



## PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du :

**Diplôme d'Ingénieur d'Etat**  
Spécialité : **Conception Mécanique et Innovation**

**Mise en état de conformité de la centrale des  
surpresseurs et amélioration des performances du  
circuit de transport pneumatique**

Effectué au sein d'ASMENT TEMARA (Groupe VOTORANTIM)  
Bureau Technique (BT)

Soutenu le 01 Juillet 2015

Par :

**Mlle. Imane EL OUALYDY**  
**Mlle. Mariem OFQUIR**

Jury:

- Pr. B. HARRAS (FSTF)
- Pr. I. MOUTAOUAKKIL (FSTF)
- Pr. J. ABOUCHITA (FSTF)

Encadré par :

- Pr. Bilal. HARRAS (FSTF)
- M. Youssef EL-KHLIFI (Ingénieur chef  
du bureau technique d'ASMENT)

Année Universitaire : 2014-2015

## Résumé

La maintenance industrielle prend une importance croissante et se révèle être une des fonctions clé de l'entreprise de production moderne.

Dans le cadre d'une vision stratégique de l'amélioration du fonctionnement des unités de production, le groupe VOTORANTIM présenté par ASMENT TEMARA a opté pour procéder à la rénovation de l'installation, l'instrumentation et les équipements de l'atelier du coke de pétrole afin d'assurer le fonctionnement continu du processus de production du ciment à moindre coût. La solution proposée prend en considération non seulement l'intégration de nouveaux équipements mais aussi la réparation et la mise en état de conformité des équipements déjà existants dans l'installation de Pet coke.

Pour ce faire, nous avons procédé par un calcul théorique des pertes de charges dans l'installation actuelle, en le comparant avec l'état modifié. Ensuite, nous nous sommes dirigées vers l'étude de la fiabilité de l'installation. Nous avons évalué la fiabilité de l'installation par une application de la loi de "Weibull" en utilisant le logiciel **PTC Windchill quality solutions**. Ainsi, nous avons calculé le taux de fiabilité des équipements de l'atelier Pet coke. Par la suite nous avons élaboré une étude critique des fonctions défaillantes existantes dans les différentes séquences de processus par l'approche AMDEC. Ainsi, qu'un plan d'action pour assurer la continuité du fonctionnement de l'installation. Finalement, nous avons établi une architecture d'un plan détaillé des modifications de l'atelier et une évaluation économique des pertes pour l'année 2014, suivi d'un plan de maintenance préventif annuel et des gammes de maintenance en essayant de fiabiliser l'installation Pet coke.

**Mots clés :** Maintenance, coke de pétrole, pertes de charge, fiabilité, défaillance, AMDEC, Plan de maintenance préventif, gamme de maintenance, évaluation économique

## Abstract

Industrial maintenance is becoming increasingly important and proves to be one of the key functions of modern production company.

As part of a strategic vision of improving the operation of production units, the group presented by VOTORANTIM ASMENT TEMARA opted to proceed with the renovation of the plant, instrumentation and equipment of Pet shop coke to ensure continuous operation of the cement production process. The proposed solution takes into consideration not only the integration of new equipment but also the feasibility of the solution and also the technical and economic constraints.

To do this we conducted a theoretical calculation of head losses in the current facility to subsequently, a comparison with the state after the change. Then we headed to the study of the reliability of the installation. We did our work followed by an application of the law of "Weibull" with PTC Windchill quality solutions. Thus, we defined graphics and analytical methods to determine the failure settings, which are used for the evaluation of the rate of degradation of equipment. Subsequently we developed a critical study of existing functions by failing AMDEC approach, then we established an architecture of a detailed plan of changes and relocations and an economic study of the installation, followed by a preventive maintenance plan and ranges trying to improve cement production quality at ASMENT TEMARA.

**Keywords:** Maintenance, Petroleum coke, losses of charges, Reliability, failure, AMDEC, preventive maintenance program, range maintenance, economic evaluation.

## ملخص

أصبحت الصيانة الصناعية ذات أهمية متزايدة ويبرهن على كونها كذلك أن تكون واحدة من المهام الرئيسية لشركة الإنتاج الحديثة.

في إطار رؤية استراتيجية من أجل تحسين تشغيل وحدات الإنتاج، اختارت المجموعة الممثلة من طرف شركة أسمنت تمارة المضي قدما في تجديد المصنع، والأجهزة والمعدات المكونة لورشة الفحم لضمان التشغيل المستمر لعملية إنتاج الأسمنت.

الحل المقترح يأخذ بعين الاعتبار ليس فقط تكامل المعدات الجديدة ولكن أيضا ولكن أيضا إصلاح المعدات المتواجدة في الورشة.

من أجل ذلك، قمنا بحساب الكمية الضائعة من الطاقة في الأنابيب الحالية بهدف مقارنتها مع الكمية الضائعة بعد استبدال الأنابيب، ثم اتجهنا لدراسة موثوقية الورشة وفق قانون ويبول وهكذا، حددنا الرسومات والطرق التحليلية لتحديد إعدادات الفشل، والتي تستخدم لتقييم معدل تدهور المعدات.

بعد ذلك قمنا بتطوير دراسة نقدية لمعرفة أسباب تدهور معدات الورشة ثم قمنا بإنشاء بنية خطة مفصلة من التغييرات وإعادة التوطين ودراسة اقتصادية تليها خطة الصيانة الوقائية في محاولة لتحسين جودة إنتاج الأسمنت.

**كلمات البحث:** الصيانة، الفحم، ضياع الطاقة، الموثوقية، الفشل، خطة الصيانة الوقائية، ومجموعة الصيانة والتقييم الاقتصادي

## Avant-propos

Ce rapport de stage de fin d'études a été réalisé en collaboration entre les différents départements de l'usine d'ASMENT TEMARA et les deux stagiaires ingénieures IMANE et MARIEM, avec le soutien des professeurs de la faculté des sciences et techniques.

## Remerciements

*Avant tout, nous remercions*

*ALLAH, le Clément, le Miséricordieux, pour nous avoir donné la volonté, la patience et l'opportunité de faire ce modeste travail,*

*Nos parents pour tous les bienfaits qu'ils nous ont accordés, leur écoute, leur disponibilité et leur grand Amour.*

*Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce rapport.*

*Nous tenons à remercier sincèrement Monsieur HARRAS Bilal, professeur du département Génie mécanique à la FST, pour son encadrement, ses conseils, son soutien, et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer.*

*Monsieur Youssef EL-KHLIFI, on ne saurait vous exprimer notre reconnaissance pour votre habituelle sympathie et pour votre encadrement. Vous avez été à l'écoute de nos interrogations et propositions.*

*Sans oublier de remercier Monsieur BOUJADI, Monsieur TARIK et Monsieur CHOUAIB CHAROUK pour leur disponibilité et leur aide dans les différentes étapes du projet.*

*Nos vifs remerciements sont adressés au personnel du bureau technique et de l'atelier mécanique Monsieur OMAR, Monsieur AMINE, Monsieur ELARBI et Monsieur Nabil pour leur collaboration et leur disponibilité.*

*Nos sincères remerciements à Mme Imane MOUTAOUAKKIL, Mr. Bilal HARRAS, et Mr. Jalil ABOUCHITTA pour nous avoir honorés en membre de jury ainsi que tout le corps enseignant du département Génie Mécanique.*

## Dédicace

### *A Nos Parents*

*Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour  
Et de l'affection dont ils ne cessent de nous combler et  
De l'effort qu'ils ont consentis pour nous durant toutes ces années.  
Qu'ils trouvent dans ce travail un  
Témoignage de notre profond amour et éternelle reconnaissance.  
Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.*

### *A Nos frères et Nos sœurs*

*Qui n'ont jamais cessé de nous soutenir tout au long de nos études  
Qu'ils trouvent ici le témoignage de notre très grande affection.*

### *A toutes Nos familles*

### *A toutes Nos amies*

*A tous ceux qui nous sont chers, Qui nous offrent leur amour*

*Et leur fraternité*

*Merci pour votre soutien et votre encouragement*

*Nous vous dédions cet humble travail en signe de reconnaissance et de dévouement.*

*Mariem & Imane* 

## Tables des matières

Résumé .....	1
Avant-propos .....	4
Remerciements .....	5
Dédicace .....	6
Table des matières .....	7
Liste des figures .....	10
Liste des tableaux .....	12
Liste des symboles et abréviations.....	13

### Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil et du processus de fabrication du ciment

I. Le secteur du ciment au Maroc : .....	17
II. Présentation d'organisme d'accueil.....	17
1. Groupe VOTORANTIM.....	17
2. Asment Temara .....	18
3. Organigramme et description des différents services de la société : .....	21
III. Processus de fabrication du ciment .....	23
1. Les différents procédés de fabrication du ciment : .....	24
2. Le procédé de fabrication à l'usine ASMENT TEMARA : .....	25

### Chapitre II : Etude de projet

I. Formalisation du problème.....	33
1. Contexte de l'étude.....	33
2. Problématique.....	33
3. Cahier de charges .....	34
4. Objectifs de l'étude .....	34
5. Mission et Méthodologie de l'étude .....	34
II. La planification du projet : .....	35
III. Evaluation de maintenance de l'unité de Pet coke.....	37
1. Questionnaire.....	37
2. Résultats et interprétation : .....	37

IV. Atelier de transport du coke de pétrole.....	38
1. Introduction .....	38
2. Description de la plateforme de l'installation.....	38
3. Le Coke de pétrole .....	39
V. Diagnostic de l'état actuel de l'unité.....	41
1. Salle des surpresseurs .....	41
i. HIBON SN.....	42
ii. AERZEN .....	43
2. Pompes d'expédition.....	45
3. Circuits du transport pneumatique.....	47
4. Réfrigérant à air:.....	50
5. Le refroidissement par circulation d'eau .....	50
6. Typologie d'accessoires.....	50
VI. Calcul des pertes de charge .....	51
1. Généralité sur les pertes de charges.....	51
2. Calcul des pertes de charge pour le circuit d'air comprimé :.....	54
3. Conclusion et perspectives :.....	56

### Chapitre III : Etude de la fiabilité de l'installation

I. Concepts généraux de la fiabilité : .....	58
II. Calcul de la fiabilité de l'installation.....	58
1. Objectifs et intérêts de la fiabilité.....	58
2. Analyse de la fiabilité de l'enregistrement des pannes et des interventions .....	61
3. Calcul de la disponibilité des équipements.....	66
4. L'absence d'une politique de maintenance préventive.....	68

### Chapitre IV: Diagnostic de l'état actuel (AMDEC)

I. Introduction .....	71
II. L'approche AMDEC.....	71
1. Définition AFNOR .....	71
2. Description des types d'AMDEC.....	71
3. Le but de l'AMDEC:.....	72
4. Présentation du groupe de travail .....	72

III. Analyse AMDEC moyen de production (AMDEC Machine).....	73
1. Initialisation de l'étude.....	73
2. Le dépoussiéreur .....	74

### Chapitre V : Présentation de l'organisme d'accueil eu du processus de fabrication du ciment

I. Introduction .....	96
II. Grosses modifications de l'installation .....	96
III. Etude économique des actions pour l'amélioration .....	107
1. Introduction .....	107
2. Coût et étapes d'investissement :.....	108
IV. Elaboration du planning de maintenance préventive et des gammes opératoires.....	114
1. Définition.....	114
2. Démarche d'établissement du plan de la maintenance .....	114
3. Plan préventif et gammes de maintenance : .....	115
Conclusion .....	116
Conclusion générale .....	117

## Liste des figures

Figure 1 : Vue d'Asment TEMARA .....	18
Figure 2 : Diagramme descriptif des différentes directions d'Asment Temara .....	21
Figure 3 : Composants du ciment.....	24
Figure 4: Cycle de production du ciment .....	26
Figure 5 : Extraction des matières premières .....	26
Figure 6 : Concassage des matières premières.....	27
Figure 7 : Pré-homogénéisation .....	27
Figure 8 : Broyage de la matière .....	27
Figure 9 : Homogénéisation .....	28
Figure 10 : Les étapes principales de cuisson .....	28
Figure 11 : La ligne Cuisson .....	28
Figure 12 : Broyage ciment .....	29
Figure 13 : Stockage et livraison.....	30
Figure 14 : CPJ35 & CPJ45 .....	31
Figure 15 : Profil de la fonction maintenance sous forme de Radar.....	37
Figure 16 : Schéma actuel de l'installation des surpresseurs .....	39
Figure 17 : Stockage coke de pétrole .....	40
Figure 18: broyeur à coke de pétrole.....	41
Figure 19 : Composantes du groupe surpresseur .....	44
Figure 20 : Principe du fonctionnement du surpresseur .....	44
Figure 21 : Débit de la pompe en fonction de sa taille .....	46
Figure 22 : Principe du fonctionnement des pompes .....	47
Figure 23: Circuit avant la modification .....	49
Figure 24 : Aéro-réfrigérant .....	50
Figure 25 : Pertes de charge dans la conduite .....	51
Figure 26 : La rugosité en fonction de type de conduite .....	52
Figure 27 : Formule de calcul du coefficient des pertes de charge .....	52
Figure 28 : Les trois conduites du transport d'air comprimé.....	54
Figure 29 : Valeur de coefficient de pertes de charge singulières des vannes ouvertes en fonction de leurs types.....	55
Figure 30 : Courbe de baignoire.....	59
Figure 31 : Probabilité de défaillance en fonction du temps .....	61
Figure 32: Calcul de la fiabilité .....	62
Figure 33 : Tracé de l'allure de la fiabilité en fonction du temps.....	63
Figure 34 : Tracé de l'allure de la non-fiabilité en fonction du temps .....	64
Figure 35 : Tracé de l'allure du taux de défaillance en fonction du temps.....	64
Figure 36 : Calcul du taux de fiabilité de chaque équipement.....	67
Figure 37 : La disponibilité des équipements de l'installation .....	68
Figure 38 : Types d'AMDEC .....	71
Figure 39: Séquenceur .....	74
Figure 40: Manches filtrantes .....	75

Figure 41:SAS motorisé .....	75
Figure 42: Venturi.....	76
Figure 43 : Schéma du processus d'alimentation du four.....	77
Figure 44 : Diagramme bête à cornes .....	78
Figure 45 : Diagramme des interacteurs.....	79
Figure 46 : Diagramme d'arborescence .....	83
Figure 47 : Diagramme FAST des surpresseurs .....	85
Figure 48 : Diagramme FAST de la pompe .....	86
Figure 49 : Diagramme FAST de dépoussiéreur .....	87
Figure 50 : Diagramme FAST de l'aéro-réfrigérant .....	88
Figure 51: nouveau circuit de transfert d'air.....	97
Figure 52: persienne de ventilation .....	101
Figure 53 : Circuit actuel de la nouvelle installation .....	102
Figure 54: Le schéma de la centrale âpre la modification .....	103
Figure 55:soupape de sécurité.....	105
Figure 56 : Clapet anti-retour.....	106
Figure 57: Aéromat .....	106
Figure 58 : Surpresseur capotés dans la salle d'ensachage .....	107

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques de chaque type du ciment.....	18
Tableau 2 : Composition du ciment selon son type .....	19
Tableau 3 : Planning du projet .....	36
Tableau 4 : Caractéristiques du coke de pétrole.....	41
Tableau 5 : Caractéristiques du surpresseur F640 de type AERZEN .....	43
Tableau 6 : Caractérisation en termes de débit et de puissance des surpresseurs de la salle.....	43
Tableau 7 : Pompes et surpresseurs correspondants .....	45
Tableau 8 : Coefficient des pertes de charge singulières des coudes en fonction du rayon de courbure et de diamètre.....	53
Tableau 9 : Relevé des mesures .....	54
Tableau 10 : Calcul des pertes de charge linéaires pour le circuit d'air comprimé .....	55
Tableau 11 : Valeur du coefficient des pertes de charge pour les clapets en fonction de leur degré d'ouverture .....	56
Tableau 12 : Calcul des pertes de charges singulières .....	56
Tableau 13 : Résultats des MTBF, MTTR et Disponibilité pour chaque équipement.....	67
Tableau 14 : Description des fonctions principales et de contraintes .....	80
Tableau 15 : Calcul des pertes de charge linéaires après modification du circuit .....	98
Tableau 16 : Calcul des pertes de charges singulières après modification du circuit.....	99
Tableau 17 : Caractéristiques du nouveau surpresseur installé .....	103
Tableau 18 : Calcul et comparaison de la consommation et de prix des deux combustibles.....	109
Tableau 19 : Coût de l'investissement .....	113

## Liste des symboles et abréviations

AMDEC	: Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité
MTBF	: Mean Time Between Failures (Moyenne des temps de bon fonctionnement)
MTTR	: Mean Time To Repair (Moyenne des Temps Techniques de Réparation)
TBF	: Temps de bon fonctionnement avant la première défaillance[h]
D	: Disponibilité
$\lambda(t)$	: Taux de défaillance
F(t)	: Fonction de répartition [%]
R(t)	: Fiabilité au temps t [%]
t	: L'instant (t)
$\beta$	: Paramètre de forme de la loi de "weibull"
$\eta$	: Paramètre d'échelle de la loi de "weibull"[h]
$\gamma$	: Paramètre de position de la loi de "weibull"[h]
G	: Indice de la gravité
F	: Indice de la fréquence
D	: Indice de la détection
C	: Indice de la criticité

## Introduction générale

Les différentes étapes de procédé de la fabrication du ciment sont très énergivores, en particulier le broyage du clinker qui présente 40% de l'énergie totale consommée. Ainsi, ASMENT TEMARA qui détient 11% du marché national vise à identifier les gisements d'économie d'énergie pour réduire sa facture énergétique, principale composante du prix de revient. Pour ce faire, l'entreprise veille à une meilleure maîtrise de son processus de fabrication et à la mise en œuvre des procédés économiques.

Ainsi le coût du fioul élevé qui est égal à **3900 DH/tonne** par rapport au coke de pétrole qui est de **900 DH/tonne** nécessite de donner plus d'importance à la centrale d'alimentation du four par le coke de pétrole pour exiger un fonctionnement continu afin de ne pas avoir recours à l'utilisation du fioul. C'est pour cette raison que nous nous sommes concentrées sur l'étude et l'analyse des différentes défaillances que subissent la centrale des surpresseurs et de transport de coke de pétrole pour assurer le transfert continu de ce produit et garantir l'alimentation du four.

Le projet prévoit la réinstallation du circuit de transport d'air surpressé et l'installation des équipements nécessaires pour le fonctionnement pneumatique, ainsi que les contrôles de réhabilitation et d'amélioration qui permettront d'allonger la durée de vie et de travailler en continu et finalement la mise en place des actions préventives des équipements pour assurer le bon fonctionnement de l'installation, C'est dans ce cadre-là où s'inscrit notre projet de fin d'études qui apportera une étude bien détaillée à ce sujet :

Dans le **1<sup>er</sup> chapitre** nous présentons l'entreprise d'accueil, et nous donnons un aperçu sur le processus de fabrication du ciment.

Le **2<sup>ème</sup> chapitre, sa première partie**, servira à établir une vue d'ensemble sur le projet. Nous commençons par un audit pour une évaluation d'état de la maintenance de l'atelier Pet coke Puis, nous présentons le sujet d'étude ainsi que la démarche et la méthodologie adoptées en vue de répondre au cahier des charges. Ensuite, nous établissons un diagnostic de l'atelier et une description de ses équipements.

Dans **la deuxième partie**, nous présentons le circuit du transport pneumatique en précisant le nombre de coudes et les longueurs des trois conduites, par la suite nous élaborons un calcul théorique détaillé des pertes de charge linéaires et singulières dans le circuit.

Dans **le 3<sup>ème</sup> chapitre**, nous établissons une représentation graphique de la fiabilité de l'installation en utilisant le logiciel *PTC Windchill Quality Solutions* suivi d'un calcul des indices de la maintenance de l'ensemble des équipements de l'installation (calcul du taux de la fiabilité et de la disponibilité).

**Le chapitre 4** sera consacré à une analyse fonctionnelle des équipements concernés suivi d'une analyse des défaillances des équipements de l'installation (AMDEC machine) afin de tirer les équipements critiques pour chaque séquence du processus. Ensuite nous établissons des actions correctives pour améliorer la performance de l'ensemble des équipements critiques de l'atelier et assurer l'étanchéité du local de surpression d'air.

**Le chapitre 5** sera consacré au bilan d'actions d'amélioration de l'atelier de Pet coke et la mise en œuvre des modifications. Ensuite, nous traçons le nouveau circuit du transport d'air (avec moins de pertes de charge/ moins de coudes) et nous recalculons à nouveau les pertes de charge en comparant l'ancien état avec le nouvel état après la modification. Puis, nous aborderons une étude économique pour ces actions d'amélioration.

**Le dernier chapitre** abordera la mise en place d'un planning annuel de la maintenance préventive nécessaire pour les différents équipements de l'installation qui sera suivi par les mécaniciens de l'entreprise et ses opérateurs dans le but d'assurer un suivi continu de l'ensemble des équipements avant que ceux-ci aient défaillant. Ensuite, nous aborderons des gammes de la maintenance pour les équipements qui ne les possèdent pas.

Cette étude aura permis d'avoir une vue complète sur tout ce qui traite les réseaux d'air pour le transfert du coke de pétrole. Elle aura permis de montrer l'importance du point de fonctionnement de ces derniers. Ainsi, le combustible utilisé est l'un des facteurs clé de la consommation énergétique et l'utilisation du fioul comme combustible lors des arrêts de l'atelier Pet coke peut coûter Asment Temara des pertes d'argent énormément élevées. Donc, la surveillance et l'optimisation de cet atelier pourraient être des sources d'économies non négligeables.

## Chapitre I

# Présentation générale de l'organisme d'accueil et du procédé de fabrication du ciment

Le présent chapitre donne une vision globale sur la cimenterie de TEMARA (Groupe VOTORANTIM). Nous présentons dans la première partie l'entreprise et son organisation actuelle. Dans la deuxième partie, nous abordons le processus de fabrication du ciment.

## I. Le secteur du ciment au Maroc :

Le Maroc a constitué depuis longtemps un champ d'attraction des investisseurs étrangers, puisque le marché intérieur conserve un potentiel de croissance qui fait flamber les actions des opérateurs internationaux.

Le secteur du ciment n'est pas exclu de cette réalité. En revanche, on constate une consommation du ciment très faible par rapport aux autres pays voisins, la Tunisie par exemple, ainsi qu'un grand déficit en infrastructures.

Par ailleurs, le marché Marocain de ciment a une caractéristique fondamentale qui consiste dans le fait que presque toutes les cimenteries opérantes au Maroc sont des filiales de groupes internationaux tel que VOTORANTIM, HOLDERBANK, LAFARGE... Cette prise de contrôle de l'industrie des ciments par les groupes internationaux a pris le transfert de savoir et de savoir-faire au Maroc du fait que ces groupes ont un poids important sur le plan international à l'exemple de VOTORANTIM. Ce facteur a permis en effet à ASMENT d'augmenter sa production à 1.2 million Tonnes/ans.

Les principaux opérateurs cimentiers au Maroc et leurs parts de marché :

- Lafarge Maroc, **filiale de Lafarge** (42 %)
- Ciment du Maroc, **filiale de Italcementi** (25 %)
- Holcim Maroc, **filiale de Holcim (ancien Holderbank)** (22 %)
- Asment Témara, **filiale du groupe brésilien Votorantim** (11 %)

## II. Présentation d'organisme d'accueil

### 1. Groupe VOTORANTIM

Votorantim est un groupe brésilien fondée en 1918 à São Paulo, présent dans 16 pays, c'est l'un des plus grands conglomerats industriels d'Amérique Latine, présent dans les secteurs du ciment et béton, extraction minière et métallurgie (aluminium, acier et produits, nickel et zinc), Energie et électricités, pulpe et papier, jus de fruit chimiques et des services financiers, parmi d'autres.

Votorantim Cimentos, l'unité Ciment et Béton du groupe, se situe parmi les dix premières entreprises mondiales de ciment, béton et granulats. Au Brésil,



elle est leader sur son marché. En Février 2010, le Groupe Votorantim achète, par l'intermédiaire de sa filiale Votorantim Cimentos, 21,2% des Portugais cimentier Cimpor, dont 17,3% ont été achetés auprès de la société française de ciment Lafarge et 3,9% à partir du Portugais Cinveste.

## 2. Asment Temara

ASMENT TEMARA est une cimenterie filiale du Groupe international Brésilien Votorantim, localisé à 15 km de RABAT, dans la zone industrielle de TEMARA sur le territoire commercial AIN ATIQ. Avec une superficie de 28 hectares, l'usine s'alimenta de deux carrières d'environ 200 hectares : l'une fournissant le calcaire et l'autre le schiste.



Figure 1 : Vue d'Asment TEMARA

### a) Fiche signalétique :

<b>Raison sociale</b>	: ASMENT de TEMARA
<b>Activité</b>	: Production et vente du ciment
<b>Statut juridique</b>	: Société Anonyme (S.A.)
<b>Date de création</b>	: 1976 pour une durée de 99 ans
<b>Capital</b>	: 171.875.000 DH
<b>Chiffre d'affaires</b>	: 1000 Mdh
<b>Registre de commerce</b>	: 247-41
<b>Effectif employé</b>	: 183 personnes
<b>Capacité de production</b>	: 1 278 000 tonnes par an
<b>Adresse</b>	: Route de Casablanca Ain Atig Maroc
<b>E-mail</b>	: asment@asment.co.ma
<b>Site Internet</b>	: <a href="http://www.asment.co.ma/">http://www.asment.co.ma/</a>

Tableau 1 : Caractéristiques de chaque type du ciment

### b) Activité principale :

L'usine d'ASMENT TEMARA assure la production de trois types de ciment à la norme marocaine NM 1001004 classés selon leur composition d'une part, et selon leur résistance d'autre part, afin de répondre à la demande croissante de la région. Les produits fabriqués sont le CPJ 35, le CPJ 45 et le CPJ 55.

Le tableau suivant récapitule la composition et l'utilisation de ces types :

Produit	Composition	Résistance à la compression	Utilisation
<b>CPJ 45</b>	- 70% clinker - Cendre, pouzzolane et filler. - 4% de Gypse	Maximale : 55 MPa Minimale : 32 MPa	- Béton armé fortement sollicité (structures porteuses). - Préfabriqué : poutres et poutrelles. - Béton routier et travaux en grande masse.
<b>CPJ 35</b>	- 65% clinker - Cendre, pouzzolane et filler. - Adjonction du Gypse nécessaire pour régulariser la prise.	Maximale : 45 MPa Minimale : 22 MPa	- Travaux de maçonnerie. - Béton courant (non ou faiblement armé).
<b>CPJ 55</b>	- 83.5% clinker - 13.5 % calcaire - 3% Gypse pour régulariser la Prise	Maximale : 65MPa Minimale : 42 MPa	- Béton armé fortement sollicité (structures porteuses).

Tableau 2 : Composition du ciment selon son type

### c) Historique :

Le déroulement chronologique de la réalisation de la cimenterie ASMENT TEMARA peut être schématisé comme suit :

- ◆ **1976** : Lancement du projet ASMENT DE TEMARA avec une capacité annuelle de production de 640.000 tonnes de ciment.
- ◆ **1979** : Mise en service de l'usine.
- ◆ **1986** : La combustion au fioul est remplacée par la combustion au charbon et au coke de pétrole. Un atelier de broyage de charbon est mis en place.
- ◆ **1989** : Acquisition d'un concasseur primaire de 800 tonnes/heure anticipant le projet d'extension de l'usine.
- ◆ **1996** : Le Groupe LARAQUI cède ses parts au « Cimentier portugais » CIMPOR qui prend le contrôle d'ASMENT.
- ◆ **1998** : Le Président de la République portugaise, Monsieur JORGE SAMPAIO, donne le coup d'envoi de la 1ère phase du projet de doublement de la capacité de production de l'usine lors de sa visite le 15 mai. En cette même occasion, le broyeur à ciment n°2 est inauguré.
- ◆ **2000** : Achèvement de la première phase du projet d'extension de l'usine : la capacité annuelle de production passe de 640.000 à 820.000 tonnes de ciment.
- ◆ **2003** : deuxième phase d'extension de l'usine. La capacité de production annuelle devrait ainsi être portée à 1,2 millions de tonnes de ciment.
- ◆ **2004** : troisième phase de l'extension de l'usine. La production journalière du Clinker devrait passer de 2000 tonnes à 2800 tonnes.
- ◆ **2005** : obtention du label de la certification environnementale ISO 14001 version 2004.
- ◆ **2007** : Asment Témara a vendu plus de 1 million de tonnes de ciment ; ce qui constitue un record absolu dans les 30 ans d'histoire de l'entreprise.
- ◆ **2009** : Asment Témara a mis en service en septembre un 3ème broyeur à ciment d'une capacité de 50 tonnes/heure.
- ◆ **2010** : Asment Témara a dépassé les 1200000 tonnes de ventes en 2009.
- ◆ **2011** : le projet de réalisation d'un nouveau silo de stockage baptisé "silo 5".
- ◆ **2013** : Le Groupe CIMPOR cède ses parts au « Cimentier Brésilien » Votorantim qui prend le contrôle d'Asment.

3. Organigramme et description des différents services de la société :  
 a) Organigramme

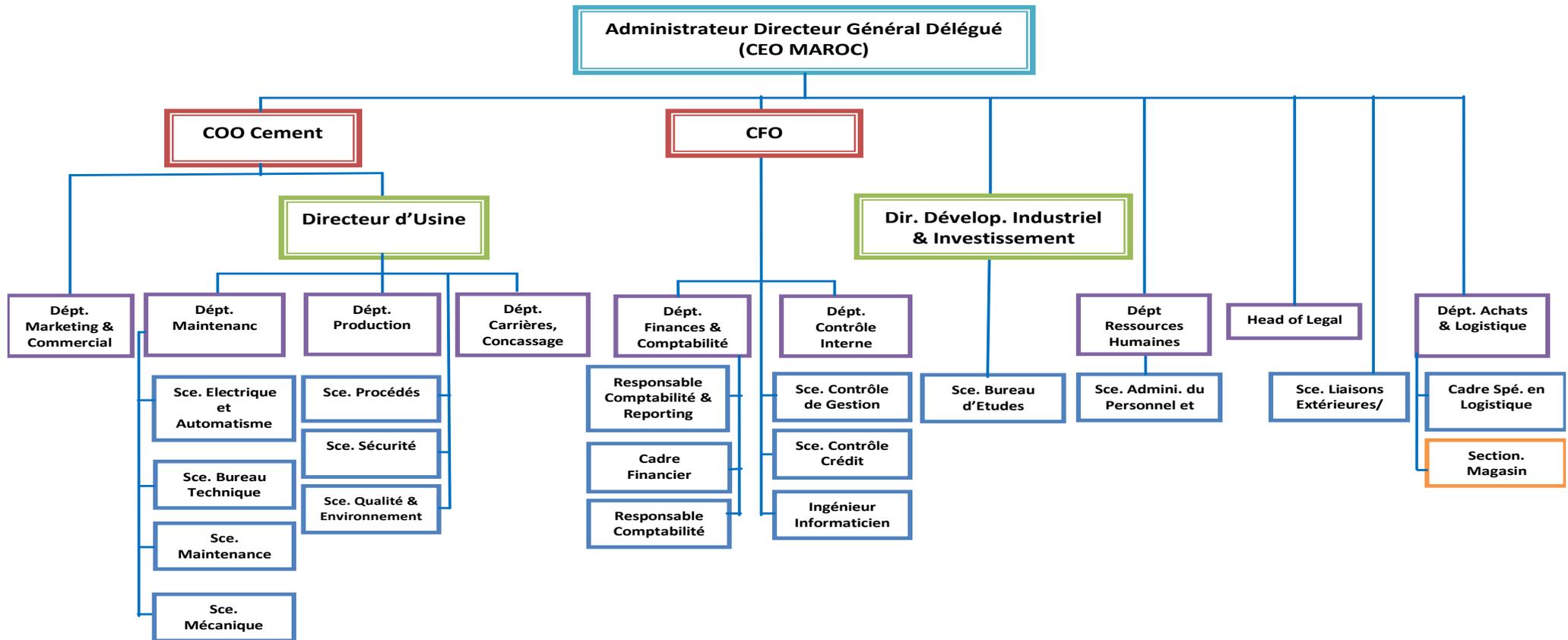


Figure 2 : Diagramme descriptif des différentes directions d'Asment Temara

## b) Description des services de l'usine :

**La direction générale** : Joue le rôle de coordinateur entre les différentes directions, elle donne des directives sur la gestion globale de la société. Elle prend des décisions à un plus haut niveau. L'organisme d'ASMENT comporte les directions suivantes : La direction d'usine, La direction financière, La direction commerciale et La direction des ressources humaines.

### A. La direction d'usine :

Coiffe deux grands départements : département maintenance et département production.

Elle a pour mission la gestion de production de l'usine, dès l'exploitation de la carrière jusqu'à l'ensachage, elle supervise le marché de tous les ateliers en assistance des chefs de départements.

#### 1. Département maintenance :

##### ✦ Structure :

Consciente du rôle de la maintenance pour assurer la continuité de la production. ASMENT TEMARA a placé le département de la maintenance au même niveau hiérarchique que le département production. Cette organisation présente les avantages suivants :

- Le chef de département maintenance peut faire valoir sa décision concernant toutes les activités d'entretien et aux choix importants concernant l'usine.
- Une coordination entre les différents services de la maintenance.

##### ✦ Les services subordonnés au département :

Afin d'assurer le bon déroulement des travaux de la maintenance, ASMENT TAMARA a mis à la disposition du département maintenance de plusieurs services.

#### 2. Département production :

##### i. Service exploitation de la carrière :

Il assure l'extraction des matières premières, qui entrent dans la fabrication du ciment, de deux carrières qui appartiennent à la cimenterie, la 1<sup>ère</sup> est à proximité de l'usine, elle fournit 90% du calcaire et elle s'étend sur une surface de 250 hectares, la seconde est située à OUD IKKEM et elle permet de s'approvisionner en schiste contenant 22% d'aluminium et 56% de silice.

***ii. Service fabrication :***

Après la réception des blocs de calcaire traités par les concasseurs, ils passent à l'atelier pré-homogénéisation où le calcaire est assuré une première homogénéisation pour ensuite passer au broyeur cru pour corriger sa teneur insuffisante en pyrrhotine. Le produit résultant passe aux silos d'homogénéisation qui permet un bon mélange de tous les constituants et une réduction de sa granulométrie, avec une puissance de 1700 t/h.

Un échantillonnage est naturellement pris pour contrôler la qualité du produit et qui ira à la cuisson, cette dernière se fait dans un four spécial qui demande beaucoup d'attention.

***iii. Service laboratoire :***

Cette unité intervient tout au long du processus de production en analysant des échantillons avant l'entrée et après la sortie de la matière traitée afin de prévenir le service concerné de l'anomalie à corriger.

***iv. Service magasin :***

Le magasin constitue un dépôt de tout le matériel qui n'est pas directement utilisé par les services utilisateurs.

La distribution se fait 24h sur 24h par des agents postés (8 heures chacun) qui livrent les marchandises et le matériel nécessaire. Chaque pièce porte en plus d'un code de nomenclature, un code de rangement qui précise ses coordonnées géographiques dans le magasin et possède une fiche sur lequel le magasinier mentionne ses entrées et ses sorties, ce qui mène à une meilleure gestion du matériel.

### **III. Processus de fabrication du ciment**

Le ciment est généralement fabriqué en introduisant des mélanges de calcaire et d'argile dans un four à une température d'environ 1450°C. On obtient alors des modules durs appelés Clinker ; c'est en broyant très finement ceux-ci, additionnés d'un peu de gypse, qu'on produit le ciment Portland. D'autres peuvent être obtenus en mélangeant ce clinker broyé avec des constituants, broyés également, qui présentent des propriétés hydrauliques ou pouzzolaniques : Ce sont soit des laitiers de hauts fourneaux granulés, soit des cendres volantes ou des pouzzolanes naturelles ou artificielles.



Figure 3 : Composants du ciment

La fabrication du ciment est un processus très complexe, dans laquelle les matières premières subissent des transformations physico-chimiques successives pour l'obtention du produit fini.

### 1. Les différents procédés de fabrication du ciment :

Il existe quatre procédés de fabrication du ciment qui diffèrent entre eux par la nature du produit qui alimente le four. On trouve :

**La voix humide** : La matière première, après son concassage, est délayée dans l'eau puis broyée en humide. La pâte obtenue est soigneusement dosée et homogénéisée pour alimenter le four après. Ce procédé le plus ancien est presque totalement abandonné à cause de la grande consommation énergétique qu'il occasionne.

**La voix semi-humide** : La pâte obtenue, de la même manière que dans le procédé de la voix humide, est débarrassée d'une grande partie de son eau par filtration avant son introduction dans le four.

**La voix semi-sèche**: La matière première, après son concassage, est broyée à sec, homogénéisée puis granulée par ajout d'eau à l'entrée du four.

**La voix sèche**: Après son concassage, la matière première est broyée à sec et homogénéisée, puis acheminée directement à l'entrée du four sous forme de farine. Ce procédé est le moins onéreux par sa faible consommation calorifique. C'est la voie adaptée par l'usine d'Asment Temara. En résumé les avantages et les inconvénients de ce procédé sont :

## 2. Le procédé de fabrication à l'usine ASMENT TEMARA :

Le processus de fabrication du ciment est relativement complexe du fait des nombreuses transformations subies par les matières premières. Les cimenteries, qui profitent très largement du progrès actuel, sont entièrement automatisées, de telle sorte qu'il suffit de quelques opérateurs pour faire fonctionner 24h sur 24h, l'intégralité de l'installation.

Suivons maintenant le processus de fabrication du ciment étape par étape, afin de bien comprendre les transformations subies par les matériaux :

### a) Les Matières Premières

Les constituants du ciment présentent les propriétés suivantes :

- des propriétés hydrauliques, c'est-à-dire qu'ils forment par réaction avec l'eau des composés hydratés stables très peu solubles dans l'eau.
- des propriétés pouzzolaniques, c'est-à-dire qu'ils ont la faculté de former à température ordinaire, en présence d'eau, par combinaison avec la chaux, des composés hydratés, stables (les argiles et pouzzolanes).
- des propriétés physiques qui améliorent certaines qualités du ciment telles que la maniabilité, la compacité, etc. (Les constituants secondaires).

### b) Les combustibles utilisés :

Les combustibles retenus pour la cuisson chez ASMENT TEMARA sont **le fioul et le coke de pétrole**. Le premier sert à chauffer le four lors du démarrage vu son pouvoir calorifique élevé. Tandis que l'autre constitue un combustible principal en régime permanent.

### c) Description du procédé :

Avant d'obtenir du ciment, la matière première passe par diverses étapes de transformation physico-chimiques de l'extraction à l'expédition.

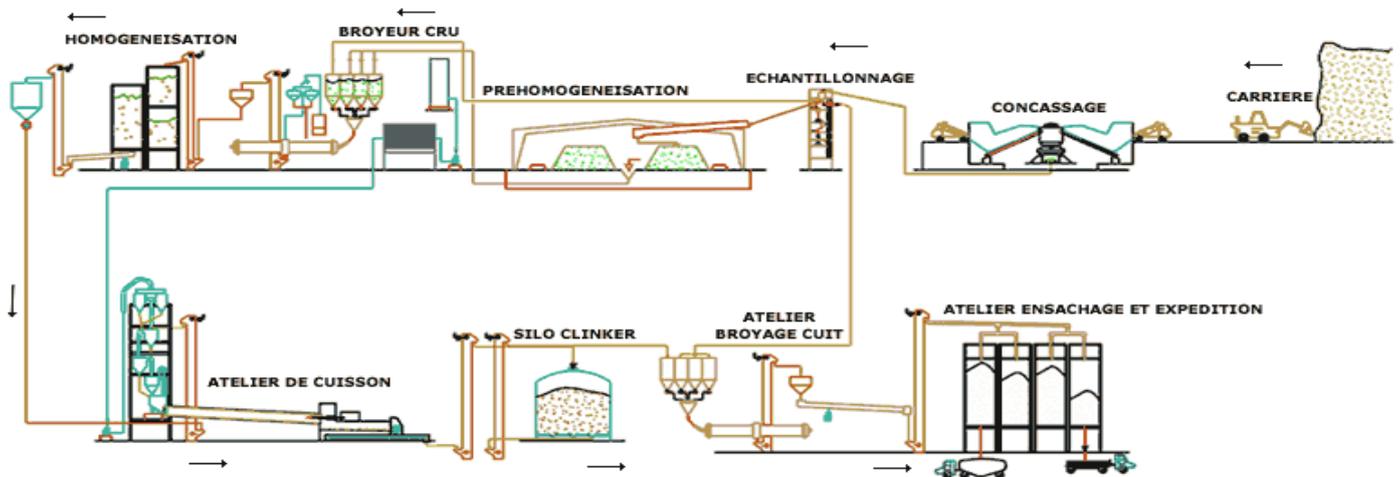


Figure 4: Cycle de production du ciment

### i. L'extraction des matières premières de la carrière :

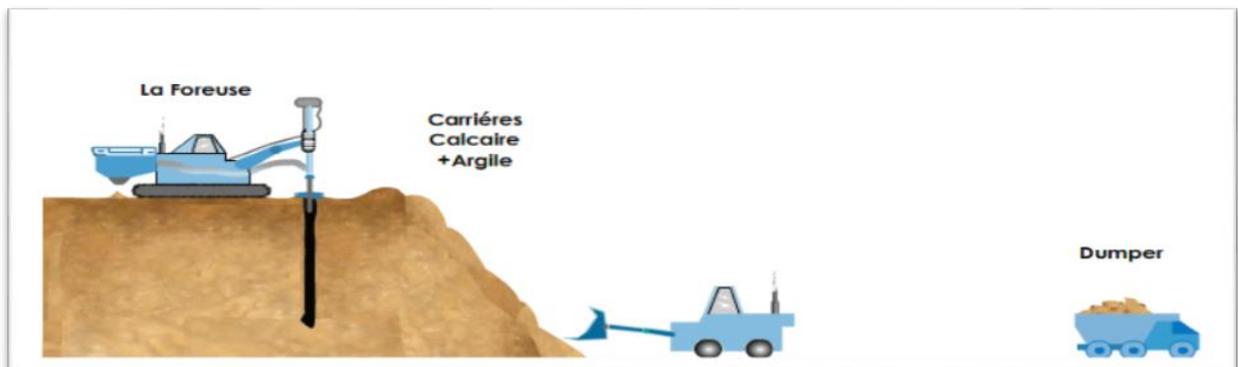


Figure 5 : Extraction des matières premières

Les matières premières sont des extraits des parois rocheuses de la carrière à ciel ouvert par abattage à l'explosif introduit dans des trous de mine forés avec une sondeuse, encore par ripage au bulldozer, ensuite elles sont chargées dans de gros camions très robustes, appelés dumpers d'un gabarit de 30 tonnes et transportées vers un atelier de concassage.

La carrière d'Asment Temara est exploitée sur un front de taille d'une hauteur de 12 à 16 mètres et l'explosif le plus utilisé est le nitrate-fioul (mélange de nitrate d'ammonium pulvérulent et de fuel-oil). A Asment Temara on distingue deux carrières:

La carrière du calcaire: se trouve à Ain Attiq à 3 Km de l'usine, sur une superficie de 200 ha et elle fournit près de 80% de calcaire.

La carrière du schiste: se trouve à Oued Yqem à 5km de la station de concassage, elle permet de s'approvisionner 10% de schiste, l'exploitation est sous traitée par compagnes. Ce schiste est transporté par camion vers le concasseur.

### ii. Concassage :

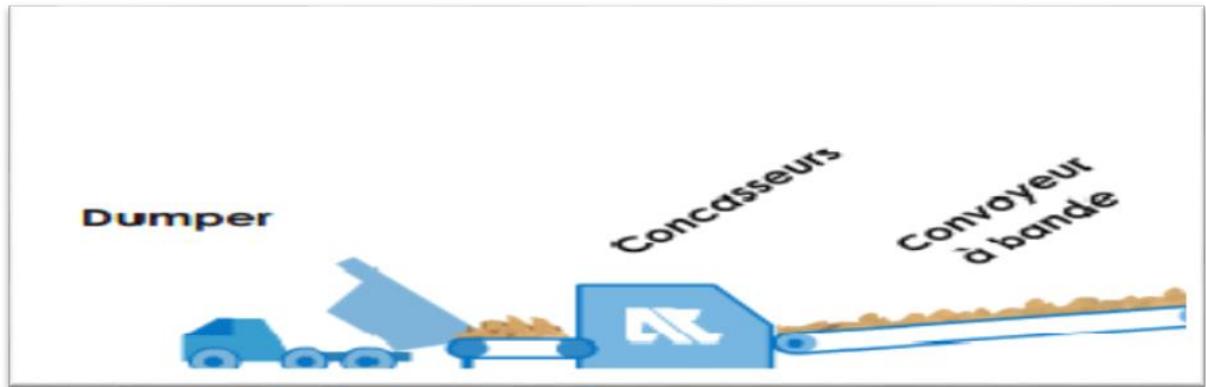


Figure 6 : Concassage des matières premières

C'est la première étape du processus, il consiste à réduire la granulométrie de la matière première en fragments de faibles dimensions (25 à 40 mm). Il assure également un certain mélange des matières premières arrivant de la carrière (calcaire et schiste).

### iii. Pré-homogénéisation :



Figure 7 : Pré-homogénéisation

Elle a pour but de former un tas pré-mélangé (Calcaire et Schiste), la capacité du hall est de deux tas linéaires de 20.000T chacun, l'un en reprise et l'autre en formation.

### iv. Broyage cru :



Figure 8 : Broyage de la matière

Les matières premières doivent être finement broyées pour faciliter les réactions chimiques au cours de la cuisson dans le four. La qualité du produit issu de cette étape exige la maîtrise des pourcentages des matières entrant au broyeur. Elles passent donc par les doseurs qui alimentent le broyeur sécheur. La fonction de séchage est nécessaire pour diminuer le taux d'humidité de la matière. En plus du séchage et de la fragmentation, le broyeur assure le mélange des différents minerais apportés par les matières premières et les ajouts de correction.

### v. Homogénéisation :

En sortant du broyeur, le cru doit être malaxé et homogénéisé une nouvelle fois afin de réduire les écarts de composition chimique et améliorer la régularité de la cuisson et aussi pour que le mélange acquière sa rhéologie optimale avant introduction dans le four.



Figure 9 : Homogénéisation

Pour cela, la farine est transportée vers deux silos d'homogénéisation. Le premier silo à deux étages (un pour le stockage et l'autre pour l'homogénéisation) ; tandis que dans le deuxième silo, le stockage et l'homogénéisation se déroulent en parallèle.

L'homogénéisation s'effectue en provoquant un mouvement aussi intense que possible dans une chambre de mélange avec de l'air séché fourni par des supprimeurs.

### vi. Cuisson :

La ligne de cuisson se compose de trois étapes principales qui s'effectuent dans la tour à cyclones, le four rotatif puis le refroidisseur.

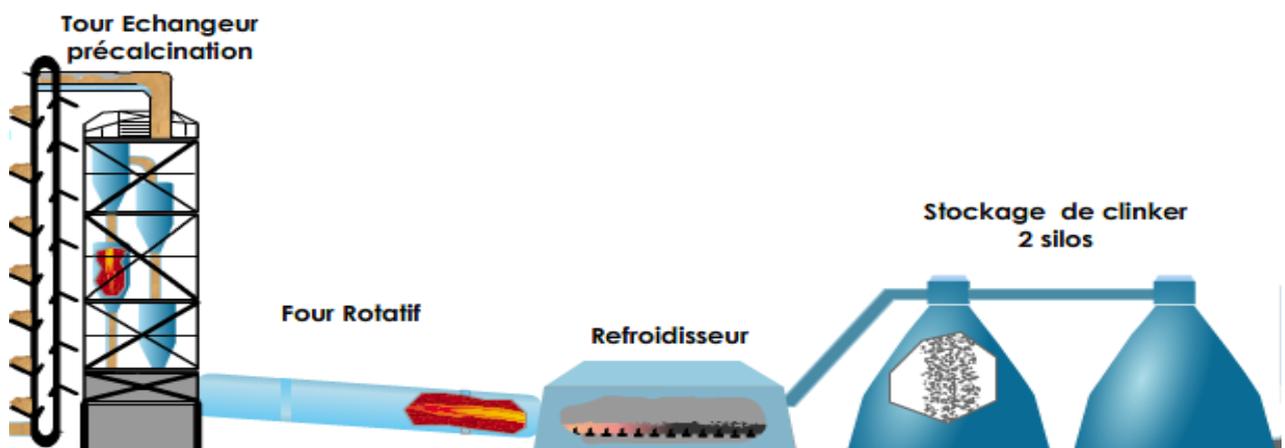


Figure 11 : La ligne Cuisson

### Tour échangeur à cyclones :

C'est un échangeur à chaleur à voie sèche constitué de cinq étages. Elle permet d'effectuer un échange thermique à contre-courant entre les gaz chauds (850°C) sortant du four et la farine froide (50 à 60°C). Les gaz parcourent l'édifice de bas en haut alors que la matière le parcourt en sens inverse.

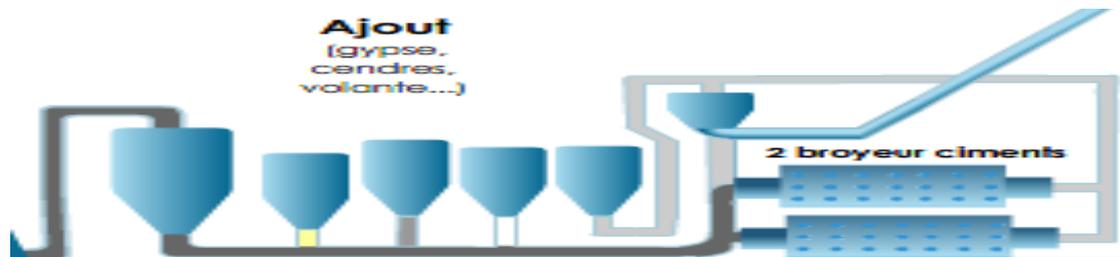
### Four rotatif:

C'est une grande enceinte circulaire rotative dans laquelle on injecte le combustible sous pression pour produire une flamme. Il est en fait un échangeur de chaleur à contre-courant dans lequel la flamme et les gaz récupérés du refroidisseur cèdent leur chaleur à la farine qui arrive en sens inverse. Il est constitué d'une virole en acier et protégé par un revêtement intérieur en matériaux réfractaires.

### Refroidisseur:

Situé à l'aval du four, Il est un refroidisseur à grilles horizontales, à commande hydraulique. Le refroidissement est assuré par neuf ventilateurs. L'air produit par ces ventilateurs est insufflé sous les grilles par des chambres de soufflage.

### **vii. Broyage ciment :**



**Figure 12 : Broyage ciment**

Après refroidissement, les granulats de clinker sont ensuite broyés avec addition de gypse. Cette addition a pour but de régulariser la prise du ciment, notamment de ceux qui contiennent des proportions importantes d'aluminate tricalcique ( $3\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) et aussi de conférer au ciment des propriétés spécifiques correspondant aux différentes qualités du ciment cité auparavant (GPJ35, GPJ45 et CPJ55).

### viii. Ensachage et expédition :



Figure 13 : Stockage et livraison

Des systèmes de transport mécaniques (vis-élévateur à godets) et pneumatiques (aérogليسieur) sont utilisés pour acheminer le ciment vers les silos de stockage afin d'empêcher son hydratation. ASMENT TEMARA dispose de 5 silos de stockage d'une capacité de 4500 tonnes chacun. Deux silos 1 & 3 pour le CPJ 45. Deux silos 2 & 4 pour le CPJ 35 et un silo 5 pour le CPJ 55.

#### Ensachage

L'atelier Ensachage est constitué de :

- 3 ensacheuses HAVER (8 becs) rotatives avec un débit nominal de 100 t/h.
- 1 ensacheuse HAVER (12 becs) rotatives avec un débit nominal de 160 t/h. Une ligne de livraison en vrac.

Le ciment extrait est acheminé vers un élévateur qui alimente la trémie sur ensacheuse en passant à travers un crible et une trémie d'ensachage.

Le CPJ35 est distribué uniquement en sac qui est chargé directement sur les camions des clients.

#### Expédition

- Livraison du ciment en sac : Est obtenue à l'aide des machines automatiques de remplissage et de pesage au niveau desquelles l'ouvrier fait pénétrer la valve du sac sur un bec conçu pour la recevoir. Le débit à travers le bec est de l'ordre de 50 t/h. la capacité d'un sac vaut 50 kg.
- Livraison en vrac : Une manche télescopique ayant un débit de 250 t/h, permet le remplissage direct des réservoirs des camions. Le principe du mode opératoire consiste à la fluidisation et la

propulsion par pompes ou aéroglisseurs. Ce type de livraison est appelé en vrac.

### Produit fini

La cimenterie fabrique conformément aux normes marocaines NM 10 1 004 deux types de ciment distingués par leur composition, leur résistance et leur usage et bénéficient du label de certification ISO 9002 version 1994, ISO 9001 version 2000 et ISO 14001 version 2004, il s'agit du :

### CPJ35 :

Asment Temara produit le CPJ35 qui est livré uniquement en sac de 50Kg, il est employé dans la maçonnerie (divers enduits), le béton courant (non ou faiblement armé, remplissage fondations et décoffrage différé) et pour la stabilisation des sols et graves ciment (65% Clinker+25% Calcaire+5% cendre).



### CPJ45 :

Asment Temara produit également le CPJ45 qui est livré en vrac et en sac de 50Kg, il est plutôt utilisé pour le Béton armé fortement sollicité (structures porteuses), le préfabriqué, ainsi que pour les travaux en grande masse (barrages, ouvrages d'art) (75% Clinker+16% Calcaire+4% cendre).



Figure 14 : CPJ35 & CPJ45

### CPJ55 :

Asment Temara produit aussi le CPJ55 sur commande qui est livré en vrac. Le CPJ 55 est un ciment portland composé, résultant de la mouture de :

- Clinker (+95 %) ;
- Complément à 100 % de constituants secondaires ;
- Gypse pour régulariser la prise.

## Chapitre II

### Présentation du sujet d'étude:

# Mise en état de conformité de la centrale des surpresseurs et amélioration des performances du circuit de transport

Dans ce chapitre, nous établissons une vue d'ensemble sur le projet. Nous commençons par une formalisation du problème. Puis, nous présentons la démarche et la méthodologie adoptée en vue de répondre au cahier des charges. Enfin, nous décrivons un aperçu sur la caractérisation des différentes parties mise en jeu afin d'élaborer le projet.

## I. Formalisation du problème

### 1. Contexte de l'étude

Pour garantir une production stable dans un niveau optimal, il faut lutter contre toute sorte de pertes. Les arrêts de la production dûs aux pannes au niveau des équipements, sont la cause majeure des pertes. L'atelier PET COKE est compté parmi les ateliers les plus critiques, vu l'importance du rôle qu'il joue, à savoir l'utilisation d'air des surpresseurs comme moyen de transfert du coke de pétrole vers le four et son impact sur les performances de l'unité toute entière.

Notre projet vient dans ce contexte : C'est analyser les conditions de fonctionnement de cette centrale de surpression d'air et du circuit de transport afin d'en déduire les améliorations à mettre en place pour éviter les pannes fréquentes, garder un rendement satisfaisant, et prolonger la durée de vie des équipements en mettant en question la façon avec laquelle se fait la maintenance tout en analysant et en décrivant la centrale des surpresseurs.

C'est dans le cadre du projet de fin d'études, qu'on propose de développer certains aspects de la fiabilité des équipements de l'atelier du coke de pétrole. Sans oublier de faire prétendre le tour des difficultés que nous avons vécu :

- Le manque de l'information (les catalogues des équipements) ;
- Les mesures non disponibles ;
- Les effectifs de la maintenance faibles ;
- le manque d'un plan de la maintenance préventive des divers équipements de l'atelier ;
- les changements réalisés au niveau du circuit de transport et les remplacements des équipements ne sont pas enregistrés (pas de suivi des modifications).

### 2. Problématique

L'atelier du transfert de coke de pétrole joue un rôle fondamental dans le procédé de fabrication du ciment. Le transport pneumatique du coke de pétrole pour l'alimentation du four rotatif de l'usine est une phase nécessaire, c'est pour cette raison que la matière (coke de pétrole) qui provient des trémies de stockage doit être transférer par l'intermédiaire des conduites en acier galvanisé vers les points d'alimentation (four). Mais les pertes de charge au niveau des coudes, le bouchage, le colmatage et les fuites d'air risquent d'avoir des problèmes de la qualité du transport ou d'engendrer des arrêts de transfert. Pour cette raison le cimentier brésilien « Asment Temara »

appartenant au « groupe Votorantim » nous a confié la tâche d'établir un bilan des défaillances et une analyse fonctionnelle de l'installation y compris : la salle des surpresseurs et les conduites de transport au niveau de l'atelier afin d'assurer un fonctionnement optimal de ses équipements et de diminuer les pertes de charge au niveau de la tuyauterie.

### 3. Cahier de charges

Pour que le projet mène bien à des résultats concrets, les tâches suivantes ont été affectées :

- ✓ Description du principe de fonctionnement de l'installation.
- ✓ Analyse des conditions de fonctionnement.
- ✓ Diagnostic du circuit de transport d'air surpressé pour le transfert de coke de pétrole.
- ✓ Calcul des pertes de charges linéaires et singulières pour la tuyauterie d'air.
- ✓ Analyse de la fiabilité et de la disponibilité de l'installation.
- ✓ Réalisation d'une analyse des causes et des effets de défaillance (AMDEC)
- ✓ Elaboration des actions d'amélioration de la centrale.
- ✓ Calcul du coût d'investissement en le comparant avec le coût des pertes.
- ✓ Etablissement d'un plan de maintenance annuel et des gammes opératoires .

### 4. Objectifs de l'étude

Le but de ce travail est, à partir des données contextuelles (des documents des constructeurs, du savoir-faire des exploitants et des techniciens de la maintenance, de l'historique des pannes et d'interventions, de l'historique de l'entreprise et de son contexte de production), nous élaborons une optimisation du circuit de transport d'air et des actions d'amélioration de la centrale de surpression ainsi que des actions préventives afin d'assurer la continuité du fonctionnement des équipements au sein de l'atelier Pet coke et d'éviter toute sorte de perte des charges au niveau de la tuyauterie et de bourrage des équipements de l'installation dans le but de formaliser le processus de production qui doit être adapté aux exigences et au contexte de l'entreprise.

### 5. Mission et Méthodologie de l'étude

Ce projet industriel de fin d'études a été réalisé en collaboration avec le service maintenance ou bureaux technique, bureau d'étude d'ASMENT et l'atelier mécanique. L'atelier de Pet coke dispose de plusieurs équipements qui contribuent de façon complémentaire au broyage du coke, surpression d'air, transport de la matière fine et par la suite l'alimentation du four.

La défaillance des équipements a une conséquence directe sur la production et engendre des divers arrêts de la production du ciment. C'est pour cette raison qu'il est primordial d'établir une politique et une étude efficace pour atteindre une certaine fiabilité assurant le bon fonctionnement des équipements dans l'atelier.

Pour répondre à ces défis, notre mission se porte sur «**la mise en état de conformité de la centrale des surpresseurs et l'amélioration des performances du circuit de transport pneumatique**».

Donc la mission principale est de mettre à la disposition de la production et du transport du coke de pétrole des équipements fiables et disponibles.

Cet objectif touche d'une manière directe les axes suivants:

- ↳ Améliorer la disponibilité et la fiabilité des équipements ;
- ↳ Garantir la qualité d'air aspiré par les surpresseurs en assurant l'étanchéité de la centrale de surpression ;
- ↳ éviter les pertes de charges en modifiant le circuit de transport d'air comprimé;
- ↳ Assurer le transfert de la matière (coke de pétrole);

## II. La planification du projet :

Un planning de suivi d'avancement est réalisé en collaboration avec nos encadrants afin d'assurer un meilleur déroulement du projet.

Tâches		Durée	Date début	Date fin
L'intégration dans la société		8 J	09/03/2015	16/03/2015
Diagnostic de l'état actuel	1- Visite de l'atelier de Pet coke	1J	17/03/2015	17/03/2015
	2- Analyse du fonctionnement des différents équipements de l'atelier	2J	18/03/2015	19/03/2015
	3- Analyse du circuit existant pour le transfert d'air afin d'assurer le transport du coke de pétrole	3J	20/03/2015	22/03/2015
	4- Tracé brut de la tuyauterie d'air comprimé	2J	23/03/2015	24/03/2015

	5- Relevé des mesures (diamètres, longueurs...), des équipements de l'installation du transfert (pompes, vannes, moteurs, clapets ...) et le nombre des coudes.	3J	25/03/2015	27/03/2015
	6- Analyse de l'historique des pannes et d'interventions des équipements de l'atelier (en particulier dans la centrale de compression d'air et du circuit de transport pneumatique)	2J	28/03/2015	29/03/2015
<b>Etude documentaire (caractéristiques des équipements)</b>		7J	30/03/2015	05/04/2015
<b>Visite 2 dans la zone de coke de pétrole et salle des surpresseurs</b>		1J	06/04/2015	06/04/2015
<b>Définition du circuit transfert air comprimé</b>		6J	07/04/2015	12/04/2015
<b>Etude de principe de fonctionnement des équipements de circuit</b>				
<b>Définition et calcul des pertes de charges au sein de l'installation</b>		3J	13/04/2015	15/04/2015
<b>Visite 3 de l'atelier de Pet coke</b>		1J	16/04/2015	17/04/2015
<b>Détermination des équipements névralgiques</b>		3J	17/04/2015	19/04/2015
<b>Etude de la fiabilité de l'ensemble de l'installation</b>		4J	20/04/2015	23/04/2015
<b>Etude de la fiabilité de chaque équipement</b>			24/04/2015	30/04/2015
<b>Analyse des défaillances des équipements de la salle des surpresseurs</b>	1- Analyse fonctionnelle	3J	20/04/2015	22/04/2015
	2- Etude AMDEC	8J	23/04/2015	30/04/2015
	3- les actions correctives correspondantes pour chaque séquence	2J	01/05/2015	02/05/2015
<b>Tracé modifié du circuit et recalcul des pertes de charges</b>		3J	03/05/2015	05/05/2015
<b>Elaboration des actions d'amélioration et étude économique</b>		15J	06/05/2015	20/05/2015
<b>Elaboration d'un plan préventif et des gammes de la maintenance</b>		15J	21/05/2015	04/06/2015

Tableau 3 : Planning du projet

Le suivi du projet par l'outil GANT est illustré dans **l'annexe A1**. La description des principales étapes du projet sera détaillée aux paragraphes suivants. Durant l'accomplissement de ces différentes étapes, des livrables sont établis à la fin de chaque jalon, afin de les valider pendant les réunions prévues pour le suivi du projet.

### III. Evaluation de maintenance de l'unité de Pet coke

#### 1. Questionnaire

L'audit de conformité des conditions de travail nous permettra d'évaluer l'efficacité des mesures et des dispositifs mis en place et de détecter les risques potentiels dans l'atelier de coke de pétrole.

En effet, à travers l'audit de conformité des conditions du travail, considéré comme un audit participatif, au niveau d'ASMENT TEMARA, nous allons nous interroger sur le bien-fondé de cet audit et sur la pertinence des référentiels utilisés. **(Voir l'annexe A2)**

#### 2. Résultats et interprétation :

Les résultats du questionnaire sont présentés dans le tableau. Le pourcentage de chaque rubrique a été déterminé et le pourcentage moyen a été calculé. Dans les colonnes du tableau du questionnaire (voir l'annexe A2), nous trouvons respectivement les domaines d'analyse, la satisfaction du client, le score obtenu pour chaque rubrique, et finalement le pourcentage de satisfaction correspondant à chaque domaine.

Rubriques	Notes (%)
documentation technique	49,50
organisation générale	58,00
suivi technique des équipements	38,50
gestion du portefeuille des travaux	49,67
organisation matérielle et atelier maintenance	49,50
Outillages	60,67
<b>MOYENNE NOTE TOTALE</b>	<b>50,97</b>

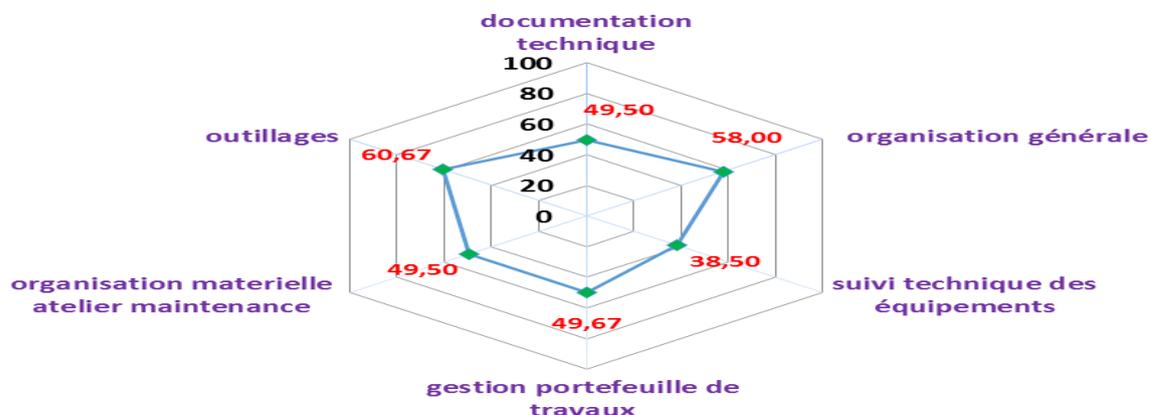


Figure 15 : Profil de la fonction maintenance sous forme de Radar

Les résultats de l'analyse nous ont permis d'identifier les rubriques présentant des faiblesses ou des contraintes au cours de la réalisation de notre projet. Ce sont les rubriques dont le pourcentage de la satisfaction est inférieur à celui du score total qui est 50.97%. Ces rubriques sont :

- Documentation technique
- Suivi technique des équipements
- Gestion du portefeuille des travaux
- Organisation matérielle

Nous nous focaliserons sur le suivi technique des équipements de l'atelier, la gestion et la documentation technique qui nécessitent plus d'importance pour le bon fonctionnement de l'installation.

## **IV. Atelier de transport du coke de pétrole**

### **1. Introduction**

La plateforme de l'atelier Pet coke à ASMENT TEMARA dispose d'une installation de transport pneumatique conçue pour alimenter l'atelier cuisson. Nous allons modifier la configuration initiale suite à des fuites, des pertes de charges, des bourrages et au colmatage fréquents des équipements. L'unité comprenait une salle des supresseurs, des pompes, des réfrigérants, des dépoussiéreurs et des conduites de transport en acier galvanisé contenant des coudes courbés. Les incidents ont été souvent notés au niveau des coudes : colmatage et pertes de charge.

Nous présentons dans **l'ANNEXE A1** le Flow Sheet de l'atelier Pet Coke et les tags des équipements correspondants.

### **2. Description de la plateforme de l'installation**

#### **a) L'état des lieux**

L'état des lieux permet dans un premier temps d'avoir les informations nécessaires sur le fonctionnement des équipements de la centrale des surpresseurs. L'objectif visé par cet état des lieux est de faire le diagnostic de fonctionnement des équipements de circuit du transport et de la

salle des surpresseurs. L'état des lieux se déroule en plusieurs étapes ; chaque étape permet de récolter un ensemble d'informations pour l'amélioration de l'atelier.

Les différentes étapes de l'état des lieux sont :

- Localisation des équipements de la centrale.
- Identifier le lien entre les équipements.
- Isométrie des conduites aérauliques (diamètres, longueurs)
- Calcul des pertes de charge régulières
- Calcul des pertes de charge singulières
- Localisation des zones où il y'a plus de pertes de charges.
- Identifier les séquences de processus les plus critiques.
- La mise en place des actions d'améliorations afin d'assurer la fiabilité des équipements.

### b) L'installation actuelle des surpresseurs

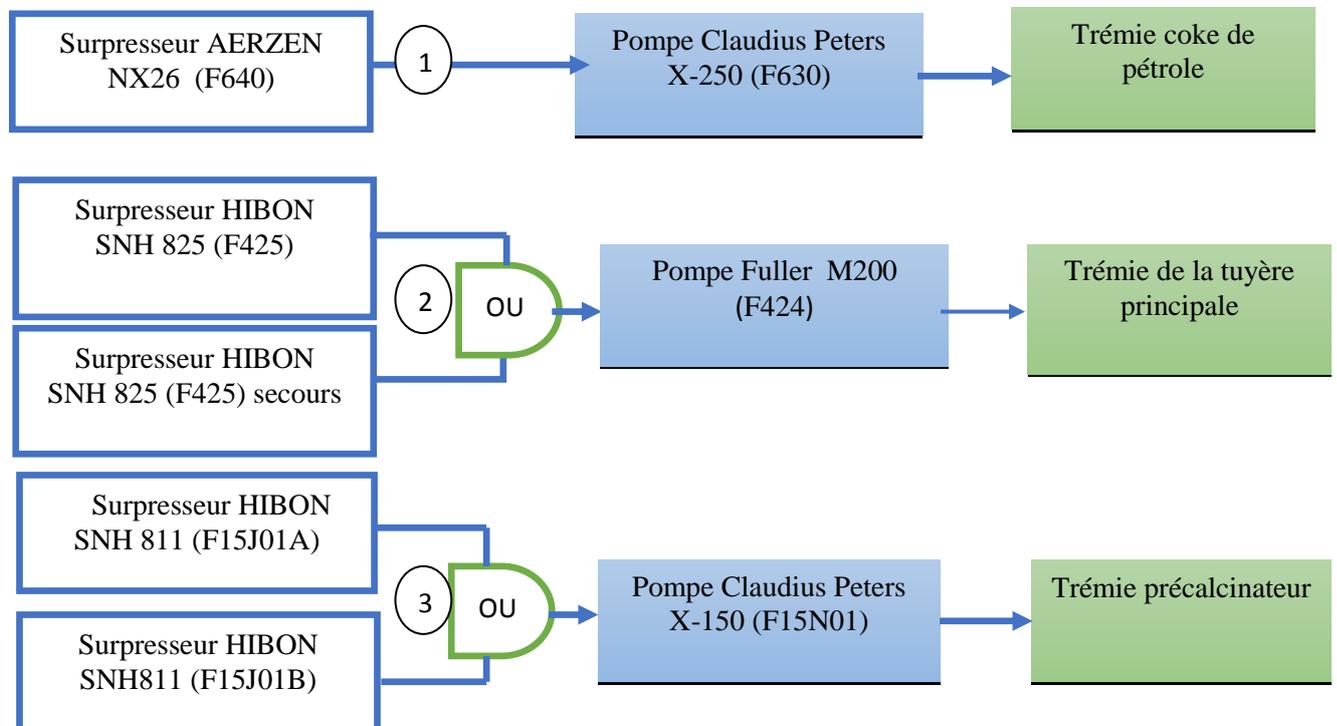


Figure 16 : Schéma actuel de l'installation des surpresseurs

Le coke de pétrole, ainsi nommé par analogie avec le coke produit à partir de charbon, est un coproduit des raffineries de pétrole.

La hausse des prix des produits pétroliers à la fin des années 70, a poussé les gros consommateurs d'énergie en l'occurrence les cimenteries, à se convertir à la chauffe aux combustibles solides. Ainsi ASMENT TEMARA a démarré son atelier de broyage du combustible solide en 1986.

L'atelier de combustible est composé de trois parties :

### Réception, stockage et reprise :

Le combustible utilisé est le coke de pétrole, qui est livré à l'usine par camion, et déchargé dans une trémie de réception de capacité de 100 tonnes.

Les cimenteries constituent l'un des façons les plus écologiques pour valoriser ce produit puisqu'elles possèdent des fours qui fonctionnent à très haute température (1450°C) pouvant valoriser ce produit tout en limitant des émissions atmosphériques grâce à la présence d'une succession d'étapes de filtration des gaz de combustion. Le choix du coke de pétrole comme combustible dans une cimenterie s'inscrit dans le cadre du développement durable.

A l'aide d'un extracteur et d'un convoyeur à bande, le combustible est acheminé vers l'aire de stockage. Le système de stockage, constitué d'un stock permet de pré-homogénéiser la matière par couches successives.



**Figure 17 : Stockage coke de pétrole**

### Broyage :

Le combustible brut entre dans le broyeur sous forme de blocs pour être broyé à une finesse permettant de réaliser une combustion complète dans le four.

Durant cette étape de broyage, le combustible est séché par les gaz chauds soutirés de la tour de préchauffage.



Figure 18: broyeur à coke de pétrole

### ⚡ Dosage et transport du combustible :

Le système de dosage est constitué d'une trémie de capacité utile de 4.750 tonnes par l'intermédiaire d'une vanne à commande pneumatique.

Le transport du combustible au four se fait à l'aide de l'air surpressé fourni par des surpresseurs.

Le combustible est transféré dans le four à l'aide de l'air primaire

### Caractéristiques de la matière :

Nature	Coke de pétrole
Humidité	Max 2%
Tendance à l'écoulement	Fusante
Granulométrie	5% refus 90 $\mu$
Température	70 °C
Densité apparente	0.5 t /m <sup>3</sup>
Débit min	1t/h

Tableau 4 : Caractéristiques du coke de pétrole

## V. Diagnostic de l'état actuel de l'unité

### 1. Salle des surpresseurs

La centrale des surpresseurs comporte 5 surpresseurs : 4 de marque HIBON et 1 AERZEN :

- ↪ Surpresseur F425 (HIBON)
- ↪ Surpresseur F425 Secours (HIBON)
- ↪ Surpresseur F640 (AERZEN)
- ↪ Surpresseur F15J01A (HIBON)

↳ Surpresseur F15J01B secours (HIBON)

La rentabilité d'une station des surpresseurs étant liée aux propriétés de chaque équipement, et au locale dont ils sont installés donc une description des surpresseurs et de la centrale devra être fournie.

## a) Qu'est-ce qu'un surpresseur ?

Les surpresseurs sont particulièrement adaptés pour la surpression et l'aspiration d'air ou de gaz neutres. Leur nouveau design incorpore les avantages d'un assemblage ingénieux et simplifié, et une fiabilité de fonctionnement.

## b) Caractéristiques des surpresseurs

### i. HIBON SN

#### Caractéristiques

- Rotors: Mobiles trilobés (ou bilobés).
- Pignons de synchronisation à denture hélicoïdale placés du côté opposé de la commande.
- Quatre roulements surdimensionnés pour une fiabilité de fonctionnement.
- Carter d'huile de grande capacité afin d'obtenir une lubrification parfaite des roulements.
- Etanchéités par quatre segments métalliques plus un épaulement par étanchéité pour un transfert de gaz exempt d'huile.
- Système dynamique d'étanchéité d'arbre.
- Les arrêts d'huile dans les deux côtés.

#### Performances :

Modèle	Surpresseur correspondant	Débit aspiré	Pression différentielle max
SNH811	F15JO1A/B	3200 m <sup>3</sup> /h	1 bar
SNH825	F425	2300 m <sup>3</sup> /h	1.1 bar

## Applications

- Traitement des eaux
- Transport pneumatique
- Fluidisation
- Cimenterie
- Désulfuration....

### ii. AERZEN

Surpresseurs à pistons rotatifs AERZEN	
Gaz	Air
Débit à conditions normales	1252 m <sup>3</sup> /h
Pression d'aspiration	1 bar
Température d'aspiration	20°C
Pression différentielle	600 mbar
Température de refoulement	77°C
Vitesse moteur	2950 tr/min
Puissance moteur	75 hp

**Tableau 5 : Caractéristiques du surpresseur F640 de type AERZEN**

Le tableau ci-dessous représente les débits et les pressions pour chaque surpresseur de la centrale.

Surpresseur	Débit	Puissance (hp)
<b>F15J01A/B (HIBON)</b>	3200 m <sup>3</sup> /h	150
<b>F640(AERZEN)</b>	1252 m <sup>3</sup> /h	75
<b>F425/F425 Secours(HIBON)</b>	2300 m <sup>3</sup> /h	75

**Tableau 6 : Caractérisation en termes de débit et de puissance des surpresseurs de la salle**

### c) Eléments composants d'un groupe surpresseur

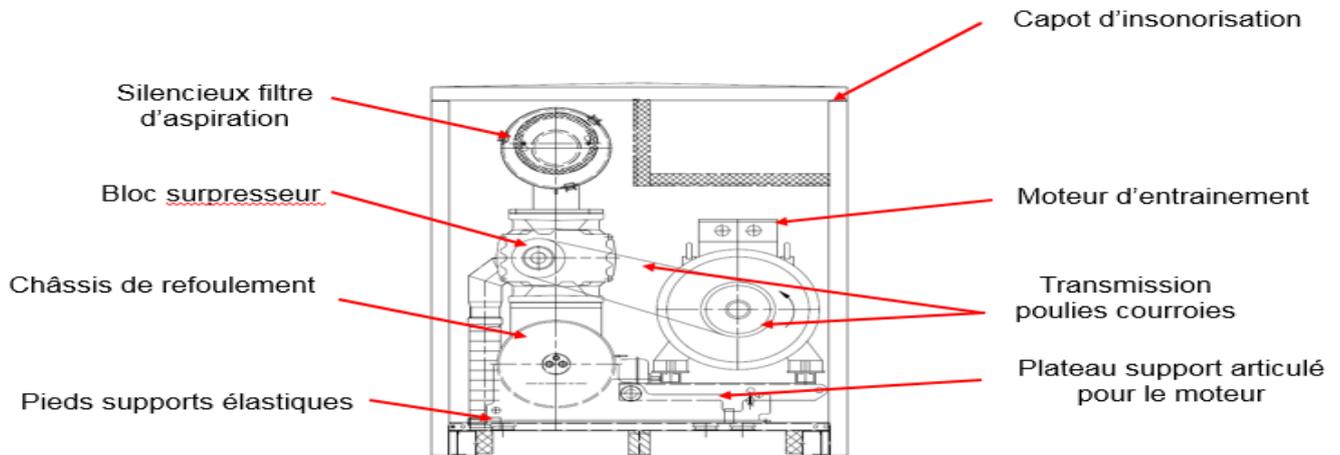


Figure 19 : Composantes du groupe surpresseur

### d) Principe de fonctionnement des surpresseurs :

Dans un surpresseur à piston rotatif, deux rotors (ou pistons rotatifs) de profils conjugués s'engrènent sans contact grâce à un jeu de pignons de synchronisation.

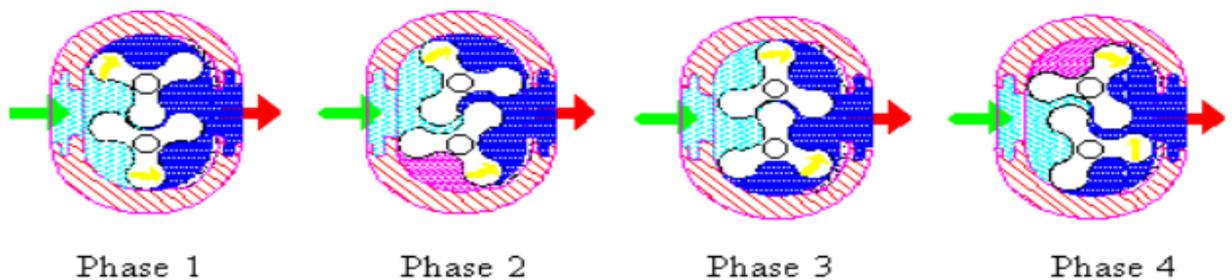


Figure 20 : Principe du fonctionnement du surpresseur

Un volume de gaz prélevé à la bride d'aspiration est enfermé entre une face d'un rotor et la paroi de la chambre de « compression » et est transféré vers la bride de refoulement. Lors de la mise en communication entre ce volume et la tuyauterie de refoulement, le reflux de gaz sous pression présent à l'aval de la machine provoque un effet de compression sur le gaz transféré, qui est alors éjecté de la machine. Ce phénomène se produisant six fois par tour de l'arbre de commande de la machine, la fréquence de la pulsation fondamentale de l'écoulement est donnée par LARUELLE et RICHARD comme étant :

$$H_1 = \frac{\Omega [\text{tour / min}] * 6 [\text{compressions / tour}]}{60 [s / \text{min}]} = \frac{\Omega}{10} [\text{Hz}]$$

Avec  $\Omega$  : vitesse angulaire de rotation du surpresseur [r/min].

## 2. Pompes d'expédition

### a) Description

L'installation contient 3 pompes d'expédition : 2 pompes CLAUDIUS PETERS et une FULLER :

La pompe Claudius Peters et Fuller est l'alimentateur optimum pour un grand nombre d'applications pour silos, préchauffeurs, pré-calcinateurs, chargement de navires et tant d'autres. Les possibilités de ces pompes sont immenses. 400t/h de coke de pétrole peuvent être transportés jusqu'à 1500m. De plus, la géométrie de la vis est déterminée en fonction du comportement spécifique de chaque produit.

A l'extérieur de la centrale, nous trouvons deux pompes d'expédition de Claudius Peter X250 et X150 et une pompe Fuller M200 :

La pompe	TAG	TAG du surpresseur d'alimentation	Le réfrigérant
Claudius Peters X250	F630	F640	REF (eau)
Fuller M200	F424	F640 / F425 SEC	REF (eau)
Claudius Peters X150	F15N02.M1	F15J01A/B SEC	REF (air)

Tableau 7 : Pompes et surpresseurs correspondants

## b) Caractéristiques de débit

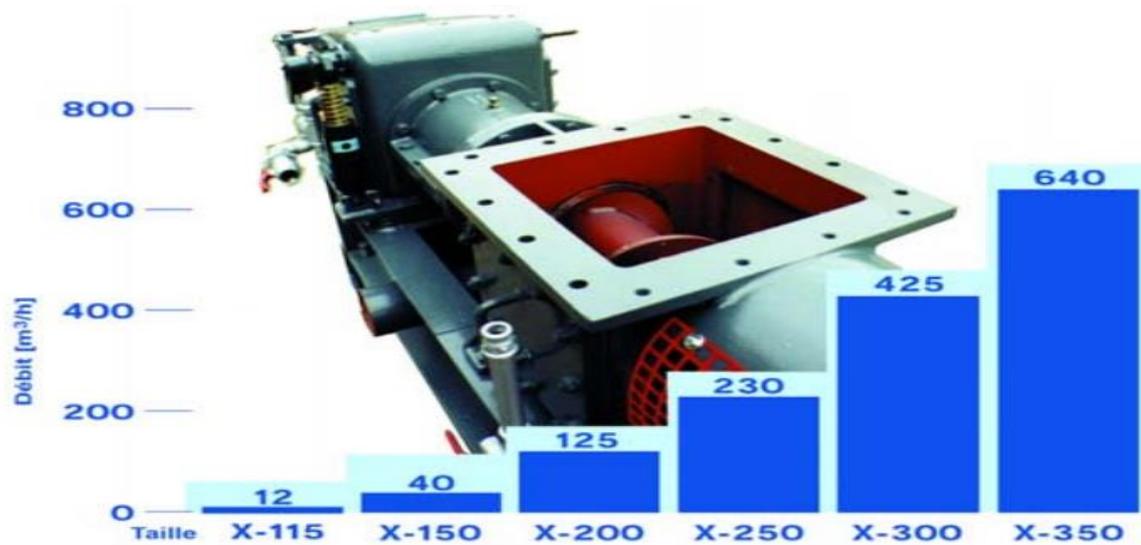


Figure 21 : Débit de la pompe en fonction de sa taille

## c) Principe de fonctionnement

- L'alimentation en produit se fait par la trémie de la pompe
- La vis en rotation comprime le produit et forme un bouchon au niveau du nez de la vis. La vis est totalement remplie de produit.
- Le bouchon de produit et le produit dans le reste de la vis assurent l'étanchéité à la contre pression.
- La pression du produit créée par la vis maintient le clapet battant en position ouverte.
- Le produit rencontre le flux d'air et le transport commence.

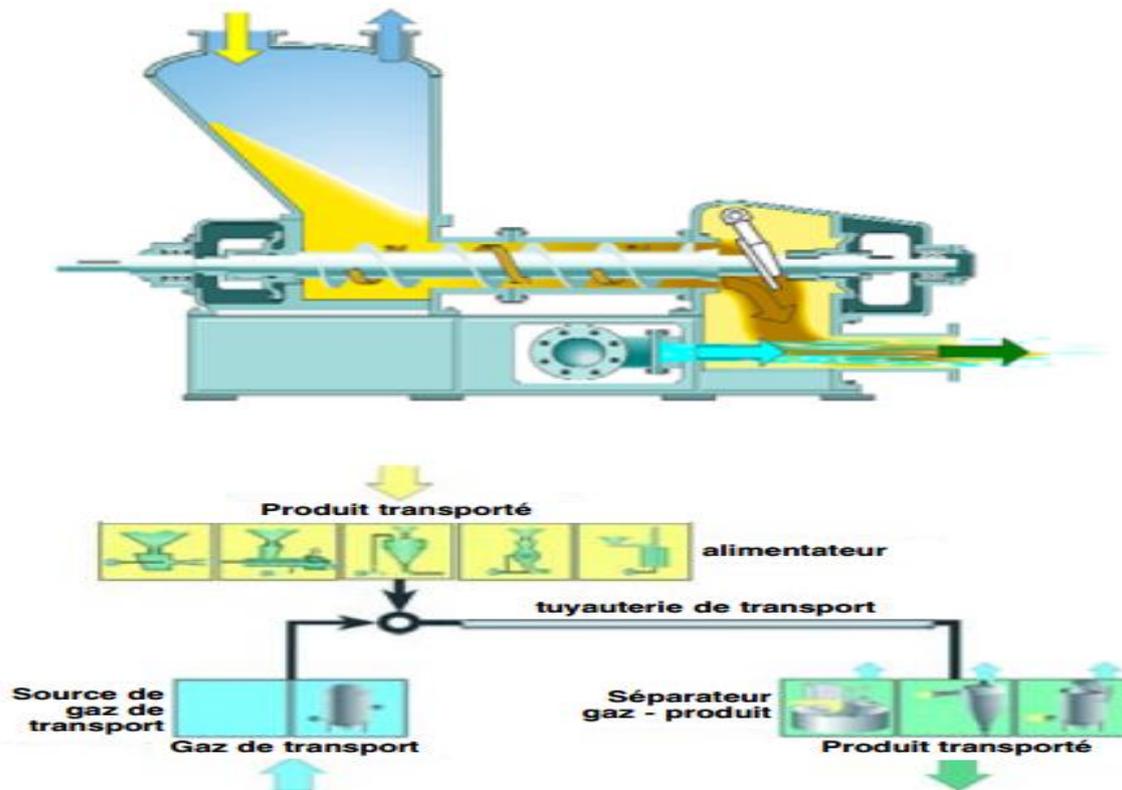


Figure 22 : Principe du fonctionnement des pompes

### 3. Circuits du transport pneumatique

#### a) Réseau Pneumatique

##### Définition :

Le transport pneumatique est une méthode très efficace pour transporter le coke de pétrole dans les installations de production.

L'énergie pneumatique utilise l'air des surpresseurs comme fluide pour le transport de la matière. L'air comprimé est obtenu à partir d'un surpresseur d'air entraîné avec un moteur électrique. L'air est aspiré puis comprimé dans une cuve sous pression. De ce réservoir partent les canalisations pour la distribution.

Les systèmes pneumatiques utilisent quatre fonctions principales :

- compression ;
- transport ;
- stockage, avec charge ou décharge ;

- moteur ou actionneur.

Des composants supplémentaires vont être utilisés dans les systèmes :

- vanne ;
- clapet anti-retour ;
- manomètres ;

L'air produit dans la centrale est distribué aux divers points d'utilisation par un réseau comprend des tuyauteries et des pompes, La tuyauterie est en acier galvanisé. Le raccordement se fait par des équipements tel que (coudes, vannes, brides, etc.)

## b) Circuit d'air comprimé

### Propriétés de l'air

L'air ambiant, chargé d'impuretés, est aspiré par le surpresseur, comprimé à l'intérieur de celui-ci et ensuite mis à disposition des différents usages via le réseau de distribution.

A travers son histoire, l'homme a su utiliser l'air pour diverses applications. Au début de ce siècle, avec la maîtrise des techniques de production d'air comprimé, il l'a utilisé comme fluide de transport pour les matériaux en vrac (transport pneumatique).

Ce mode de transport est utilisé dans divers secteurs de l'industrie : chimie, agroalimentaire, cimenterie, sidérurgie, etc.

**Si l'air est trop sec** : frottement → électricité statique → étincelles

**Si l'air est trop humide** : absorption d'eau par le produit → agglomération → bouchage →

Condensation → colle aux parois → bouchage.

✚ Le circuit d'air comprimé actuel

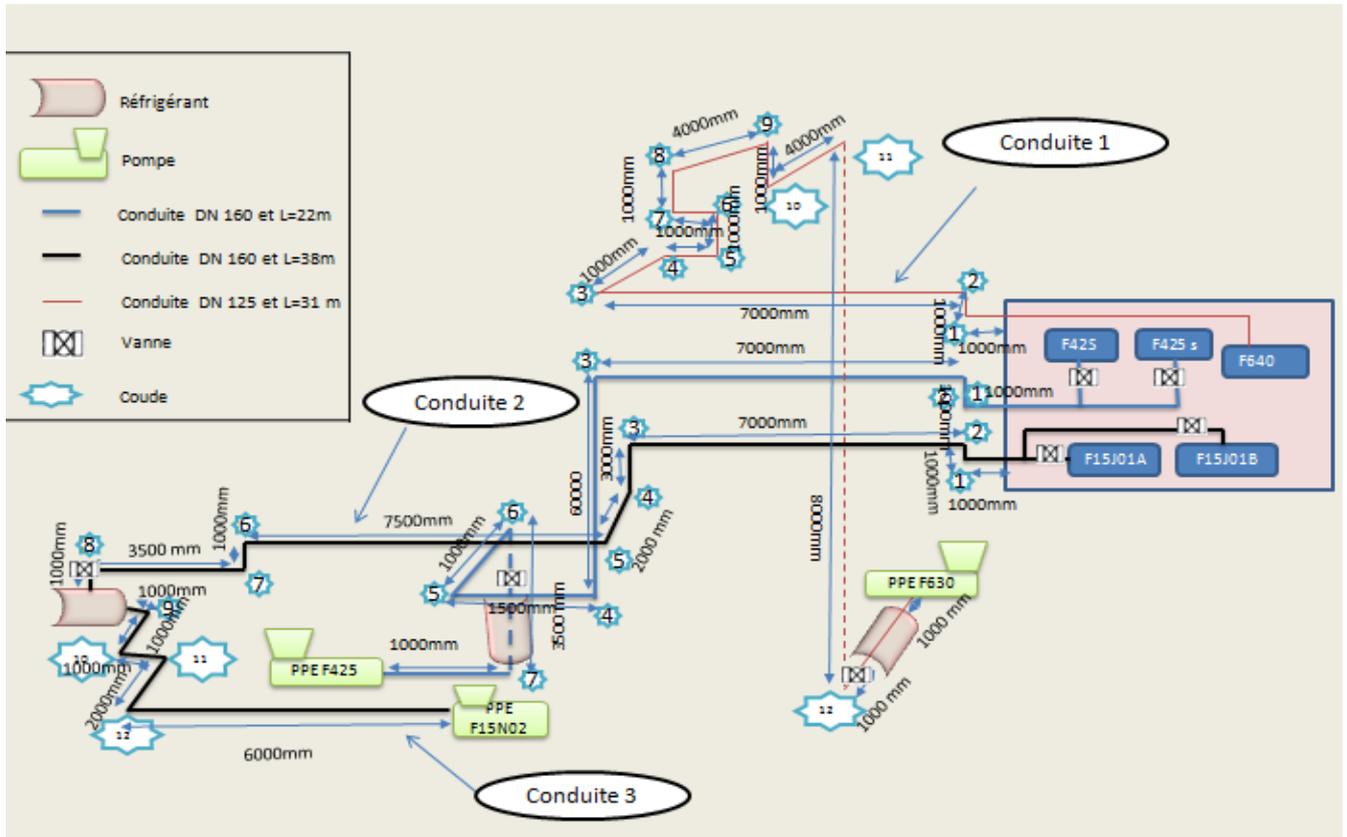


Figure 23: Circuit avant la modification

c) Circuit transport coke de pétrole:

✚ Description :

Pour notre installation, nous avons trois circuits principaux liant les surpresseurs avec les trois pompes d'expédition du coke pulvérisé.

La pompe F630 **Claudius Peter** à une double fonctionnalité dans l'installation :

- ✓ Alimentation de la trémie centrale de l'atelier pet coke par la matière produite sortante du broyeur.
- ✓ Alimentation des deux pompes d'expédition FULLER F424 et CLAUDUIS PETER F15N02.

**Remarque :**

Nous n'avons pas étudié la tuyauterie de transport de coke de pétrole vers l'atelier Cuisson puisque nous ne disposons pas d'informations suffisantes sur la nature d'écoulement du coke dans

les conduites. Ce type d'écoulement intègre la notion de la rhéologie qui nécessite une étude profonde des propriétés physico-chimiques de la matière (étude en laboratoire).

#### 4. Réfrigérant à air:

L'aéro-réfrigérant est un élément complémentaire installé en sortie du surpresseur pour garantir un prétraitement efficace et économique de l'air comprimé. L'air chaud entrant passe à travers un faisceau de tubes et l'air de refroidissement absorbe la chaleur. Les condensats produits sont évacués en sortie par un séparateur cyclonique. Ces aéro-réfrigérants sont disponibles et pouvant traiter des débits de 65 à 5000 m<sup>3</sup> /h.



Figure 24 : Aéro-réfrigérant

#### 5. Le refroidissement par circulation d'eau

Si l'on dispose d'un circuit d'eau de refroidissement, le réfrigérant à eau peut offrir des performances supérieures. L'air chaud sortant du surpresseur pénètre dans un faisceau tubulaire en cuivre disposé dans un tube en acier dans lequel l'eau circule à contre-courant et perpendiculairement aux tubes grâce à une série de chicanes fixées à l'intérieur du corps de l'appareil.

#### 6. Typologie d'accessoires

Les fuites dans les réseaux de tuyauterie proviennent essentiellement des raccordements entre les conduits droits et les composants (les coudes, les brides). Ces pièces de raccordements et autres composants de réseaux sont couramment appelés "accessoires" mais cette dénomination ne doit pas masquer le fait qu'ils sont un des points clés de l'étanchéité du réseau aéraulique. Leur insertion dans le réseau doit être soignée pour un bon résultat final.

**Les vannes de sectionnement** : Appelées aussi robinet-vanne, elles servent à isoler les différents tronçons du réseau lors d'une réparation sur l'un d'entre eux, en tournant un vis qui abaisse ou élève verticalement, une sorte de lentille. La catégorie des vannes utilisée dans le circuit est celle des vannes papillons

**Les coudes** : Ce sont des accessoires de déviation de la direction de circulation, se sont des coudes courbés de rayon de courbure différents.

**Les clapets anti-retour** : sont des dispositifs permettant de contrôler le sens de circulation d'un fluide quelconque. Il permet le passage d'un liquide, d'un gaz, d'air comprimé, etc. dans un sens et bloque le flux si celui-ci vient à s'inverser.

## VI. Calcul des pertes de charge

### 1. Généralité sur les pertes de charges

Très simplement, la différence des pressions statiques entre deux points A et B d'un circuit de fluide est appelée perte de charge entre A et B. Ainsi pour l'étude de la pression nécessaire, sous laquelle devra fonctionner l'installation à installer pour fournir le débit d'air requis. Ces pertes sont de deux types : pertes de charge linéaire qui sont fonction de la longueur et pertes de charges singulières qui sont faciles à calculer connaissant l'emplacement des différents accessoires (bouches d'air, filtres, coude, etc...).

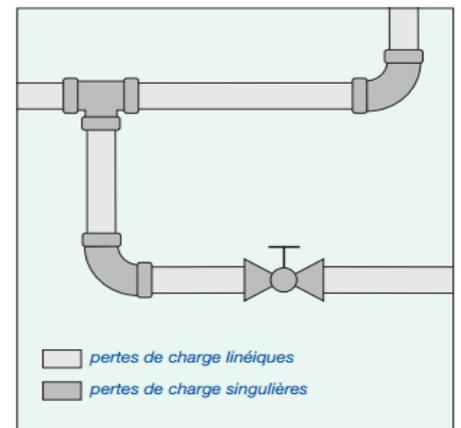


Figure 25 : Pertes de charge dans la conduite

#### Pertes de charge linéaire

Les pertes de charges régulières (ou systématiques) représentent les pertes d'énergies dues aux frottements du fluide dans une conduite de section constante. Elles sont exprimées en hauteurs de fluide (en mètres) et en pascals.

$\Delta H$  : la perte de charge en mètre colonne fluide. 
$$\Delta H = \frac{\lambda \times L \times V^2}{2 \times g \times D}$$

$Re$  : le nombre de Reynolds 
$$Re = \frac{V \times D}{\nu}$$

$\lambda$  : Le facteur de perte de charge

$V$  : La vitesse moyenne de l'écoulement

$D$  : Le diamètre de l'écoulement

$L$  : La longueur de l'écoulement

$\nu$  : La viscosité cinématique

La viscosité cinématique de l'air varie également assez peu avec la température entre -20°C et +40°C : 12.10-6 à 17.10-6 [m<sup>2</sup>/s]. Nous adoptons ici la valeur 15.10-6 [m<sup>2</sup>/s].

Type de conduite	Rugosité $\epsilon$ en mm
Conduites étirées (cuivre, etc...)	0,0015
Conduites en PVC et polyéthylène	0,007
Tuyauteries en acier du commerce	0,045
Conduites en amiante-ciment	0,05...0,1
Tuyauteries en fonte asphaltées	0,125
Conduits en tôle d'acier agrafés	0,15
Tuyauteries en acier galvanisé	0,15
Tuyauteries en acier rouillées	0,15...1,0
Conduits en bois	0,2...1,0
Tuyauteries en fonte	0,4...0,6
Conduits souples agrafés en spirale	0,6...2,0
Conduits treillis métallique et enduit	1,5
Tuyauteries en acier très rouillées	1,0...3,0
Conduits en béton brut de décoffrage	1,0...3,0
Conduits maçonnés	3,0...5,0

Figure 26 : La rugosité en fonction de type de conduite

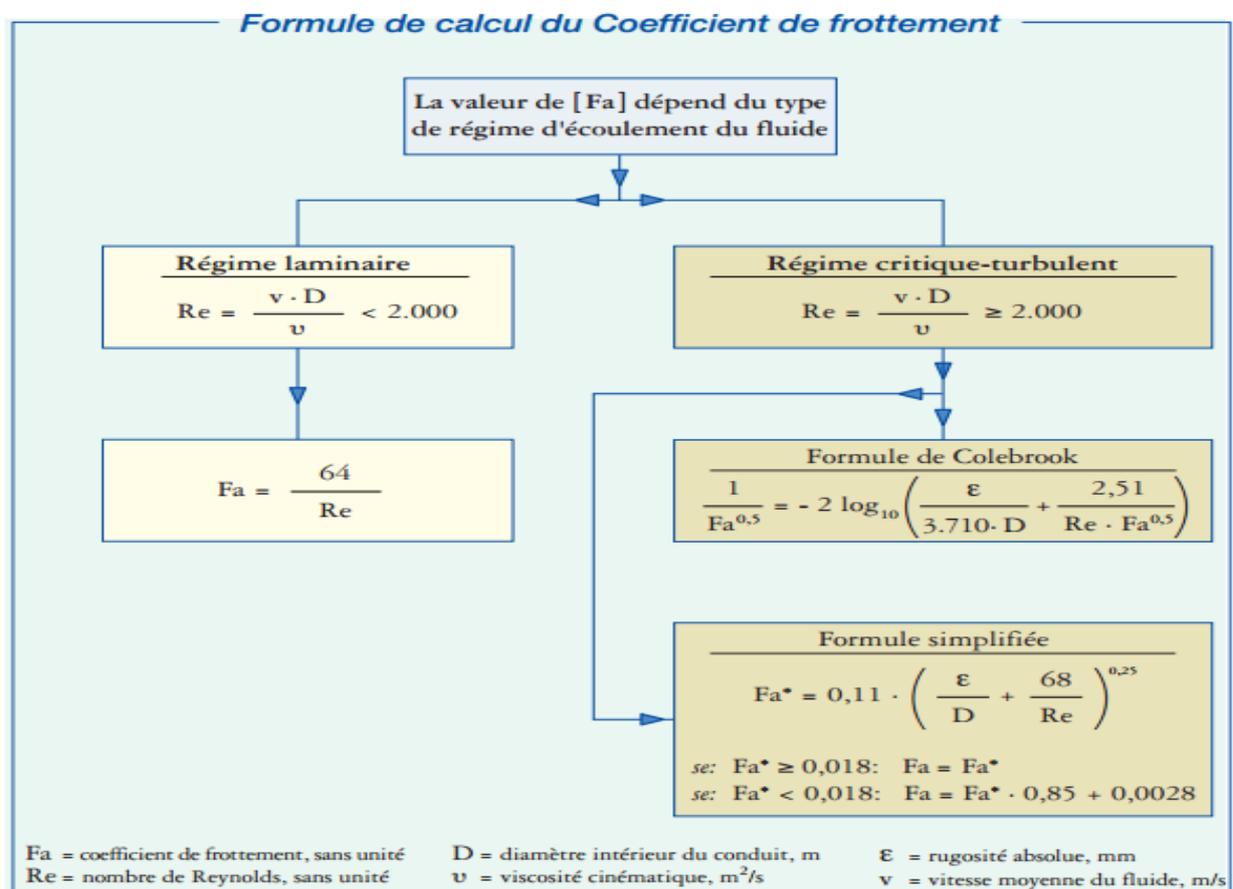


Figure 27 : Formule de calcul du coefficient des pertes de charge

**✚ Pertes de charge singulière :**

Les pertes de charges singulières des réseaux aérauliques ou hydrauliques sont des pertes de pression provoquées par le passage du fluide dans des obstacles et accessoires comme des vannes, raccords, élargissement, sortie de réservoir, hotte aspirante etc. . Les pertes de charges singulières s'expriment en pascals ou en mètres colonnes de fluide (m) ou en mètres de conduite rectilignes équivalentes. Les pertes de charges singulières sont aussi appelées pertes de charges accidentelles. Ce sont les pertes de charges dues aux accidents rencontrés sur le trajet du fluide.

$\Delta H$  : la perte de charge en mètre colonne fluide  $\Delta H = \frac{\lambda \times V^2}{2 \times g}$

$\lambda$  : le coefficient de pertes de charge singulière

$V$  : la vitesse moyenne de l'écoulement en m/s.

$g$  : La pesanteur égale à  $10 \text{ m}^2/\text{s}$

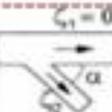
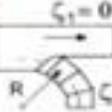
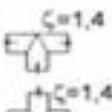
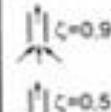
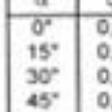
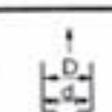
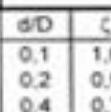
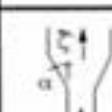
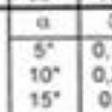
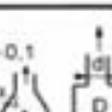
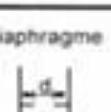
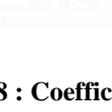
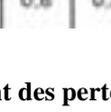
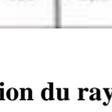
Conduits à section circulaire (diamètre = D)															
	R/D	$\zeta$		R/D	$\zeta$		R/D	$\zeta$		$\alpha$	$\zeta$				
	0.5	0.9		0.5	1.3		0.5	1.1		15°	0.1				
	0.75	0.45		0.75	0.8		0.75	0.6		30°	0.2				
	1.0	0.35		1.0	0.5		1.0	0.4		45°	0.5				
	1.5	0.25		1.5	0.3		1.5	0.25		60°	0.7				
2.0	0.2	2.0	0.25	2.0	0.2	90°	1.3								
	$\alpha$	$\zeta_2$		R/D	$\zeta_2$		R/D	$\zeta_2$		$\alpha$	$\zeta_2$				
	15°	0.1		0.5	1.3		0.5	1.2		15°	0.1				
	30°	0.3		0.75	0.9		0.75	0.6		30°	0.3				
	45°	0.5		1.0	0.8		1.0	0.4		45°	0.7				
	60°	0.7		1.5	0.6		1.5	0.25		60°	1.0				
90°	1.3	2.0	0.5	2.0	0.2	90°	1.4								
				$\alpha$	$\zeta$		R/D	$\zeta$		$d/D$	$\zeta$				
				0°	0.9		0.2	0.2		0.1	2.5				
				15°	0.5		0.5	0.1		0.05	2.5				
				30°	0.3		0.4	0.1		0.05	2.5				
				45°	0.3		0.6	0.1		0.05	2.3				
60°	0.4	0.8	0.1	0.05	1.9										
90°	0.5	0.9	0.1	0.05	1.5										
				$\alpha$	$\zeta$		$d/D$	$\zeta$		$d/D$	$\zeta$				
				5°	0.15		0.1	0.6		0.1	0				
				10°	0.25		0.1	0.5		0.2	0.1				
				15°	0.4		0.1	0.4		0.4	1				
				30°	0.8		0.1	0.3		0.6	2				
45°	0.9	0.1	0.2	0.8	5										
90°	1.0	0.1	0.2	0.8	8										
															
												1	0	0.9	0.1
												0.9	0.1	0.8	1
												0.8	2	0.7	5
												0.6	8	0.6	8

Tableau 8 : Coefficient des pertes de charge singulières des coudes en fonction du rayon de courbure et de diamètre

## 2. Calcul des pertes de charge pour le circuit d'air comprimé :

### ✚ Relevé des mesures :



Figure 28 : Les trois conduites du transport d'air comprimé

Pompe d'expédition	Surpresseur d'alimentation	Débit du surpresseur (m <sup>3</sup> /h)	Diamètre de la conduite (mm) $\pm 0.05$	Longueur totale (m) $\pm 5$ mm	Nombre de coudes
<b>A l'extérieur de la salle</b>					
<b>F630</b> <b>Conduite 1</b>	F640	1252	125	31	12
<b>F424</b> <b>Conduite 2</b>	F425 /F425 Secours	3200	160	22	7
<b>F15N02</b> <b>Conduite 3</b>	F15J01A/B	2300	160	38	12
<b>A l'intérieur de la salle</b>					
<b>F630</b> <b>Conduite 1</b>	F640	1252	125	10	7
<b>F424</b> <b>Conduite 2</b>	F425 /F425 Secours	3200	160	9	6
<b>F15N02</b> <b>Conduite 3</b>	F15J01A/B	2300	160	16	7

Tableau 9 : Relevé des mesures

**✚ Calcul des pertes de charges linéaires :**

Quand un fluide s'écoule dans un tube rectiligne, l'écoulement peut se faire suivant deux régimes: le régime laminaire ou le régime turbulent, suivant la valeur du nombre de Reynolds  $Re$ .

Selon les résultats trouvés dans le tableau suivant, l'air comprimé dans les réseaux est soumis au régime turbulent ( $Re > 3000$ ).

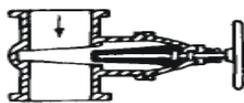
Surpresseur	Diamètre de la conduite (mm)±0.05	Longueur (m) ±5mm	vitesse d'écoulement (m/s) $Q=V*S$	Nombre de Reynolds $Re$	Coefficient des pertes de charge $\lambda$	Pertes de charge linéaires(m)
Conduite 1 Surpresseur F640 $Q=1252\text{ m}^3/\text{h}$	125	41	$V1=28.3$	235833	0.115	1510.5
Conduite 2 Surpresseur F425 $Q=3200\text{ m}^3/\text{h}$	160	31	$V2=44.21$	471573	0.108	2044.9
Conduite 3 Surpresseur F15J01 A/B $Q=2300\text{ m}^3/\text{h}$	160	54	$V3=31.77$	33888	0.108	1839.5
					Total	5394.9 m

Tableau 10 : Calcul des pertes de charge linéaires pour le circuit d'air comprimé

**✚ Calcul des pertes de charges singulières :**

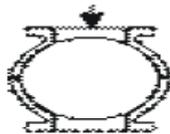
**✚ Les vannes :**

vanne d'arrêt



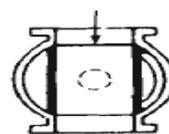
$K = 0,2$

vanne papillon



$K = 0,6$

vanne sphérique



$K = 0,05$

clapet de retenue



$K = 1,0$

Figure 29 : Valeur de coefficient de pertes de charge singulières des vannes ouvertes en fonction de leurs types

Les clapets :

Degré d'ouverture	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70
Coefficient de pertes de charge	90	62	42	30	1.20	14	9.5	6.6	5.2	3.2	1.7

Tableau 11 : Valeur du coefficient des pertes de charge pour les clapets en fonction de leur degré d'ouverture

Désignation des accessoires		Rayon de courbure (mm)±0.1 mm	Diamètre (mm)±0.05	r/d	Coefficient de perte de charge( $\lambda$ )	Nombre	Vitesse (m/s)	pertes de charge (m)	
<b>Coude courbé</b>	Conduite 1	120	125	0.96	0.35	4	28.3	56	
		60	125	0.48	1.1	15	28.3	646.8	
	Conduite 2	120	160	0.75	0.45	13	44.21	571.7	
		Conduite 3	120	160	0.75	0.45	10	31.77	227.1
			250	160	1.5	0.25	9	31.77	113.5
<b>Vanne papillon Ouverture 70°</b>	Conduite 1	-	-	-	0.6	1	28.3	24	
	Conduite 2	-	-	-	0.6	3	44.21	175.9	
	Conduite 3	-	-	-	0.6	3	31.77	90.8	
							Total	<b>1905.8 m</b>	

Tableau 12 : Calcul des pertes de charges singulières

3. Conclusion et perspectives :

La longueur de la tuyauterie et ses changements de direction (coudes, etc.) provoquent des pertes de charge totales égales à  $\Delta H = 7300.7$  m dans la tuyauterie d'air comprimé. Ce qui affecte sur le rendement de la ligne Cuisson. Nous devons donc agir sur la réduction de la longueur de la tuyauterie et la réduction de nombre de coudes afin d'augmenter le débit qui arrive à la ligne cuisson et rendre l'atelier de coke de pétrole plus optimal.

## Chapitre III

### Etude de la fiabilité de l'installation de coke de pétrole

Le sujet relatif à la fiabilité des équipements industriels, s'avère d'une grande importance. Dans ce chapitre nous allons étudier la fiabilité de l'ensemble des équipements de l'installation de Pet coke en utilisant la loi de Weibull et nous allons conclure sur la politique de maintenance appropriée à nos équipements.

## I. Concepts généraux de la fiabilité :

Les installations et les équipements tendent à se détériorer dans le temps sous l'action des causes multiples telles que l'usure, la fatigue, la déformation due au fonctionnement ou l'action des agents corrosifs (agents chimiques, atmosphères, etc.). Ces détériorations peuvent provoquer l'arrêt de fonctionnement qui diminue les capacités de production et mettre en péril la sécurité des biens et des personnes et, ainsi provoquer des rébus, dé-fiabiliser l'installation, diminuer la qualité, augmenter les coûts de fonctionnement (augmentation de la consommation d'énergie, etc.) et diminuer la valeur marchande de ces moyens. On doit effectuer des opérations de dépannage, changement, visite, réparation, amélioration etc., qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production. Bien maintenir c'est aussi assurer les opérations d'exploitation au coût global optimal.

## II. Calcul de la fiabilité de l'installation

La fiabilité d'un composant exprime la probabilité qu'il fonctionne correctement (sans défaillance) pendant un temps déterminé dans des conditions (que l'on appellera conditions de base) fixées de manière précise.

### 1. Objectifs et intérêts de la fiabilité

L'analyse de la fiabilité constitue une phase indispensable dans toute étude de sûreté du fonctionnement, de nombreux industriels travaillent à l'évaluation et l'amélioration de la fiabilité des installations et de leurs produits au cours de leur cycle de développement, de la conception à la mise en service (conception, fabrication et exploitation) afin de développer leurs connaissances sur le rapport Coût/Fiabilité et maîtriser les sources de défaillance.

L'analyse de la fiabilité dans le domaine de la mécanique est un outil très important pour caractériser le comportement de l'équipement dans les différentes phases de vie.

### a) Indicateur de fiabilité

#### ⌘ Fonction fiabilité

La fiabilité d'un dispositif au bout d'un temps  $t$  correspond à la probabilité pour que ce dispositif n'ait pas de défaillance entre 0 et l'instant  $t$ .

En désignant par  $T$  la variable aléatoire caractérisant l'instant de défaillance du dispositif, la fiabilité s'exprime par la fonction  $R(t)$  telle que:  $R(t) = \text{Probabilité (qu'une entité } E \text{ soit non défaillante sur la durée } [0 ; t], \text{ en supposant qu'elle n'est pas défaillante à l'instant } t = 0)$

La caractéristique contraire de la fiabilité est appelée dé-fiabilité ou probabilité de défaillance du système. Elle est le complément à 1 de la fiabilité.

## ⌘ Taux de défaillance

Physiquement le terme  $\lambda(t)$  mesure la probabilité qu'une défaillance d'un dispositif se produise dans l'intervalle de temps  $[t, t + \Delta t]$  sachant que ce dispositif a bien fonctionné jusqu'à l'instant  $t$ .

### b) Le choix de la loi de Weibull :

La détermination de la fiabilité d'un système contient des composantes électroniques, mécaniques ou autres, nécessite tout d'abord de connaître la loi de la fiabilité (ou la loi de défaillance) de chacun des composants intervenant dans le système.

Nous avons choisi le modèle de Weibull parce qu'il est d'une grande souplesse et il est recommandé dans de nombreux cas pratiques, car cette loi dispose des paramètres qui permettent souvent une meilleure concordance avec l'expérience que les autres lois. Contrairement au modèle exponentiel, la loi de Weibull couvre les cas où le taux de défaillance sont variables et permet donc de s'ajuster aux périodes de « jeunesse » et aux différentes formes d'obsolescence donc elle constitue ainsi le modèle le plus approprié aux matériels électromécaniques et plus précisément les machines tournantes objet de notre étude dont la durée de vie est décrite par la courbe de baignoire comme le montre le schéma ci-contre.



Figure 30 : Courbe de baignoire

## 🌀 Définition de la loi de Weibull

C'est une loi de fiabilité qui permet de prendre en compte les périodes où le taux de défaillance n'est pas constant (jeunesse et vieillesse). Cette loi permet :

Une estimation de la MTBF,

$$\text{Avec : } \mathbf{MTBF = A\eta + \gamma}$$

Où : A est un paramètre issu des tables numériques adaptées.

Nous utiliserons la loi précédente pour l'analyse de la fiabilité afin de calculer la MTBF de l'installation de surpression d'air et du transport pneumatique du coke de pétrole.

Les calculs du taux de défaillance  $\lambda(t)$  et de la fiabilité  $R(t)$  et leurs représentations graphiques, Où la fonction de la fiabilité  $R(t)$  selon la loi de Weibull possède pour expression :

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t-\theta}{\lambda}\right)^k} = e^{-\frac{(t-\theta)^k}{\eta}}$$

- $\lambda$  le paramètre d'échelle;
- $\beta$  le paramètre de forme (noté dans la relation ici  $k$ );
- $\gamma$  le paramètre de position (noté dans la relation ici  $\theta$ );

Les trois paramètres de la loi sont :

→ Paramètre de forme  $\beta$  :

Ce paramètre donne des indications sur le mode des défaillances et sur l'évolution du taux de défaillances dans le temps.

Si  $\beta > 1$ , le taux de défaillance est croissant, caractéristique de la zone de vieillesse ;

Si  $1.5 < \beta < 2.5$  : phénomène de fatigue ;

Si  $3 < \beta < 4$  : phénomène d'usure ;

Si  $\beta = 1$ , le taux de défaillance est constant, caractéristique de la zone de maturité ;

Si  $\beta < 1$ , le taux de défaillance est décroissant, caractéristique de la zone de jeunesse.

→ Paramètre d'échelle  $\eta > 0$  qui s'exprime dans l'unité du temps :

Ce paramètre permet d'utiliser le papier d'Allan Plait quel que soit l'ordre de grandeur de t.

Il n'a donc pas à être interprété.

→ Paramètre de position  $\gamma$  :

Ce paramètre s'exprime dans l'unité de temps et donne des indications sur le retard de la densité de probabilité  $f(t)$ .

$\gamma > 0$  : La probabilité de défaillance dans les premières utilisations du système est nulle.

$\gamma = 0$  : Une probabilité de défaillance sera présente dès la mise en service du système.

$\gamma < 0$  : Une probabilité de défaillance est déjà présente au moment de l'installation du système

## 2. Analyse de la fiabilité de l'enregistrement des pannes et des interventions

### a) Analyse de l'historique

Il s'agit d'analyser la fiabilité de l'historique des interventions: historique qui décrit chronologiquement toutes les interventions correctives et préventives et les modifications depuis sa mise en service des équipements.

Pour effectuer une bonne analyse de l'historique, il a été d'une utilité majeure de collecter les informations concernant les pannes survenues sur l'ensemble des équipements de l'installation des surpresseurs et du transport de coke de pétrole durant l'année 2014. Le tableau présentant les temps de bon fonctionnement est présenté dans **l'ANNEXE A4-1** ;

Pour mieux exploiter nos données, nous avons utilisé le logiciel **PTC Windchill Quality Solutions 10.2 Tryout** qui offre la possibilité de déterminer les paramètres de Weibull ainsi que le calcul de la fiabilité et de la défaillance. Le graphe résultant est le suivant :

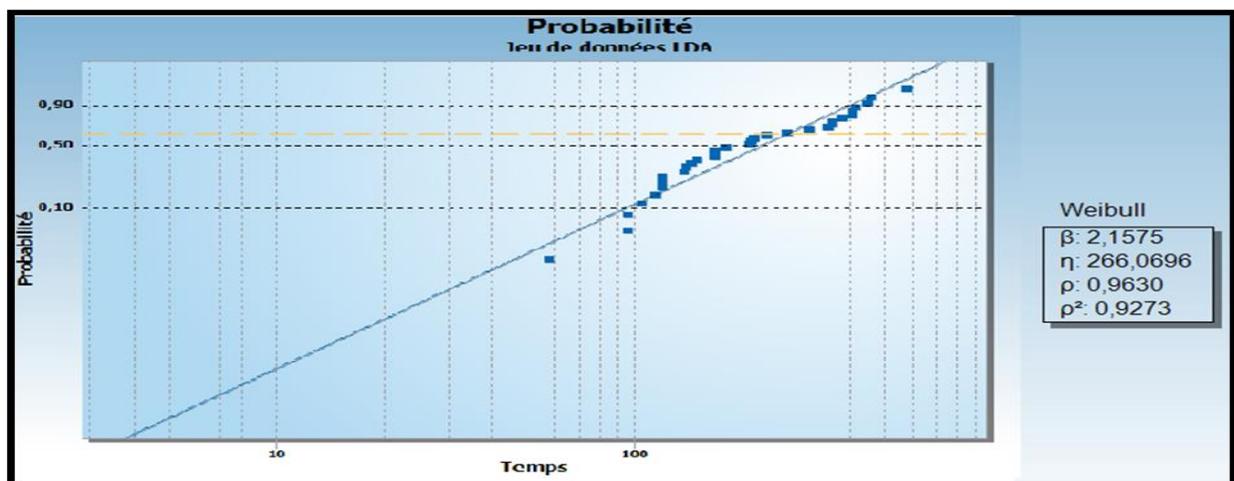


Figure 31 : Probabilité de défaillance en fonction du temps

L'analyse des temps de bon fonctionnement de l'ensemble des équipements de l'installation par **Windchill Quality Solutions** a montré que ce dernier obéit à la loi de Weibull avec les trois paramètres  $\beta$ ,  $\eta$  et  $\gamma=0$ (régression linéaire).

Le paramètre de forme  $\beta$ , qui renseigne sur le mode des défaillances et sur l'évolution du taux des défaillances dans le temps, est égale à **2,1575** ce qui signifie que notre installation est dans sa phase de fatigue.

### ✓ Calcul de la MTBF

La formule de weibull :  $MTBF = A * \eta + \gamma$

Avec  $\eta=266,0696$  et  $\gamma = 0$

$\beta=2,1575$  Alors :  $A = 0.8856$

Donc :  $MTBF = 235,63$  h

### ✓ Calcul de la Fiabilité par l'utilisation du logiciel Windchill Quality Solutions

Nous avons trouvé que la fiabilité de l'installation de compression d'air et de transport du coke de pétrole contenant les équipements cités dans le tableau précédant est égale à **88,5 %**.

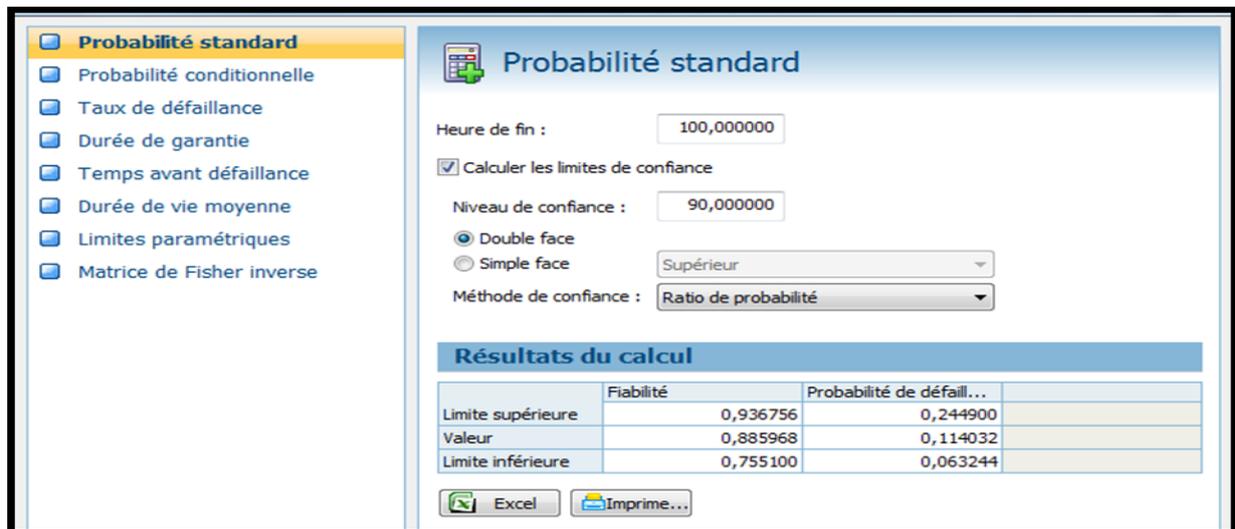


Figure 32: Calcul de la fiabilité

- ✓ Calcul de la Défaillance par l'utilisation du logiciel Windchill Quality Solutions:

Le calcul de défaillance a donnée :  $Q(t)=12\%$ , Avec :  $Q(t)=1-R(t)$

- ✓ Tracée de la fiabilité en fonction du temps par le logiciel Windchill Quality Solutions :

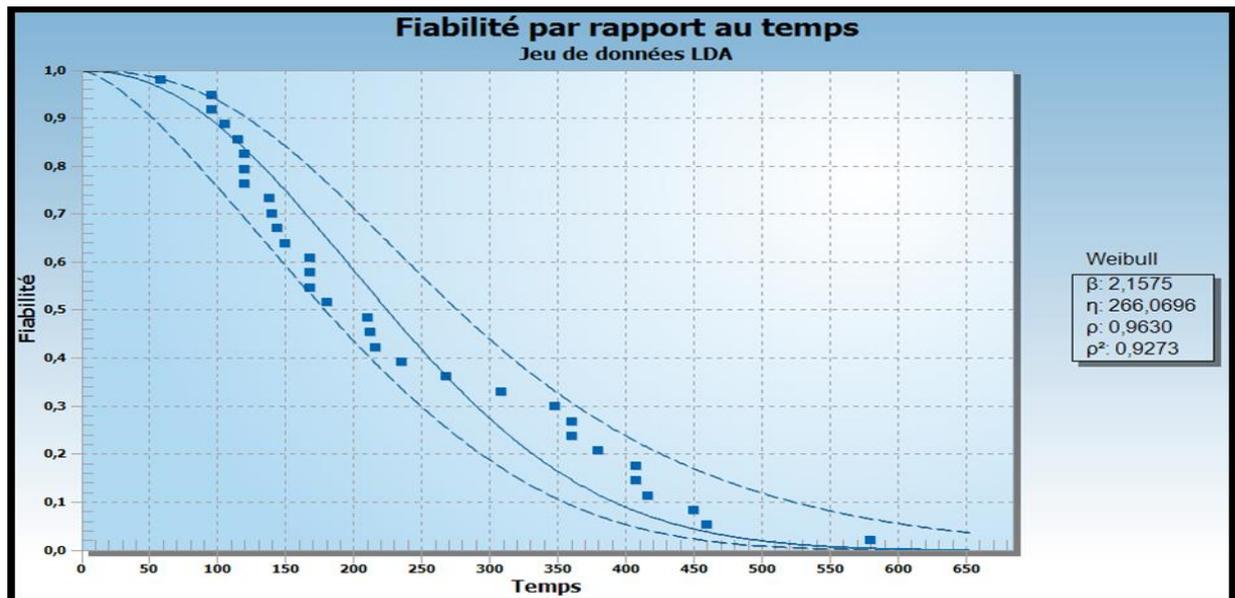


Figure 33 : Tracée de l'allure de la fiabilité en fonction du temps

On remarque que la fiabilité décroît avec le temps, tel qu'elle atteint la valeur nulle au bout de **600 h**

- ✓ Tracée de la non-fiabilité en fonction du temps par le logiciel Windchill Quality Solutions 10.2

La défaillance d'après le tracé croît avec le temps et atteint son maximum au bout de 600 h

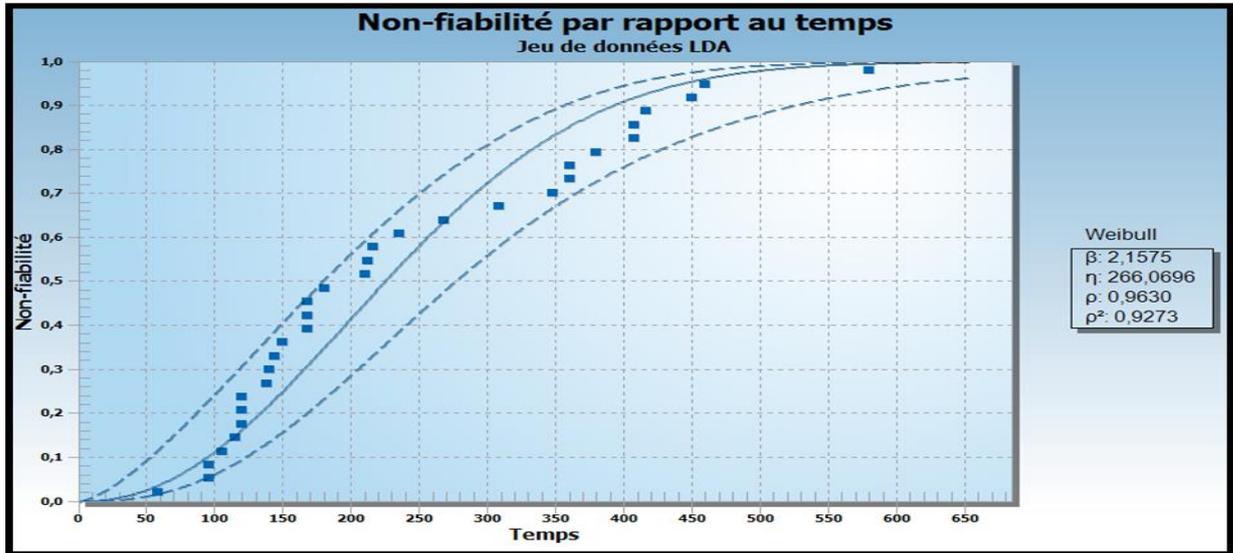


Figure 34 : Tracé de l'allure de la non-fiabilité en fonction du temps

✓ **Tracée du taux de défaillance en fonction du temps par le logiciel Windchill Quality Solutions**

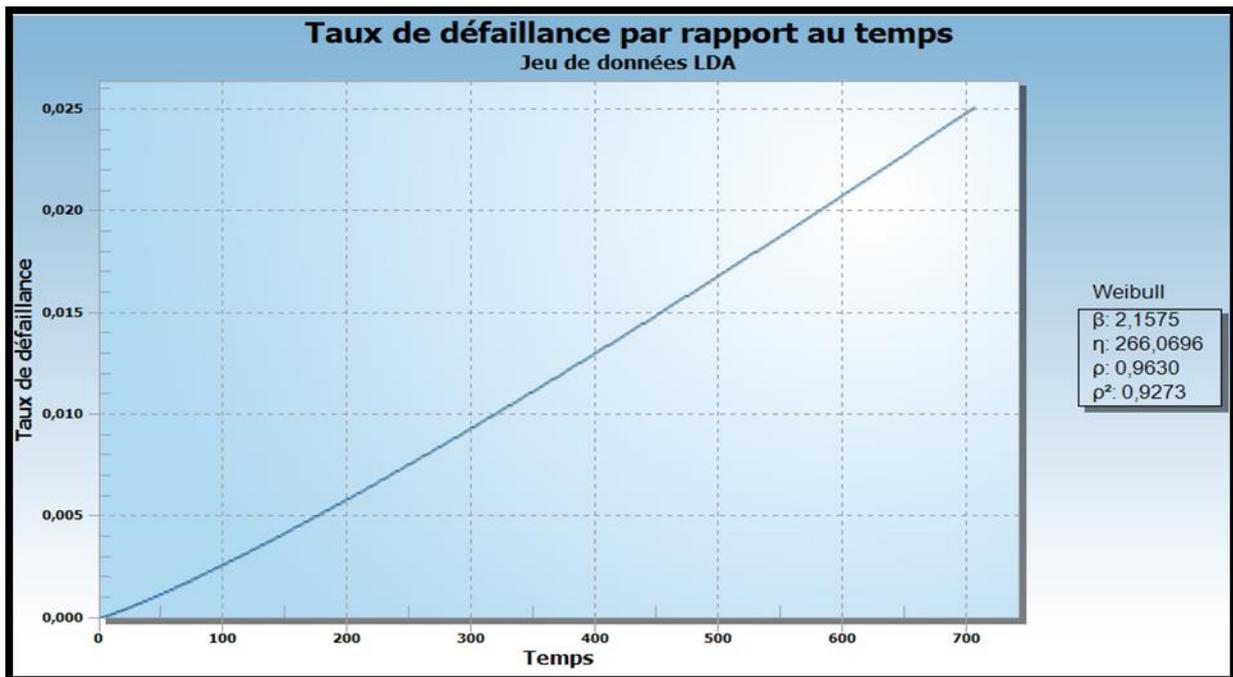


Figure 35 : Tracé de l'allure du taux de défaillance en fonction du temps

Le Taux de défaillance varie de façon croissante ce qui veut dire que la fatigue et l'usure des équipements qui prédominent. Cela correspond à la phase III de vieillissement sur la courbe de baignoire.

### ✓ Calculs et comparaison :

La disponibilité se calcule par :  $D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$

Avec :

**MTBF** : moyenne des temps de bon fonctionnement entre défaillances consécutives (Mean Time Between Failure).

$$MTBF = \frac{\text{Temps de bon Fonctionnement (TBF)}}{\text{Nombre de pannes}}$$

**MTTR** : Moyenne des Temps Techniques de Réparation (Mean Time To Repair).

$$MTTR = \frac{\Sigma \text{Temps d'intervention des pannes}}{\text{Nombre de pannes (n)}}$$

Dans notre étude nous avons :

**MTBF=240,78h** (Moyenne des temps de bon fonctionnement)

**MTTR= TTR/N= 143 /32=4.46 h** (Moyenne des temps techniques de réparation)

Nous calculons donc la disponibilité moyenne : **D= 0.98=98%**

### b) Commentaire et conclusion:

La disponibilité de toute l'installation pour le transport pneumatique du coke de pétrole est de **98%**, cette diminution par rapport à l'objectif de l'installation revient au nombre des pannes dans l'installation dûs au bourrage des équipements, aux pertes de charge, aux fuites au niveau des conduites et aux arrêts fréquents des surpresseurs (arrêt de transport d'air) ainsi que d'autres équipements.

Après avoir étudié la fiabilité de l'installation de coke de pétrole, nous avons déduit la valeur de la fiabilité qui est égale à **R= 88,5%** ce qui veut dire que notre installation nécessite des actions d'amélioration et un plan d'action préventif pour accroître la fiabilité des équipements de l'atelier et de toute l'installation du transport.

### 3. Calcul de la disponibilité des équipements

#### a) Définition

La disponibilité : « Aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs est assurée. »

#### b) Collecte et traitement d'informations

Pour établir notre étude de la fiabilité sur l'ensemble des équipements de l'installation de surpression d'air et de circuit de transport de coke de pétrole, nous avons collecté les informations sur l'historique des pannes pendant l'année 2014 de tous les équipements de l'atelier de coke de pétrole, auprès du bureau de méthodes et du service de maintenance.

Ce tableau regroupe les indicateurs de performance (MTBF, MTTR et D) pour chaque machine de l'installation de coke de pétrole dont le but est de calculer la disponibilité moyenne (D) des équipements concernés :

Le temps de service normal de tous les équipements de l'atelier de coke de pétrole pendant une année est estimé à :

**TM1=8088 h temps moyen de fonctionnement pour la pompe Claudius Peters F630**

**TM2=8400 h temps moyen de fonctionnement pour tous les autres équipements de l'atelier**

**Remarque :** ces deux données correspondantes aux durées de fonctionnement des équipements de l'installation en retranchant les arrêts programmés de l'atelier sont donnée par le bureau technique.

Equipements	TM (h)	Temps d'arrêt(h)	Nombre d'arrêt	MTBF(h)	MTTR(h)	Disponibilité	le taux de fiabilité
<b>Les surpresseurs</b>							
SURP Hibon F15J01A.M1	8400	128	16	517,00	8,00	98,48%	98,48%
SURP Hibon F15J01B.M1	8400	122	16	517,38	7,63	98,55%	98,55%
SURP Hibon F425	8400	122	18	460,00	7,00	98,50%	98,55%
SURP Aerzen F640	8400	172	20	411,00	9,00	97,86%	97,95%
SURP Hibon F425 Secours	8400	134	12	689,00	11,00	98,43%	98,40%
SURP Aerzen F15J02D	8400	80	4	2080,00	20,00	99,05%	99,05%

SURP Aerzen F15J02E	8400	62	6	1390,00	10,00	99,29%	99,26%
SURP Aerzen F15J02A	8400	40	4	2090,00	10,00	99,52%	99,52%
SURP Aerzen F15J02B	8400	40	6	1393,00	7,00	99,50%	99,52%
SURP Robodchi F466N	8400	42	4	2089,50	10,50	99,50%	99,50%
SURP Roboschi F466N	8400	28	4	2093,00	7,00	99,67%	99,67%
<b>Les pompes</b>							
PPE F15N02.M1	8400	116	18	460,22	6,44	98,62%	98,62%
PPE F424	8400	112	12	692,00	8,00	98,86%	98,67%
PPE F630	8088	102	10	800,00	8,00	99,01%	98,74%
<b>Les réfrigérants</b>							
Réfrigérant à air	8400	127	20	415,00	5,00	98,81%	98,49%
Réfrigérant 2	8400	44	12	696,00	4,00	99,43%	99,48%
Réfrigérant 3	8400	40	10	836,00	4,00	99,52%	99,52%
<b>Dépoussiéreur</b>							
Dépoussiéreur F615	8400	112	22	378,00	4,00	98,95%	98,67%
<b>Extracteur métallique</b>							
Extracteur métallique F601	8400	44	22	380,00	2,00	99,48%	99,48%
<b>Convoyeur à bande</b>							
Convoyeur à bande F411	8400	26	12	698,00	2,00	99,71%	99,69%
<b>Broyeur</b>							
Broyeur à coke de pétrole F605	8400	44	2	4178,00	22,00	99,48%	99,48%

Tableau 13 : Résultats des MTBF, MTTR et Disponibilité pour chaque équipement

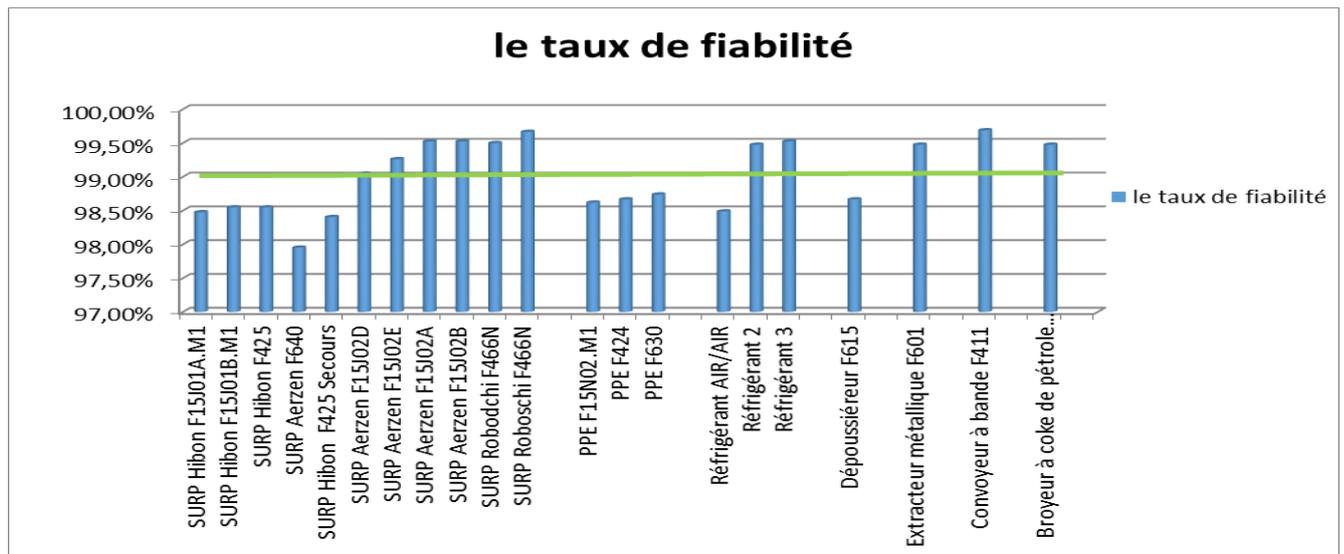


Figure 36 : Calcul du taux de fiabilité de chaque équipement

✓ **Interprétation :**

D'après la figure ci-dessus qui représente le taux de fiabilité pour chaque équipement de la centrale, nous remarquons qu'il y'a des équipements qui sont moins fiables tels que les surpresseurs de la centrale, les trois pompes d'expéditions, l'aéro-réfrigérant et le dépoussiéreur F615. Ces équipements nécessitent une étude détaillée pour savoir les causes de cette dé-fiabilité et y remédier.

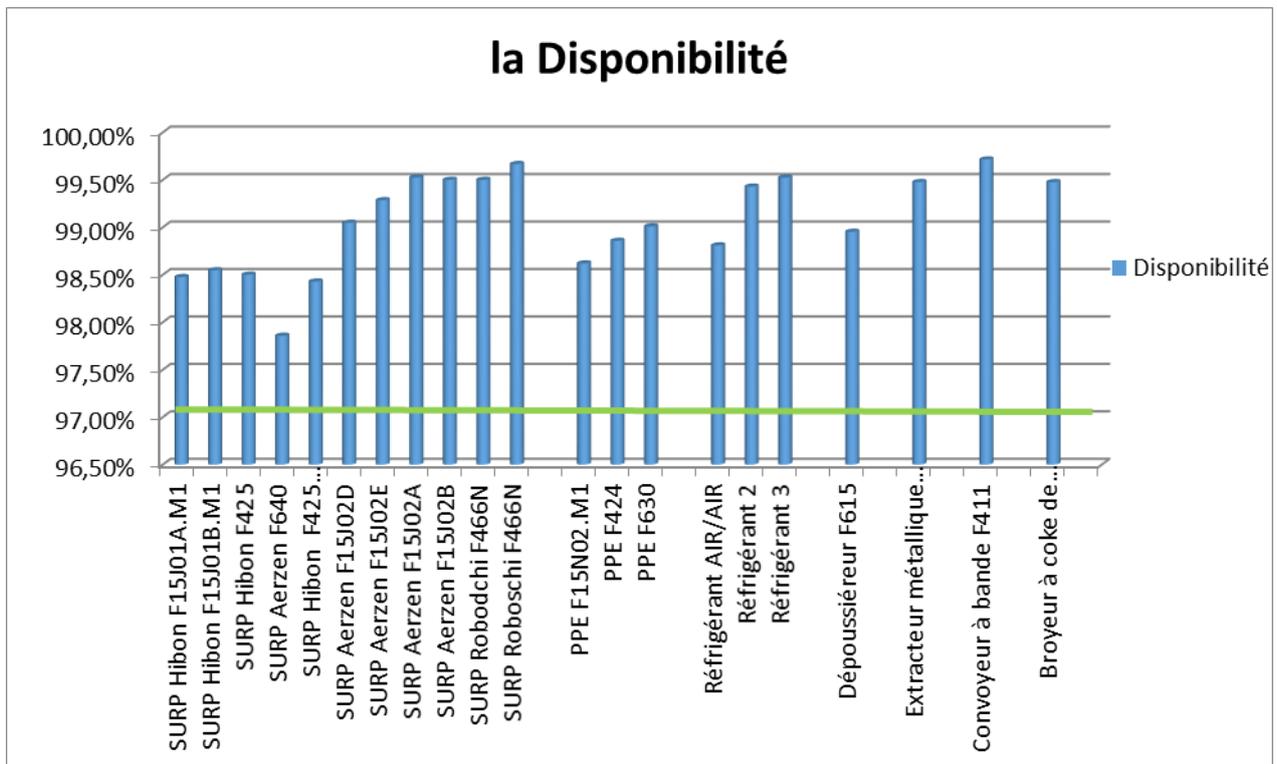


Figure 37 : La disponibilité des équipements de l'installation

✓ **Interprétation**

Dans cette figure nous constatons que tous les équipements de l'installation ont une disponibilité supérieure à la valeur objective de l'installation qui est de (97%).

**4. L'absence d'une politique de maintenance préventive**

Afin d'accroître la fiabilité des équipements et de réduire les coûts de la maintenance, il est nécessaire de mettre en place des méthodes et des moyens importants. L'absence d'une politique de la maintenance préventive des équipements principale de l'atelier entraîne une soumission aux aléas des pannes et aux événements. Les conséquences de ce genre d'organisation sont les suivantes:

- non-identification des pannes répétitives noyées dans les préoccupations quotidiennes ;
- insensibilité aux signes annonciateurs des défaillances ;
- démotivation des techniciens ;
- pertes de production plus importantes ;
- vieillissement prématuré des équipements.

Pour éviter ce type de situation, il faut mettre en place une politique de maintenance précise et préventive des équipements concernés et non seulement une maintenance correctives ou quelques actions préventives de niveau 1.

### **Conclusion**

D'après l'analyse de l'historique d'intervention de la centrale de coke de pétrole de l'installation et le calcul des indices de maintenance des équipements de production, nous concluons que les travaux correctifs dominent les travaux préventifs ce qui engendre une dégradation de la fiabilité des équipements (figure 36). En revanche la disponibilité des machines reste très importante (figure 37) et dépasse même l'objectif visé par le service maintenance qui est de 97%. Cela explique la non-fiabilité des enregistrements des réalisations des travaux actuels (la non-fiabilité de l'historique des interventions) ou/et le service maintenance intervient d'une manière correcte et au bon moment.

Nous avons déduit à partir de l'analyse par le logiciel de la maintenance PTC Windchell la valeur de la fiabilité qui est égale à **88,5%**, ce qui veut dire que notre installation nécessite un plan d'action pour accroître sa fiabilité.

Dans le chapitre qui suit, nous allons élaborer une analyse fonctionnelle des équipements selon le processus correspondant et un diagramme cause /effet afin d'expliquer le résultat obtenu et de mettre la lumière sur les différentes causes de baisse de fiabilité de notre installation. Ensuite, nous élaborons une étude AMDEC (analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité) afin de mieux éclaircir les différentes causes de défaillance et de s'arrêter sur les différents problèmes engendrant la dégradation de la fiabilité des équipements critiques .

## Chapitre IV

### Diagnostic de l'installation de coke de pétrole : AMDEC

Ce Chapitre sera consacré à une analyse fonctionnelle du processus et des équipements correspondant, afin d'élaborer une étude AMDEC bien détaillée et identifier les modes de défaillance critiques existant, analyser leurs causes et leurs effets, hiérarchiser leur criticité afin et d'en tirer les principaux problèmes altérant la marche et le transfert du coke.

## I. Introduction

Pour analyser les défaillances d'un système, il est nécessaire auparavant de bien identifier à quoi doit servir ce système : c'est-à-dire de bien identifier toutes les fonctions que ce système doit remplir durant sa vie de fonctionnement et de stockage.

A partir de l'analyse fonctionnelle, nous pourrions mener une étude de l'aspect technique : AMDEC.

Cela nous permettra d'aboutir à une synthèse qui nous donne une solution fiable sur le plan technique ainsi que sur le plan économique; l'analyse fonctionnelle est strictement nécessaire pour construire un plan d'actions avec rigueur.

## II. L'approche AMDEC

### 1. Définition AFNOR

L'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur criticité (AMDEC) est une méthode d'analyse de la fiabilité qui permet de recenser les défaillances dont les conséquences affectent le fonctionnement du système dans le cadre d'une application donnée.

### 2. Description des types d'AMDEC

Selon les objectifs visés plusieurs types de l'AMDEC sont utilisés:

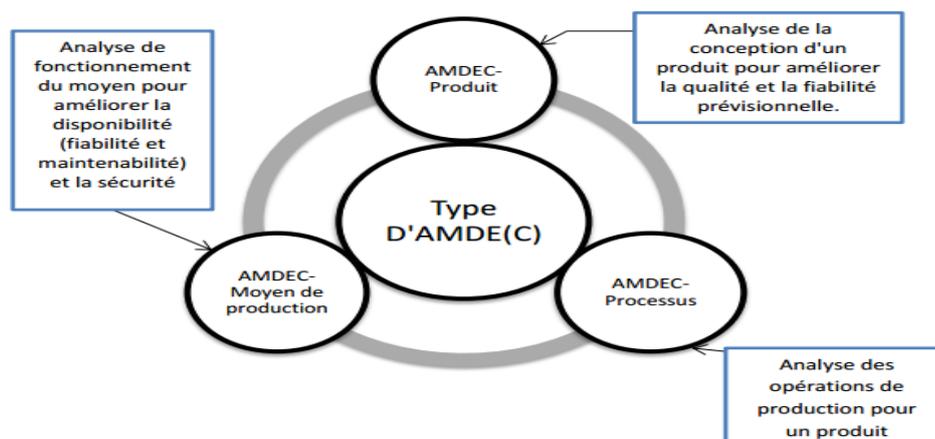


Figure 38 : Types d'AMDEC

Le rôle de l'AMDEC n'est pas de remettre en cause les fonctions de la machine mais plutôt d'analyser dans quelle mesure ces fonctions peuvent ne plus être assurées correctement.

### 3. Le but de l'AMDEC:

Cette méthode, comme beaucoup d'autres, repose sur la mise en place d'un groupe de travail guidé par un animateur, spécialiste et garant de la méthodologie. L'analyse par groupe de travail est bénéfique dans le sens où elle favorise l'émulation. Elle a également pour intérêt d'utiliser le retour d'expérience à partir des données issues de l'observation d'installations en fonctionnement. L'analyse est également fondée sur la définition des paramètres de la défaillance : Modes, causes et effets de la défaillance.

Les objectifs de l'étude AMDEC sont nombreux, on peut citer :

- Réduction du nombre des défaillances.
- Prévention des pannes.
- Amélioration de la production et de l'installation.
- Amélioration de la maintenance préventive.
- Réduction du temps d'indisponibilité après défaillance.
- Pris en compte de la maintenabilité dès la conception.
- Aide au diagnostic.
- Amélioration de la maintenance corrective.

L'objectif de cette étude est de mettre en évidence les défaillances potentielles des circuits et de la centrale des surpresseurs en proposant des améliorations pour une meilleure sécurité et une disponibilité optimale des équipements et prévoir la maintenance de ces mêmes équipements.

Ce travail repose sur les retours d'expériences des dysfonctionnements déjà survenus ou éventuels au cours de l'année 2014

### 4. Présentation du groupe de travail

L'objectif de cette étude est d'analyser les différents modes de défaillance des constituants de l'installation, afin d'évaluer leurs criticités et de proposer une amélioration de la tuyauterie dans

le but de diminuer les pertes de charges dans le circuit et de proposer des actions correctives et préventives permettant d'améliorer la disponibilité et le rendement de l'atelier.

Avant d'entamer notre étude AMDEC, nous avons fait l'appel à un groupe de travail constitué par des personnes responsables et concernés qui nous ont apporté des informations nécessaires vu leurs connaissances techniques et leurs expériences. Ce groupe comprend :

- Notre encadrant de stage Monsieur Youssef EL KHLIFI (chef de bureaux technique),
- Mariem OFQUIR et Imane EL OUALYDY (Stagiaires),
- Mr.OMAR et Mr.AMINE (Mécaniciens spécialisés).

### III.Analyse AMDEC moyen de production (AMDEC Machine)

#### 1. Initialisation de l'étude

Cet atelier de production et du transport de coke de pétrole dispose des différentes installations telles que : la zone broyage de la matière brute qui nécessite d'être transporter en utilisant comme moyen de transport l'air refoulé des surpresseurs, ces derniers sont reliés par l'intermédiaire d'un réseau de tuyauterie de transfert à un ensemble des équipements, à savoir : les pompes d'expéditions et les réfrigérants.

#### **Remarque :**

L'étude de la fiabilité de chaque équipement de la centrale, effectuée au chapitre précédent, montre que le taux de fiabilité de dépoussiéreur n'atteint pas la valeur objective déterminée par ASMENT. En effet, ce dépoussiéreur constitue l'un des équipements peu fiable qui affecte la fiabilité et le rendement de l'atelier.

En outre, Les dépoussiéreurs sont utilisés pour réutiliser le coke de pétrole qui s'évacue durant le remplissage des trémies des pompes au remplissage de chaque pompe d'expédition:

- Dépoussiéreur : pour les deux pompes CLAUDUIS PETERS F15N02 et FULLER F424
- Dépoussiéreur : pour la pompe CLAUDUIS PETERS F630

## 2. Le dépoussiéreur

### a) Définition :

Les filtres en ligne à manches sont le type des dépoussiéreurs utilisé à Asment Temara pour les zones de filtration procès, ces filtres peuvent fonctionner à plusieurs l'un prêt de l'autre ; et ainsi constituer un large volume de filtration ou de captage des particules de poussière.

La fonction du filtre en ligne à manches est de séparer les poussières contenues dans le gaz à épurer. Ce type est conçu pour des débits d'air importants, le dépoussiérage se fait selon trois étapes ou parties principales :

- ∅ Partie qui recueille la poussière.
- ∅ Un système d'extraction en continu.
- ∅ Plusieurs compartiments constitués de médias qui sont placés à l'intérieur dont les plus utilisés sont les manches cylindriques.

### b) Les composants

#### Plaque à trous

La plaque à trous sépare la chambre d'air sale de la sale d'air propre. Elle se trouve au niveau supérieur du filtre. C'est une surface qui est plate et qui contient des trous qui représentent l'entrée du gaz par les manches cylindriques.

#### Timer

Deux minuteries électroniques –TIMER- permettent de régler le temps d'injection d'air comprimé et les intervalles de nettoyage des manches de manière à optimiser les pressions à l'entrée et à la sortie et d'assurer une constance du débit d'aspiration.



Figure 39: Séquenceur

### Manche filtrante .

Le filtre à manches est l'un des moyens les plus performants de séparer les poussières transportées par une veine d'air, collectées dans un conduit. Une fois la manche devient saturée de poussières, on commence à parler du colmatage des manches. Le décolmatage alors est le processus qui intervient pour décrocher les poussières captées par le média. A l'exception des décolmatages à secousses, aujourd'hui marginaux, le principe consiste toujours à envoyer de l'air dans les manches à contre-courant du flux de filtration. Le "choc" ainsi créé dans les manches les ébranle et entraîne la chute d'une partie du gâteau.



Figure 40: Manches filtrantes

### SAS motorisé .

Le sas rotatif permet d'obtenir un débit pratiquement constant de poussière, et réduit au minimum le débit de fuite.

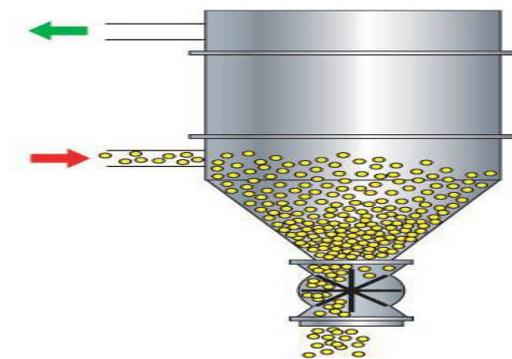


Figure 41: SAS motorisé

### Double Clapet Pendulaire :

Le double clapet pendulaire ou le sas pendulaire simple s'ouvre lorsque le poids de la poussière reposant sur le clapet est suffisant, et se referme lorsque la poussière a glissé du clapet. Le contrepois est réglable.

### Venturi :

Les venturis sont une sorte de paniers qui servent pour protéger la plaque à trous. Leur présence dans un filtre garantit une bonne protection de la partie intermédiaire du filtre. Les venturis aident également à faire véhiculer l'air de nettoyage dans sa trajectoire axiale, ainsi garantira une baisse de perte de charge inutile.



Figure 42: Venturi

### Electrovanne :

Une électrovanne ou électrovalve est un dispositif commandé électriquement permettant d'autoriser ou d'interrompre par une action mécanique la circulation d'un fluide ou d'un gaz dans un circuit.

## c) Fonctionnement

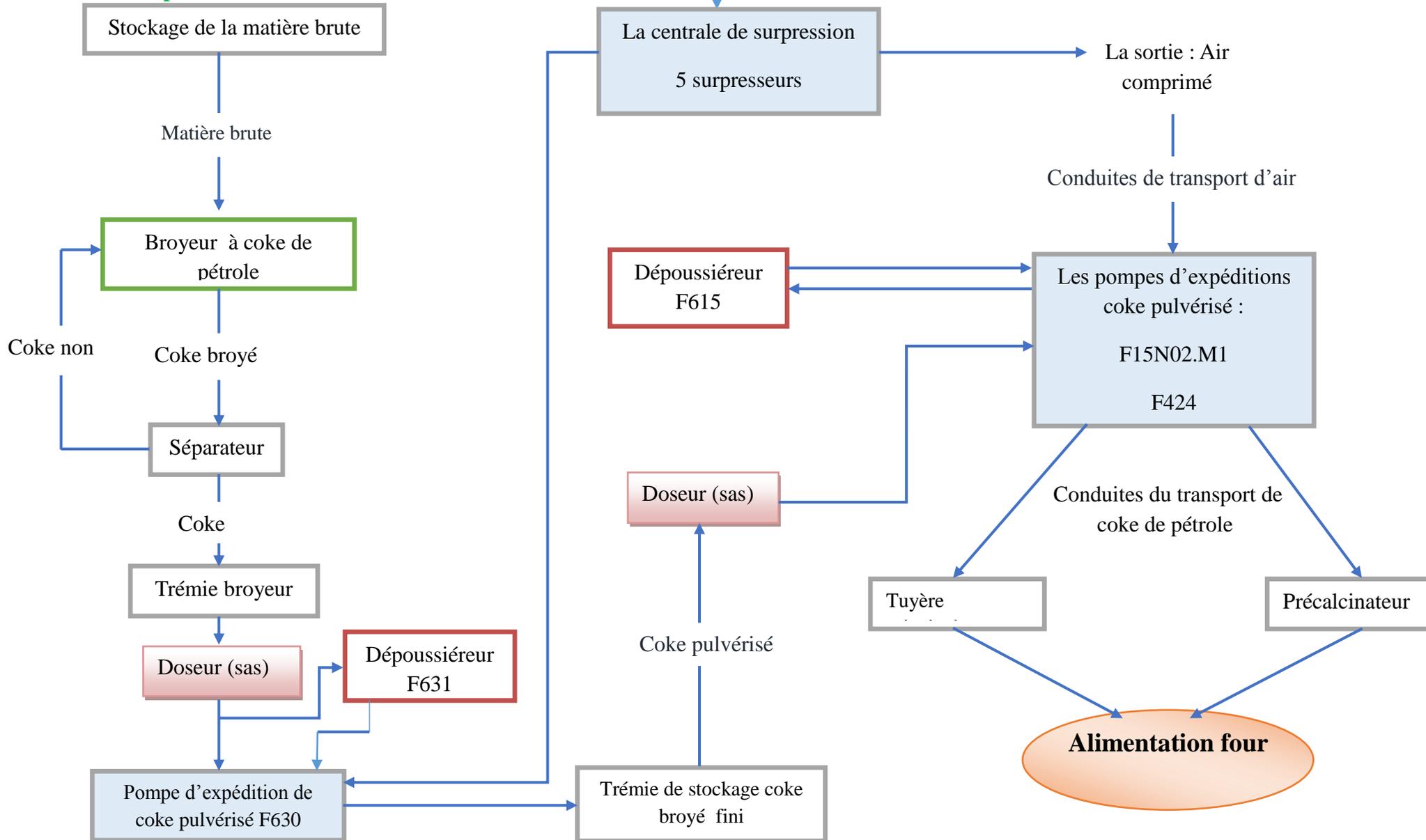
La méthode utilisée pour éjecter la poussière des manches de filtre est le décolmatage à air comprimé.

Le décolmatage est effectué par une injection d'air comprimé au travers d'un venturi qui parcourt la manche sur toute sa hauteur provoquant le gonflement de la manche, brisant le cake de poussières et éjectant ce cake hors de la paroi de la manche.

Le débit créé par l'injection du jet d'air comprimé au travers d'un venturi constitue le contre-courant induit et contribue au ramonage des manches en pression : les éléments filtrants sont individuellement nettoyés par des jets d'air comprimé.

Deux minuteries électroniques–**TIMER**–permettent de régler le temps d'injection d'air comprimé et les intervalles de nettoyage des manches de manière à optimiser les pressions à l'entrée

3. Circuit du processus d'alimentation du four :



#### 4. Analyse fonctionnelle :

##### ↳ Analyse externe :

##### a) Quelques outils d'analyse fonctionnelle :

##### i **Diagramme bête à corne : recherche de la fonction globale**

Afin d'expliciter l'exigence fondamentale qui justifie l'optimisation de la maintenance de l'ensemble de la centrale des surpresseurs et du circuit de transport de coke de pétrole, une analyse externe, par le diagramme bête à cornes, a été effectuée :

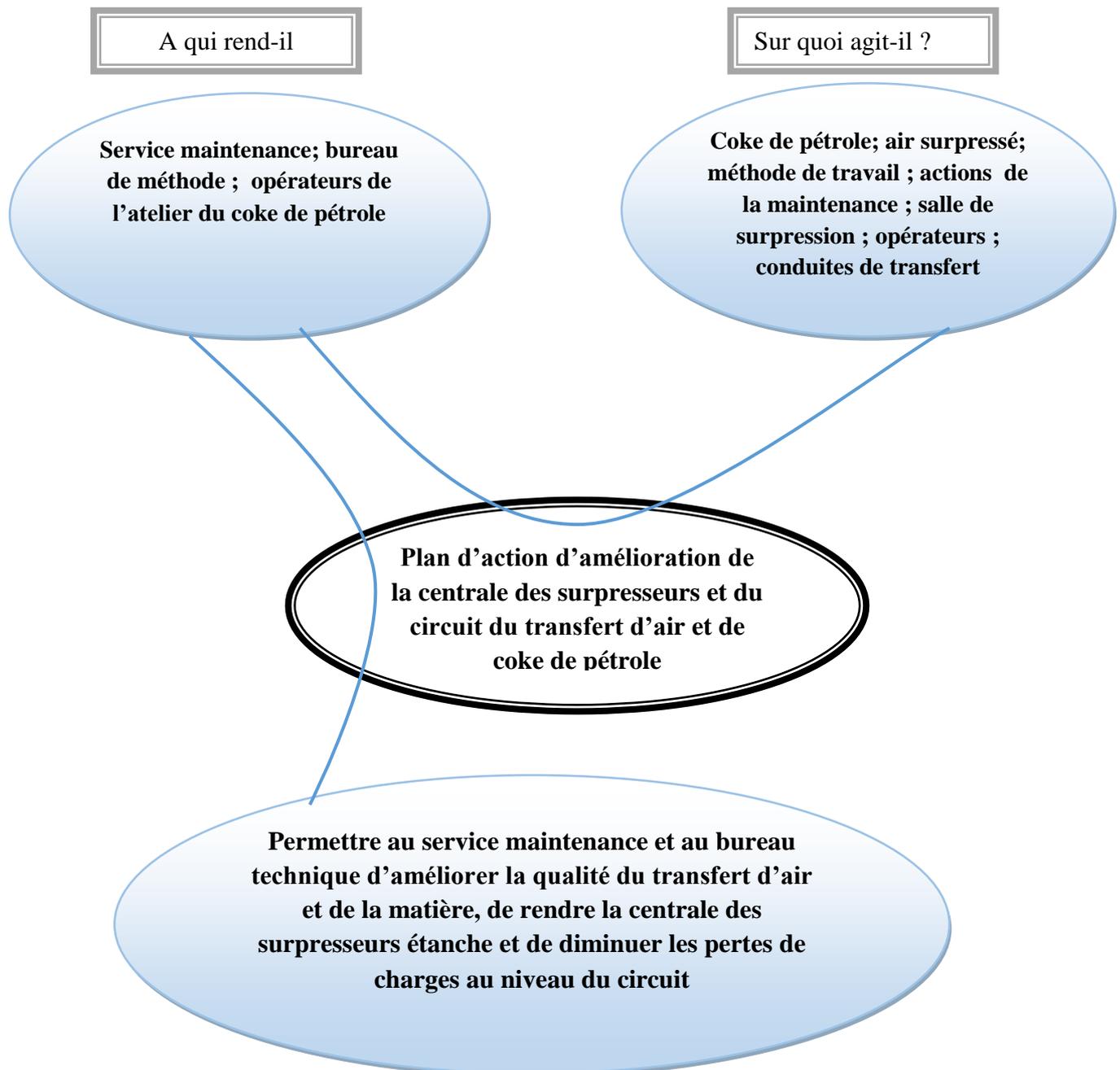


Figure 44 : Diagramme bête à cornes

**ii Méthode "pieuvre" ou Diagramme d'association :**

Le diagramme d'association consiste à déterminer la séquence de vie de notre produit et les frontières qui délimitent la zone d'étude. il s'agit donc d'isoler le produit par rapport à son milieu environnant.

Cet outil identifie les fonctions d'un système ou d'un produit, recherche les fonctions attendues et leurs relations dans l'analyse fonctionnelle du besoin.

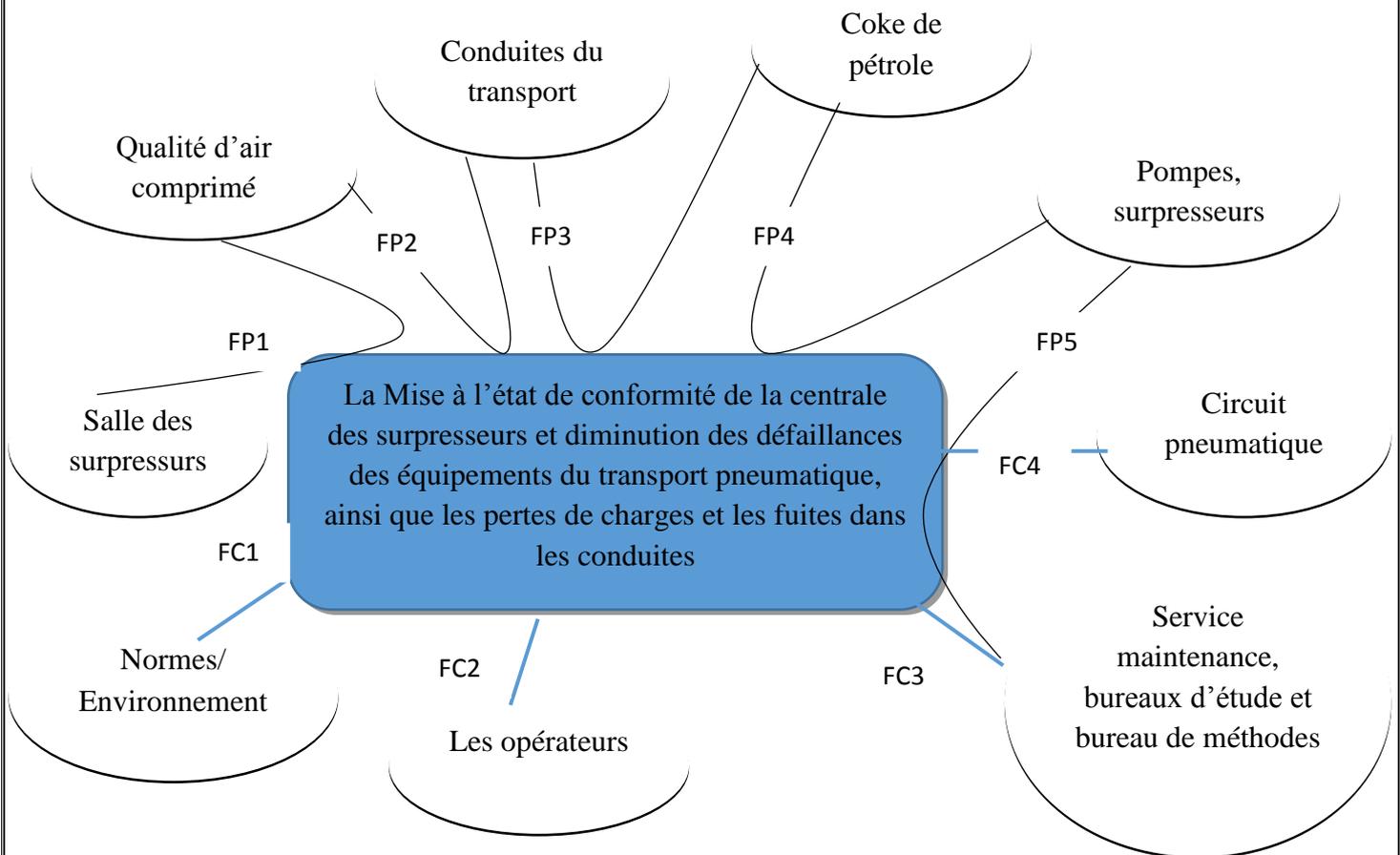
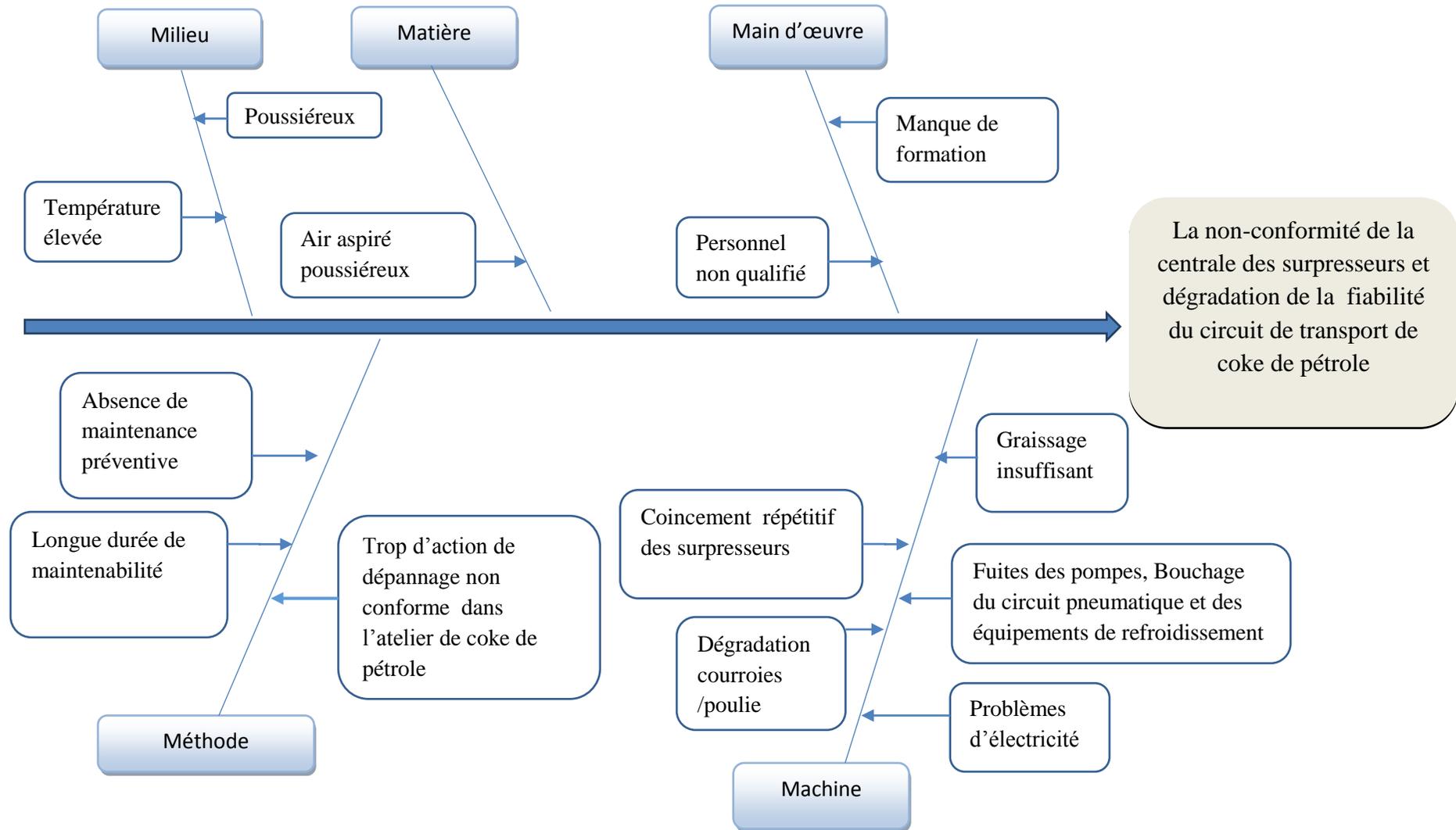


Figure 45 : Diagramme des interacteurs

Fonction	Description
FP1	Assurer une bonne étanchéité de la salle de surpression pour une bonne qualité d'air
FP2	Assurer un bon transport d'air dans les conduites
FP3	Garantir une bonne expédition du coke de pétrole dans les conduites (les pompes)
FP5	Assurer un plan préventif de la maintenance et le suivi des équipements
FC1	Respecter les normes environnementales
FC2	Assurer la sécurité des employés
FC3	Réduire les actions correctives dominat dans l'installation et garantir des actions préventives pour assurer la sécurité et la production.
FC4	Minimiser les pertes de charges dans le la tuyauterie

**Tableau 14 : Description des fonctions principales et de contraintes**

b) Diagramme ISHIKAWA



↳ **Analyse interne :**

a) **Diagramme d'arborescence :**

La détermination du diagramme d'arborescence de l'atelier du coke de pétrole est schématisée sur la figure suivante, ce diagramme permet de décortiquer le système étudié et d'énumérer ses composants.

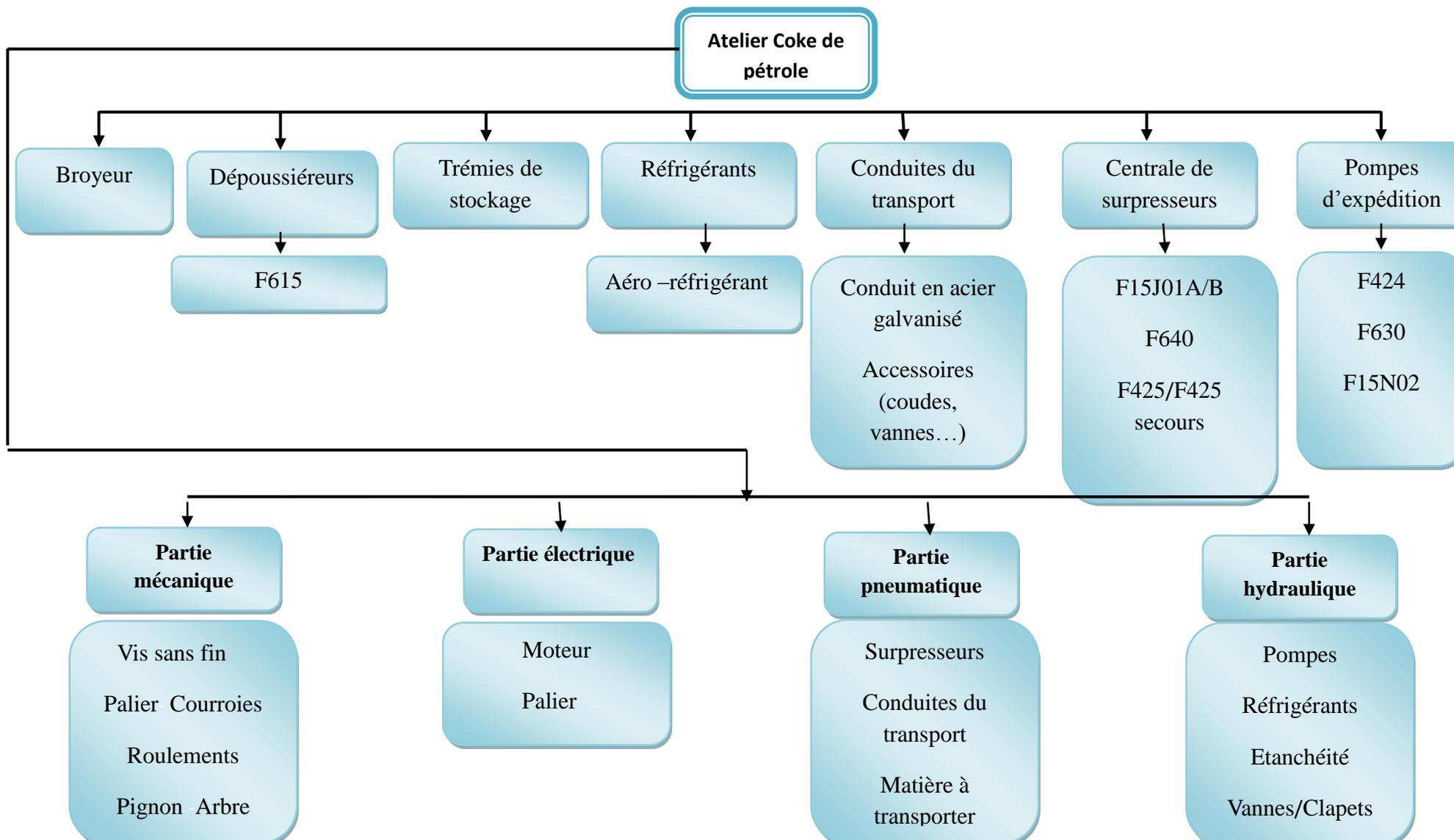


Figure 46 : Diagramme d'arborescence

### b) Découpage fonctionnel interne selon la méthode FAST :

Nous élaborons d'abord une analyse fonctionnelle interne des équipements les plus défaillants du circuit déjà indiqués dans le chapitre précédent pour éclaircir le principe de fonctionnement, en décrivant leurs fonctions de service et leurs fonctions techniques.

L'analyse de l'historique d'interventions et des pannes génère un ensemble des éléments qui se décompose en 5 sous-systèmes, à savoir :

- ✂ **Groupe : surpresseurs de la production d'air .**
- ✂ **Groupe de transport : les conduites**
- ✂ **Groupe d'expéditions : les pompes**
- ✂ **Dépoussiéreur**
- ✂ **Groupe de refroidissement : l'aéro-réfrigérant**

**FAST bloc surpresseur :**

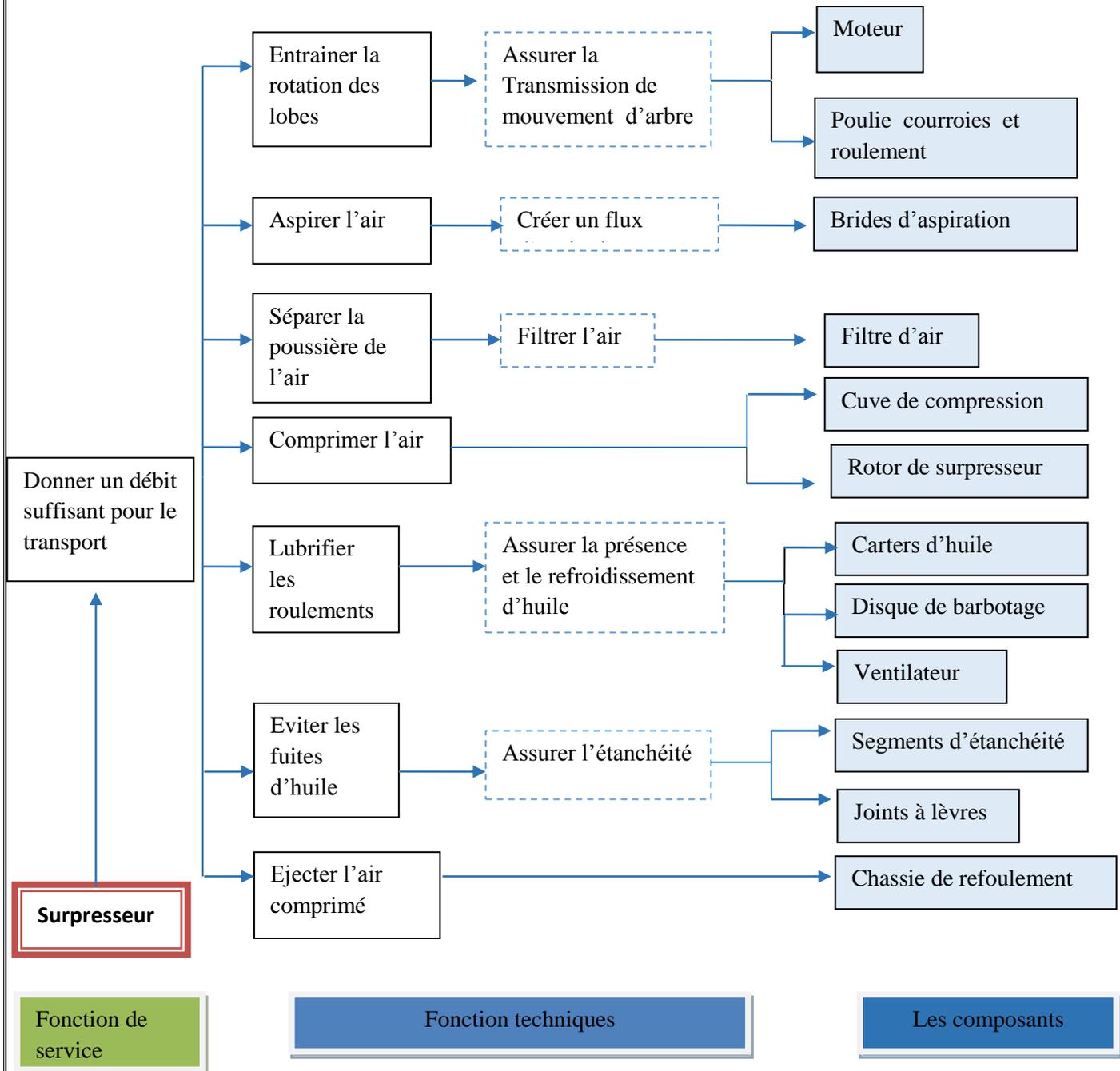


Figure 47 : Diagramme FAST des surpresseurs

**FAST pompe d'expédition :**

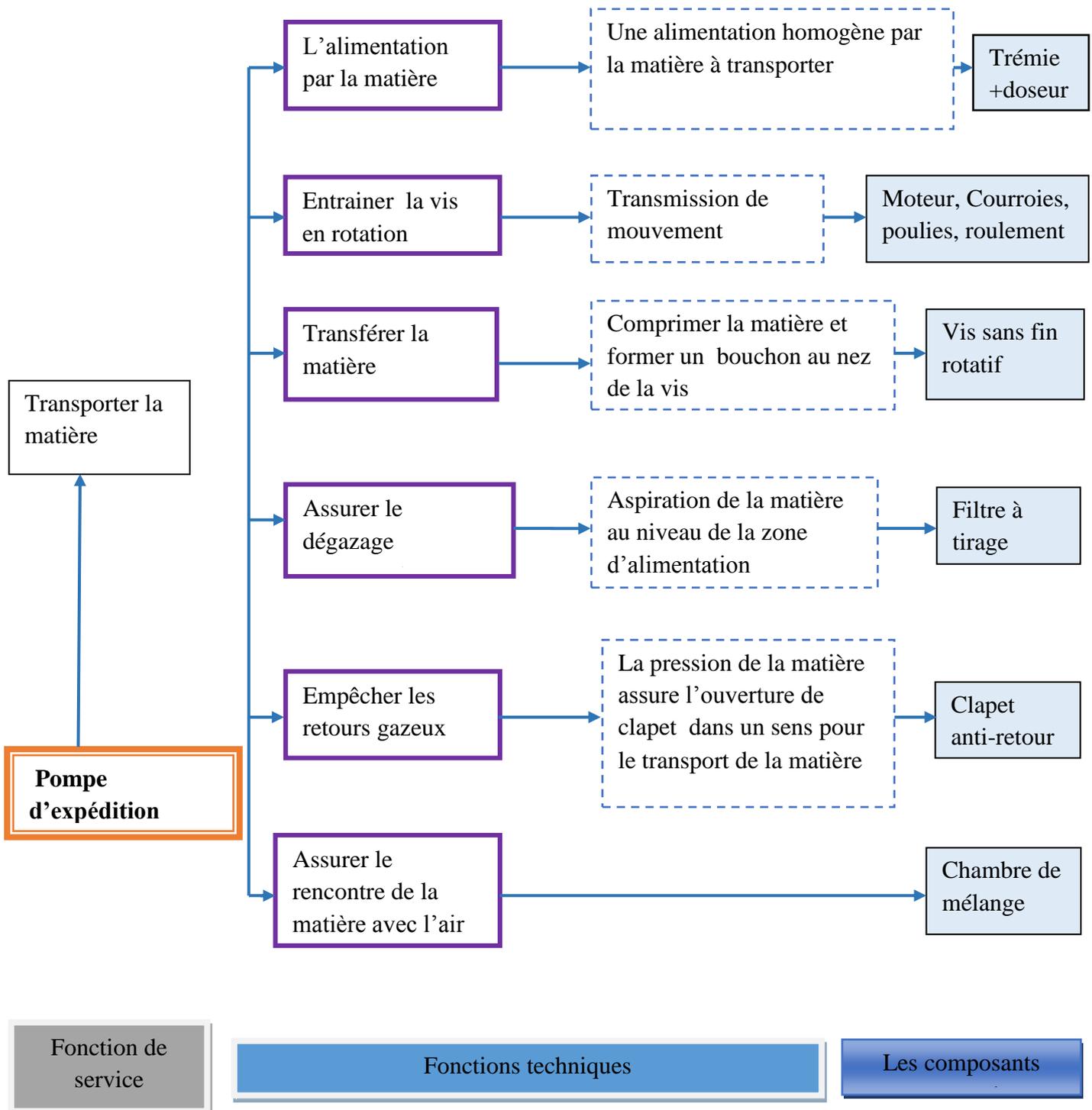


Figure 48 : Diagramme FAST de la pompe

**FAST de dépoussiéreur :**

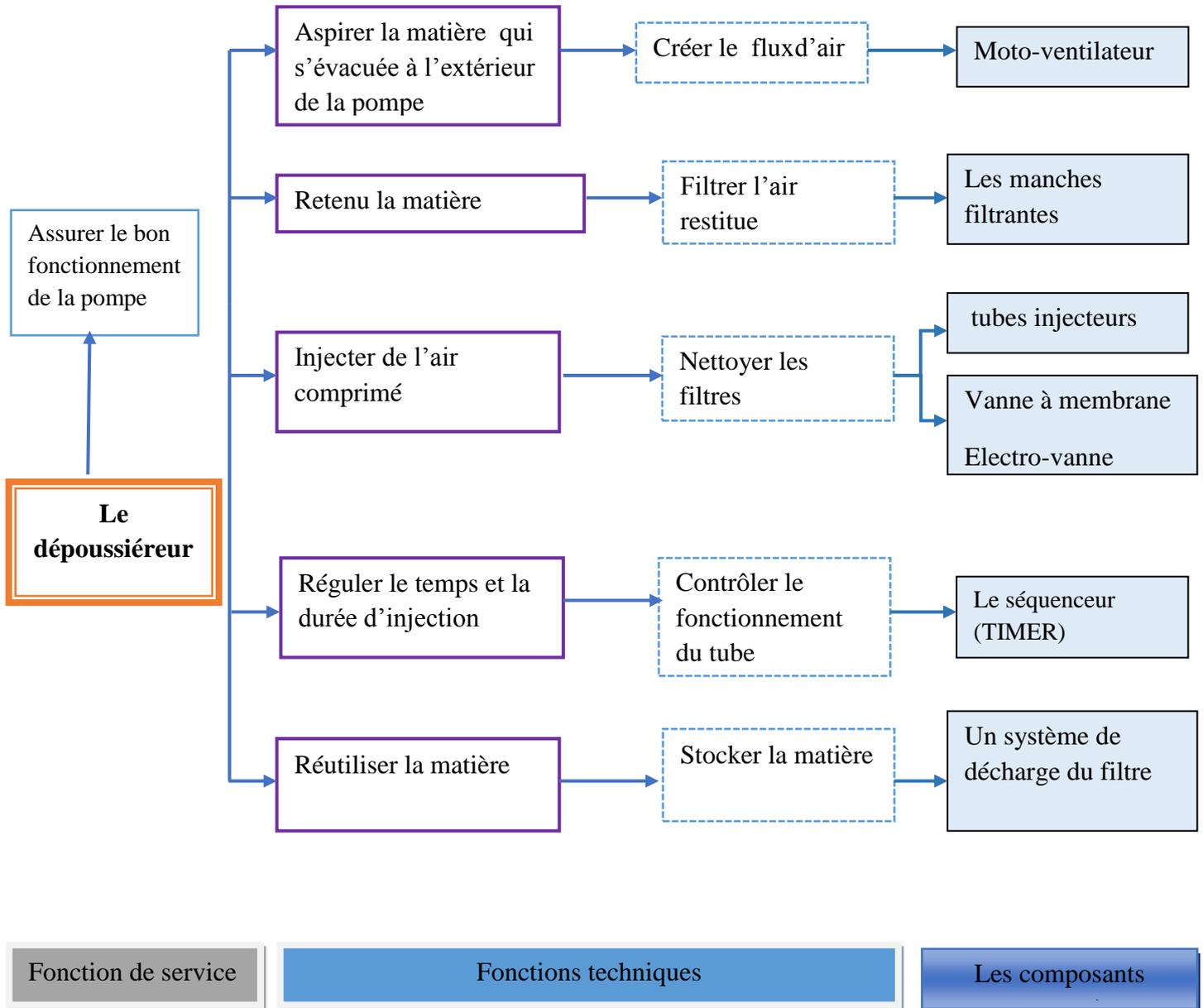


Figure 49 : Diagramme FAST de dépoussiéreur

**FAST d'aéro-réfrigérant :**

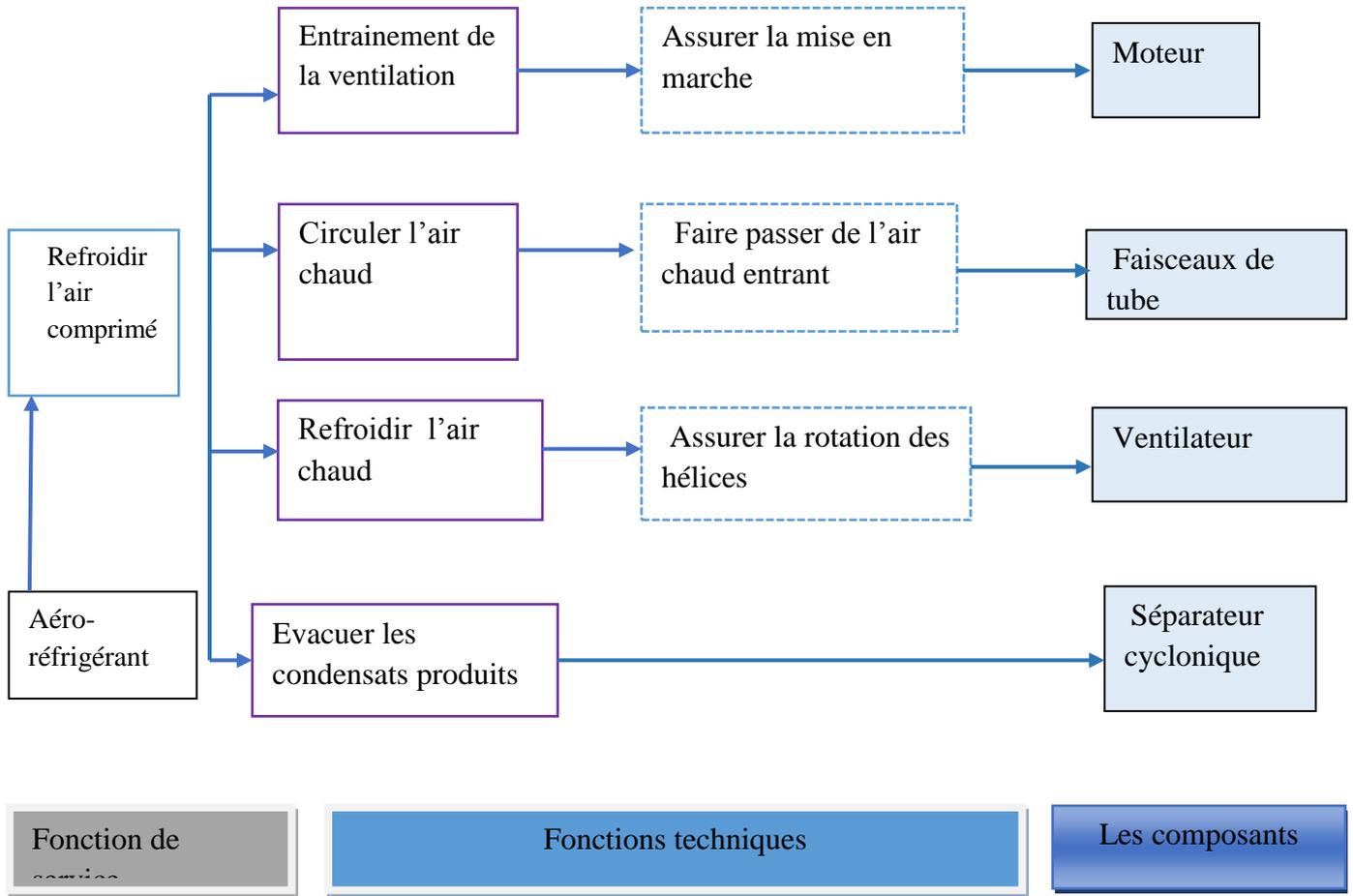


Figure 50 : Diagramme FAST de l'aéro-réfrigérant

## 5. AMDEC moyen de production

### a) Définition

C'est une analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité

Les différentes séquences d'alimentation de la ligne cuisson par le coke de pétrole sont :

- Séquence 1 : Le transfert de coke vers la trémie principale de stockage
- Séquence 2 : Le transfert de coke vers la tuyère principale du four.
- Séquence 3 : Le transfert de coke vers le pré-calcinateur.

Le tableau d'AMDEC des équipements pour les trois séquences est présenté dans l'ANNEXE A5-2

### b) choix de seuil de criticité :

La criticité est calculée par le produit des trois indices précités, elle est donnée par la relation  $C=G \times F \times D$  qui permettra de hiérarchiser les défaillances et de recenser celles dont le niveau de criticité est supérieur au seuil prédéfini. Dans le cas le plus souvent, le seuil de criticité varie en fonction des objectifs de la fiabilité ou des technologies traitées. À titre d'exemple, les seuils de criticité définis par la norme CNOMO E41.50.530.N [...] sont les suivants:

- 12, lorsque les objectifs de fiabilité sont sévères pour les organes mécanique et électrique;
- 24, sur des composants électriques ou électroniques, où l'indice de non-détection est presque toujours égal à 4

En effet, un point critique existe si:

- La criticité de la défaillance dépasse le seuil prédéterminé;
- L'indice de gravité de la défaillance est égal à 4;
- Et l'indice de fréquence de la défaillance est égal à 4.

A partir des tableaux d'AMDEC de chaque séquence présentés dans l'ANNEXE A5-2, on a pu hiérarchiser les causes des pannes pertinentes dans chaque séquence selon leurs criticités. En concertation avec le groupe AMDEC constitué, nous avons fixé le seuil de criticité supérieur ou égale à 12, au-delà duquel nous caractérisons les défaillances dangereuses.

Pour exploiter les résultats de l'analyse AMDEC, on a pu procéder de la manière suivante :

Des solutions techniques sont proposées sous forme de tableau pour chaque séquence pour arriver à réduire la criticité des modes de défaillances des équipements qui constitue cette séquence et par la suite atteindre un taux de disponibilité et de fiabilité maximal

Séquence 1	Equipement	Défaillance	C	Action
Le transfert du coke de pétrole vers la trémie de stockage	La pompe F630	Cassure des courroies	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Avant la mise en place des courroies, tester le sens de rotation du moteur non accouplé</li> <li>✓ Vérifier le serrage et le bon alignement des poulies</li> </ul>
		Faible débit et bruit anormale de la vis sans fin	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nettoyage périodique de la vis sans fin</li> <li>✓ Vérification régulière des vibrations au niveau des paliers (vibromètre )</li> </ul>
		L'usure des garnitures d'étanchéité	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ S'assurer de la présence d'air de barrage (manomètre) pour éviter le risque d'usure des garnitures d'étanchéité de la pompe</li> </ul>
		Echauffement anormale de moteur	G=4	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Assurer un contrôle périodique du moteur d'entraînement</li> </ul>
	Le dépoussiéreur F615	Colmatage des manches filtrantes	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nettoyage périodique des manches</li> </ul>
		Hélices du ventilateur colmatées	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Remplacement des manches filtrantes</li> <li>✓ Nettoyage de la chambre d'air</li> </ul>
	Le bloc surpresseur F640	Cassure des courroies	G=4	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vérifier le serrage et le bon alignement des poulies/courroies</li> </ul>
		Roulement défectueux	16	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Contrôle du niveau d'huile (viseur) pour assurer une bonne lubrification des roulements (voir</li> </ul>

				gamme opératoire) ✓ Contrôle périodique du disque de barbotage d'huile
		L'usure des segments	18	✓ Contrôle régulier des événements (témoin d'usure des joints d'étanchéité) ✓ Remplacement systématique des segments
		La dégradation d'huile	12	✓ Analyse d'huile , assurer la présence des joints à lèvres
		L'usure de piston rotatif	12	✓ S'assurer de l'étanchéité de piston rotatif : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les nettoyer</li> <li>• Vérifier les jeux et contrôler les fissures</li> <li>• S'assurer de l'étanchéité de la chambre de compression d'air</li> </ul>

Séquence 2	Equipements	Défaillance	C	Action
Le transfert du coke de pétrole vers la tuyère	Pompe F424	L'usure des garnitures d'étanchéité	12	✓ Vérifier la présence d'air de barrage afin d'éviter la pénétration de la matière sur les garnitures d'étanchéité et l'endommagement des roulements
	Le dépoussiéreur	Manche crevée	12	✓ Remplacement et entretien systématique des manches du filtre
	Le bloc surpresseur F425	Dégradation des courroies	12	✓ Assurer un bon alignement des courroies ✓ Vérification d'état des poulies
		Usure des roulements	12	Pour éviter l'endommagement des roulements du surpresseur : <ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer de la qualité d'huile</li> <li>• Vérifier le niveau d'huile dans</li> </ul>

				<p>le carter</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier le serrage et le bon alignement des poulies /courroies</li> <li>• Respecter les jeux de montage, les ajustements lors de remplacement</li> <li>• S'assurer du remplacement systématique des joints d'étanchéité de carter d'huile (joints à lèvres non dégradés)</li> <li>• Eviter toute pénétration d'impuretés lors du remplissage du carter</li> </ul>
		Manque d'huile	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ s'assurer du niveau d'huile en vérifiant l'état des joints à lèvres et segments</li> </ul>
		Dégradation et fuite d'huile	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ S'assurer du remplacement systématique des joints d'étanchéité de carter d'huile (joints à lèvres non dégradés)</li> </ul>
	Conduites d'air comprimé vers la pompe	Fuite d'air	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ S'assurer de l'étanchéité au niveau des brides</li> <li>✓ Contrôle périodique des indications et fonctionnement des manomètres</li> </ul>

Séquence	Equipements	Défaillance	C	Action
3				
Le transfert du coke de pétrole vers le pré-calcaireur	Pompe F15N02	L'usure des courroies	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vérifier et réajuster l'alignement des courroies et remplacer si nécessaire</li> </ul>
		Bouchage et coincement de la vis sans fin	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nettoyage périodique de la vis sans fin</li> <li>✓ S'assurer du bon fonctionnement du bras de levier du clapet anti retour pour éviter le blocage de la vis</li> <li>✓ Vérification régulière des vibrations au niveau des paliers (vibromètre)</li> </ul>
		L'usure des roulements	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Graissage systématique des roulements</li> </ul>
		L'usure des garnitures	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vérifier la présence d'air de barrage afin d'éviter la pénétration</li> </ul>

		d'étanchéité		de la matière sur les garnitures d'étanchéité et l'endommagement des roulements
Le dépollueur		Manche crevée	12	✓ Remplacement systématique des manches du filtre
		Usure de roulement	12	✓ Pour éviter l'endommagement des roulements du surpresseur : <ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer de la qualité d'huile</li> <li>• Vérifier le niveau d'huile dans le carter</li> <li>• Vérifier le serrage et le bon alignement des poulies /courroies</li> <li>• Respecter les jeux de montage, les ajustements lors de remplacement</li> <li>• S'assurer du remplacement systématique des joints d'étanchéité de carter d'huile (joints à lèvres non dégradés)</li> <li>• Eviter toute pénétration d'impuretés lors du remplissage du carter</li> </ul>
		Usure des joints d'étanchéité Dégradation des segments	18	✓ Remplacement systématiques des joints d'étanchéité (segments, joints à lèvres)
Bloc surpresseur F15J01B secours		Usure de piston rotatif	18	✓ S'assurer de l'étanchéité de piston rotatif : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les nettoyer</li> <li>• Vérifier les jeux et contrôler les fissures</li> <li>• S'assurer de l'étanchéité de la chambre de compression d'air</li> </ul>
Aéro – réfrigérant		Bourrage	12	✓ Mettre un clapet anti-retour pour éviter le retour de la matière

### Conclusion :

Dans un premier temps, l'AMDEC nous a permis de faire ressortir les points faibles de chaque ensemble des équipements constituant le circuit. A partir de ces données, nous pouvons déterminer des actions d'amélioration à mettre en œuvre afin de réduire la criticité des organes les plus importants pour le fonctionnement continu de l'équipement.

Nous avons, dans un 2<sup>ème</sup> temps exploité les résultats de l'AMDEC pour représenter dans des tableaux les actions à mettre en œuvre pour chaque séquence en fonction de la criticité des différentes défaillances selon le seuil choisi. Les différentes zones de la criticité de l'ensemble des équipements qui affectent les séquences d'alimentation de la ligne cuisson seront déterminées pour qu'elles soient l'objet prioritaire de notre étude afin de poser les actions d'amélioration.

## **Chapitre V :**

# **Actions d'améliorations**

## **Et**

# **Etude économique**

Ce chapitre sera consacré aux actions d'amélioration que nous avons proposées pour remédier à différentes anomalies altérant le fonctionnement de l'installation à savoir : les mises en œuvres de nouvelles installation, le planning de maintenance préventive et les gammes opératoires.

Nous présentons également une étude économique pour évaluer les pertes en cas de consommation du fioul.

## I. Introduction

Suite à l'analyse des modes de défaillance, leurs causes, leurs effets et leur criticité (AMDEC), des actions préventives ou correctives sont dressées dans les tableaux précédents, le but étant de diminuer la criticité des défaillances des équipements. De plus, comme les priorités sont directement définies par l'indice de criticité, on peut alors agir sur d'autres points critiques de l'installation pour compléter l'analyse faite par AMDEC dont le but de diminuer la fréquence et la gravité de la défaillance.

En effet, cette étude doit être suivie par la proposition et la mise en place de certaines actions afin d'améliorer la rentabilité et la fiabilité de l'installation.

## II. Grosses modifications de l'installation

Après avoir étudié le système existant, un certain nombre de problèmes ont été soulevés (d'après l'ensemble des analyses effectuées). Cependant un plan d'amélioration sera proposé dans le but de minimiser les pertes de charges et d'avoir un fonctionnement optimal de l'installation.

Ce plan d'action, issu d'une première phase de diagnostic et de l'étude de plusieurs leviers d'optimisation, a été construit par rapport à la logique de développement de l'entreprise, en intégrant à la fois les aspects techniques (la diminution des pertes de charge, le bouchage des équipements et le colmatage des filtres) sociaux (satisfaction des usagers, amélioration des conditions de travail des employés) et économique.

Nous élaborons un plan d'amélioration de la centrale de surpression d'air et du circuit de transport d'air afin de garantir l'amélioration de la fiabilité des équipements dans l'installation et assurer le transfert du coke de pétrole et par la suite l'alimentation du four sans avoir recours au fioul. C'est pour cela que nous avons retenu des scénarios d'optimisation et d'amélioration à mettre en place :

La réinstallation d'un nouveau circuit du transport d'air

La mise en état de conformité la centrale des surpresseurs

La garantie de la présence d'air pour le transfert de la matière

La réinstallation d'un nouveau circuit du transport d'air

➤ Moins des coudes / moins d'encombrement

La nouvelle modification consiste à un changement de la tuyauterie d'air en utilisant des conduites de même types (acier galvanisé) et de mêmes diamètres (Conduite 3 : 160mm, Conduite 2 : 160 mm, Conduite 1 : 125 mm). Ce qui va changer pour la tuyauterie, c'est les longueurs associées qui vont être réduites et le nombre de restrictions brusques (raccords, coudes...) qui sera diminué.

Ainsi, la première conduite issue du surpresseur F15J01A/B sera enterrée (passage sous terrain) pour alimenter la pompe F15N02 en passant par l'aéro-réfrigérant par l'intermédiaire d'un dispositif d'accès appelé : trappes de visite. Ces derniers permettent à l'opérateur de faire le contrôle de chaque tronçon de la conduite et de corriger les anomalies d'une manière facile et pertinente.

✚ Le circuit de transfert d'air modifié

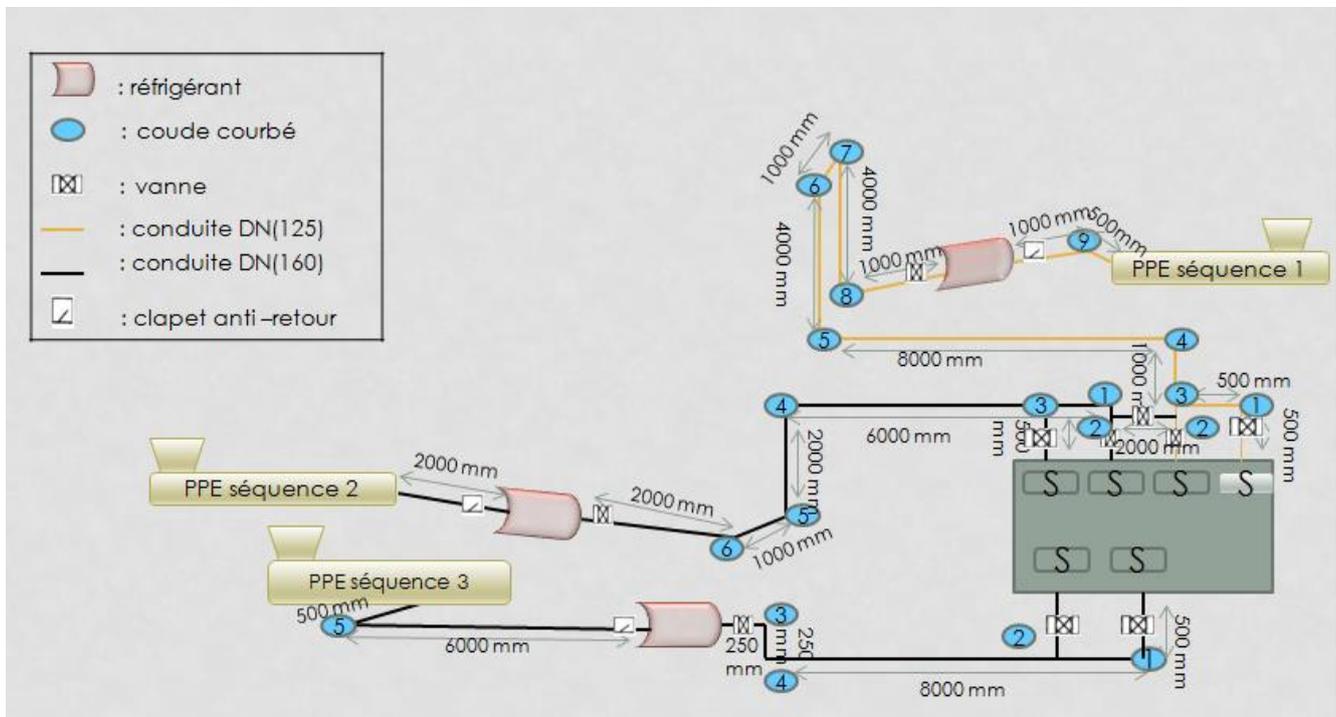


Figure 51: nouveau circuit de transfert d'air

✚ Calcul des pertes de charge dans le circuit modifié :

▪ **Calcul des pertes de charge linéaires :**

Surpresseur	diamètre de la conduite (mm) ±0.05	Longueur (m)±0.05	vitesse d'écoulement (m/s)  Q=V*S	Re	coefficient de perte de charge λ	Pertes de charge linéaires (m)
<b>Conduite 1</b> Surpresseur F640 Q= 1252 m <sup>3</sup> /h	125	22.5	V=28.3	235833	0.115	828.9
<b>Conduite 2</b> Surpresseur F425 Q=3200 m <sup>3</sup> /h	160	15	V=44.21	471573	0.108	989.4
<b>Conduite 3</b> Surpresseur F15J02A/B Q=2300 m <sup>3</sup> /h	160	15.5	V=31.77	24107	0.108	528
					Total	2346.3

Tableau 15 : Calcul des pertes de charge linéaires après modification du circuit

▪ Calcul des pertes de charges singulières :

Désignation des accessoires		Rayon de courbure (mm)	Diamètre (mm) ±0.05	r/d	Coefficient de perte de charge( $\lambda$ )	Nombre	Vitesse (m/s)	pertes de charge
Coudes	Conduite 1	120	125	0.98	0.35	9	28.3	126.1
	Conduite 2	120	160	0.75	0.45	6	44.21	263.8
	Conduite 3	120	160	0.75	0.45	2	31.77	45.4
		250	160	1.5	0.25	3	31.77	37.8
Clapets anti-retour	Conduite 1				1.7	1	28.3	68.1
	Conduite 2				1.7	1	44.21	166.1
	Conduite 3				1.7	1	31.77	85.8
Vannes papillons	Conduite 1	-	-	-	0.6	3	28.3	72
	Conduite 2	-	-	-	0.6	3	44.21	175.9
	Conduite 3	-	-	-	0.6	3	31.77	90.8
	Conduite de dépannage	-	-	-	0.6	1	36.23	39.3
							Total	1225.1m

Tableau 16 : Calcul des pertes de charges singulières après modification du circuit

✚ Résultats retenus :

Nous avons déjà calculé, dans le chapitre 2, les pertes de charges linéaires pour l'installation actuelle et nous avons trouvé qu'elles sont égales à 5394,9 m . Cependant, pour la nouvelle

installation les pertes de charges linéaires se diminuent et sont égales à 2346,3 m .C'est-à-dire que nous avons évité 43,5% des pertes linéaires du réseau.

Ainsi, les pertes de charges singulières sont égales à 1905,8 m pour l'installation avant la modification, qui sont réduites à 1225,1 m après la modification. Ce qui veut dire que les pertes singulières sont diminuées de 64,28%

Donc d'après cette étude, nous remarquons que les pertes de charge totales sont diminuées d'un pourcentage de 40,44%.

### La mise en état de conformité la centrale des surpresseurs

#### ➤ La réparation des ventilateurs extracteurs de la température

Plus l'air est froid, propre et sec, meilleures seront les performances de l'installation des surpresseurs. En effet, les surpresseurs rejettent de la chaleur dans le local lorsqu'ils fonctionnent et cela fait que la température à l'intérieur de la salle augmente.

La ventilation doit être prévue de manière à ce que l'apport d'air frais soit positionné côté aspiration du surpresseur et l'extracteur d'air chaud de la centrale soit placé côté refoulement

La température dans la salle des surpresseurs doit donc être maintenue la plus basse possible. Les moyens d'y arriver ne sont pas très nombreux: il faut un bon système de ventilation pour garantir la ventilation du local pour assurer un bon fonctionnement des équipements. En effet, les surpresseurs rejettent de la chaleur dans le local lorsqu'ils fonctionnent et cela fait que la température à l'intérieur de la salle augmente.

Un surpresseur en fonctionnement s'échauffe et dégage des calories estimées à environ 20% de la puissance installée.

La puissance du moteur du surpresseur de marque AERZEN F640 et deux autres de marques HIBON installés dans la centrale est de 75 ph pour chacun c'est à dire **55,93 KW**

Donc  $11.19 \times 3 = 33.56$  kW/h des calories

La puissance du moteur d'entraînement pour les deux grands surpresseurs HIBON est de 150 ph ce qui équivaut à 111.85 kw.

Donc  $22.37 \times 2 = 44.74$  kW/h des calories.

Or les surpresseurs fonctionnent dans un environnement où la température ne doit pas dépasser 40°C, la viscosité d'huile des surpresseurs deviendra trop élevée et engendrera des problèmes, Il est donc important d'assurer une bonne ventilation du local pour abaisser la température à l'intérieur.

Donc la centrale doit être suffisamment ventilée pour maintenir une température d'air acceptable dans la centrale (augmentation température d'air aspiré  $\Leftrightarrow$  augmentation température d'air refoulé).

#### ➤ La mise en place des persiennes dans la centrale :

Cette partie consiste à changer les persiennes de la centrale constitués par des parois perméables par des autres qui seront plus étanches et inclinés afin d'assurer la ventilation et empêcher l'entrée d'air poussiéreux dans la centrale. Cette disposition permet de faire varier:

- l'inclinaison des lattes de la paroi.
- l'écartement des lattes.
- la largeur des lattes.



Figure 52: persienne de ventilation

La garantie de transfert de la matière

➤ Mise en place d'un surpresseur secours et la réparation des autres installées dans la centrale :

En cas de panne ou de la maintenance, il fallait toujours un surpresseur de secours qui prend le relais. C'est pour cette raison que nous proposons de changer le circuit de commande des surpresseurs actuel en ajoutant un nouveau surpresseur dans la salle qui va alimenter principalement la pompe F630 en collaboration avec le surpresseur F640 dans le but de garantir la présence d'air surpressé avec un débit suffisant pour le transport du coke de pétrole vers la trémie principale de stockage du coke fin. Les autres surpresseurs sont gardés dans la centrale pour alimenter le pré-calciateur et la tuyère principale ce qui permet par la suite l'alimentation du four.

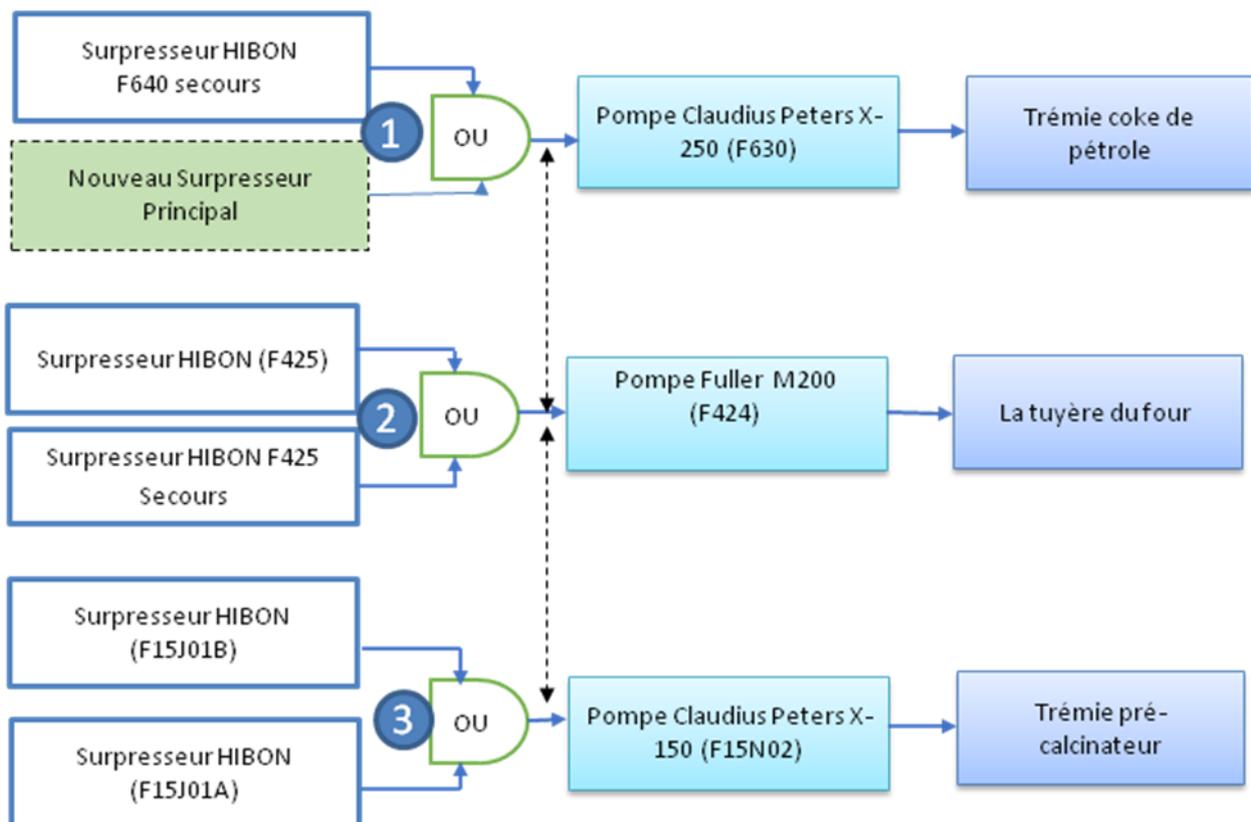


Figure 53 : Circuit actuel de la nouvelle installation

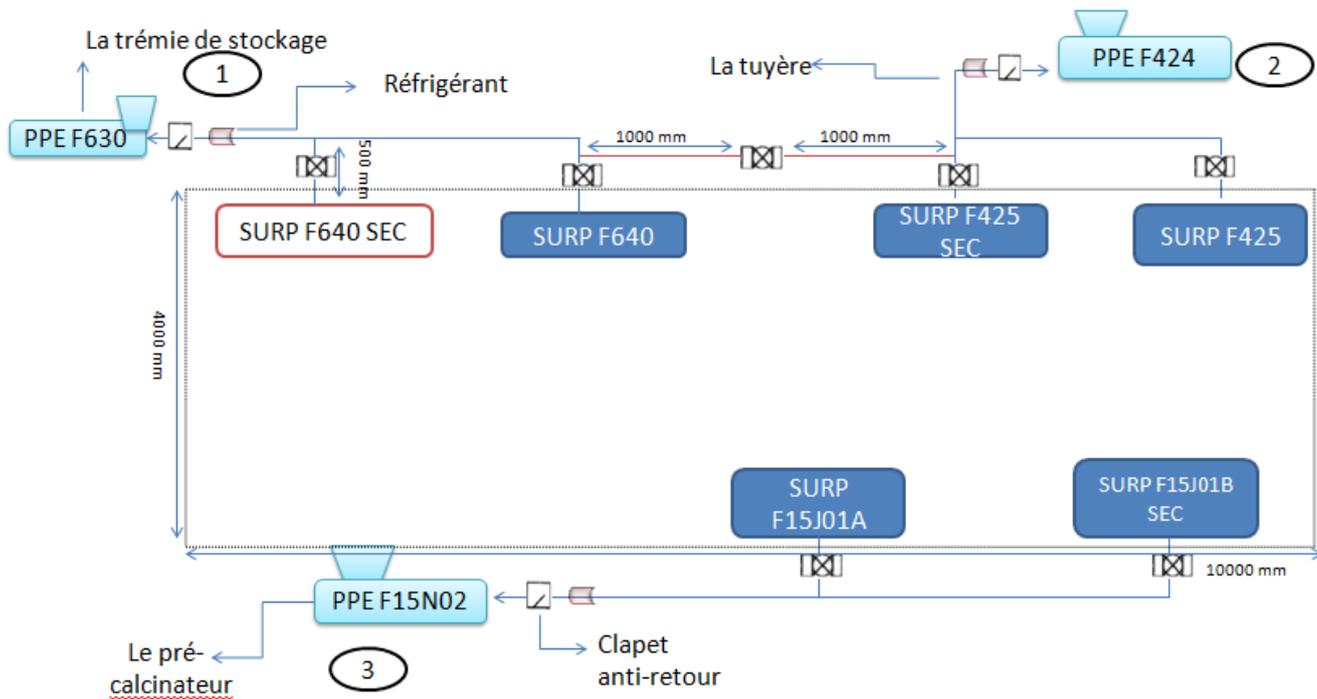


Figure 54: Le schéma de la centrale après la modification

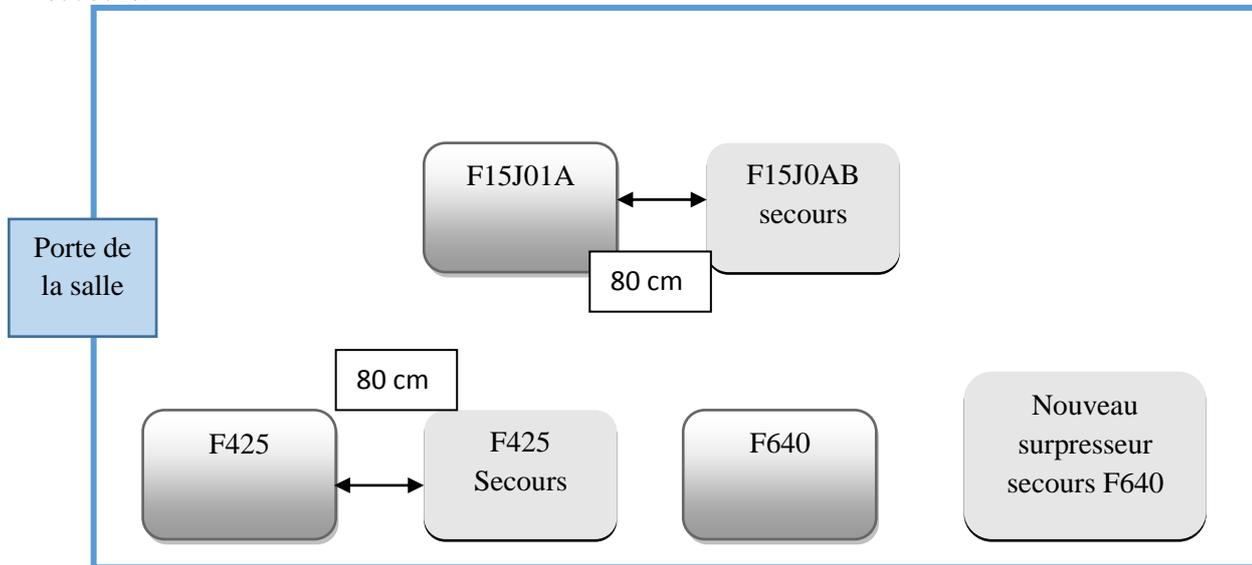
Le surpresseur installé est de caractéristiques similaires au surpresseur F640 déjà installé dans la centrale :

Surpresseurs à pistons rotatifs AERZEN	
Gaz	Air
Débit à conditions normales	1252 m <sup>3</sup> /h
Pression d'aspiration	1 bar
Température d'aspiration	20°C
Pression différentielle	600 mbar
Température de refoulement	77°C
Vitesse moteur	2950 tr/min
Puissance moteur	75 hp

Tableau 17 : Caractéristiques du nouveau surpresseur installé

➤ **Respecter la distance entre chaque deux surpresseurs :**

Cette salle doit être équipée de six surpresseurs de marques différentes HIBON et AERZEN pour que chaque pompe d'expédition ait une liaison avec deux surpresseurs l'un principal et l'autre secours.



Pour les versions capotées, l'installation des surpresseurs se fait côte à côte des machines. Les interventions et la maintenance sont réalisées à travers les portes avant des capots.

Par contre, la version qui existe dans la centrale de surpression chez ASMENT TEMARA est non-capotée. Il faut donc prévoir un espace minimum de 800 mm entre chaque deux surpresseurs pour permettre la maintenance dans des bonnes conditions et éviter l'effet de dégagement des calories sur le fonctionnement des surpresseurs.

➤ **La protection du groupe des surpresseurs :**

Nous avons proposé d'ajouter d'autres accessoires pour assurer un rendement optimal de la centrale tels que :

↪ **Les soupapes de sécurité :**

Une soupape de sécurité est un dispositif de protection contre la surpression dans des ensembles soumis à pression, ici les surpresseurs. Son fonctionnement est proche de celui du clapet anti-retour utilisé dans tout système où la circulation de l'air ne devrait s'effectuer que dans un sens.

Une soupape bloquée en position fermée n'assure plus sa fonction de protection du surpresseur contre une surpression du réseau ,il y a un risque de casse du surpresseur en dépassant les valeurs limites de température ou de pression, et un risque de casse de la transmission ou du moteur en dépassant la puissance à transmettre.

Une soupape bloquée en position ouverte n'est plus étanche, une partie ou la totalité de l'air du procès s'évacue à l'atmosphère au lieu d'aller dans le procès.



Figure 55:soupape de sécurité

### ↳ Les clapets anti retour :

Le clapet anti-retour permet d'éviter tout retour du produit et d'éviter à la machine de tourner en sens contraire.

Cette amélioration consiste à ajouter des accessoires à la tuyauterie d'air comprimé tel qu'un clapet anti retour en amont de l'aéro-réfrigérant pour éviter le retour de la matière qui peut causer le bouchage du réfrigérant. Sans oublier les surpresseurs à l'intérieur de la salle ne se disposent pas des clapets anti-retour qu'ils faut mettre en place afin d'assurer le non-retour de la matière vers les surpresseurs . Ainsi des vannes de recommandations seront également mettre en place.



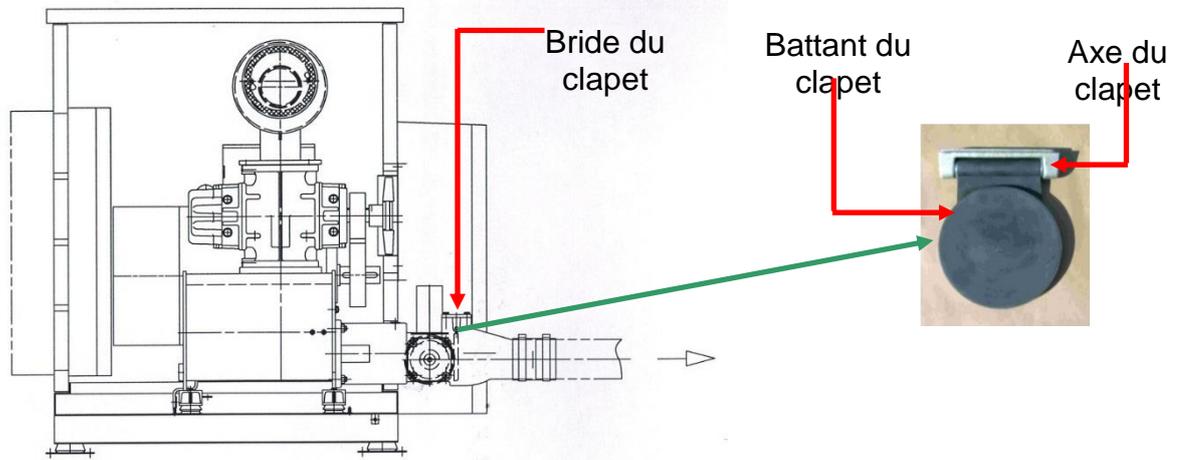


Figure 56 : Clapet anti-retour

### L'aéromat

L'aéromat est une vanne exclusivement pneumatique Elle est ouverte au démarrage et permet de démarrer la machine quasiment à la pression atmosphérique La vanne permet donc de démarrer le moteur sans devoir « vaincre » la contre pression du réseau , donc de limiter le couple moteur nécessaire pour que celui-ci atteigne sa vitesse nominale.

L'aéromat se ferme pneumatiquement environ 15 à 20 secondes après le démarrage du surpresseur, l'air passe progressivement dans le réseau, la contre pression du réseau entraine sa fermeture, le temps de fermeture est réglable. A l'arrêt du surpresseur, la vanne s'ouvre à nouveau.

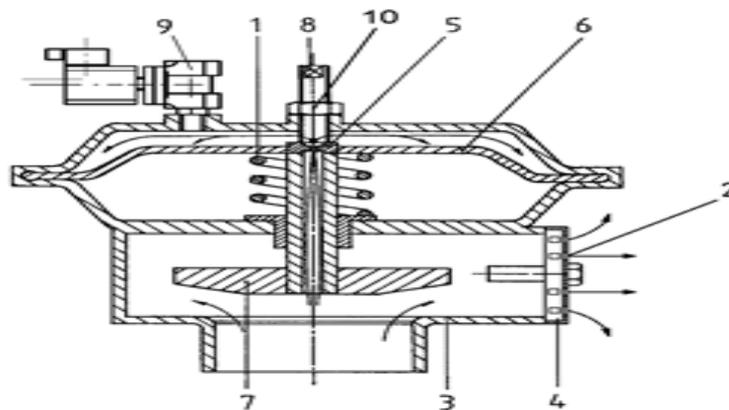


Figure 57: Aéromat

L'aéromat ne s'utilise que si une contrepression est présente dans la tuyauterie en phase de démarrage.

### ↳ Les capots d'insonorisation

Certaines composantes de l'atelier sont des sources de bruit qui peuvent affecter le milieu sonore environnant. Les principales sources de bruit du projet sont :

- le broyeur à coke de pétrole.
- les surpresseurs (3 surpresseurs sans capot d'insonorisation) ;

Le surpresseur est la source numéro 1 du bruit direct de la centrale :



- Niveau sonore sans capot : 96 dB
- Niveau sonore avec capot : 77 dB

Figure 58 : Surpresseur capotés dans la salle d'ensilage

C'est pour cette raison que nous avons proposé de réinstaller les capots d'insonorisation des surpresseurs déjà enlevées de raison de faciliter la maintenance qui ont pour but de diminuer le niveau de pression sonore de 17 à 25 dB(A).

## III. Etude économique des actions pour l'amélioration

### 1. Introduction

L'évaluation économique reste la phase la plus délicate dans l'élaboration d'un projet. En effet, le choix des équipements et des installations, se base sur des critères technico-économiques très précis et les études déjà détaillés dans les chapitres précédents. Ces critères doivent prendre en compte entre autres, la complexité de la configuration, la dépendance vis-à-vis des fournisseurs et bien sûr, le facteur coût. Le changement des conduites de l'unité de coke de pétrole d'ASMENT TEMARA va présenter plusieurs avantages du point de vue production et continuité de service :

- ✓ Une réduction de pertes d'énergie.
- ✓ Une augmentation de la productivité.
- ✓ Une réduction des arrêts mécaniques et électriques.
- ✓ Diffusion des informations fiables, en temps réel, partagées le centre de la qualité.

Les coûts de fonctionnement d'un système de transport pneumatique dépendent principalement des équipements choisis et de combustible d'alimentation.

## 2. Coût et étapes d'investissement :

La mise en place des améliorations techniques proposées doit être complétée par une étude économique. Dans cette étude, nous nous sommes basé sur le barème de facturation proposé par ASMENT ainsi qu'une estimation des différentes charges nécessaire à l'installation.

L'importance croissante accordée à la réduction des coûts a incité l'usine ASMENT TEMARA à employer le coke de pétrole comme combustible pour son four dans son fonctionnement normal. Cependant, lors d'un arrêt de l'installation pour la révision ou suite à des équipements tombants en panne, on se retrouve obligé d'alimenter le four par le fioul.

Les informations suivantes sont nécessaires dans cette étude :

- Le pouvoir calorifique du fioul est : PCI= 9600 kcal/kg
- Le pouvoir calorifique du coke de pétrole est : PCI=7490 Kcal/Kg
- La consommation calorifique est :780 kcal/kg
- La production moyenne de clinker est : 190t/h

Ainsi, on calcule la consommation des deux combustibles pour une heure :

Consommation coke= (consommation calorifique\*production clinker)/PCI COKE= 19.8 t/h

Consommation Fioul= (consommation calorifique\*production clinker)/PCI FIOUL=15.4 t/h

la consommation du combustible est estimée par **60%** pour le précalcinateur et **40%** pour la tuyère principale.

Nous proposons dans ce tableau, la quantité du combustible consommée par le four par l'intermédiaire de la tuyère principale et le précalcinateur.

Référence des valeurs document « guide PILLARD »

	Combustible	Consommation du combustible par heure	Prix unitaire (par tonne)	Prix total de consommation du combustible pendant une heure DH/h
Tuyère principale	Fioul	6.1 t/h	3900 DHS	23790
	Coke de pétrole	7.9 t/h	900 DHS	7110
Pré-calciateur	Fioul	9.2t/h	3900 DHS	35880
	Coke de pétrole	11.8 t/h	900 DHS	10620

**Tableau 18 : Calcul et comparaison de la consommation et de prix des deux combustibles**

La perte d'argent pour une heure d'arrêt est (coût fioul – coût coke) :

- L'arrêt de l'alimentation de la tuyère engendre  $23790 - 7110 = 16680$  DH/h
- L'arrêt de l'alimentation du précalciateur engendre  $35880 - 10620 = 25260$  DH/h
- L'arrêt de l'alimentation des deux engendre  $16680 + 25260 = 41940$  DH/h

**Remarque :**

En cas de panne qui engendre l'arrêt de l'installation du coke de pétrole le recours en fioul pour l'alimentation du four prend environ une heure afin de préparer l'installation du fioul.

**Calculs et résultats :**

Nous travaillons sur les arrêts de l'atelier du coke de pétrole pendant une année complète. ASMENT a connu pour l'année 2014 : 7 arrêts suite à des différents incendies de l'installation, chaque arrêt engendre un nombre d'heures de travail de mise en service de l'équipement en fonction de genre d'incendie. Les tableaux suivants donnent en détaille les pertes en fonction d'incendie de l'installation de Pet coke :

Arrêt de précalcinteur et tuyère (pannes de circuit1 ou éléments communs de circuit 2 et 3)			
La défaillance	Jours ou heures d'arrêt	Heures d'alimentation en fioul	Pertes de coût en DH pour l'alimentation en fioul
Arrêt de la pompe F630 d'expédition coke de pétrole suite aux : ❖ Coincement du clapet anti retour ❖ Fuite de la matière qui revient à la dégradation des garnitures d'étanchéité	2 jours	47	$47 * 41940 = 1\,971\,180$ DH
Arrêt du surpresseur F640 de transfert d'air à la pompe F630 suite aux : ❖ Cassure roulements ❖ Désalignement courroies	10 heures	9	$9 * 41940 = 377\,460$ DH
			T1 = 2 348 640 DH

Arrêt de la tuyère			
La défaillance	Jours ou heures d'arrêt	Heures d'alimentation en fioul	Pertes de coût en DH pour l'alimentation en fioul
Arrêt de la pompe F424 d'expédition coke de pétrole suite aux : ❖ Bouchage de la vis sans fin arrêt du clapet (signe du bras de levier à l'extérieure de la pompe)	12 heures	11	$11 * 16680 = 183\,480$ DH

<p>Arrêt surpresseur F425 de transfert d'air à la pompe F424 suite aux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Moteur surpresseur F425 hors service suite à un échauffement anormal suite au désalignement des courroies.</li> <li>❖ Segments et arrêts d'huile usée</li> </ul> <p>Notant que le surpresseur secours 425 SEC du circuit est en panne (manque d'entretien)</p>	1 jour	23	23*16680 = 383 640 DH
			T2 =567 120 DH
Arrêt de précalcinteur			
La défaillance	Jours ou heures d'arrêt	Heurs d'alimentation en fioul	Pertes de coût en DH pour l'alimentation en fioul
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Bourrage de la pompe F15N02 suite au dysfonctionnement du surpresseur F15J01A correspondant et cassure des roulements du surpresseur secours F15J01B</li> </ul>	1 jour	23	23*25260= 580 980 DH
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ aéro-réfrigérant de la pompe F15N02 est hors service</li> </ul>	10 heures	9	9*25260= 227 340 DH
			T3=808 320 DH

Donc les pertes en terme de coût engendrées suite à l'alimentation par le fioul sont de :

$$T = T1 + T2 + T3 = 2\,348\,640 + 567\,120 + 808\,320 = \mathbf{3\,724\,080\, DH /an}$$

En ajoutant à ces pertes d'alimentation par le fioul, les coûts correspondants à l'action de réparation des équipements de l'installation par des visiteurs externes, le coût des pièces subissant l'usure (kit du surpresseur et de pompe) remplacées pendant l'entretien et le coût d'exploitation du fioul qui sont estimées à :

- 60000 DH : coût moyen de réparation par les visiteurs externes et les mécaniciens.
- 80000 DH : coût des pièces de rechange utilisées (kit surpresseur, étanchéités de la pompe).
- 30000 DH: coût d'exploitation du fioul.

Ce qui engendre finalement un coût moyen de perte de **3 894 080 DH**

Pour les changements et les améliorations réalisés dans l'installation, comme mentionnés dans ce chapitre, nous avons prévu les charges suivantes :

- ❖ Un nouveau surpresseur installé pour garantir le transfert d'un débit d'air suffisant.
- ❖ La mise en conformité de la salle pour y installer l'ensemble (la mise en place des persiennes, la réparation des ventilateurs et la remise en état les capots d'insonorisation des surpresseurs.)
- ❖ L'ajout des accessoires tels que ( les soupapes de sécurité, les clapets, les vannes, les manomètres)
- ❖ Une conduite pour assurer le lien entre le nouveau surpresseur installé et le circuit.
- ❖ En collaboration avec les gens du bureau technique et de l'atelier mécanique, nous avons conclu que les modifications et la réparation des anomalies déjà existants dans l'installation nécessite environ **12** jours de travail pendant l'arrêt programmé en 10 juin , effectué par 3 équipes, chaque équipe contient 3 personnes qui travaillent 10 heures par jour à chacun ; Le coût de la main d'œuvre pour une heure de travail est de 45 DH, ainsi le coût total de la main d'œuvre est :  $9 \times 10 \times 12 \times 45 = 48\ 600$  DH

Le total nécessaire à cet investissement est inscrit dans le tableau suivant :

Investissement		Quantité	Prix unitaire en DH	Prix total en DH
Un surpresseur de marque AERZEN		1	130000	130000
Les conduites d'air	Diamètre 125	(longueur 12m)	190DH/m	2280
L'étanchéité de la salle des surpresseurs		8	1200	9600
-la mise en place des 8 persiennes				

Accessoires	Clapets anti-retour Simple Battant	3	700	2100
	Vannes	4	420	1680
	Soupapes	6	18000	108000
	Manomètres au refoulement des surpresseurs	6	85	510
	Aéromats	6	1000	6000
Le coût de la main d'œuvre		9	45DH/heure	48600
Réparation des deux ventilateurs extracteurs		2	8000	16000
<b>Coût d'investissement</b>				<b>324 770 DH</b>

**Tableau 19 : Coût de l'investissement**

Pour vérifier le rendement de cette nouvelle installation sur le niveau économique, une évaluation du retour d'investissement est indispensable.

Pendant l'année 2014, les pertes annuelles sont calculées et égales à **3 894 080 DH** (en utilisant le fioul pour la production du clinker).

Le coût d'investissement est de **324 770 DH** donc le retour d'investissement est évident ;

**Remarque :**

Ces pertes sont calculées pour l'année 2014 qui a connu 7 arrêts de l'atelier Pet coke qui engendre le recours en fioul, si les arrêts sont plus que sept alors les pertes seront supérieures à 3 894 080 DH.

**Conclusion :**

Ce chapitre a été consacré aux actions d'améliorations, que nous avons proposées, et les modifications mises en place, en vue d'améliorer le rendement de l'installation.

Pour achever et valoriser notre travail, nous avons établi une étude économique des modifications mises en œuvre, que nous avons proposées.

## IV.Elaboration du planning de maintenance préventive et des gammes opératoires

### 1. Définition

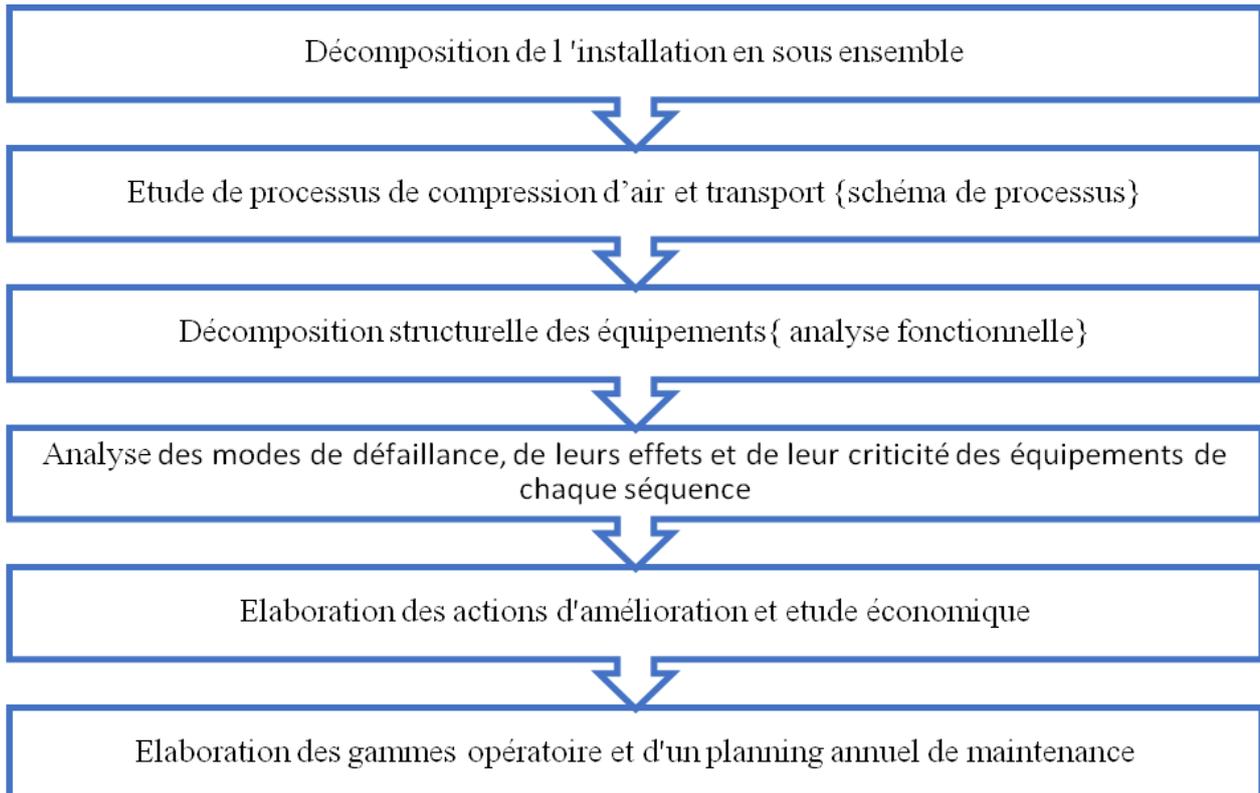
Elaborer un plan de maintenance préventive, c'est décrire toutes les opérations de la maintenance préventive qui devront être effectuées sur chaque organe. La réflexion sur l'affectation des opérations de la maintenance se fait en balayant tous les organes de la décomposition fonctionnelle et en tenant compte de leur technologie, de leur environnement (poussiéreux, chaud, non couvert...etc.), de leur utilisation, de leur probabilité de défaillance et de leur impact sur la production et sur la sécurité humaine et matérielle.

L'affectation des opérations de visite ou de contrôle a comme objectif de détecter les effets des dysfonctionnements qui peuvent arriver sur chacun de ces organes. Il faut donc avoir connaissance de la nature, de la gravité et de la probabilité d'apparition des défaillances.

Dans notre étude de l'installation d'air comprimé et du transfert de Pet coke, nous avons déterminé la probabilité de la fiabilité de l'ensemble. Le résultat du logiciel obtenu est de 88.5%, on conclut donc que nos équipements sont en phase de maturité et nécessitent la maintenance préventive systématique.

### 2. Démarche d'établissement du plan de la maintenance

Les documents constituant le plan de maintenance sont établis en suivant une démarche méthodique :



### 3. Plan préventif et gammes de maintenance :

Afin d'assurer leur longévité, le groupe des surpresseurs, le groupe motopompes, le dépoussiéreur et l'aéro-réfrigérant comme tout autre équipement, nécessitent un entretien sérieux et régulier.

Le planning représenté dans l'ANNEXE A6-1 reprend les principales opérations d'entretien à réaliser sur les équipements pour qu'ils fonctionnent dans des conditions standards et pour garantir leur utilisation normale dans l'installation du transport pneumatique. L'ANNEXE A6-2 représente les gammes de maintenance et les fiches de visite pour les opérations qui ne les possèdent pas.

Les gammes opératoires sont établie après la démarche de diagnostic, elle applique les principes généraux d'établissement des gammes de fabrication :

- décomposition en phases, sous phases et opérations
- étude des moyens, des temps et des outillages

En maintenance, nous trouverons souvent les phases suivantes :

- déposer (en sous-ensembles), assembler, démonter, remonter (pièces), nettoyer.
- expertiser (expertise définitive des points litigieux), consigner.

- réparer, usiner.
- contrôler

Les gammes opératoires sont rédigées pour les équipements qui ne les possèdent pas et sont vérifiés par les opérateurs du bureau technique. Voir l'ANNEXE A6-2

## **Conclusion**

Après avoir fixé les équipements les plus défaillants dans l'installation de coke de pétrole : les pompes d'expéditions, blocs des surpresseurs, l'aéro-réfrigérant, Le plan de maintenance établi, résume toutes les actions à mener pour la maintenance préventive des groupes pour améliorer la qualité des interventions et l'efficacité du contrôle de ces éléments. Il permet également d'agir d'une façon organisée et avec plus d'efficacité sur le fonctionnement de l'atelier en se focalisant sur l'établissement des gammes de maintenance et des fiches de visite de quelques équipements de l'installation.

## Conclusion générale

La nécessité de maîtriser le processus d'entretien des équipements de la centrale des surpresseurs et du circuit du transport pneumatique et de chasser tous les types de gaspillages constatés, fait partie de la nouvelle politique d'organisation au sein des différents ateliers d'ASMENT TEMARA

La société a formulé ce besoin et notre mission à consister en sa concrétisation. Nous avons donc déployé et mobilisé de grands efforts afin de contribuer à ce changement positif.

Dans ce cadre d'optimisation du processus de production du ciment, notre projet de fin d'études a consisté à la mise en place d'un plan d'amélioration en y intégrant le principe du changement des anciennes conduites à travers des méthodes d'analyse (AMDEC) et le calcul de la fiabilité de l'installation pouvant remédier aux problèmes constatés.

Après avoir dressé un état des lieux, nous avons déterminé les points des dysfonctionnements, établi les priorités et déterminé les améliorations à mettre en place. Nous avons par ailleurs proposé un ensemble de solutions à mettre en œuvre afin d'optimiser le processus de production, par l'élimination des gaspillages et des pertes de charges.

De plus, nous avons mis l'accent sur la nécessité de standardiser la procédure de travail et les opérations d'intervention sur les équipements de l'atelier.

Parmi les gains générés par la mise en place de ce plan d'action nous pouvons citer :

- ✓ Réduction des pertes de charge d'un pourcentage qui dépasse 47%,
- ✓ Assurer la propreté d'air,
- ✓ Mise en place de 6 surpresseurs dans la salle,
- ✓ Augmentation de la capacité de l'atelier
- ✓ Réduction des mouvements inutiles au sein de l'atelier.
- ✓ Amélioration des conditions et simplification des procédures du travail.

### **Perspectives futures :**

Les résultats atteints à l'essor de cette étude sont très satisfaisantes. Ceci ne peut qu'encourager la réalisation d'autres études similaires, surtout avec le potentiel d'amélioration continue. En guise de perspectives, le plan d'action établi va être appliqué aux autres ateliers.

La continuité n'est assurée qu'en travaillant sur d'autres projets de même envergure qui vont constituer une suite à notre projet.

## **Bibliographie et Webographie :**

### **Livre :**

Cours pertes de charge J-M R. D-BTP 200

Dossier constructeur du fournisseur SCHENCK S.A

Source : ASMENT TEMARA

Fiche technique de la société ASMENT TEMARA

Formation des surpresseurs AERZEN

Guide PILLARD »

Manuel CALEFFI : Les pertes de charge dans l'installation

Manuel de mise en service des surpresseurs à piston rotatif (Volume 1,2 et 3)

Manuel Guide PILLARD

Pratique de la maintenance préventive – Ed. Dunod, Paris, 2002

### **Site Internet :**

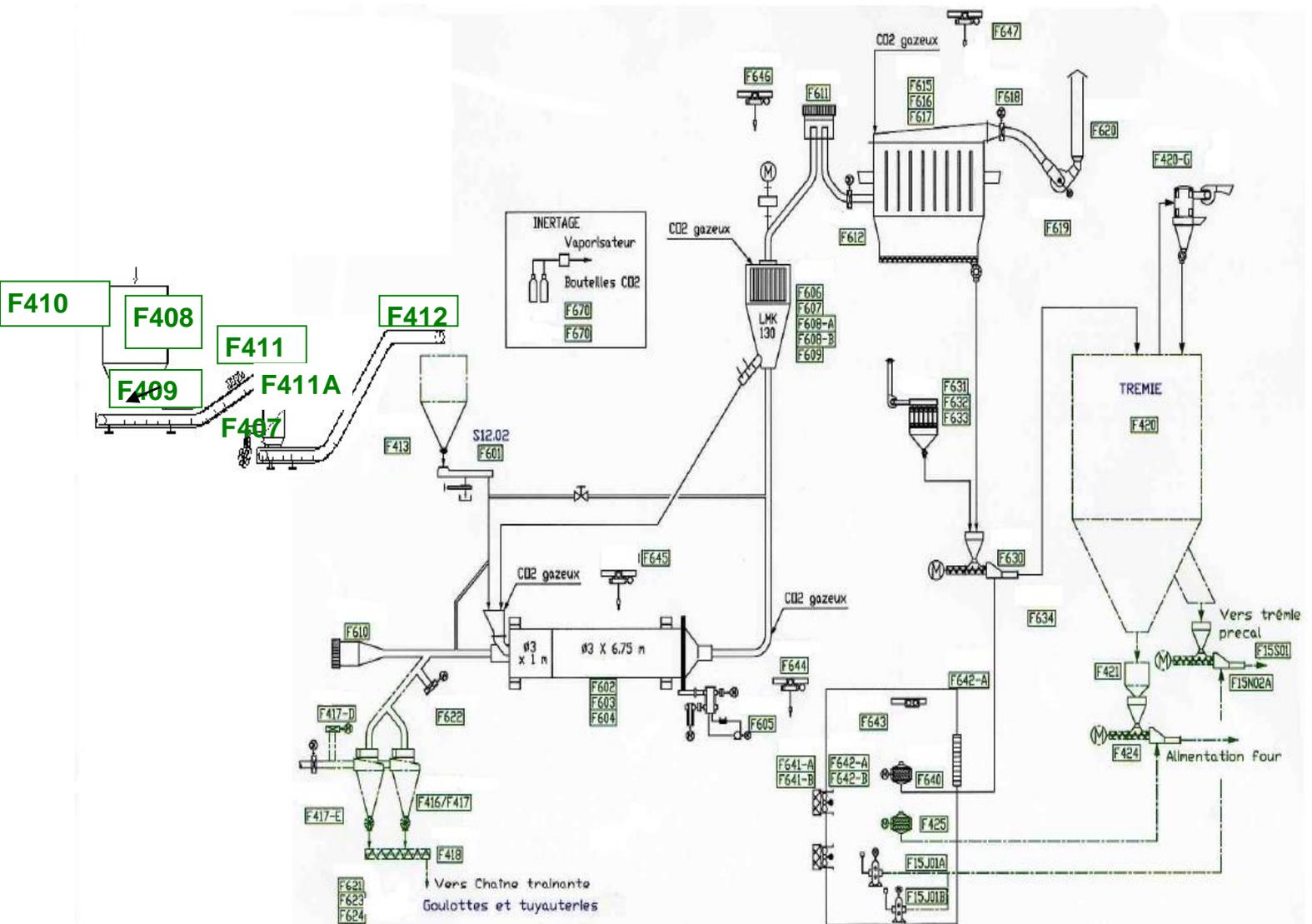
[www.claudiuspeters.com](http://www.claudiuspeters.com)

[www.hibon.com](http://www.hibon.com)

[www.ingersollrans.com](http://www.ingersollrans.com)

[www.support.ptc.com](http://www.support.ptc.com)

# ANNEXE A1 : Flow Sheet et tags des équipements de l'atelier de coke de pétrole



<b>Tags</b>	<b>Equipements</b>	<b>Tags</b>	<b>Equipements</b>
<b>F15J02A-M1</b>	SURPRESSEUR (A)	<b>F420</b>	TREMIE CP
<b>F15J02B-M1</b>	SURPRESSEUR (B)	<b>F420G</b>	FILTRE DE DEPOUSSIORAGE
<b>F15J02D</b>	SURPRESSEUR ROTATIF	<b>F15N02A-M1</b>	POMPE D'EXPEDITION COKE
<b>F15J02E</b>	SURPRESSEUR ROTATIF	<b>F630</b>	POMPE A VIS
<b>F465N</b>	SURPRESSEUR (1)	<b>F631</b>	DEPOUSSIUREUR
<b>F411</b>	CONVOYEUR A BANDE	<b>F424</b>	POMPE A VIS
<b>F466N</b>	SURPRESSEUR (2)	<b>F15J01A-M1</b>	SURPRESSEUR
<b>F463N</b>	SAS D'ISOLEMENT	<b>F15J01B-M1</b>	SURPRESSEUR SECOURS
<b>F421N</b>	DOSEUR HASLER	<b>F425</b>	SURPRESSEUR
<b>F453</b>	SAS EXTRACTION SILO	<b>F640</b>	SURPRESSEUR
<b>F450</b>	SILO COKE 50 m3	<b>F605</b>	BROYEUR A COKE
<b>F456</b>	CLAPET D'EXPLOSION	<b>F416 - F417</b>	CYCLONE EST / OUEST
<b>F454</b>	FILTRE SUR TREMIE HASLER	<b>F418 - F418A</b>	CONVOYEURS A VIS SOUS CYCLONES
<b>F412</b>	TETE CONVOYEUR A BANDE	<b>F408</b>	DETECTEUR DE METAUX
<b>F413</b>	TREMIE DE STOCKAGE COKE	<b>F409</b>	DEFERRAILLEUR A BANDE
<b>F473 - F474 - F475</b>	TUYAUTERIE DE L'ATELIER	<b>F417C</b>	CONDUITE DE GAZ ENTRE CYCLONES ET F21
<b>F601</b>	EXTRACTEUR METALLIQUE A RACLETTES	<b>F410</b>	TREMIE D'ALIMENTATION COKE BRUT
<b>F607</b>	SEPARATEUR DYNAMIQUE LMK130	<b>F408</b>	DETECTEUR DE METAUX
<b>F619</b>	VENTILATEUR FILTRE BROYEUR COKE	<b>F409</b>	DEFERRAILLEUR A BANDE
<b>F615</b>	DEPOUSSIUREUR	<b>F425 SEC</b>	SURPRESSEUR SECOURS

## ANNEXE A2 : Questionnaire de l'audit de maintenance

Rubriques	QUESTIONS	A remplir suivant le niveau de satisfaction aux exigences			
		Evaluation	Observations		
Documentation technique	Disposez-vous d'une documentation technique des équipements au sein de l'atelier: Mécanique de construction, Electricité, Code, Environnement et nuisances	A améliorer		33	49,50
	Disposez-vous d'une documentation pour définir les contrôles nécessaires associés à l'identification des pannes, au stockage des pièces de rechange et aux interventions faites dans l'atelier?	Acceptable		66	
	Les plans et les schémas sont-ils mis à jour au fur et à mesure des modifications apportées au circuit du transport pneumatique ?	Non-conforme		0	
	y a-t-il un enregistrement des interventions faites dans l'atelier de coke de pétrole (historique des pannes et d'interventions bien définis)?	Acceptable		66	
	Enregistre-t-on les travaux de modification des équipements et classe-t-on les dossiers de préparation correspondants?	Acceptable		66	
	Les enregistrements nécessaires à la maîtrise efficace des processus sont-ils gérés ?	Acceptable		66	

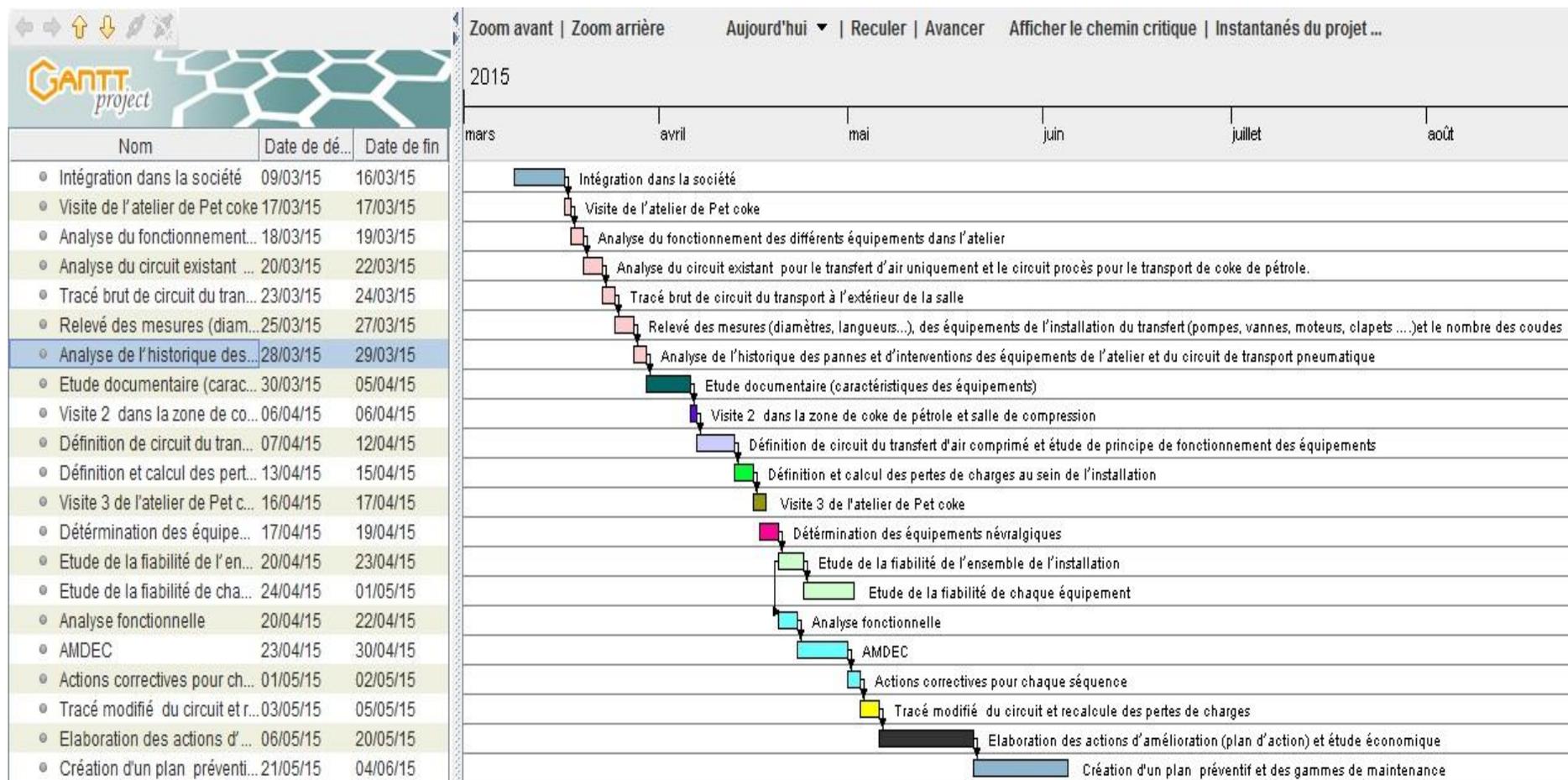
<b>Méthodes de travail et d'entretien au sein de l'atelier de coke de pétrole</b>	le graissage des équipements se fait-il correctement ?	Acceptable		66	58,00
	la coke de pétrole ne s'est-il pas colmaté sur les conduites de transport ?	Acceptable		66	
	y t-a-il des tests systématiques de vérification de niveau de colmatage dans les conduites ?	Acceptable			
	Avez-vous recours à des méthodologies formalisées de dépannage dans le circuit du transport?	A améliorer		33	
	Pour les interventions importantes en volume d'heures et/ou répétitives, privilégie-t-on la préparation du travail?	Conforme		100	
	l'air envoyé et aspiré par les surpresseurs n'est-il pas chargé d'impuretés?	A améliorer		33	
	Disposez-vous de modes opératoires écrits pour les travaux complexes ou délicats?	A améliorer		33	
	Conservez-vous et classez-vous de manière particulière les dossiers de préparation et les historiques d'interventions ?	Conforme		100	
	Disposez –vous des capteurs suffisants de température et de pression dans l'installation des surpresseurs et sur le circuit du transport?	A améliorer		33	
<b>suivi technique des équipements</b>	Disposez-vous d'une liste récapitulative par emplacement des équipements et les références associés à chaque équipement?	Acceptable		66	38,50
	Assurez-vous un suivi formel des informations relatives aux comptes rendus des visites ou aux inspections préventives?	A améliorer		33	

	Les historiques des pannes sont-ils analysés une fois par an ?	A améliorer		33	
	Possédez-vous un historique des travaux pour chaque équipement ?	Acceptable		66	
	Les modifications, nouvelles installations sont-elles enregistrées systématiquement?	A améliorer		33	
	Avez-vous un programme établi de maintenance préventive? (Actions préventives, périodicité, charge de travail,...)	Non-conforme		0	
<b>Gestion du portefeuille des travaux</b>	Disposez-vous de fiches (ou check-lists) écrites de maintenance préventives?	Non-conforme		0	49,67
	Existe-t-il un responsable de l'ensemble des actions de maintenance préventive (en termes de suivi et d'adaptation)	A améliorer		33	
	Le logiciel de maintenance SAP est-il respecté ?	Acceptable		66	
	Les utilisateurs (ou opérateurs) des équipements ont-ils des responsabilités en matière de réglage et maintenance de routine dans l'atelier de coke de pétrole ?	A améliorer		33	
	Existe-t-il un document de travail permettant de renseigner ou de suivre toute intervention, qui soit utilisé systématiquement pour tout travail?	Acceptable		66	
	Disposez-vous d'un magasin fermé pour stocker les pièces de rechange?	Conforme		100	
<b>Outillages</b>	L'étalonnage des appareils de mesure est-il bien défini (vérifications et tolérances) est effectué?	Acceptable		66	60,67

	Disposez-vous de tous les outillages spéciaux et équipements de test dont vous avez besoin?	A améliorer		33	
	Les outillages et les équipements de test sont-ils disponibles et en quantité suffisante?	A améliorer		33	
	Les moyens de manutention d'atelier sont-ils adaptés ?	Acceptable		66	
	Le magasin d'outillages et des pièces est-il affecté exclusivement à la maintenance et aux travaux neufs que vous assurez?	Acceptable		66	
	Y a-t-il un responsable du magasin?	Conforme		100	
<b>Organisation matérielle et Maintenance</b>	Le magasin d'outillages et de pièces de rechange est-il au voisinage de votre atelier?	Acceptable		66	49,50
	Votre atelier pourrait-il être mieux situé par rapport aux équipements que vous avez à entretenir?	Acceptable		66	
	Disposez-vous d'un tableau de bord pour vous permettre de décider à propos des actions correctives à entreprendre?	A améliorer		33	
	Emettez-vous régulièrement (mensuellement et annuellement) un compte rendu d'activité au sein de l'atelier ?	A améliorer		33	
	Le service maintenance dispose-t-il d'un outil de gestion informatisé de l'activité?	A améliorer		33	
	L'efficacité de la potentielle maintenance est-elle contrôlée?	Non-conforme		0	
	Disposez-vous des coûts de maintenance des équipements dans votre atelier ?	Acceptable		66	

Avez-vous un processus d'évaluation formelle des sous-traitants?	A améliorer		33	
La sélection des sous-traitants s'effectue-t-elle sur des critères de technicité et de compétence?	Conforme		100	
Vos contrats avec les sous-traitants incluent-ils des clauses de résultat?	Acceptable		66	
Disposez-vous d'une documentation propre à faciliter la maintenance de vos équipements par des entreprises extérieures?	A améliorer		33	

## ANNEXE A3 : Diagramme GANTT de déroulement du projet



ANNEXE A4-1 : Historique des pannes et des interventions de l'atelier Pet coke pendant l'année 2014

Equipement	N°	Date	Panne	TBF(h)	TTR(h)	Arrêt généré
Conduite de refoulement F15N02.M1	1	12/02/2014	Bouchage de la conduite	460	2	Arrêt de la pompe F15N02.M1 (arrêt de transport de coke de pétrole)
Surpresseur F425	2	17/02/2014	Surpresseur F425 HS ;	120	3	Arrêt SURP F425 ;
la pompe F424	3	23/02/2014	Cassure aux niveaux des roulements	140	8	Arrêt PPE F424
La pompe F424	4	26/02/2014	Courroie dégradée de la pompe d'expédition	58	1	Arrêt de la pompe F424
Surpresseur F15J01B	5	07/03/2014	SURP hors service F15J01B	210	6	Arrêt SURP F15J01B
Surpresseur F424	6	14/03/2014	Segments usés du surpresseur F424	168	8	Fuite d'huile dans la chambre de compression du surpresseur
La pompe F15N02A.M1	7	19/03/2014	Fuite de matière	105	6	Débit faible de la pompe
Aéro –réfrigérant	8	27/03/2014	F15N02B-M1 hors service (bouchée)	192	10	Arrêt de transport vers le précalcinateur
Surpresseur F425	9	01/04/2014	Courroies dégradées de surpresseur F425	144	1	Arrêt du surpresseur
La Pompe d'expédition F15N02A ; Le surpresseur F425 ;	10	07/04/2014	Bruit anormal sur la pompe d'expédition vers PRECA F15N02A ; Fuite d'huile SURP F425 ;	148	8	Arrêt de la pompe ; SURP F425 ;

Le dépoussiéreur	11	21/04/2014	Manches usées	320	8	Arrêt dépoussiéreur
La pompe d'expédition de coke de pétrole F15N02A.M1	12	02/05/2014	Bouchage de la pompe	268	3	Arrêt de circuit du transport de coke de pétrole
La pompe F630	13	11/05/2014	Cassure des courroies	216	2	Arrêt de la pompe
La pompe F424	14	15/05/2014	bouchage de la pompe	96	3	Arrêt de transfert
La pompe F15N02	15	30/05/2014	Défaut du moteur de la pompe à vis	360	2	Arrêt
La pompe F15N02A.M1	16	03/06/2014	fuite de matière	96	6	Débit faible
Surpresseur F425	17	10/06/2014	Courroies dégradées ;	168	2	Arrêt du surpresseur
Pompe d'expédition F630 ; Surpresseur F15J01A ;	18	04/07/2014	bouchage F630 ; détérioration courroies SURP F15J01A-M1 ;	580	3	Arrêt des deux équipements
Pompe d'expédition F15N02	19	21/07/2014	Haute température du palier : transfert vers le précalcinateur	416	5	Arrêt de la pompe
Pompe F15N02A.M1	20	26/07/2014	Cassure des roulements de la pompe	115	8	Arrêt F15N02A.M1
Surpresseur F425/F15J01B	21	03/08/2014	Fuite d'huile SURP F425 ; Détérioration courroies SURP du F15J01B ;	212	2	Arrêt du surpresseur F425
Pompe PRECA F424	22	16/08/2014	Dysfonctionnement de la pompe	308	8	Arrêt de la pompe

Dépoussiéreur	23	24/08/2014	Arrêt de ventilateur	180	8	Arrêt dépoussiéreur
Pompe F630	24	08/09/2014	Pompe hors service ; Contrôler pompe ;	360	5	Arrêt de la pompe F630;
Pompe d'expédition F15N02	25	18/09/2014	Bouillage	235	3	Arrêt
Aéro-réfrigérant De la Pompe de transfert vers le précalcinateur	26	25/09/2014	Bouchage aéro-réfrigérant	168	5	Arrêt de la pompe F424
Surpresseur F15J01A.M1	27	30/09/2014	Détérioration courroies surpresseur principal	120	2	Arrêt du surpresseur F15J01A.M1
Pompe d'expédition de coke de pétrole F630	28	06/10/2014	Bouchage F630 ; Fuite d'huile dans la chambre de compression du surpresseur F425 ;	138	3	Arrêt du transport de coke de pétrole vers la trémie principale ;  Arrêt du surpresseur F425 ;
Surpresseur F15J01B	29	23/10/2014	Détérioration des courroies du surpresseur F15J01B	408	2	Arrêt de l'équipement
Extracteur métallique a raclettes	30	08/11/2014	Bouchage de l'extracteur métallique	380	3	
Pompe d'expédition F15N02A.M1	31	17/11/2014	Remplacer les courroies cassées	220	2	Pompe d'expédition F15N02A-M1 hors service
Surpresseur F425  Surpresseur F15J01B	32	24/11/2014	Remplacer les deux poulies usées SURP F425 ; Eliminer la fuite d'huile F15J01B -M1 ;	150	4	Mal fonctionnement du surpresseur  F425

## ANNEXE A4-2 : Paramètres de loi de Weibull pour le calcul de la MTBF

$\beta$	A	B	$\beta$	A	B	$\beta$	A	B
			1.50	0.9027	0.613	4	0.9064	0.254
			1.55	0.8994	0.593	4.1	0.9077	0.249
			1.60	0.8966	0.574	4.2	0.9089	0.244
			1.65	0.8942	0.556	4.3	0.9114	0.235
0.20	120	1901	1.70	0.8922	0.540	4.4	0.9114	0.235
0.25	24	199	1.75	0.8906	0.525	4.5	0.9126	0.230
0.30	9.2605	50.08	1.80	0.8893	0.511	4.6	0.9137	0.226
0.35	5.0291	19.98	1.85	0.8882	0.498	4.7	0.9149	0.222
0.40	3.3234	10.44	1.90	0.8874	0.486	4.8	0.9160	0.218
0.45	2.4786	6.46	1.95	0.8867	0.474	4.9	0.9171	0.214
0.50	2	4.47	2	0.8832	0.463	5	0.9182	0.210
0.55	1.7024	3.35	2.1	0.8857	0.443	5.1	0.9192	0.207
0.60	1.5046	2.65	2.2	0.8856	0.425	5.2	0.9202	0.203
0.65	1.363	2.18	2.3	0.8859	0.409	5.3	0.9213	0.200
0.70	1.2638	1.85	2.4	0.8865	0.393	5.4	0.9222	0.197
0.75	1.1906	1.61	2.5	0.8873	0.380	5.5	0.9232	0.194
0.80	1.1330	1.43	2.6	0.8882	0.367	5.6	0.9241	0.191
0.85	1.0880	1.29	2.7	0.8893	0.355	5.7	0.9251	0.186
0.90	1.0522	1.77	2.8	0.8905	0.344	5.8	0.9260	0.185
0.95	1.0234	1.08	2.9	0.8917	0.334	5.9	0.9269	0.183
1	1	1	3	0.8930	0.325	6	0.9277	0.180
1.05	0.9803	0.934	3.1	0.8943	0.316	6.1	0.9286	0.177
1.10	0.9649	0.878	3.2	0.8957	0.307	6.2	0.9294	0.175
1.15	0.9517	0.830	3.3	0.8970	0.299	6.3	0.9302	0.172
1.20	0.9407	0.787	3.4	0.8984	0.292	6.4	0.9310	0.170
1.25	0.9314	0.750	3.5	0.8997	0.285	6.5	0.9318	0.168
1.30	0.9236	0.716	3.6	0.9011	0.278	6.6	0.9325	0.166
1.35	0.9170	0.687	3.7	0.9025	0.272	6.7	0.9333	0.163
1.40	0.9114	0.660	3.8	0.9038	0.266	6.8	0.9340	0.161
1.45	0.9067	0.635	3.9	0.9051	0.260	6.9	0.9347	0.160

## ANNEXE A5-1 : Grille d'évaluation de l'AMDEC

Niveau de la fréquence F		Définitions
<b>Fréquence très faible</b>	1	Défaillance rare : moins d'une défaillance par année.
<b>Fréquence fiable</b>	2	Défaillance possible : moins d'une défaillance par trimestre
<b>Fréquence moyenne</b>	3	Défaillance fréquente : moins d'une défaillance par semaine
<b>Fréquence forte</b>	4	défaillance très fréquente : plusieurs défaillances par semaine

Niveau de gravité G		Définitions
<b>Sans dommage</b>	1	Défaillance mineur ne provoquant pas d'arrêt de production et aucune dégradation notable du matériel
<b>Moyenne</b>	2	Défaillance provoquant un arrêt de production et nécessitant une petite intervention
<b>Importante</b>	3	Défaillance provoquant un arrêt significatif et nécessitant une intervention importante
<b>Catastrophique</b>	4	Défaillance provoquant un arrêt et nécessitant des problèmes graves

Niveau de détection D		définitions
<b>Détection évidente</b>	1	Défaillance détectable à 100% : -détection à coup sûr de la cause de défaillance -signe avant la dégradation
<b>Détection possible</b>	2	Défaillance détectable : -signe avant la défaillance.
<b>Détection difficile</b>	3	Défaillance difficile : -signe avant la défaillance, qui est difficile de détecter.
<b>Détection impossible</b>	4	Défaillance indétectable : -aucun signe avant la défaillance.

ANNEXE A5-2 : Tableau AMDEC

Séquence 1													
Séquence	Equipement	fonction	Sous équipement	Sous Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	D	F	G	C	L'action
Le transfert du coke broyé vers la trémie principale de stockage pour l'alimentation des deux pompes F15N02 ET F424	La pompe F630	Transfert de la matière	Moteur	Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique	Echauffement	Défaut alimentation ou de connexion de phase	Arrêt de la pompe et donc de toute l'installation par la suite	Visuelle (indication de la salle de contrôle)	1	2	4	8	Contrôle de connexion des phases ;
			Poulie /courroie	Transmettre le mouvement	Cassé	Coincement ou patinage ;	La pompe n'est plus entraînée	Visuelle	1	3	4	12	Remplacement ; Alignement ;
			Vis sans fin	Assuré le transport de la matière	Faible débit	Usure vis rotatif ; Vis colmaté ;( Trop de jeu entre les pales de la vis et la paroi )	Débit du coke pulvérisé insuffisant	Indication manomètre	2	3	2	12	Contrôle périodique de la vis de la pompe ; Nettoyage de la vis ; Remplacement périodique des douilles anti-usure ;

					Bruit anormale ;	Cassure des roulements ; Corps étrangers entre la vis sans fin et les douilles anti usure ;	Arrêt de la pompe ;	Auditive	2	3	2	12	Vérifier l'état des roulements et remplacement si nécessaire ;
			Roulements	Guidage	Usure	Environnement poussiéreux	Usure prématuré	Mesure par jeu de calle	3	1	2	6	Remplacement ;
			Les garnitures d'étanchéité	Eviter les fuites de la matière	Usure	air de barrage insuffisant ;	La pénétration de la matière dans le joint ; Endommagement des roulements	Visuelle (fuite de la matière à l'extérieure de la pompe au niveau des fouloirs)	3	2	2	12	Contrôle périodique d'étanchéité de la pompe ;
			Les douilles	Protéger le corps de la pompe contre l'usure	Douille flottante ;	La présence du corps étranger	mouvement oscillant par rapport à l'axe ; endommagement des roulements ; l'usure du carter de la pompe ;	Auditive (Bruit anormale)	2	1	2	4	Remplacement systématique des douilles anti-usure ;  Contrôle périodique ;
	Le dépoussiér-eur F631	La filtration et la dépression	Manches filtrantes	Assurer la filtration	Manche colmatée ;	Mauvaise qualité de tissu ;  Pas de contrôle périodique régulier ;	Dysfonctionnement de l'opération de filetage ;		3	2	2	12	Nettoyage périodique des manches ;

		de la pompe F630			Manche usée ou détériorée	Mauvaise qualité de tissu ;  Pas de contrôle périodique régulier ;	Emission du gaz sale ;	Visuelle (Emission du gaz sale)	2	2	2	8	Remplacement des manches ;  Nettoyage de la chambre d'air propre ;
			Electrovanne	Dépoussiérange	L'électrovanne ou la vanne de diaphragme n'agissent pas correctement (reste excitée)	Electrovanne déréglée	Débit et/ou pression de nettoyage insuffisant ;		2	1	2	4	Réglage de l'électrovanne ;  Entretien systématique ;
			Vanne de diaphragme membrane	Dépoussiérange	Mal fonctionnement ;	Usure ;	Perte d'air comprimé ;  Aspiration insuffisante ;		2	1	2	4	Remplacement périodique
			Séquenceur – TIMER	Dépoussiérange	Défaut électrique ;		Mal fonctionnement du nettoyage des manches ;  Arrêt de dépoussiéreur ;	Indication de la Salle de contrôle	2	1	3	6	Entretien électrique
					Carte électronique endommagée		Diminution ou augmentation du temps de pause entre injection		2	2	2	8	Remplacement ;

			Ventilateur de tirage	Assurer le tirage de la matière	Défaut électrique ; Hélice colmaté ;	Dysfonctionnement Moteur ; Manches usées ;	Perte de charges élevées ; Aspiration insuffisante ;		3	2	2	12	Nettoyage périodique des manches et hélices de ventilateur ;					
			Venturi	Protection plaque à trou et assurer le transfert d'air de nettoyage des manches	Venturi percé ou déformé	Manches crevées ; Ventilateur tournant au sens inverse ;	Chambre d'air propre devient poussiéreuse ; Pertes de charges élevées ;	Visuelle	2	1	2	4	Remplacement manches usées ; Entretien de l'état de venturi					
Bloc Surpresseur F640	La surpression d'air atmosphérique	Courroies	Transmission de mouvement	Cassé	Surcharge ; Désalignement ;	Endommagement des roulements ; Arrêt surpresseur ;	Visuelle	1	2	4	6	Remplacement						
								Poulie	Transmission de mouvement	Usure	Patinage	Ampérage Moteur – déclenchement et par la suite l'arrêt du surpresseur	Auditif	2	1	2	4	Remplacement
														Cassé	Choc au corps étranger ;	Vibration bloc surpresseur	Visuelle	1

					Fatigue ;								
			Moteur	L'entraînement	Echauffement ;	Surcharge ; Frottement des rotors entre eux ;  Court circuit ;  Roulements endommagés ;  Désalignement ;	Pas de fonctionnement – arrêt surpresseur	Echauffement anormale ;  Arrêt moteur ;	2	1	2	4	Vérifier et contrôler le jeu ;  Contrôle de température ;  Contrôle systématique
			Roulements	Guider en rotation	Roulement défectueux ;	Mauvaise lubrification des roulements ;  Joints défectueux ;  désalignement de transmission ;	Bruit anormale et vibration	Mesure du jeu (Jeu de calle)	2	2	4	16	Contrôle d'huile ;  Respecter les jeux de montage, les ajustements ;  Changement systématique ;
			Joints d'étanchéité (à lèvres)	Assurer l'étanchéité	Usure ; Déformation ;	Fatigue ; Echauffement ;	La dégradation d'huile (l'entrée de la poussière) ;	Visuelle (Fuite au niveau d'arrêt d'huile)	1	3	3	9	Contrôler les caractéristiques de l'huile ;

						Fuite d'huile à l'extérieure du surpresseur ;							Remplacement systématique des joints à lèvres ;
			Ventilateur	Refroidissement de surpresseur	hélice cassée	Choc par un corps étranger	Echauffement des surpresseurs;	Visuelle	2	1	3	6	Remplacement ;
			Les segments (les arrêts d'huile)	Assurer l'étanchéité ;	Usure	Roulement usée ; Vibration ; Fatigue ;	Fuite d'huile dans la chambre de compression du surpresseur ;  Echauffement surpresseur ;	Visuelle (fuite d'huile à partir des événements)	3	2	3	18	Remplacement systématique ;  Remplacement des roulements ;
			L'huile	Lubrification	dégradation	Poussière, Impureté ; Contamination ; Débris ; Echauffement excessif ; Durée de vie écoulée ;  La dégradation d'étanchéité	Mauvaise lubrification ;  Echauffement ;	Visuelle (Analyse d'huile);	3	1	4	12	Analyse d'huile ;  Contrôle systématique ;  Changement d'huile après écoulement de sa durée de vie ;  Remplacement périodique des joints d'étanchéité ;

			Piston rotatif	Générateur de débit	Usure	Roulement cassé ; Manque d'étanchéité ;	Dysfonctionnement du surpresseur	Visuelle	3	2	3	12	Changement du surpresseur ;  Assurer un contrôle périodique d'étanchéité ;
		Transférer l'air surpressé			Fuites d'air ; Pertes des charges ;	Mauvaise étanchéité au niveau des brides ;  Trop de Coudes d'angle 90° ;	Débit faible	Indication des manomètres ;	1	3	3	6	Assurer l'étanchéité au niveau des brides ;  Minimiser le nombre des coudes et la longueur de la conduite ;
	Manomètres	Indiquer la pression à l'aspiration de la pompe	-----		Dysfonctionnement	Poussière dispersée dans le local	Indisponibilité de la pression exacte à la sortie	Pas d'indication ;	1	3	3	9	Nettoyage ou remplacement si nécessaire ;

**Séquence 2**

séquence	Equipe-ment	fonction	Sous équipement	Sous Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	D	F	G	C	Action
----------	-------------	----------	-----------------	---------------	---------------------	-------	-------	-----------	---	---	---	---	--------

Le transfert du coke pulvérisé vers la tuyère principale du four	La pompe FULLER F424	Transfert de la matière	Moteur	Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique	Défaut électrique	Surcharge	Arrêt du circuit de transfert (arrêt pompe)	Visuelle (Indication de la salle de contrôle ; Arrêt de moteur)	1	2	3	8	Remplacement roulement ; Vérifier l'état de poulie/ courroie ; Alignement de la transmission ;
			Poulie /courroie	Transmettre le mouvement	Cassé	Coincement ou patinage ; Désalignement ;	Arrêt de la pompe	Visuelle	1	2	3	6	Remplacement ; Alignement ;
			Vis sans fin	Assuré le transport de la matière	Perte de débit	Bouchage partiel du réseau au refoulement ou à la fermeture de la vanne ;	Vis bloquée et arrêt pompe ;	Indication de manomètres ; Arrêt de la pompe ;	2	1	3	6	Entretien et nettoyage de la vis sans fin ; Contrôle régulier des manomètres ; Contrôle l'état de réfrigérant de la pompe
			Roulements	Guidage	Ecaillage et usure	Sur graissage	suintement	Bruit anormale ;	3	1	2	6	Remplacement ;
			Palier (fixe et libre)	Supporter les roulements	Cassé	Le bâti n'est pas bien positionné ;		Vibration ; Visuelle ;	1	2	2	4	Contrôle périodique d'état des paliers ;

					Corps étranger ;								Remplacement si la vibration est hors limite ;
			Les garnitures d'étanchéité	Eviter les fuites de la matière	Dégradation	L'air de barrage insuffisant	La pénétration de la matière dans le joint ; Endommagement des roulements	Visuelle (fuite de la matière à l'extérieure de la pompe au niveau des fouloirs)	2	3	2	12	Vérification de la présence d'air de barrage suffisant (indication du manomètre) ; Remplacement systématique des garnitures ;
			Les douilles	Protéger le corps de la pompe contre l'usure	Usure	Corps étrangers ;	mouvement oscillant par rapport à l'axe ; endommagement des roulements ;	Visuelle	3	1	2	6	Remplacement systématique ;
			Le clapet anti retour ;	Assurer le transfert régulier de la matière	Blocage (position ouverte / fermée)	Bourrage de la pompe	Blocage en position ouverte « toute la matière passe dans la chambre d'air »  En position fermée « pas de transfert de la matière bourrage de la pompe »	Visuelle (mouvement du Bras de levier du clapet anti – retour)	2	2	2	8	-Débourrage de la pompe  - assurer un contrôle périodique du fonctionnement du bras de levier

	Le dépoussiéreur F	La filtration et la dépression de la pompe F630	Manches filtrantes	Assurer la filtration	Mal fonctionnent ;	Manche mal montée	Disfonctionnement de l'opération de filetage ; Rejet de l'émission importante ;	Emission important ;	2	2	2	8	Entretien du montage des manches filtrantes
					Manche crevée ;	Humidité - température	Dysfonctionnement de la machine		3	2	3	12	Remplacement des manches
			Electrovann-e	Dépoussiérage	L'électrovanne ou la vanne de diaphragme n'agissent pas correctement (reste excitée)	Electrovanne déréglée	Débit et/ou pression de nettoyage insuffisant ;		2	1	2	4	Assurer un Bon Réglage de l'électrovanne
			Ventilateur de tirage	Assurer le tirage de la matière	Défaut électrique ; Hélice colmaté ;	Dysfonctionnement Moteur ; Manches usées ;	Perte de charges élevées ; Aspiration insuffisante ;	visuelle	2	2	2	8	Nettoyage périodique des manches filtrantes ; Contrôle périodique de moteur ;

			Venturi	Protection plaque à troue et assurer le transfert d'air de nettoyage des manches	Venturi percé ou déformé	Manches crevées ; Ventilateur tournant au sens inverse ;	Chambre d'air propre devient poussiéreuse ; Pertes de charges élevées ;	Visuelle	2	1	2	4	Remplacement et nettoyage systématique des manches ;
Bloc Surpresseur F425	La surpression d'air atmosphérique	Courroies	Transmission de mouvement	Dégradation	Fatigue ; Frottement ; Echauffement ;	Patinage (moteur ampéré)		Visuelle (l'indication de la salle de contrôle)	2	3	2	12	Changement ; Contrôle périodique ;
		Moteur	L'entraînement	Brulure des bobines	Court-circuit ; Endommagement de la bobine ; Surcharge ;	Déclenchement du moteur ;		Visuelle (Indication de la Salle de contrôle)	2	1	2	4	Contrôle de température ; Contrôle systématique ;
		Roulements	Guider en rotation	usure	Mauvaise lubrification des roulements ; Joints défectueux ;	Bruit ; Vibration ; Arrêt surpresseur ;		Bruit anormale / vibration	3	2	2	12	Contrôle d'huile ; Respecter les jeux de montage, les ajustements ; Changement systématique ;

			Joint d'étanchéité	Assurer l'étanchéité	Perdre son élasticité Fissure	Fatigue ; Echauffement ;	Dégradation d'huile	Fuite d'huile à l'extérieure du surpresseur ;	1	3	2	6	Remplacement systématique ;
			Ventilateur	Refroidissement de surpresseur	hélice cassée	Choc par un corps étranger	Echauffement du local des surpresseurs	Vibration	2	1	2	4	Réparation de ventilateur ;
			Les segments	Assurer l'étanchéité et éviter les fuites d'huile dans la chambre de compression	Usure ; Cassée ;	La fatigue ;	Fuite d'huile dans la chambre de compression du surpresseur ; Echauffement du surpresseur ;	Visuelle (Fuite au niveau des événements)	3	1	2	6	Remplacement systématique ;
			L'engrenage	Transmission de mouvement	Usure	Fatigue de contact ; Surchauffe ;	Vibration ;		3	2	1	6	Remplacement si nécessaire ; Alignement d'arbre de transmission ;
			Piston rotatif	Générateur de débit	Usure ;	Roulement cassée ; Durée de vie terminée ;	Vibration	Vibromètre	2	1	3	6	Remplacement du surpresseur ;

			L'huile	Lubrification	Insuffisant	Manque de bon entretien de main d'œuvre	L'usure des roulements et les joints d'étanchéité ;	Visueur d'huile	3	2	2	12	Contrôle régulier du niveau d'huile ;  Remplacement des joints d'étanchéité ;
Bloc surpresseur F425 secoure			Courroies	Transmission de mouvement	Cassé	Surcharge ;  Désalignement ;	arrêt de transfert coke vers la tuyère	Visuelle	1	2	2	4	Remplacement ;  Alignement des courroies ;  Vérifier l'état des courroies et les changer si nécessaire ;  Prévoir un changement systématique ;
			Poulie	Transmission de mouvement	Cassure	Choc au corps étranger ;  Fatigue ;	Vibration ;  Arret surpression d'air de transfert ;	Visuelle	1	1	2	2	Remplacement ;
			Moteur	L entrainement	Brulure des bobines	Endommagement de la bobine ; Surcharge ;	Arrêt du moteur ;	Indication de la salle de contrôle ;	1	2	2	4	Contrôle systématique ;

			Roulements	Guider en rotation	Roulement défectueux	Joints défectueux ;  Désalignement de la transmission ;	Bruit anormale équipement ;  Vibration ;	Echauffement anormale ;  Vibration	2	3	2	12	Contrôle d'huile ;  Remplacement systématique des joints ;	
			Joints d'étanchéité	Assurer l'étanchéité	Usure ou déformation	Fatigue ; Echauffement ;	Dégradation de la qualité d'huile ;  Fuite d'huile à l'extérieur du surpresseur ;	Fuite au niveau des fouloirs (brides) à l'extérieure	3	2	1	6	Contrôler les caractéristiques de l'huile ;  Vérifier le niveau d'huile ;  Remplacement ;	
			Ventilateur	Refroidissement de surpresseur	Hélice colmaté	Poussière ;  Impureté ;	Arrêt et alors échauffement du local	Vibration (déséquilibre)	3	1	2	6	Nettoyage systématique ;	
			Les segments (arrêt d'huile)	Assurer l'étanchéité ;	Usure	La fatigue ;	Fuite d'huile dans la chambre de compression du surpresseur ;  Echauffement surpresseur ;	Fuite d'huile au niveau des événements	3	3	1	9	Remplacement ;	

		L'engrenage	Transmission de mouvement	Grippage	Fatigue de contact ; Surchauffe ;	Vibration ; Arrêt ;	Auditive (bruit anormale) ; Vibration ;	2	1	1	2	Remplacement ;
		Piston rotatif	Générateur de débit	Usure	Roulement cassée ; Durée de vie terminée ;	Vibration ;	Auditive (vibration)	3	2	1	6	Remplacement ;
		L'huile	Lubrification	Dégradation et fuite	La dégradation d'étanchéité (poussière)	Mauvaise lubrification ; Echauffement ;	Analyse d'huile	3	2	2	12	Analyse d'huile ; Remplacement systématique des joints à lèvres ;
Conduite de transfert 3 (D160)		Conduites d'air surpressé vers la pompe		Fuites d'air ; Perte de charges ;	Mauvaise étanchéité au niveau des brides ; Trop de coudes dans le circuit ;	Faible débit ;	Visuelle (l'indication de manomètre)	2	2	3	12	Contrôle état des brides et remplacement si nécessaire ; Minimiser le nombre de coudes ;
		Conduite de transfert du coke pulvérisé		Bouchage ;	Pas d'air de transport (arrêt surpresseur)	Bourrage de la pompe et fuites de la matière au niveau de la trémie ce qui engendre l'arrêt	Salle de contrôle	1	2	3	6	Débouillage ;



					Bruit anormale	Jeu insuffisant entre le clapet anti-retour et le nez de vis ;	Débit faible et risque de coincement du clapet ;	Auditive ;	1	2	2	4	Contrôle systématique du jeu entre clapet et nez de la vis ;  Révision de la pompe ;
			Roulement	Guidage	Usure	Environnement poussiéreux	Usure prématuré ;  Vibration du surpresseur ;	Contrôle pendant la révision (mesure par jeu de calle)	3	3	2	12	Assurer un bon alignement de la transmission ;  Remplacement systématique ;
			Palier (fixe et libre)	Supporter les roulements	Cassé	Le bâti n'est pas bien positionné ;	Arrêt de la pompe		2	2	2	8	Contrôle état des paliers et remplacement si nécessaire (si la valeur de la vibration dépasse une limite précise);
			Les garnitures d'étanchéité	Eviter les fuites de la matière	Usure ;	air de barrage insuffisant ;	La pénétration de la matière dans le joint ;  Endommagement des roulements ;	Fuite matière à l'extérieure ;	3	3	2	12	Remplacement systématique ;
			Les douilles	Protéger le corps de la pompe contre l'usure	Usure	Corps étrangers ;	mouvement oscillant par rapport à l'axe ;	Contrôle pendant la révision de la pompe ;	2	2	1	4	Remplacement systématique des douilles anti-usure ;

							endommagement des roulements ;						
Dépoussiéreur F631	La filtration le dépoussiérage et la dépression de la pompe F630	Manches filtrantes	Assurer la filtration	Mal fonctionnement ;	Manche mal montée	Disfonctionnement de l'opération de filetage ;  Rejet de l'émission importante ;	Visuelle (émission de gaz sale)	2	2	1	4	Bon entretien du montage des manches filtrantes ;  Nettoyage de la chambre d'air propre ;	
				Manche crevée ;	Humidité - température	Dysfonctionnement de la machine		3	2	2	12	Remplacement des manches ;	
		Vanne de diaphragme membrane	Dépoussiérage	Déchirée ou percée (vanne non conforme)		Déclin de la pression – colmatage immédiate des manches		2	2	2	8	Remplacement immédiat des manches	
		Séquenceur – TIMER	Dépoussiérage	Défaut électrique ;	Arrêt du dépoussiéreur	Mal fonctionnement du nettoyage automatique des manches ;		1	2	2	4		
		Ventilateur de tirage	Assurer le tirage de la matière	Colmatage des hélices	Manches défectueuses	Filtration insuffisant ;		2	3	1	6	Nettoyage ;  Remplacement des manches filtrantes	

Bloc Surpresseur F15J01A	La surpression d'air atmosphérique	Courroies	Transmission de mouvement	Cassé	Désalignement	Arrêt de surpression	Visuelle	1	3	3	6	Remplacement ;  Assurer un bon alignement des poulies /courroies
		Poulie	Transmission de mouvement	Usure	Patinage	Surcharge Moteur	Visuelle	1	2	3	6	Entretien systématique
		Roulements	Guider en rotation	Roulements défectueux ;	Mauvaise lubrification des roulements ;  Joints défectueux ;	Bruit anormale d'équipement ;  Vibration ;  Désalignement de la transmission ;	Auditive	3	3	2	12	Contrôle le niveau d'huile ;  Respecter les jeux de montage, les ajustements ;  Changement systématique
		Joints d'étanchéité	Assurer l'étanchéité	Usure	Fatigue	Dégradation d'huile ;  Fuite d'huile dans le local ;	Fuite de matière ;	3	3	2	18	Remplacement systématique
		Manomètres au refoulement	visualiser la pression au refoulement du surpresseur	Dysfonctionnement	Impureté	Pas d'induction de pression	Visuelle	2	2	1	4	Remplacement ;
		Ventilateur	Refroidissement de surpresseur	Hélices cassé	Corps étranger	Augmentation de la température du surpresseur	Visuelle	3	2	1	6	Remplacement ;

		Les segments (arrêt d'huile)	Assurer l'étanchéité ;	Usure /dégradation	Fatigue	Fuite d'huile dans la chambre de compression ;	Fuite d'huile au niveau des événements	3	3	2	18	Remplacement systématique ;
		Piston rotatif	Générateur de débit	Usure	Roulement cassé	Vibration du surpresseur ;	Contrôle pendant la révision	3	1	2	6	Entretien systématique ; Remplacement du surpresseur si nécessaire ;
		L'huile	Lubrification	dégradation ; fuite d'huile ;	Manque d'étanchéité ;	Echauffement ; Mauvaise lubrification ;	Analyse d'huile	2	3	1	6	Contrôle d'huile systématique ; Remplacement des joints d'étanchéités ;
Bloc surpresseur F15J01B secours		Courroies	Transmission de mouvement	Usure	Désalignement ; Surcharge ;	Vibration ; Surcharge moteur ;	Contrôle pendant la révision	3	2	1	6	Contrôle état de courroie ; Bon alignement de la courroie ;
		Poulie	Transmission de mouvement	Cassure	Choc au corps étranger ; Fatigue	Vibration	Visuelle	2	2	1	4	Remplacement ;
		Moteur	L'entraînement	Echauffement	Surcharge	Déclenchement	Indication de la salle de contrôle	1	2	2	4	Contrôle systématique ;

			Roulements	Guider en rotation	Cassé	Mauvaise lubrification des roulements ; Tension courroie excessive ;	Vibration de surpresseur ; Surcharge moteur d'alimentation ;		2	2	2	8	Assurer une bonne lubrification des roulements ; Contrôle état du disque de barbotage d'huile ; Assurer la présence d'huile suffisant ;
			Joints d'étanchéité (arrêt d'huile)	Assurer l'étanchéité	Usure	Poussière	Dégradation d'huile	Fuite à l'extérieure	2	1	2	4	Remplacement systématique ; Nettoyage du local de surpression ;
			Les segments (arrêt d'huile)	Assurer l'étanchéité ;	Usure	Fatigue	Fuite d'huile dans la chambre de compression d'air	Fuite au niveau des événements	2	2	2	8	Remplacement systématique des segments
			Engrenage	Transmission de mouvement	Usure ; Grippage ;	Fatigue de contact ; Surchauffe ;	Vibration ; Arrêt ;	Auditive (bruit anormale)	2	2	2	8	Remplacement
			Piston rotatif	Générateur de débit	Usure ;	Roulement cassée ;	Vibration	Contrôle pendant la révision	3	3	2	18	Remplacement du surpresseur ; Remplacement systématique des

					Durée de vie terminée ;								roulements et des joints d'étanchéité ;
			L'huile	Lubrification	Dégradation	Poussière, Impureté ; Contamination ; Débris ; Echauffement excessif ; Durée de vie écoulée ;  La dégradation d'étanchéité (l'entrée de la poussière et coke dispersée dans l'installation)	Mauvaise lubrification ;  Echauffement ;	Analyse d'huile	2	3	1	6	Analyse d'huile  Contrôle systématique  Changement d'huile après écoulement de sa durée de vie
Aéro – réfrigérant	Le refroidissement de l'air surpressé				Bouchage	Retour de la matière ;	Arrêt aéro-réfrigérant ;  Arrêt d'expédition vers le précalcinateur		2	3	2	12	Nettoyage ;  Mettre un clapet anti retour à la sortie du surpresseur ;
Conduite de transfert 3 D160	Transférer le coke de pétrole				Bouchage	Arrêt de la surpression d'air ou arrêt de la pompe	Arrêt transfert		1	3	2	6	Débouchage et entretien pompe /surpresseur

## ANNEXE A6-1 : Planning annuel de maintenance préventive

Code équipement		Intervention	Code gamme SAP	Périodicité (s)	durée (min)	Les semaines																																																			
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Surpresseurs andersoll rand (F15J01 A)																																																									
F15J01		vérification de l'état des courroies (usure;tendance ...)		25	40	*																																															*				
F15J01		Vérification de l'alignement des poulies (arbre /piston rotatif)		25	30	*																																															*				
F15J01		Le contrôle de la soupape de sécurité		17	15	*													*																																*						
F15J01		Le contrôle du clapet anti retour		17	45													*																																		*					
F15J01		Nettoyage du filtre d'air		17	30	*												*																																		*					
F15J01		vérification et nettoyage du Coulisse d'entrée d'air/ de sortie d'air (version capoté)		6	20	*				*			*					*											*																												
F15J01		Contrôle du jeu roulement F15J01A		25	80	*																																														*					
F15J01		la révision générale du bloc de surpression		2.5 ans	480																																																				
F15J01		Vérification du niveau d'huile		1fois/sem	5																																																				
F15J01		l'entretien du moteur d'entrainement		2	30	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			

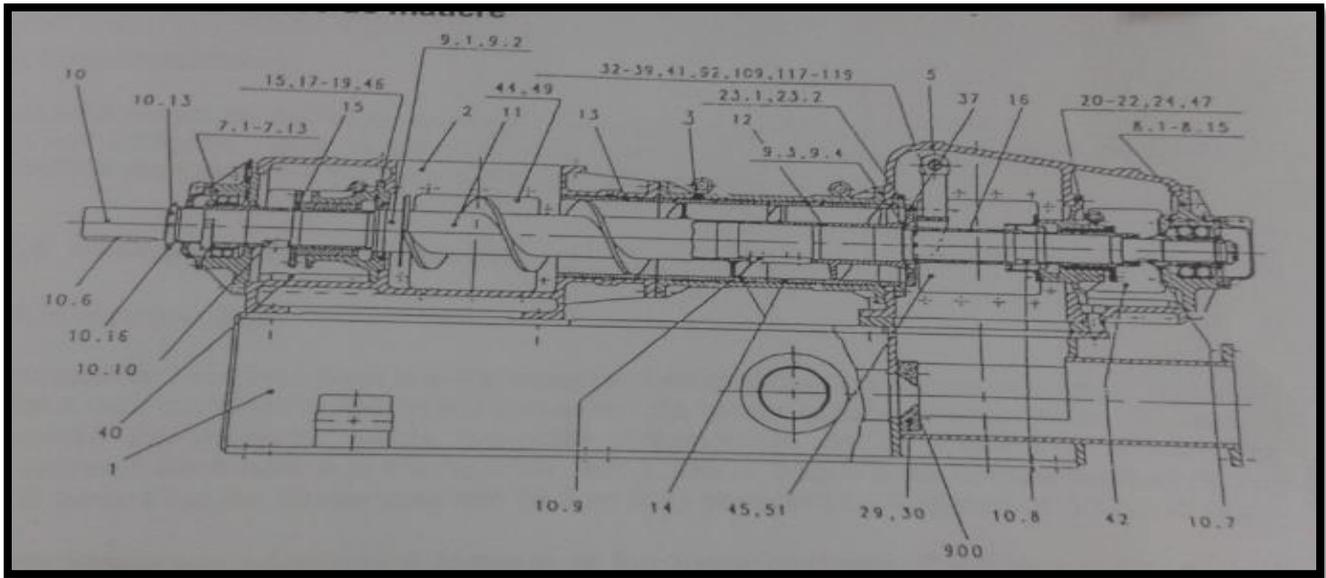
Pompes Claudius Peters( F15N02 )																											
F15N02	Contrôle et réglage de l'écart entre le clapet anti retour et le nez de la vis	25	240	*																							*
F15N02	Vérification l'alignement de la douille anti usure, le nez de la vis et la vis sans	25	240	*																							*
F15N02	Contrôle de l'état des poulies et courroies	2	30	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
F15N02	Contrôle de la vibration de la pompe	2	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
F15N02	Contrôle du fonctionnement du bras de levier et clapet anti retour	2	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
F15N02	Vérification du jeu des roulements	25	120	*																						*	
F15N02	Vérification de la Fuite de la matière sur les garnitures	2	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
F15N02	Contrôle des pressions de fonctionnement et la présence d'air de	2	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
F15N02	Contrôle de L'étanchéité de la pompe (carter, joints...)	2	120	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

Le dépoussiéreur F615																											
F615	Vérification de l'état de la chambre d'air	25	30	*																						*	
F615	Vérification de l'état des éléments filtrants (les manches)	25	80	*																						*	
F615	Contrôle de la perte de charge des filtres	4	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
F615	vérification du système d'injection d'air de nettoyage	25	120	*																						*	
F615	contrôle de la vibration du ventilateur	17	40	*						*											*					*	
F615	Contrôle d'état du ventilateur	52	120				*																				

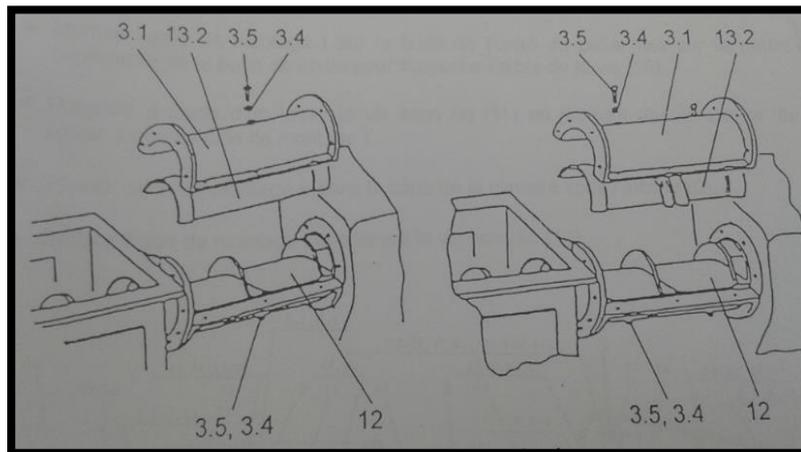
## ANNEXE A6-2 : Gammes opératoires

		<b>GAMME OPERATOIRE</b>		<b>N°:</b> <b>Période:</b> Suivant visite <b>Durée:</b> 24 Heures
<b>Atelier:</b>	<b>COKE DE PETROLE</b>	<b>Equipement:</b>	<b>POMPE D'EXPEDITION</b>	
<b>Description opération:</b>				
<b>Réglage de l'écart entre le clapet anti-retour et le nez de la vis</b>				
<b>PRECAUTIONS IMPERATIVES AVANT ET PENDANT LE FONCTIONNEMENT :</b> <b>Le port des équipements EPI est obligatoire.</b> <b>Agir avec précaution ,Balisage des alentours des lieux de travail.</b> <b>Le moteur doit impérativement être coupé de son alimentation</b> <b>Lors d'un capot ouvert ou non existant , utiliser des gants de protection pour toucher les parois chaudes du corps !!</b> <b>Utiliser des protèges oreilles lorsque le groupe est en service</b> <b>Eloigner toute matière solide , liquide ou pévurilient de la zone d'aspiration</b> <b>Ne pas laisser fonctionner si les raccords électriques , le carter de la transmission et la soupape de sécurité présentent des défauts ou ne sont pas montés</b> <b>Avant toute intervention observer la notice du fabricant et la réglementation concernant la protection</b>				
<b>MODE OPERATOIRE</b>				
<b>PHASE</b>	<b>DESCRIPTION DE PHASE</b>			<b>DUREE</b>
1	<b>Démontage du clapet anti retour et de la vis</b>			10
2	<b>Démontage du nez de la vis</b>			3
3	<b>montage du clapet anti-retour</b>			4
4	<b>réglage de l'ecart</b>			2
<b>PHASE</b>	<b>SOUS PHASE</b>	<b>description des travaux</b>		
1	1.1	<b>Démontage du clapet anti-retour et de la vis</b>		
	1.2	Débrancher le moteur (Sce électrique)		
	1.3	Démonter le carter de la pompe		
	1.4	Desserrer les boulons de fixation		
	1.5	Retirer le clapet anti-retour		
	1.6	Nettoyer le clapet		
	1.7	S'assurer que la vis est centrée		
	1.8	Vérifier le jeu entre la nez de la vis et le clapet anti-retour		
		<b>Démontage du nez de la vis et de la vis</b>		
2	2.1	Démonter la conduite d'air de barrage, l'unité du palier fixe, et le joint d'étanchéité de l'arbre		
	2.2	Démonter la partie supérieur du corps de la vis 3.1		
	2.3	Retirer la partie supérieure de la douille anti-usure 13.2		
	2.4	Introduire l'outil entre la douille et le filet du nez de la vis 12 et retirer celle-ci en faisant levier		
	2.5	Démonter la conduite d'air de barrage, l'unité du palier fixe, le joint d'étanchéité de l'arbre et le nez de vis		
	2.6	Démonter la clavette 10.9, pour cela retirer les deux vis de maintien à tête cylindrique 10.17, retirer la vis à tête cylindrique 10.21 placée entre, au		
	2.7	Retirer le couvercle 44 de la boîte d'entrée 2		
	2.8	Monter sur la bride de l'unité du palier fixe sur la partie supérieure de la boîte de sortie pour supporter l'arbre de la vis 10		
	2.9	Pousser à l'aide d'un levier la vis sans fin 11 en prenant appui contre les spires		
	2.10	Enlever la vis sans fin		





**Dessin de la pompe d'expédition du coke de pétrole**



La vis sans fin (11) et son nez de vis (12) tournent dans le corps de la pompe (3). La matière à transporter est poussée vers l'extrémité du corps de la pompe et comprimée dans la partie supérieure de la boîte de sortie (5). La vis sans fin, chargée de matière et le clapet de non-retour (37) assure l'étanchéité contre la pression de l'air de transport.

Le clapet de non-retour régule le flux de matière à transporter en provenance de la vis sans fin et contribue ainsi à la formation du « bouchon de matière » à l'extrémité de la vis sans fin.

En cas de ralentissement de l'alimentation en matière, le clapet de non-retour se ferme provisoirement pour que le bouchon puisse se former. Ce mode de fonctionnement doit cependant être évité pour empêcher les retours de l'air dans le boîtier d'arrivée (2).

Le corps de pompe est équipé de douilles (13 et 23.1), qui la protègent de l'usure due à la matière à transporter en raison de la pression radiale accrue à l'extrémité de la vis.

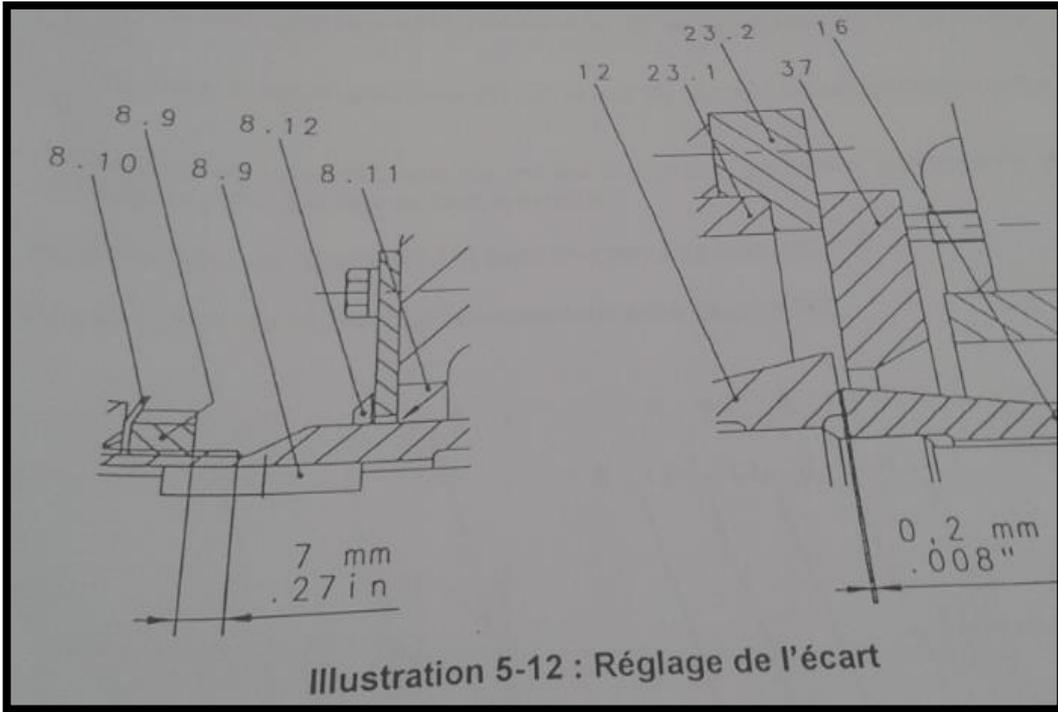
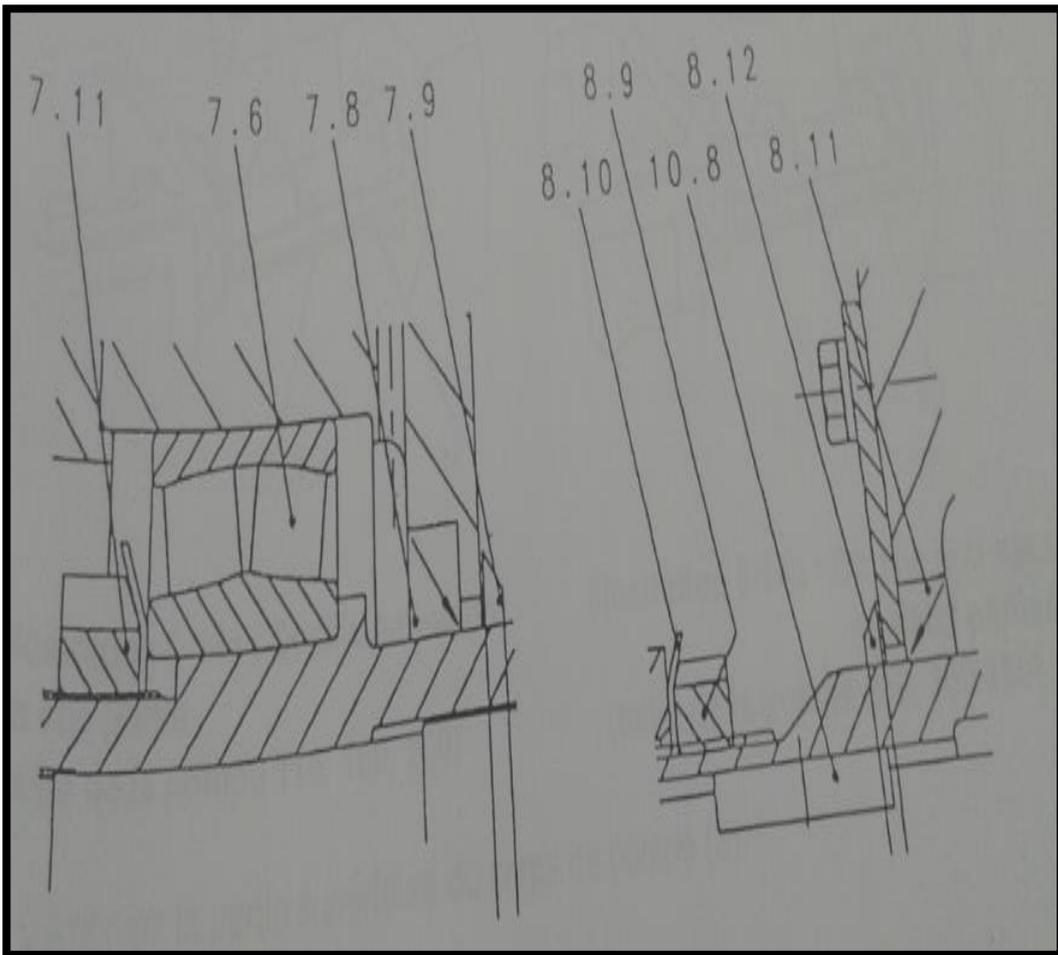


Illustration 5-12 : Réglage de l'écart





## GAMME OPERATOIRE

N°:  
 Période: Suivant visite  
 Durée: 18 heures

Atelier: **COKE DE PETROLE**      Equipement: **POMPE D'EXPEDITION**

Description opération:

Contrôler le fonctionnement du bras de levier

### PRECAUTIONS IMPERATIVES AVANT ET PENDANT LE FONCTIONNEMENT :

**Le port des équipements EPI est obligatoire.**

**Agir avec précaution ,Balisage des alentours des lieux de travail.**

**Le moteur doit impérativement être coupé de son alimentation**

**Lors d'un capot ouvert ou non existant , utiliser des gants de protection pour toucher les parois chaudes du corps !!**

**Utiliser des protèges oreilles lorsque le groupe est en service**

**Eloigner toute matière solide , liquide ou péluvriente de la zone d'aspiration**

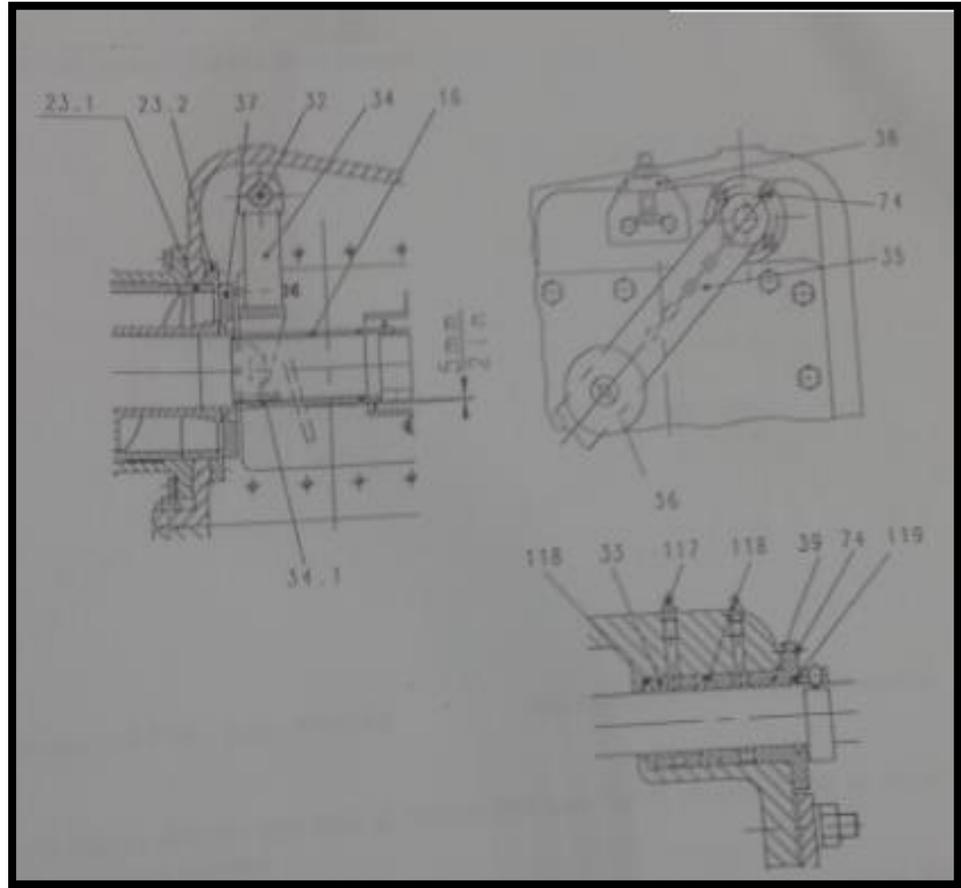
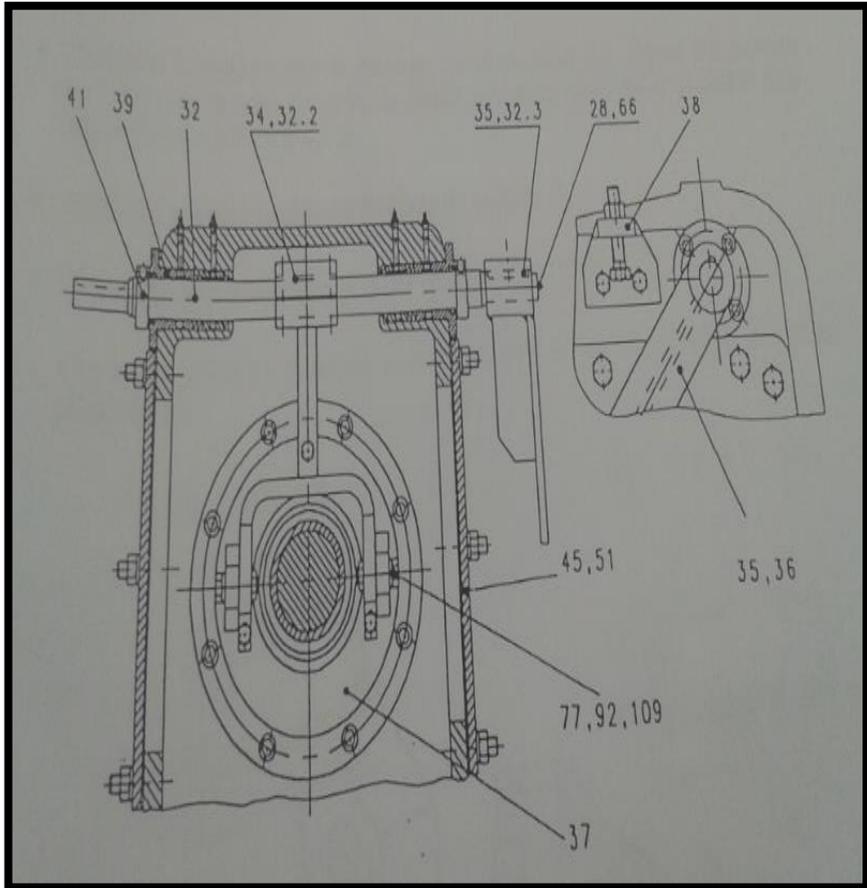
**Ne pas laisser fonctionner si les raccords électriques , le carter de la transmission et la soupape de sécurité présentent des défauts ou ne sont pas montés**

**Avant toute intervention observer la notice du fabricant et la réglementation concernant la protection**

### MODE OPERATOIRE

PHASE	DESCRIPTION DE PHASE	DUREE
1	<b>Démontage du bras de levier</b>	6
2	<b>réglage et vérification</b>	6
3	<b>montage du bras de levier</b>	6

PHASE	SOUS PHASE	description des travaux
1		<b><u>Démontage</u></b>
	1.1	Démonter la conduite d'air de barrage,l'unité du palier fixe, la garniture de l'arbre, la garniture de l'arbre de sortie et la douille anti usure
	1.2	Dévissez l'écrou hexagonal 92 et la vis à tête hexagonale 77
	1.3	Démonter le dispositif de butée 38 du bras de levier 35
	1.4	Enlever la guipille et la rondelle
	1.5	Enlever l'axe pour désaccoupler l'amortisseur
	1.6	Levez le levier du clapet 34 et fixer le bras de levier dans cette position
	1.7	Retirer le clapet
2		<b><u>Réglage</u></b>
	2.1	Le bras du levier du clapet 34 et la douille en deux parties sont fixées sur l'arbre de levier 32 à l'aide de quatre vis à tête cylindrique 74
	2.2	Les joints à lèvres de l'arbre (33, 39, 118) sont graissées (117)
	2.3	Régler la butée de levier 38 au moyen de la vis et du contre écrou de sorte que l'espace entre le clapet anti retour et la douille anti-usure soit de 5 mm
3		<b><u>Vérification</u></b>
	3.1	Vérifier la fixation du levier du clapet anti-retour sur l'arbre
	3.2	Vérifier le fonctionnement du bras de levier du clapet anti-retour
	3.3	Si le levier du clapet anti-retour est lâche au niveau de l'arbre du clapet, réparer l'accouplement par clavette



## GAMME DE VISITE PREMIER NIVEAU-MECANIQUE

Gamme N°:

**Code équipement :** F15N02 ; F424; F630

**Désignation équipement :** Pompe d'expéditions

### CONSIGNE DE SECURITE :

port des équipements EPI (casque, lunettes de protection, gants et chaussures de sécurité) est obligatoire.

Agir avec précaution.

Consignation de l'équipement

### Environnement et sécurité

#### ELEMENTS A VISITER :

#### Groupe de commande (principale)

##### Pompe d'expéditions

1. Contrôler les pressions de fonctionnement
2. Vérifier les fuites de la matière sur les granitures
3. Vérifier la présence d'air de barrage

Phase	S/phase	Description	Période	Type visite	
				Marche	Arrêt
10	10.01	<b><u>Environnement et sécurité:</u></b>	2S	X	
		<b><u>1. Propreté :</u></b>			
	10.02	Contrôle de la propreté de 1 équipement			
		Contrôle du nettoyage des alentours			
20	20.01	<b><u>2. Sécurité</u></b>	2S	X	
		Contrôle des protections collectives (carters, gardes corps)			
	20.02	Contrôle état des escaliers, caillebotis			
30	30.01	<b><u>Groupe de commande :</u></b>	2S	X	
		<b><u>Commande principale :</u></b>			
		<b><u>1. Moteur principal :</u></b>			
		Contrôle température des paliers			
	30.02	Contrôle bruit			
	30.03	Contrôle de la fixation des pattes du moteur			
60	60.01	<b><u>Pompe d'expéditions</u></b>	2S	X	
		<b><u>1. Les pressions de fonctionnement</u></b>			
		Contrôle de la pression à l'entrée et à la sortie de la pompe			
		Air de transport :			
		« 0-2.5bars »			
		Pression de refoulement :			
		« 0-4bar »			
	60.02	Vérifier la zone d'alimentation en matière de la pompe			
	60.03	Vérifier le rapport des pressions dans la zone d'alimentation			
70	70.01	<b><u>2. Les fuites sur les garnitures et vibration</u></b>	2S	X	
		Contrôle du carter de protection			
		Contrôle l'état des douilles			
		Contrôle de la présence de fuite d'huile			
		Régler les robinets (les vannes)			
	70.02	contrôler le fonctionnement du bras de levier			
	70.03	contrôler la vibration de la pompe			
	70.04	Contrôler l'alignement des accouplements			
80	80.01	<b><u>3. Air de barrage :</u></b>	2S	X	
		Vérifier le raccord d'air de barrage , le cas échéant retirer le bouchon de matière à transporter			
		Régler la quantité d'air de barrage comme indiqué dans les spécifications			
	80.02				
		Air de barrage entrée :			
		« 0-1.6 bars »			
		Air de barrage sorti :			
		« 0-4bar »			

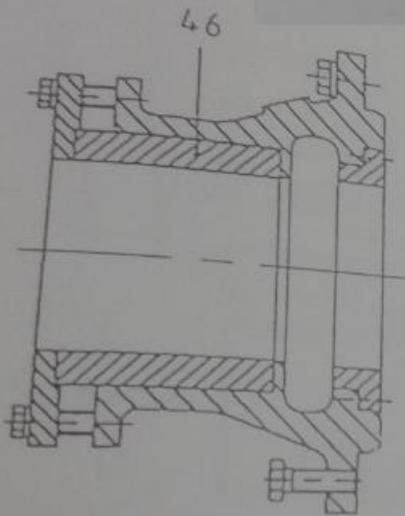


Illustration 2-3a : Zone d'entrée

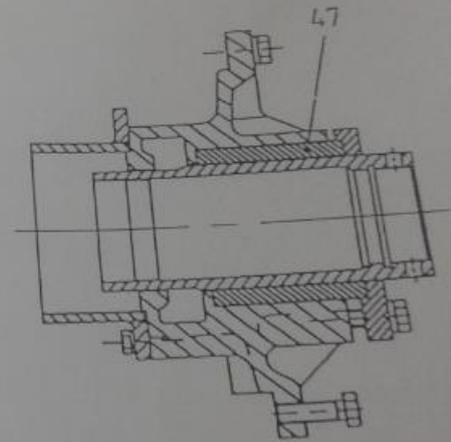


Illustration 2-3b : Zone de sortie

La garniture d'étanchéité de l'arbre se présente sous la forme d'un labyrinthe asymétrique (46 et 47). Avant la garniture se trouve dans le boîtier un canal d'air de barrage. Dans ce canal, circule de l'air qui empêche la pénétration de la matière à transporter dans le joint d'étanchéité. La différence nécessaire entre la pression de l'air de barrage et la pression plus basse de la zone d'alimentation est réglée à l'aide d'un robinet à boisseau sphérique. Elle est lue sur le manomètre correspondant.

Une pression trop élevée de l'air de barrage à l'admission empêche l'arrivée de la matière à transporter vers la vis et accélère l'usure de l'arbre de la vis sans fin.

### Vérification des fuites sur les garnitures d'étanchéité



## GAMME OPERATOIRE

N°: GIPM-F15J01A-M1-01  
 Période: Suivant visite  
 Durée: 18 Heures

Atelier: coke de pétrole      Equipement: F15J01A-M1

# REVISION DU SURPRESSEUR HIBON TYPE SN H 811MA

1. Sécurité
2. Environnement, propreté
3. Mode opératoire
4. Ressources
5. Matériels
6. Outillages
7. Documents

### 1. SECURITE:

Etablir un plan de prévention  
 Le port des équipements EPI est obligatoire.  
 Agir avec précaution.  
**Consignation moteur principal suivant la procédure de consignation**

### 2. ENVIRONNEMENT:

Rangement, nettoyage de l'aire de travail (avant, pendant et après l'intervention)  
 Respecter la procédure de nettoyage des polluants :

### 3. MODE OPERATOIRE:

Page 1

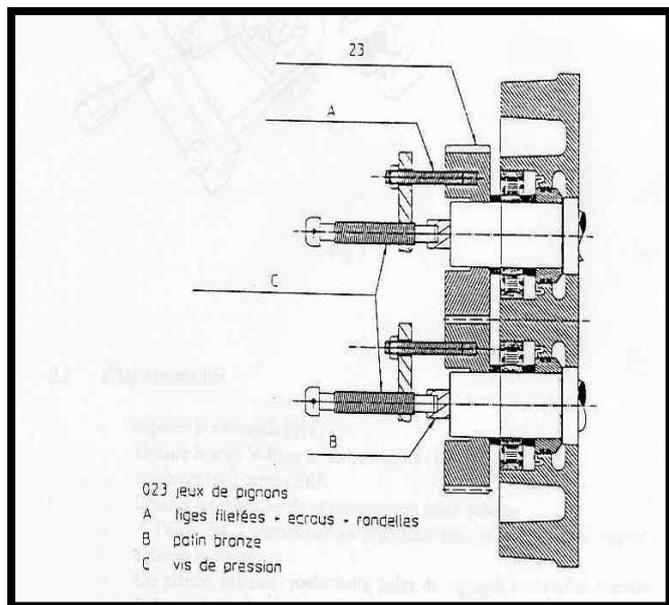
Phase	Description des phases	Durée
1	Démontage du suppresseur	4
2	Révision du suppresseur	10
3	Montage du suppresseur	4

Phase	S/Phase	Description des travaux
1		<b>Démontage du suppresseur (Voir plan de détail)</b>
	1	Démonter le carter du suppresseur
	2	Démonter le carter de l'entraînement
	3	Détendre les courroies
	4	Démonter les courroies d'entraînement
	5	Démonter le filtre à air et le silencieux
	6	Démonter la manchette
	7	Démonter le clapet anti retour installer au refoulement
	8	Démonter les boulons de fixation du surpresseur
	9	Braquer le surpresseur
	10	Soulever le surpresseur à l'aide du palan du local
	11	Déplacer le surpresseur jusqu'à la porte
12	Transporter le surpresseur à l'atelier	
2		<b>Révision du surpresseur (Voir plan de détail)</b>
		<b>Démontage</b>
	1	Déposer la poulie et ma magiegripe
	2	Vidanger le carter d'huile rep 8 en enlevant le bouchon de vidange
	3	Repérer plateau coté commande rep 7 et corps rep 1
	4	Repérer plateau coté opposé rep 6 et corps rep 1
	5	Repérer le couvercle coté commande rep10 et le plateau rep 7
	6	Repérer carter coté opposé commande rep 8 et le plateau
		<b>Coté opposé commande</b>
	1	Déposer le carter d'huile après avoir vidanger
	2	Débloquer les vis rep 8 et les retirer ainsi que les rondelles rep40
	3	Repérer les pignons
4	Donner quelques coups de maillet su les faces de pignons afin décoller les éléments coniques de serrage	
5	Si le pignon et dur en utilise un extracteur comme représenté Fig 1	
6	Chasser les goupilles de positionnement corps-plateau	
7	Extraire le plateau à l'aide d'un extracteur comme présenté Fig 2	
8	opérer par pression simultanées sur les deux arbres du plateau	
9	Extraire les roulements rep 19 et les bagues porte segments rep 14	

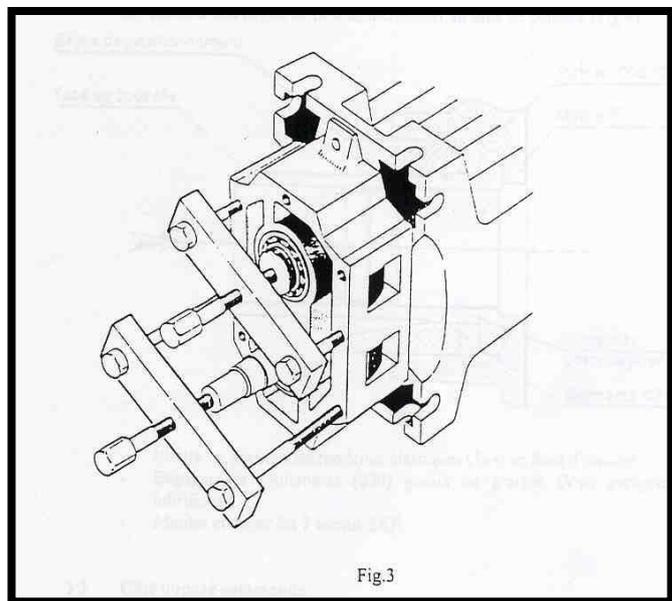
		<b>Coté commande</b>							
	<b>1</b>	Déposer le couvercle rep 10							
	<b>2</b>	Extraire le joint V6-Ronde sortie de l'arbre rep 119							
	<b>3</b>	Démonter les deux écrous							
	<b>4</b>	Chasser les goupilles de positionnement corps plateau							
	<b>5</b>	Extraire le plateau à l'aide d'un extracteur comme présenté Fig 2							
	<b>6</b>	opérer par pression simultanées sur les deux arbres du plateau							
	<b>7</b>	Du plateau extraire : roulements et rondelles élastiques et bagues de porte-segments							
		<b>Montage</b>							
		<b>Coté commande</b>							
	<b>1</b>	Engager les deux lignes d'arbres en les positionnant comme indiqué Fig 3							
	<b>2</b>	Positionner et goupiller le plateau rep 7 et fixer le par 2 vis							
	<b>3</b>	Engager les entretoises rep15 munies de leurs segments rep 38 dans le plateau							
	<b>4</b>	NB: On utilisera une bague de positionnement et un tube de poussée Fig 4							
	<b>5</b>	Mettre en place les rondelles élastiques rep 144 en fon d'alésage							
	<b>6</b>	Engager les roulements rep 20 garnis de graisse							
	<b>7</b>	Monter et serrer les deux écrous SKF							
	<b>8</b>	<b>Coté opposé commande</b>							
	<b>9</b>	Emmancher les entretoises rep 14 munis de leurs segments rep 14							
	<b>10</b>	Emmancher les défectueuses rep 16							
	<b>11</b>	Emmancher les roulements rep 19							
	<b>12</b>	Engager les entretoises de pignons							
	<b>13</b>	Emmancher les pignons sur les arbres en mettant en coincidence les repères							
	<b>14</b>	Après les avoir légèrement huilés, monter les anneaux coniques de serrage rep 39							
		<b>Réglage fig 5</b>							
	<b>1</b>	Mettre en place la vis centrale rep 41 et bloquer le pignon commandeur Couple de serrage 200 mM							
	<b>2</b>	Positionner les mobiles à 30° , interposer entre eux une cale d'épaisseur proche du théorique*							
	<b>3</b>	Bloquer le pignon comandé							
	<b>4</b>	Vérifier la libre rotation ainsi que le jeux à 30°							
	<b>5</b>	Eventuellement recommencer l'opération en changeant l'épaisseur de la cale							
	<b>6</b>	Remonter le carter d'huile rep8 en refaisant le joint d'étanchéité							
	<b>7</b>	Remplir le carter d'huile							
	<b>8</b>	Transporter le surpresseur sur site							

### Les documents :

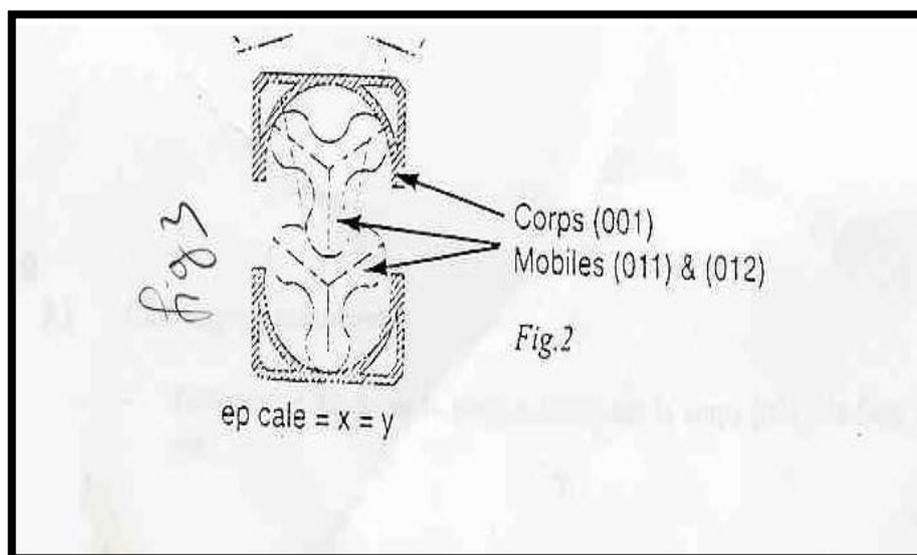
**Fig. 1:extraction des pignons :**



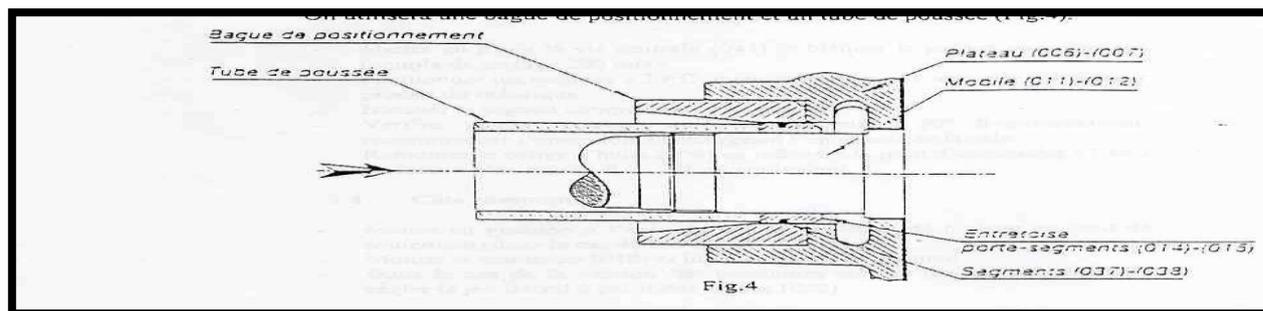
**Fig. 2:extraction plateau :**



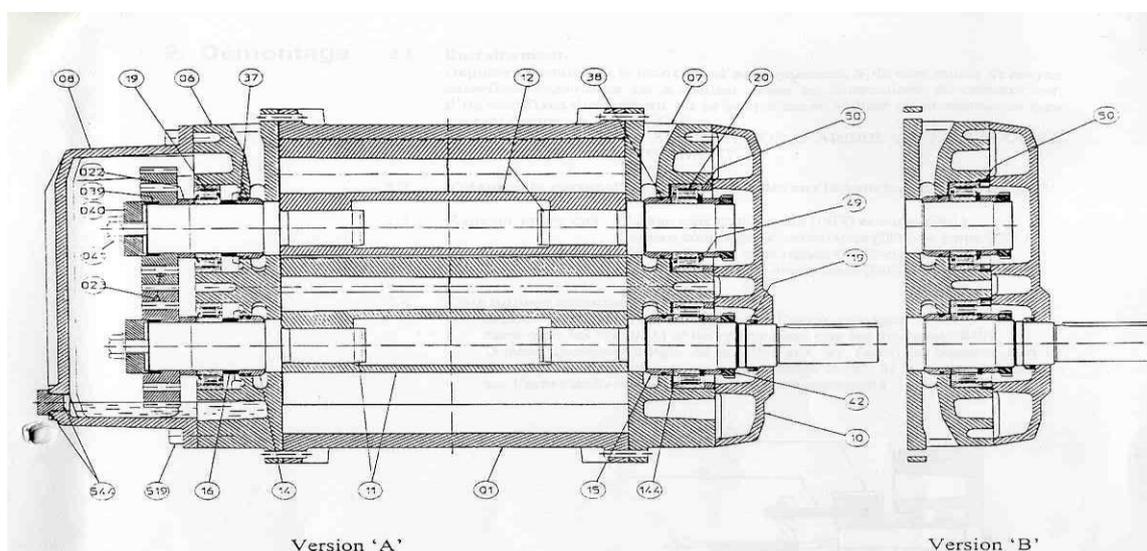
**Fig 3:position des arbres :**



**Fig 4: Engagement des entretoises munies de leurs segments dans le plateau**



**Plan de détail du surpresseur:**



Rep	Désignation	Nb	Rep	Désignation	Nb
001	Corps	1	038	Segment côté. Cde	2
006	Plateau opp. Commande	1	039	Éléments de serrage*	2/4
007	Plateau côté commande	1	040	Rondelle de blocage	2
008	Carter	1	041	Vis HM de blocage (classe 10.9)	2
010	Couvercle	1	042	Ecrou SKF	2
011	Mobile commandeur	1	049	Entretoise	2
012	Mobile commandé	1	050	Version 'A' entretoise 2	2
014	Entretoise porte segments opp. Cde	2	050	Version 'B' écrou de réglage	2
015	Entretoise porte-segments Côté Cde	2	119	Joint V-ring	1
016	Défecteur	2	144	Rondelle élastique	2
019	Roulement opp. Cde	2	519	Vis C.H.C	16
020	Roulement côté cde	2	522	Goupille	4
022	Entretoise	2	544	Visueur d'huile	1
023	Jeu de pignon	2	549	Bouchon	2
037	Segment opp. Cde	4			

Attention : Pour toute commande de pièce de rechange, nous préciser le numéro de série de la machine.

(Voir fig. 5)

## Etapes de la révision des surpresseurs :

Démontage couvercle avant

Mettre une cale en téflon pour éliminer la rotation des aubes



Desserrage des écrous à encoche de fixation des pignons



Démontage disc de barbotage



\*Démontage des pignons :

Remontage des écrous a encoche (maximum 4 filets pour la sécurité)

Mise en place d'une pompe hydraulique de 4000 bar au niveau des embouts

Pomper l'huile avec la pompe jusqu'à l'extraction du pignon

Démontage des goupilles de centrage du carter



Démonter les arrêts de roulements

Mise en place d'un montage pour extraction carter

Enlèvement des roulements + les chasses gouttes

Chasse des goupilles pour démontage du couvercle de l'autre



## ANNEXE A7 : Modifications apportées à l'atelier

### Changement de la tuyauterie



### Ajout des persiennes

Avant



Après



## Mise en place des accessoires



Manomètre



Vanne de commande

## Déplacement de l'aéro-réfrigérant



Avant



Après

## Réparation du ventilateur extracteur



## L'installation d'un nouveau surpresseur :



## La mise des capots d'insonorisation des surpresseurs :

