillance du filtre, à l'aide d'une étude AMDEC. Nous allons maintenant nous intéresser à l'ensemble des actions préventives et correctives nécessaires pour remédier à ces modes.

### **a. Les gammes de maintenance**

#### **Utilité de la gamme**

La gamme de maintenance constitue une description de la procédure de gestion d'un objet de maintenance. Dans la gamme de maintenance, les activités à effectuer dans une intervention sont décrites ainsi que les informations nécessaires à son exécution.

La gamme opératoire permet de réaliser une tâche dans les meilleures conditions. Il décrit avec précision les étapes de la réalisation de la tâche, la durée d'accomplissement de chaque étape ainsi que les moyens (compétences, outillage, engins, ...) nécessaires pour effectuer la tâche. Il assure donc une exécution fiable des interventions et une bonne gestion.

Les informations que la gamme doit contenir sont :

- Equipement : Nom de l'équipement sur lequel l'intervention est effectuée.
- Code gamme : Code relatif à la gamme.



- Libellé gamme : Intervention voulue ; il s'agit de contrôler l'état de l'équipement, de changer l'équipement, effectuer un revêtement sur l'équipement ou autres.
- N° étape : Puisque les tâches sont exécutées en ordre, chacune d'elle possède un numéro.
- Désignation de l'étape : L'opération qui doit être exécutée.
- Compétences : Nombre de personnel, de chaque spécialité, nécessaire pour effectuer la tâche demandée.
- Durée: Durée suffisante pour effectuer la tâche.
- Pièces de rechanges : Les pièces qui vont être changé durant l'intervention.
- Outillage: Outillage nécessaire à la bonne réalisation de l'intervention.






Pour donner un exemple de gamme suivant le modèle que nous avons proposé, nous avons essayé d'élaborer 2 gammes pour un des composants de filtre que nous étudions les galets de support.



*Elaboration du manuel de gestion de la maintenance*



i. Gamme opératoire : Changement du galet support

N° phase	Description des phases	ILLUSTRATION	Durée (min)	COMPETENCES				Temps MO	Pièces de Rechanges	Outillage	Autorisation et mesures de sécurité nécessaires
				Méca	Elect	Instr	Autre (*)				
											
Gamme opératoire N°:		N° Equipement: <b>203AS21/S31</b>  Désignation Equipement : Filtre Prayon (Galet support)	Désignation Intervention : changement des galets support					Repère Géographique : 203-AS21/31			
10	Equipement du nouveaugalet										
20	manutention sur site										
30	consignation		15								
40	autorisation										
50	Positionnement du galet à changer		5								
60	Positionnement du vérin avec des cales		10						vérin hydraulique		
70	soulèvement de la table juste le nécessaire		15						règle graduée		
80	démontage et réglage de la hauteur du galet (vis a six pans)		5						Clé a six pans 10		



Elaboration du manuel de gestion de la maintenance



ique








90	soulèvement du galet avec des pinces a talon		5							Pincas a talon	
100	Nettoyage de la zone du galet		5							Chiffon	
110	Manutention et emplacement du nouveau galet		5							Manuelle	
120	Positionnement du rondelle de réglage a zéro (mini) indiqué sur la rondelle par un trou position a droite mini position a gauche maxi		10							Manuelle	
130	Faire descendre le vérin doucement jusqu'au sommet du galet		5							Vérin 50 Tonnes	
140	Contrôler les jeux des deux galets à coté (droite et gauche) s'ils ne touchent pas .faire descendre la table (il faut que la table touche légèrement les sommets des galets)		5							Jeu e cales	
150	Fixer le galet par vis de réglage		5							Clé six pans 10	
160	Contrôler le galet (bruit, mouvement, et revêtement) en marche		6							Visuelle	

Tableau 22: Gamme opératoire de changement du galet support





ii. Gamme opératoire : Révision du galet support



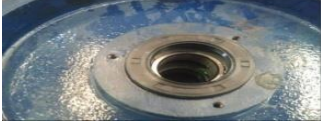
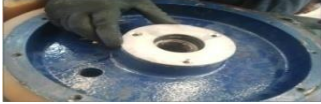



N° phase	Description des phases	ILLUSTRATION	Durée (min)	COMPETENCES				Temps MO	Pièces de Rechanges	Outillage	Autorisation et mesures de sécurité nécessaires
				Méca	Elect	Instr	Autre (*)				
		<p>N° Equipement: <b>203AS21/S31</b></p> <p>Désignation Equipement : Filtre Prayon (Galet support )</p>	Désignation Intervention : Révision des galets support					Repère Géographique : 203-AS21/31			
<b>10</b>	Nettoyage des portées des roulements a l'intérieur du galet		5							Gasoil et chiffons	
20	Montage des circlip sa l'intérieur du galet (arrêt des roulements)		10							Pince acirclips intérieure	
<b>30</b>	Bien positionner le roulement sur l'alésage et montage jusqu'aux circlips (montage avec un outil spéciale et presse hydraulique) pour les deux roulements <b>NB</b> faire attention à la pression (voir indicateur sur manomètre référence de roulement a l'extérieur)		15					Roulement REF 22208 CA W33	Centrale hydraulique et la pièce de montage		



Elaboration du manuel de gestion de la maintenance



ique

40	Graissage des roulements																				
50	Montage de l'arrêt de graisse coté réglage de la hauteur du galet <b>NB</b> référence a l'intérieur		10																	REF 50-80-13	Manuelle
60	Montage de l'arrêt de graisse coté opposé <b>NB</b> référence à l'extérieur et graissage																				
70	Montage des flasques		10																		Clé six pan 4
80	Montage du 1 <sup>ère</sup> entretoise et serrage par la vis de pression		5																		Manuelle et vis a six pans 2
90	Montage de l'axe dans la roue avec entretoise		5																		Clés plate 46
100	Montage du 2 <sup>ème</sup> entretoise + serrage de la vis de pression																				Manuelle et vis a six pans 2
110	Montage du graisseur		5																		Clés plate 17
120	Graissage des roulements		10																		Pompe de graisse



Elaboration du manuel de gestion de la maintenance




130	Graissage et Montage des joints		5															Manuelle
140	Montage des flasques de protection et fixation par des vis a tête fraisé		10															Clé six pans 6
150	Graissage et Montage des joints Oring sur les deux cotés de la roue																	Manuelle


Tableau 23: Révision du galet support



i. Plan de maintenance

Le plan de maintenance regroupe les intentions d'intervention de maintenance préventive. Il est très utile dans la mesure où il permet la planification de l'ensemble des travaux qui doivent être exécutés afin de diminuer la criticité et d'éliminer les causes potentielles des modes de défaillances susceptibles d'apparaître sur l'équipement concerné.



		Plan de Maintenance préventive				Service: Maintenance Mécanique		
section: <b>attaque filtration</b>		Equipement: <b>Filtre PRAYON</b>						
Sous ensemble	composant	Type de tache	Description de la tâche	Action (en cas de non-conformité)	Marche ou Arrêt	Fréq.	Exécutant	
Cellules	Toiles filtrantes	inspection	Contrôle de l'état des toiles	changement		1 Mois		
	Cellules	Vérification/Réglage	Contrôle de la planéité des cellules	Réglage par réajustement du ressort et la vis de pression	M	15 Jrs	Mécanicien	
		Vérification	Contrôler le passage des cellules dans le renversement (en marche)	Vérifier l'état des bagues d'usure et les coussinets		1 Jr		
		Vis de fixation des grilles	Vérification	Vérifier la fixation des toiles.	Changement des fixations	A	15 Jrs	Mécanicien
		Bagues d'usure	Vérification	Contrôler l'état des bagues d'usure intérieur et extérieur	Changement	A	1 Mois	Mécanicien
		Ressort	inspection	Contrôle du ressort Raideur du ressort Circulaire supérieur La casse du ressort	Réglage ou changement du ressort	A	15 Jrs	Mécanicien
			Nettoyage	Nettoyage des ressorts			15 Jrs	Mécanicien
	Joint de grilles	Inspection	Contrôle de l'état des joints	Changement de joints	A	1 Ans	Mécanicien	



*Elaboration du manuel de gestion de la maintenance*



GALETS	galets de support	Inspection	Contrôle d'état du bondage des galets	Remplacer les galets dont le bondage est arraché ou usé.	A	6 Mois	Mécanicien	
		Nettoyage	Nettoyage des galets		A	1 Mois	Mécanicien	
		réglage	Réglage des galets porteurs en hauteur		A	1 Ans	Mécanicien	
	Galets de centrage	Inspection	Contrôle d'état du bondage des galets	Remplacer les galets dont le bondage est arraché ou usé.	A	1 Mois	Mécanicien	
		Nettoyage	Nettoyage des galets		A	6 Mois	Mécanicien	
	Galets de cellule (de basculement)	Inspection	Contrôle d'état du bondage des galets	Remplacer les galets dont le bondage est arraché ou usé.	A	6 Mois	Mécanicien	
		Nettoyage	Nettoyage des galets		A	1 Mois	Mécanicien	
		inspection/changement		Contrôle du jeu de roulement des galets		A	1 Mois	Mécanicien
				Inspecter et remplacer les galets dont le roulement est détérioré		A	1 Ans	Mécanicien
	TREMIE A GYPSE	Toles d'usure	Nettoyage	Nettoyer les tôles d'usure		A	3 Mois	Mécanicien
		boulons de fixation	Inspection	Inspecter l'état des boulons de fixation	Changement en cas d'abrasion	A	1 Mois	Mécanicien
	RAMPE LAVAGE TOILE	La rampe	Nettoyage	Nettoyer de la rampe		A	1 Mois	Mécanicien
pulvérisateur		Inspection	Vérifier l'état des buses	Changement des buses	A	1 Mois	Mécanicien	
		Nettoyage	Nettoyage des injecteurs d'eau		A	1 Mois	Mécanicien	
LA HOTTE	RIDEAUX	Inspection	Vérifier la bonne étanchéité des rideaux	Changer les rideaux détériorés	A	1 Mois	Mécanicien	



--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tableau 24: Plan la maintenance préventif de filtre PRAYON

#### 4. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons effectué une étude pratique d'un élément le plus critique du PMP en réalisant une analyse des causes afin d'élaborer un plan préventive et une gamme opératoire dans lesquelles l'opérateur doit avoir pour que les pannes ne se répètent plus.



## *Conclusion générale*

Notre passage au service matériel de l'OCP Jorf Lasfar, nous a permis de mettre en œuvre un certain nombre d'outils théoriques et techniques que nous avons acquis durant notre cursus de formation au sein de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès. C'était aussi une occasion particulière pour découvrir des secteurs d'activités chacun faisant le traitement d'un produit différent (Phosphate, Soufre, Acide phosphorique et Acide sulfurique).

Dans notre projet de fin d'études nous avons pu apporter quelques éléments d'amélioration à la gestion de la maintenance au sein de la direction infrastructure, lieu de notre stage.

On a élaboré un manuel de gestion pour standardiser les procédures au sein de service maintenance mécanique, ensuite et avec la méthode d'approvisionnement Min-Max nous avons déterminé les quantités à commander puis nous avons réalisé une application informatique afin de simplifier la visualisation des articles qui ont besoin du commande et de lancer le besoin.

Dans la dernière partie nous avons réalisé une description pour le filtre PRAYON, et sur laquelle nous sommes basés pour élaborer le plan de maintenance.

En analysant ces modes de défaillance majeures vécus lors des deux dernières années, par les méthodes de résolution de problème, nous avons pu identifier les causes racines de chaque phénomène

Et afin de garantir la fiabilité des éléments de filtre, éviter les activités de maintenance non planifiées, développer les compétences du personnels de maintenance, d'abord nous avons mis sur place des gammes opératoires, puis l'élaboration d'un plan de maintenance préventif systématique pour le filtre.





## *Bibliographie*

- ✓ *Gestion de la Maintenance – M.VILLAIN – ISET de Nabeul*
- ✓ Cours de maintenance industrielle Pr. Mr Ahmed EL BIAALI, professeur génie mécanique à la faculté des sciences et technique de Fès.
- ✓ Cours de maintenance Pr. Mr A. TAOUACHE, professeur génie mécanique à la faculté des sciences et technique de Fès.
- ✓ Cours de gestion de production Pr. Mr J.ABOUCHITA, professeur génie mécanique à la faculté des sciences et technique de Fès.
- ✓ Gérard Landy, 2007, « AMDEC Guide Pratique », ©AFNOR – 11, rue Francis de Pressensé, 93571 La Plaine Saint-Denis Cedex.
- ✓ Dossier machine du filtre
- ✓ Techniques de l'ingénieur, <http://www.techniques-ingenieur.fr/>
- ✓ <Http://www.piloter.org>



## *ANNEXE*

Fascicule de codification et inventaire des équipements au sein du PMP