



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques de Fès
Département de Génie Industriel



Mémoire de Projet de fin d'études

Préparé par

IDRISSI JAZOULI Asmaa

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat

Spécialité : Ingénierie en Mécatronique

Intitulé

Etude de la centrale hydraulique du refroidisseur
du four 1 et L'élaboration de son plan de
maintenance

Lieu : Société : LAFARGE/Meknès
Réf : 13 /IMT14

Soutenu le 24 Juin 2014 devant le jury :

- Pr. EL HAMMOUMI Président (Encadrant FST)
- Mr. EL ISMAILI (Encadrant Société)
- Pr. ACHIBAT (Examinateur)
- Pr. HAOUACHE (Examinateur)

Résumé

De nos jours, la maintenance joue un rôle primordial dans l'amélioration de la disponibilité des équipements et l'accroissement de leur productivité.

Dans ce sens, il nous a été proposé dans le cadre de mon projet de fin d'études, d'analyser la centrale hydraulique du refroidisseur ETA à couloirs et d'instaurer une politique de maintenance.

Le refroidisseur joue un rôle important vu qu'il est parmi les étapes essentielles de fabrication du ciment. Il est chargé de refroidir le clinker issu du four.

Cependant, cette centrale hydraulique est nouvellement installée d'où le maintien de sa disponibilité est une obligation.

Le caractère critique de la centrale hydraulique vient du fait que son arrêt entraîne l'arrêt de toute la ligne, d'où une perte importante au niveau de la production.

Notre tâche consiste à chercher l'origine des pannes fréquentes, notamment la détérioration de la pompe et le distributeur. Pour ce faire, une étude critique des conditions de fonctionnement de cette centrale a été faite.

Pour mener une étude structurée de base scientifique, nous avons fait appel principalement à l'AMDEC pour l'analyse des modes de défaillances. Ensuite, en se basant sur les résultats de l'AMDEC, des actions préventives ont été proposées pour l'ensemble des éléments. Ces actions sont à mettre en application pour un meilleur fonctionnement et une durée de vie optimale.

Mots clés : centrale hydraulique, AMDEC, Plan de maintenance

Abstract

Nowadays, maintenance plays a crucial role in improving the availability of equipment and increases their productivity.

In this sense, he was offered as part of my graduation project, analyze the hydraulic unit cooler ETA corridors and establish a maintenance policy.

Cooler plays an important role since it is among the essential steps of manufacture of cement. It is responsible for cooling the clinker from the kiln.

However, the hydraulic unit is newly installed where its continued availability is a requirement.

The critical nature of the hydraulic power is that its judgment entails stopping the line, resulting in a significant loss in production.

Our task is to find the source of frequent breakdowns, including damage to the pump and the distributor. To do this, a critical study of the operating conditions of the plant was made.

To conduct a structured scientific base study, we used mainly for FMEA analysis of failure modes. Then, based on the results of the FMEA, preventive measures have been proposed for all elements. These actions are to be implemented for better performance and longer service life.

Keywords : Hydraulic plant, AMDEC, Maintenance plan

Résumé :

De nos jours, la maintenance joue un rôle primordial dans l'amélioration de la disponibilité des équipements et l'accroissement de leur productivité.

Dans ce sens, il nous a été proposé dans le cadre de mon projet de fin d'études, d'analyser la centrale hydraulique du refroidisseur ETA à couloirs et d'instaurer une politique de maintenance.

Le refroidisseur joue un rôle important vu qu'il est parmi les étapes essentielles de fabrication du ciment. Il est chargé de refroidir le clinker issu du four.

Cependant, cette centrale hydraulique est nouvellement installée d'où le maintien de sa disponibilité est une obligation.

Le caractère critique de la centrale hydraulique vient du fait que son arrêt entraîne l'arrêt de toute la ligne, d'où une perte importante au niveau de la production.

Notre tâche consiste à chercher l'origine des pannes fréquentes, notamment la détérioration de la pompe et le distributeur. Pour ce faire, une étude critique des conditions de fonctionnement de cette centrale a été faite.

Pour mener une étude structurée de base scientifique, nous avons fait appel principalement à l'AMDEC pour l'analyse des modes de défaillances. Ensuite, en se basant sur les résultats de l'AMDEC, des actions préventives ont été proposées pour l'ensemble des éléments. Ces actions sont à mettre en application pour un meilleur fonctionnement et une durée de vie optimale.

Mots clés : centrale hydraulique, AMDEC, Plan de maintenance

Abstract:

Nowadays, maintenance plays a crucial role in improving the availability of equipment and increases their productivity.

In this sense, he was offered as part of my graduation project, analyze the hydraulic unit cooler ETA corridors and establish a maintenance policy.

Cooler plays an important role since it is among the essential steps of manufacture of cement. It is responsible for cooling the clinker from the kiln.

However, the hydraulic unit is newly installed where its continued availability is a requirement.

The critical nature of the hydraulic power is that its judgment entails stopping the line, resulting in a significant loss in production.

Our task is to find the source of frequent breakdowns, including damage to the pump and the distributor. To do this, a critical study of the operating conditions of the plant was made.

To conduct a structured scientific base study, we used mainly for FMEA analysis of failure modes. Then, based on the results of the FMEA, preventive measures have been proposed for all elements. These actions are to be implemented for better performance and longer service life.

Keywords: Hydraulic plant, AMDEC, Maintenance plan

Remerciement

Je tiens à exprimer tout d'abord mon sincère et profonde reconnaissance à Monsieur EL HAMMOUMI. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude pour avoir bien voulu encadrer ce projet et suivre de près les différentes étapes de sa réalisation.

Je ne saurais assez remercier M. ISMAILI ingénieur mécanicien et mon parrain de stage, pour sa disponibilité, son soutien et toutes ses interventions pertinentes durant mon projet.

Je remercie également M. FATIMI, visiteur maintenance, et M. EL AMRANI, M. CHTITEH préparateurs maintenance.

Les critiques constructives et les conseils précieux qu'ils m'ont prodigué, m'ont guidé dans l'élaboration du présent travail.

Je remercie aussi M. LAKHDAR et M. ALLAQUI, Chefs d'équipes pour l'intérêt constant qu'ils ont porté à mon travail.

Je n'oublierai pas le personnel du service mécanique pour son dynamisme, ses conseils et les explications qu'ils ont fournies tout au long de mon projet de fin d'études.

Mes vifs remerciements s'adressent au corps professoral du département génie industriel pour tout le savoir-faire qu'ils m'ont procuré, ainsi que le grand intérêt qu'ils accordent à l'ensemble des étudiants.

Table des matières

I. INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DU CADRE DE TRAVAIL	2
I.1. présentations de LAFARGE MAROC	2
I.2. Présentation de LAFARGE CIMENTS usine de Meknès	3
I.2.a. Dates et chiffres clés	3
I.2.b. Équipements	4
I.2.c. Produits fabriqués	4
I.2.d. Description du Procédé de fabrication du ciment	4
I.3. Mise en situation	8
I.3.a. Contexte du projet	9
I.3.b. Travail demandé (CDC)	9
I.3.c. Méthodologie de travail et outils utilisés	9
CONCLUSION	10
CHAPITRE II : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE HYDRAULIQUE DU REFROIDISSEUR ETA	10
II.1. Description du principe de déplacement du refroidisseur	11
II.1.a. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION	13
II.1.b. DESCRIPTION DES SOUS-ENSEMBLES	13
II.2. Les éléments hydrauliques de la centrale	14
II.2.a. Schéma de la commande hydraulique	14
II.2.b. Analyse du schéma hydraulique	16
CHAPITRE III : ANALYSE DES CAUSES DE PANNES	30
III.1. Présentation de la méthode AMDEC	31
III.1.a. PRINCIPE DE BASE	31
III.1.b. BUT DE L'ANALYSE AMDEC	31
III.1.c. DEROULEMENT DE LA METHODE	32
III.2. AMDEC appliquée sur la centrale hydraulique	32
III.2.a. INITIALISATION	32
III.2.b. DECOMPOSITION FONCTIONNELLE	33
III.2.c. DECOMPOSITION STRUCTURELLE	33
III.2.d. TABLEAU DES FONCTIONS	36
III.2.e. GRILLE DE COTATION	37
III.3. Analyse AMDEC	38
III.3.a. Analyse AMDEC du groupe réservoir et de conditionnement	38
III.3.b. Analyse AMDEC du groupe de Génération	45
III.3.c. Analyse AMDEC du groupe de commande et distribution	49
III.3.d. Analyse AMDEC du groupe Actionneur	52
III.3.e. RESULTATS DE L'ETUDE	55
CONCLUSION	55
CHAPITRE IV: PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE	56
INTRODUCTION	56
IV.1. Définition	56
IV.2. Objectifs	56
IV.3. Démarche d'établissement du plan de maintenance	57
IV.1. Plan de maintenance	57
CONCLUSION	67

CHAPITRE V : RECOMMANDATIONS POUR LE BON FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE HYDRAULIQUE	67
V.1. Généralités	68
V.2. Principaux contrôles à faire	69
CONCLUSION	70
CONCLUSION GENERALE	71
REFERENCE	72
VI ANNEXES	73

Liste des figures

Figure 1 : Implantation de LAFARGE au Maroc.	3
Figure 2 : Processus de fabrication du ciment.....	8
Figure 3: Refroidisseur ETA (Claudius Peters)	12
Figure 4: Principe de déplacement du refroidisseur.....	13
Figure 5: Schéma de la commande hydraulique	16
Figure 6: Réservoir et GEP de conditionnement.....	17
Figure 7: Réservoir et GEP de conditionnement (remplissage).....	18
Figure 8: Bloc de préchauffage du groupe de conditionnement	20
Figure 9: Valve en cartouches en 2 voies.....	20
Figure 10: Groupe de génération.....	22
Figure 11: Bloc de sécurité et de régulation de la pompe	23
Figure 12: Groupe de commande et de distribution.....	24
Figure 13: Centre de commande de déplacement du refroidisseur ETA, EMCC	26
Figure 14: Unité de commande locale mobile, MLCU	26
Figure 15: Station d'E/S distante, RIO1.1.....	27
Figure 16: Groupe actionneur	30

Liste des tableaux

Tableau 1 : Description des différents modules	15
Tableau 2: Décomposition fonctionnelle du groupe Réservoir et GEP de conditionnement...	34
Tableau 3: Décomposition fonctionnelle du groupe Génération	35
Tableau 4: Décomposition fonctionnelle du groupe de commande et de distribution.....	35
Tableau 5: Décomposition fonctionnelle du groupe Actionneur	36
Tableau 6: Les composants d'une pompe et leurs fonctions	37
Tableau 7: Résultat AMDEC du groupe de conditionnement.....	44
Tableau 8: Résultat AMDEC du groupe de Génération.....	48
Tableau 9: Résultat AMDEC du groupe de commande et de distribution.....	51
Tableau 10: Résultat AMDEC du groupe d'actionnement	54
Tableau 11: Gamme préventive d'un distributeur proportionnel.....	60
Tableau 12: Gamme préventive de la pompe à pistons axiaux	63
Tableau 13: Gamme préventive du vérin hydraulique	65

Liste des abréviations

AMDEC : Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité

EMCC : Centre de commande et de déplacement du refroidisseur

E/S : Entrée sortie

GEP : Groupe électropompe

HE : Haute efficacité

HS : Hors service

MES : Mise en service

MLCU : Unité de commande locale mobile

PID : Régulateur « proportionnel intégral dérivé »

RIO1.x : station d'entrée/sortie distante du distributeur x

TC : Capacité de transport

I. Introduction générale

L'industrie cimentière s'est engagée au cours de ces dernières années dans d'importants investissements de telle sorte à augmenter et à diversifier la production afin de satisfaire le besoin croissant du marché.

La volonté de croissance du groupe LAFARGE, leader international des matériaux de construction, s'inscrit dans le cadre d'une stratégie de développement durable ayant pour but de réduire l'impact de la forte concurrence et l'énorme demande des matières de construction.

Pour atteindre cet objectif le groupe LAFARGE a opté pour la mise en place des technologies rigoureuses et efficaces en se dotant des outils de dernière génération adaptés, c'est dans cette nouvelle conjoncture, que la cimenterie de Meknès a entrepris de nombreuses études visant à maintenir son positionnement vis-à-vis de la concurrence. Parmi les aboutissements de ces études, on peut citer les interventions au niveau d'une étape cœur du processus de fabrication du ciment, le refroidissement du clinker.

Le refroidisseur à couloirs utilisé dans l'industrie cimentière a pour fonction de refroidir le clinker d'une façon uniforme tout au long du refroidisseur.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le premier volet de mon projet de fin d'étude qui vise à examiner le fonctionnement de l'unité hydraulique pour la commande des couloirs mobiles du refroidisseur en minimisant les arrêts de production dus aux pannes au niveau des équipements de la centrale hydraulique de ce dernier.

Le déroulement de mon projet de fin d'étude sera détaillé dans le présent rapport selon le plan suivant :

Nous allons commencer par une présentation de l'organisme d'accueil, son procédé de fabrication et le cadre de travail, ensuite nous allons décrire le principe de fonctionnement de la centrale hydraulique du refroidisseur à couloirs. Par la suite Une nouvelle étude est donc incontournable pour analyser les conditions de fonctionnement de cette centrale hydraulique, et leur pannes, afin de remonter aux origines des défaillances, et aboutir aux recommandations générales capables, en cas d'application, de prolonger la durée de vie des éléments constitutifs de la centrale.

Il faut donc effectuer une étude des conditions de fonctionnement de la centrale hydraulique, ainsi que sa maintenance, vu l'importance de cette dernière, en n'oubliant pas l'analyse des pannes.

CHAPITRE I : PRESENTATION DU CADRE DE TRAVAIL

- I.1. Présentation de LAFARGE MAROC**
- I.2. Présentation de LAFARGE usine de MEKNES**
- I.3. Mise en situation**

Dans ce chapitre nous présentons d'une manière générale LAFARGE et plus particulièrement LAFARGE usine de Meknès en tant qu'organisme d'accueil où j'ai effectué mon stage.

I. PRESENTATION DU CADRE DE TRAVAIL

I.1. présentations de LAFARGE MAROC

Leader national de la fabrication des matériaux de construction, Lafarge Maroc est présent à travers ses quatre activités : le ciment, les granulats et béton, le plâtre et la chaux.

- **Activité et implantation :**

- **Ciment** : premier cimentier Marocain avec 4 usines à Bouskoura, Meknès, Tanger et Tétouan.
- **Chaux** : une usine à Tétouan.
- **BPE** : 18 centrales à béton situées à Casablanca, Berrechid, El Jadida, Mohammedia, Rabat, Salé, Meknès, Tanger, Tanger-Med.
- **Granulats** : une carrière à Khyayta (Berrechid).
- **Plâtre** : une usine à Safi.

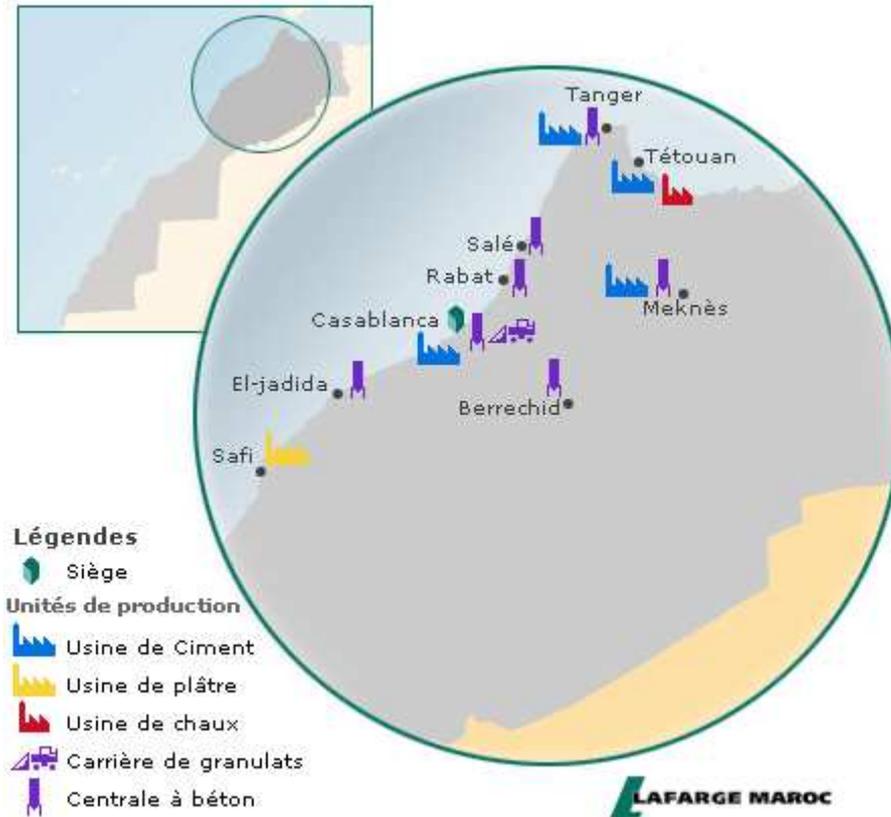


Figure 1 : Implantation de LAFARGE au Maroc.

I.2. Présentation de LAFARGE CIMENTES usine de Meknès

Située au nord-est de la ville, LAFARGE-CIMENTES de Meknès qui avait comme nom : CADEM (Ciment artificiel de Meknès), assure la bonne continuité et le leadership du groupe LAFARGE MAROC, Grâce à son potentiel et à son dynamisme, en réalisant des ventes représentant environ 30% des ventes de Lafarge Maroc et 11.78 % du marché national.

I.2.a. Dates et chiffres clés

- 1953 : Démarrage du premier four, en voie humide, 400 t/j.
- 1971 : Extension des capacités avec l'installation d'un nouveau four de 650 t/j et augmentation de la capacité broyage ciment à 650.000 t.
- 1978 : Nouvelle extension du broyage ciment.
- 1985 : Conversion du four 1 en voie sèche avec installation d'un mini précalcinateur.

-
- 1993 : Nouvelle extension avec démarrage d'une seconde ligne de cuisson d'une capacité de 1.200 t/j clinker.
 - 1998 : Modification du précalcinateur du four 1.
 - 2001 : Installation d'un nouveau broyeur ciment portant la capacité de l'usine à 1.750.000 t.
 - 2002 : Certification ISO 14001.
 - 2008 : Démarrage d'un nouveau refroidisseur four 1.
 - 2014 : Fusion entre HOLCIM et LAFARGE

I.2.b. Équipements

- 2 lignes de cuisson en voie sèche avec conduite entièrement automatisée pilotée par un système expert.
- 3 broyeurs ciment d'une capacité totale annuelle de 1.750.000 tonnes.
- Laboratoire d'analyse permettant d'assurer une logique de contrôle qualité aux différentes étapes de la fabrication.
- Stockage ciment : 7 silos d'une capacité totale de 22.000 t.
- Atelier d'expédition sac et vrac.
- Embranchement particulier à la voie ferrée.

I.2.c. Produits fabriqués

- Ciment portland avec ajouts CPJ45 en sac et en vrac.
- Ciment portland avec ajouts CPJ35 en sac.
- Ciment portland avec ajouts CPJ55 en vrac.

I.2.d. Description du Procédé de fabrication du ciment

a) Définition

Le ciment est une poudre minérale qui a la propriété de former, en présence de l'eau, une pâte capable de faire prise et de durcir progressivement, même à l'abri de l'air et notamment sous l'eau, c'est un liant hydraulique. Il est réalisé à partir du clinker, du calcaire et du gypse dosés et broyés finement. Le produit cru (farine) est obtenu par un broyage fin des matières premières composées essentiellement de calcaires et d'argiles.

La cuisson se caractérise principalement par deux grandes étapes que sont la décarbonatation des calcaires et la clinkérisation du produit.

b) Etapes de production du ciment

Etape1 : Préparation des matières premières

Exploitation de la Carrière :

La carrière en cimenterie constitue la source en matières premières lesquelles subiront des transformations pour fabriquer le produit ciment.

L'extraction des roches se fait par abatage à l'explosif qui consiste à fragmenter le massif exploité, en procédant par :

- Le forage qui est la préparation des trous de mines destinés à recevoir l'explosif.
- La mise en place de l'explosif dans les trous. On procède par chargement de plusieurs trous à la fois selon le plan de tir de façon à provoquer l'arrachement d'un plan de rocher.
- Le sautage, opération qui consiste à faire exploser simultanément toutes les charges explosives, de façon à obtenir l'arrachement de la pierre.

Concassage :

En vue d'optimiser et de faciliter le stockage et la manutention des matières premières, les blocs extraits au niveau de la carrière sont introduits au niveau du concasseur afin de réduire leurs dimensions.

Le concassage consiste à soumettre les matières premières à des efforts d'impact, d'attrition et de cisaillement.

L'usine Lafarge de Meknès dispose de deux concasseurs à marteaux d'un débit de 800 T/h et 400T/h (HAZEMAG et FCB), consommant une puissance de 1,21 MW.

Transporteur des matières premières :

Le transport et la manutention des matières premières sont assurés par des équipements de manutention et des engins mécaniques. Ceux-ci sont très importants lors des phases d'extraction et d'alimentation du concasseur et pour le transport des ajouts.

Quant aux équipements de manutention (bandes, aéroglisseurs, élévateurs,...), ils sont utilisés après l'opération de concassage pour transporter les différentes matières entre les installations de l'usine.

Pré homogénéisation :

La pré homogénéisation des matières premières est une opération qui consiste à assurer une composition chimique régulière du mélange des matières premières. Des échantillons du mélange des matières premières sont prélevés lors de la constitution des tas dans une station

d'échantillonnage, ces échantillons sont analysés au niveau du laboratoire de l'usine. Les résultats de ces analyses permettent de définir les corrections nécessaires à apporter au mélange des matières premières, qui seront dénommées en cimenterie par le cru.

Broyage de cru :

Le broyage du cru est une opération qui consiste à préparer un mélange homogène avec une bonne répartition granulométrique pour assurer les meilleures conditions de cuisson de la farine. La farine obtenue, qui est une poudre fine, est stockée dans des silos après avoir subi une opération d'homogénéisation afin d'obtenir une composition chimique régulière prête à la cuisson.

Dépoussiérage :

Le transport de la farine cru par des aéroglisteurs risque de générer des poussières. Le système de dépoussiérage consiste alors à éliminer les émissions des poussières par l'utilisation des manches ou des électro-filtres (pour une meilleure protection de l'environnement).

Etape2 : Production du clinker

Préchauffage :

Etape incontournable dans les installations de cuisson modernes (voie sèche, semi sèche et semi-humide), le préchauffage permet essentiellement de préparer la farine du point de vue chimique et thermique. Cette préparation consiste à sécher, déshydrater et décarbonater partiellement la matière crue en réutilisant une partie de l'énergie calorifique évacuée par les

gaz d'exhaure du four. Les préchauffeurs permettent d'améliorer donc le rendement thermique global de l'installation de cuisson.

Four rotatif :

Pièce maîtresse de la cimenterie, le four est un tube en acier, légèrement incliné par rapport à son axe (3 à 5%) briqueté intérieurement et pouvant atteindre 200 mètres de longueur et 6 à 7 mètres de diamètre. Dans le four, la matière préparée par l'échangeur amont subit deux transformations chimiques principales :

- La décarbonatation qui commence dans la tour échangeur et qui se complète au début du four.
- La clinkérisation qui s'effectue à une température voisine de 1450°C quand la matière s'approche de la fin du four.

Refroidisseur :

Le rôle des refroidisseurs consiste à garantir la trempe du clinker pour avoir une structure minéralogique et des dimensions de cristaux favorables. Les refroidisseurs permettent aussi de baisser la température du clinker pour faciliter la manutention et le stockage. Il existe plusieurs type de refroidisseurs : refroidisseurs à grilles, refroidisseurs à couloirs ETA

Etape 3 : Broyage du ciment et expédition**Silos à clinker :**

Le clinker, issu du four, est stocké dans des silos qui d'une part, confèrent à l'atelier de broyage ciment (étape suivante) une autonomie de marche en cas d'arrêt intempestif du four et d'autre part, prémunit le clinker d'une dégradation physico-chimique que causerait un stockage prolongé à l'air libre.

Broyage du ciment :

Le clinker et les ajouts, qui sont des matériaux grossiers par rapport à la granulométrie du ciment, sont introduits au niveau du broyeur, dans des proportions prédéfinies, pour subir des efforts mécaniques du broyage et produire ainsi le ciment qui est d'une finesse inférieure à 40 micros. L'atelier de broyage comprend le broyeur, le séparateur (qui sélectionne les particules selon leur grosseur), et le dépoussiéreur du broyeur.

Logistique :

Les expéditions comprennent le stockage du ciment, son conditionnement (ensachage) en cas de livraison par sacs et son chargement. C'est l'interface de l'usine avec le client.

En résumé, le processus de fabrication du ciment peut être présenté par la figure suivante :

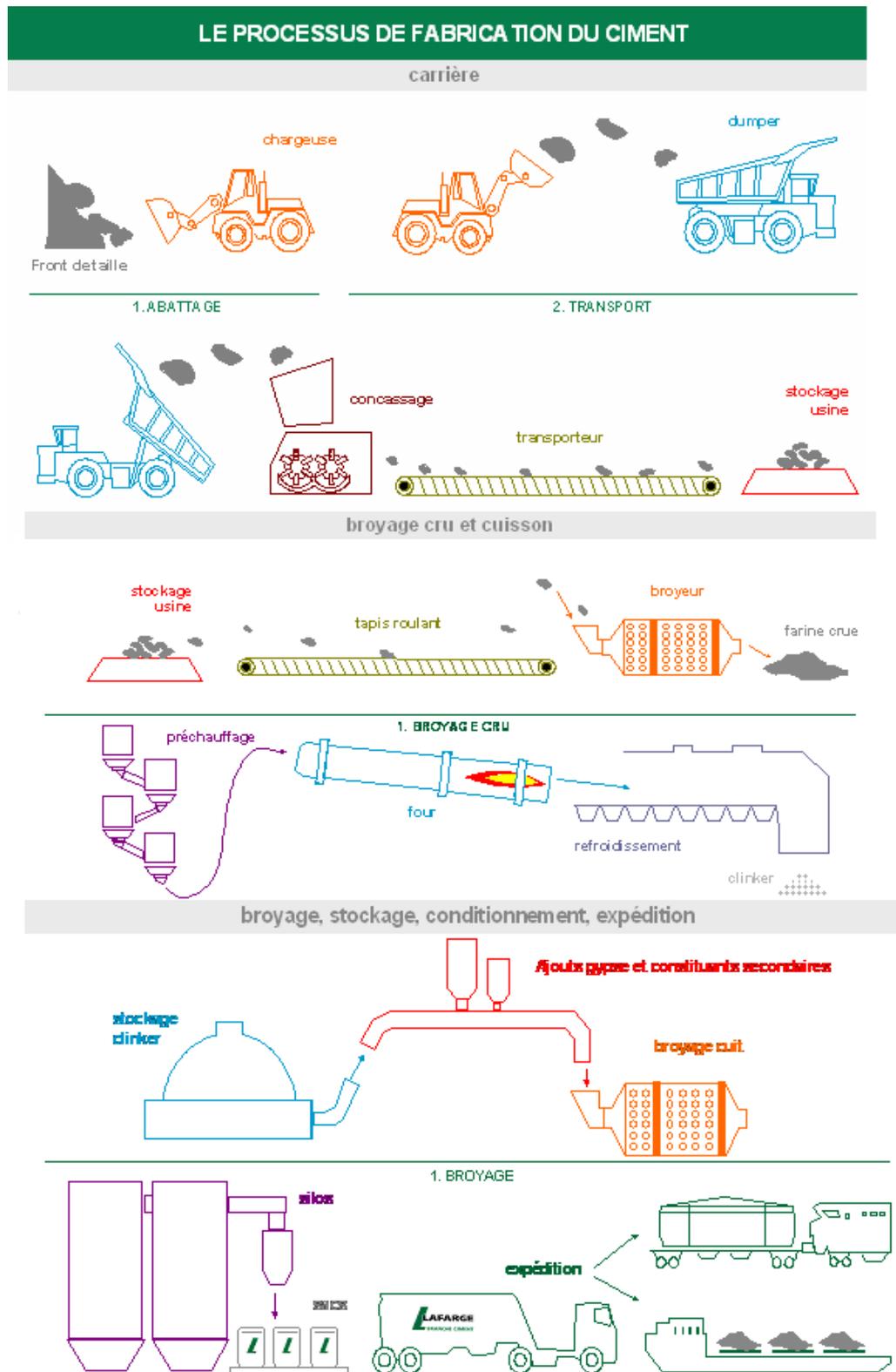


Figure 2 : Processus de fabrication du ciment

I.3. Mise en situation

I.3.a. Contexte du projet

Pour garantir une production stable dans un niveau optimal, il faut lutter contre toute sorte de perte.

Les arrêts de production dus aux pannes au niveau des équipements, sont la cause majeure des pertes. La centrale hydraulique est comptée parmi les équipements les plus critiques, vu l'importance du rôle qu'elle joue, à savoir la gestion des déplacements des couloirs mobiles du refroidisseur et son impact sur les performances de l'unité toute entière.

Mon projet vient dans ce contexte, pour analyser les conditions de fonctionnement de cette centrale, sa maintenance, afin d'en déduire les améliorations à mettre en place pour éviter les pannes fréquentes, garder un rendement satisfaisant, et prolonger sa durée de vie en mettant en question la façon avec laquelle se fait la maintenance tout en analysant et décrivant la centrale hydraulique.

I.3.b. Travail demandé (CDC)

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

- Décrire le principe de fonctionnement de la centrale hydraulique
- Analyser ses conditions de fonctionnement.
- Réaliser une analyse des causes de pannes de la centrale.
- Etablir un plan de maintenance.

I.3.c. Méthodologie de travail et outils utilisés

Nous sommes appelés à observer de près la centrale et comprendre son fonctionnement et chercher l'influence de l'environnement dans laquelle elle se situe.

Dans ce sens, on va examiner les équipements en amont et en aval, et l'influence d'une panne éventuelle sur la centrale.

L'analyse des causes de pannes, basée sur l'historique (qui n'est pas assez suffisant) va découler en actions correctives, dont l'application réduira la criticité et garantira un taux de défaillance réduit. Le plan de maintenance résumera à cet effet, les actions de maintenance préventives et les remarques à prendre en considération.

Dans ce projet, et dans le but de suivre une démarche scientifique, nous nous sommes appuyés sur des méthodes bien connus dans le domaine industriel. Il faut concentrer l'effort sur les équipements les plus critiques, c'est-à-dire ceux qui tombent souvent en pannes, et qui prennent plus de temps d'intervention, qui n'est autre que le temps d'arrêt de production.

La première tâche consiste alors à les déterminer. Pour ce faire, la méthode ABC, qui permet de montrer les équipements critiques de la centrale hydraulique a été appliquée (**indisponibilité de l'historique**).

Pour l'analyse des causes des pannes, la méthode AMDEC a été appliquée. Cet outil permet de décomposer la centrale, et voir les modes de défaillance de chaque élément et sa criticité, par la suite la proposition d'actions correctives pour la diminuer.

Conclusion

Après avoir donné un aperçu sur LAFARGE dans la première partie, cette usine a été l'entité d'accueil pour mon projet de fin d'études dont la présentation et la mise en situation feront l'objet du chapitre suivant.

Dans ce qui précède, le contexte du projet a été exposé et les outils utilisés pour réaliser les tâches demandées. Cet axe a pour but d'illustrer en quelques pages la totalité de mon projet. Les travaux détaillés viendront ci-après.

CHAPITRE II : **PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE** **HYDRAULIQUE DU REFROIDISSEUR ETA**

II.1. Description du principe de déplacement

II.2. Les éléments hydrauliques de la centrale

Dans ce chapitre, une analyse de l'unité hydraulique du refroidisseur ETA, destinée à la commande des couloirs mobiles et le refroidissement du clinker, est expliquée.

II. Principe de fonctionnement de la centrale hydraulique

II.1. Description du principe de déplacement du refroidisseur

Le **refroidisseur** ETA est constitué de couloirs parallèles et fonctionne selon le principe du plancher mobile.

Un cycle de déplacement des couloirs est toujours constitué de quatre étapes. A la première étape – déplacement vers l'avant (déplacement dans le sens de transport du clinker) – tous les couloirs se déplacent en même temps. Les étapes deux à quatre correspondent à des déplacements vers l'arrière des couloirs (à l'opposé du sens du transport du clinker). Lors du déplacement vers l'arrière, un couloir sur trois se déplace vers l'arrière, c'est-à-dire qu'il y a toujours deux couloirs immobiles entre les couloirs en mouvement. Le nombre de couloirs qui se déplacent vers l'arrière aux étapes deux à quatre dépend de la largeur du refroidisseur, le minimum étant un couloir et le maximum douze.

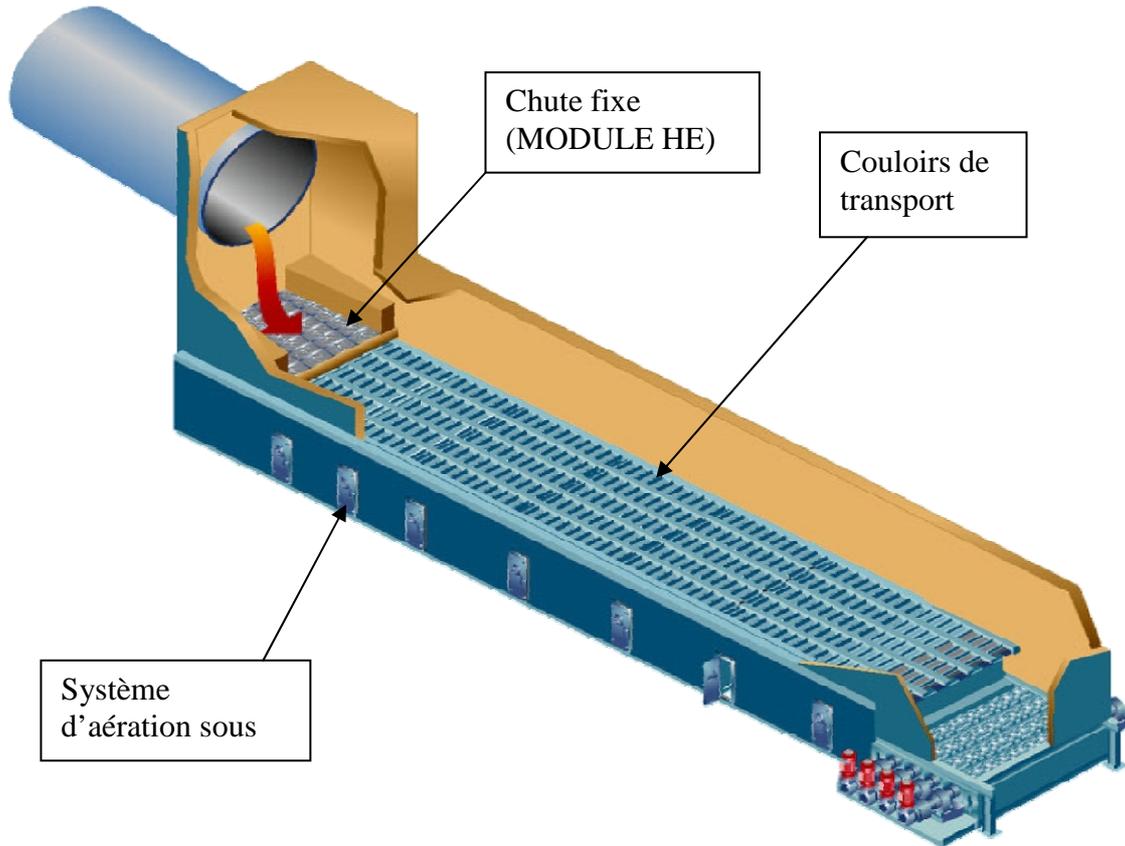


Figure 3: Refroidisseur ETA (Claudius Peters)

La figure ci-après illustre le principe de déplacement d'un refroidisseur ETA à cinq couloirs.

Example of transport principle for a 5-lane η -Cooler

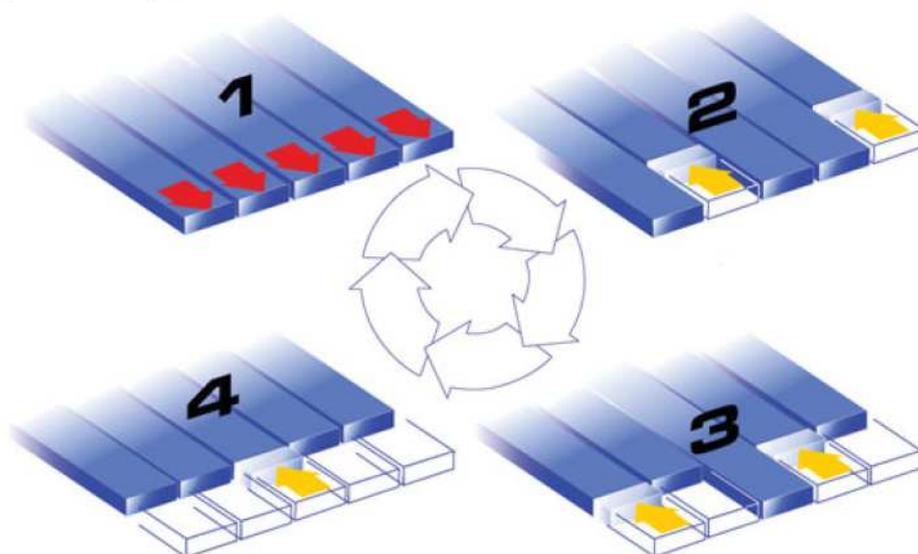


Figure 4: Principe de déplacement du refroidisseur

Vers l'avant : les couloirs se déplacent dans la direction du broyeur
=> le piston rentre dans le vérin, le clinker est transporté.

Vers l'arrière : les couloirs se déplacent dans la direction du four
=> le piston sort du vérin, le couloir recule sous la couche de clinker.

Avant : position du couloir après un déplacement vers l'avant => piston rentré

Arrière : position du couloir après un déplacement vers l'arrière => piston sorti

Cycle de déplacement : cycle constitué d'un déplacement vers l'avant et vers l'arrière de chaque couloir jusqu'à ce qu'ils reviennent en position initiale.

II.1.a. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

Le refroidisseur se compose de :

- 1 Module statique type HE (haute efficacité) qui réceptionne le clinker en sortie du four
- 5 modules (chambres) équipés de 5 couloirs mobiles qui réalisent le transport du clinker du four vers le concasseur à marteau
- Un ensemble de soufflage composé de 9 ventilateurs
- **Une unité hydraulique pour la commande des couloirs mobiles**
- Un ensemble de 8 canons à air
- Un système « écran d'air » de refroidissement de la séparation entre partie avant et partie arrière

Les équipements annexes comprennent :

- Un concasseur à marteau
- Canons à air
- Rideau d'air
- Refroidissement du nez de voûte

II.1.b. DESCRIPTION DES SOUS-ENSEMBLES

Refroidisseur

Le but du refroidisseur, est le refroidissement et le transport du clinker depuis la jetée du four jusqu'à la chaîne traînante, au travers du concasseur à marteaux. La fonction refroidissement est réalisée par les ventilateurs de soufflage. La fonction transport est réalisée par les couloirs mobiles.

Unité hydraulique + coffret EMCC

L'unité hydraulique, en combinaison avec le coffret EMCC, gère le déplacement des couloirs mobiles du refroidisseur. Elle est constituée de :

- Une centrale hydraulique avec refroidisseur de fluide
- Deux blocs de commande
- 5 vérins
- Un ensemble de tuyauteries

La centrale hydraulique est installée dans un local ventilé à proximité du refroidisseur. Elle comprend : le réservoir, les pompes et le système de conditionnement du fluide. Les 5 vérins réalisent le déplacement des couloirs mobiles.

Concasseur à marteau

La fonction du concasseur est de broyer le clinker afin d'obtenir en sortie du concasseur une granulométrie comprise entre 0 – 35 mm maxi.

Canons à air

Le but des canons à air est de créer des chocs au-dessus du module d'entrée (module HE) pour éliminer les éventuelles chandelles en formation.

Rideau d'air

Le but du rideau d'air est de refroidir la séparation existant entre la partie amont du refroidisseur (récupération) et la partie avale (refroidissement). Ce système statique prélève un

flux d'air au refoulement du ventilateur pour créer un rideau d'air entre les deux zones du refroidisseur.

Refroidissement du nez de voûte

Le but est de refroidir la poutre du nez de voûte durant le fonctionnement du refroidisseur. Cette fonction est réalisée par un ventilateur hélicoïde. Le démarrage de ce ventilateur est lié au démarrage des ventilateurs de soufflage principaux. L'arrêt normal est lié à l'arrêt des ventilateurs de soufflage. L'arrêt sur défaut de ce ventilateur pendant le fonctionnement du refroidisseur entraîne une alarme. Un contrôle de la température au niveau de la poutre doit être effectué en cas de défaut de longue durée du ventilateur ($T_{maxi} < 150^{\circ}C$).

II.2. Les éléments hydrauliques de la centrale

II.2.a. Schéma de la commande hydraulique

Module n°	Désignation	Composants/Fonction
-----------	-------------	---------------------

MODULE 1	RESERVOIR et GEP de CONDITIONNEMENT	Réservoir d'huile et tous éléments nécessaires au conditionnement de l'huile : refroidisseur d'huile, filtration, système de chauffage et de séparation d'eau.
MODULE 2	GROUPE DE GENERATION	Groupes électropompes de puissance
MODULE 3	BLOCS DE DISTRIBUTION	Ensemble de distributeurs proportionnels pour le contrôle des mouvements. Le distributeur proportionnel est commandé en fonction des consignes de vitesse et de direction envoyées par la commande locale (EMCC). En fonction de la taille du refroidisseur, plusieurs distributeurs sont assemblés pour former une unité (bloc). Un GEP est affecté à chaque unité
MODULE 4	VERINS	Convertit l'énergie hydraulique en énergie mécanique pour le déplacement des couloirs

Tableau 1 : Description des différents modules

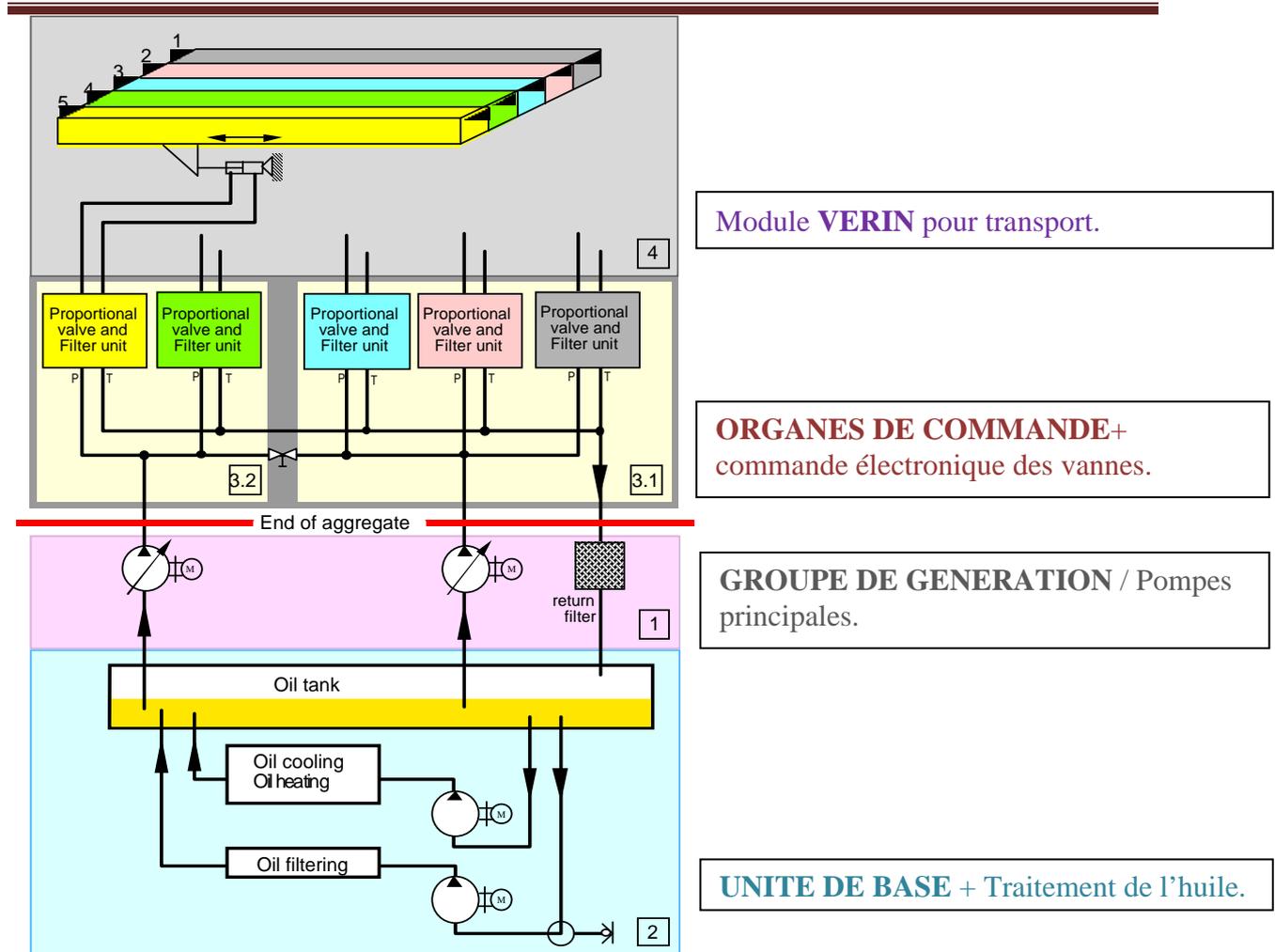


Figure 5: Schéma de la commande hydraulique

II.2.b. Analyse du schéma hydraulique

➤ Réservoir et GEP de conditionnement :

Le système de conditionnement du fluide constitue un groupe fonctionnel indépendant. Il sert à traiter et à contrôler le fluide hydraulique en termes de température, de niveau de remplissage, de teneur en eau et d'encrassement, dans les limites spécifiées. Le fluide est refroidi au moyen d'un échangeur huile-eau.

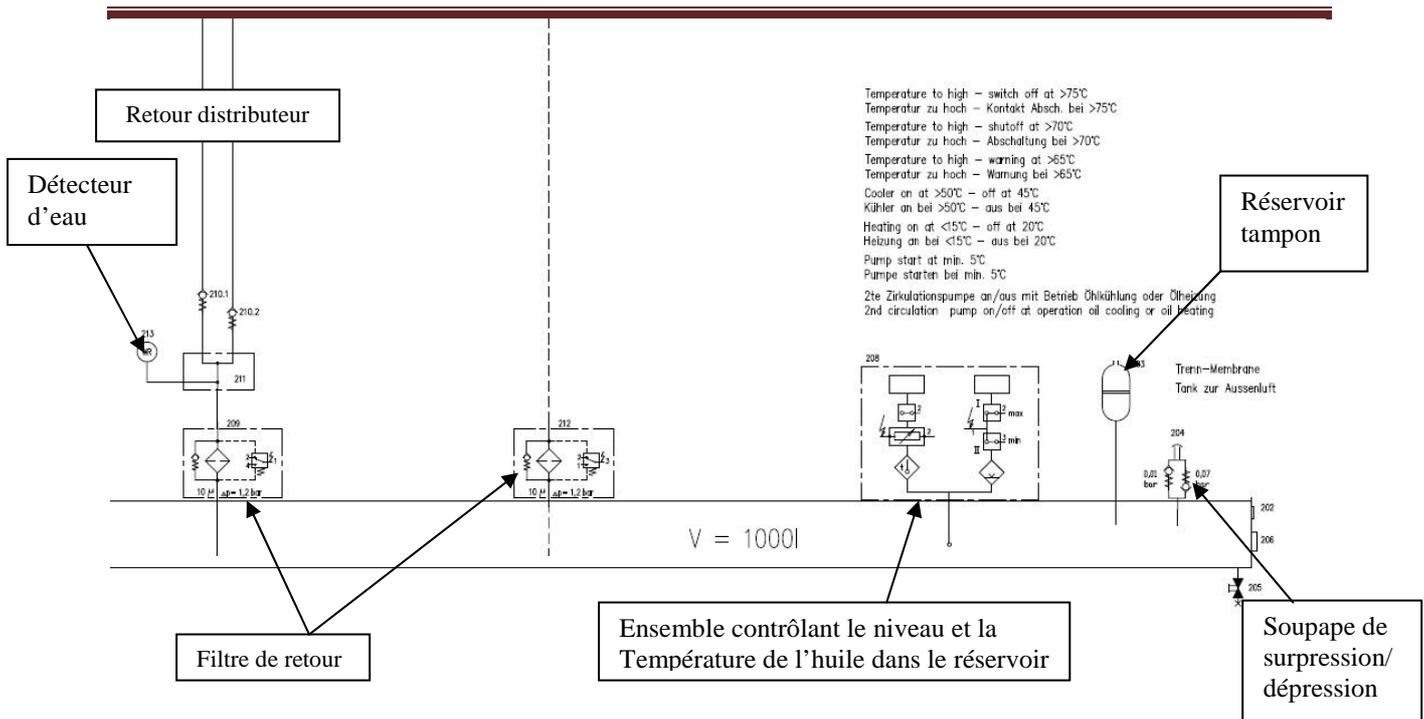


Figure 6: Réservoir et GEP de conditionnement

Saturation/Détecteur d'eau (213)

La sonde de mesure de saturation en eau est installée dans la conduite hydraulique de retour. Sa fonction est de générer une alarme ou un défaut lorsque le contenu en eau dans le fluide hydraulique dépasse les seuils admissibles.

Bloc combiné utilisé (thermomètre à contact et commutateur de niveau, pos.208)

Ce bloc contrôle le niveau et la température de l'huile dans le réservoir

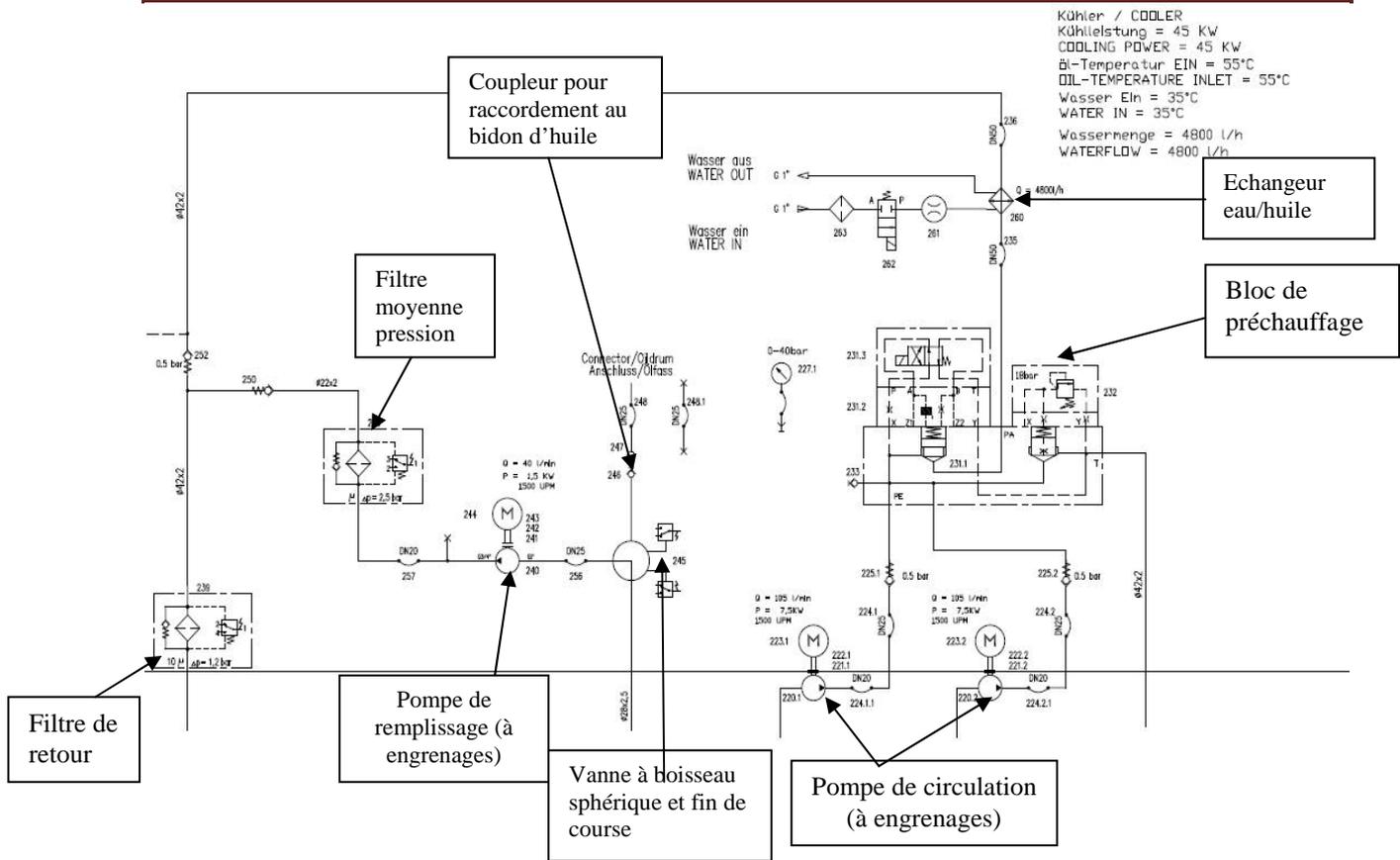


Figure 7: Réservoir et GEP de conditionnement (remplissage)

Le système de conditionnement d'huile est disponible lorsque les conditions suivantes sont respectées :

- Niveau d'huile > niveau mini
- Au moins une pompe de circulation disponible (pompe 1 ou pompe 2) (223)
- Echangeur eau/huile disponible (260)
- Pompe de remplissage fluide/élimination d'eau disponible (244)

Pompe de circulation 1 (223.1)

Une des deux pompes de circulation est toujours définie en pompe principale.

1^{er} cas : La pompe de circulation 1 est définie en pompe principale

La pompe de circulation 1 démarre lorsque les conditions suivantes sont respectées :

- Niveau d'huile > niveau mini
- Groupe de conditionnement d'huile démarré
- Pompe de circulation 1 disponible
- Pompe 1 définie en pompe principale

2^{ème} cas : La pompe de circulation 2 est définie en pompe principale

Le démarrage de la pompe de circulation 1 est interdit excepté pour les cas suivants :

- Température d'huile $< 15^{\circ}\text{C}$
OU
- Température d'huile $> 50^{\circ}\text{C}$
OU
- Défaut capteur température

Pompe de circulation 2 (223.2)

Une des deux pompes de circulation est toujours définie en pompe principale.

1^{er} cas : La pompe de circulation 2 est définie en pompe principale

La pompe de circulation 2 démarre lorsque les conditions suivantes sont respectées :

- Niveau d'huile $>$ niveau mini
- Groupe de conditionnement d'huile démarré
- Pompe de circulation 2 disponible
- Pompe 2 définie en pompe principale

2^{ème} cas : La pompe de circulation 1 est définie en pompe principale

Le démarrage de la pompe de circulation 2 est interdit excepté pour les cas suivants :

- Température d'huile $< 15^{\circ}\text{C}$
OU
- Température d'huile $> 50^{\circ}\text{C}$
OU
- Défaut capteur température

Echangeur Eau/huile (260)

L'échangeur eau/huile démarre lorsque la température d'huile est $> 50^{\circ}\text{C}$ ou si la sonde de température est en défaut.

Une pompe de circulation doit être en marche.

Le groupe de conditionnement d'huile doit être démarré.

Pompe de remplissage de fluide et d'élimination d'eau (244)

En fonctionnement normal, cette pompe sert à éliminer l'eau. Dans ce cas, la vanne à trois voies est en position B-C. Si, en fonctionnement normal, il est nécessaire d'ajouter du fluide, il est possible de tourner la vanne 3 voies en position A-B pendant un certain temps.

Filtre moyenne pression (249)

Remplissage du réservoir → Utilisation des éléments de filtration standards

Fonctionnement normal → Utilisation des éléments de filtre PAR GEL pour réduction de la teneur en eau

Vanne à boisseau sphérique + contacts électriques (245)

Position 1 = aspiration dans le réservoir

Position 2 = aspiration dans le bidon d'huile

Bloc de préchauffage

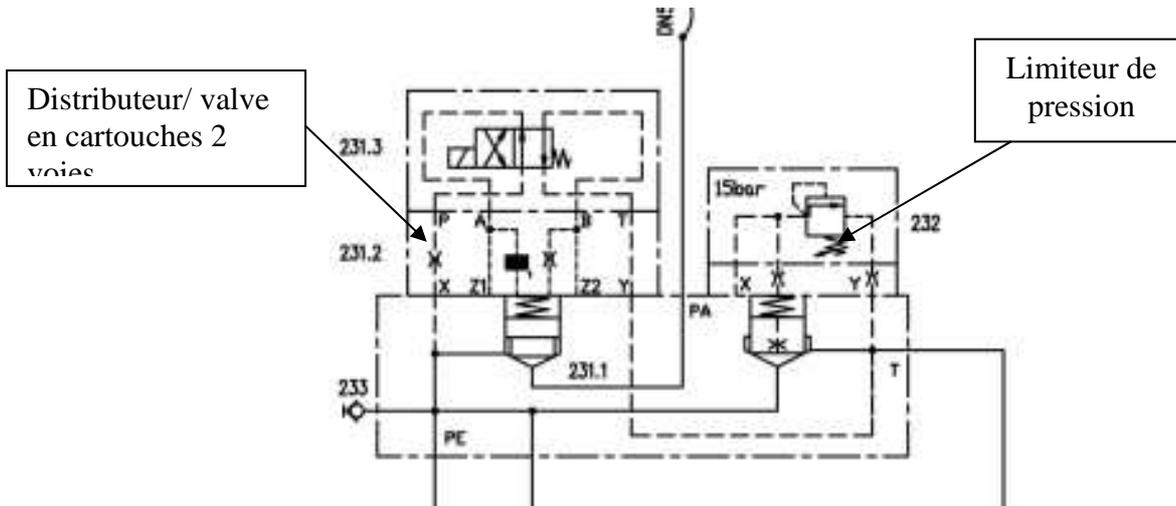


Figure 8: Bloc de préchauffage du groupe de conditionnement

Valve en cartouche à 2 voies (232)

Fonction de limitation de pression

La valve en cartouche (1) pour la fonction de limitation de pression est conçue sous forme de valve à clapet sans différence de section (absence de surface d'application à l'orifice B). La pression s'appliquant à l'orifice A est transmise par la buse d'alimentation d'huile de commande (5) sur le côté ressort (6) de l'élément. En dessous de la pression réglée à la valve de pilotage (4), le tiroir (3) est équilibré en pression et se met en position fermée par l'action du ressort. Dès que la pression de réglage est atteinte, le tiroir (3) se met en position ouverte en limitant la pression à l'orifice.

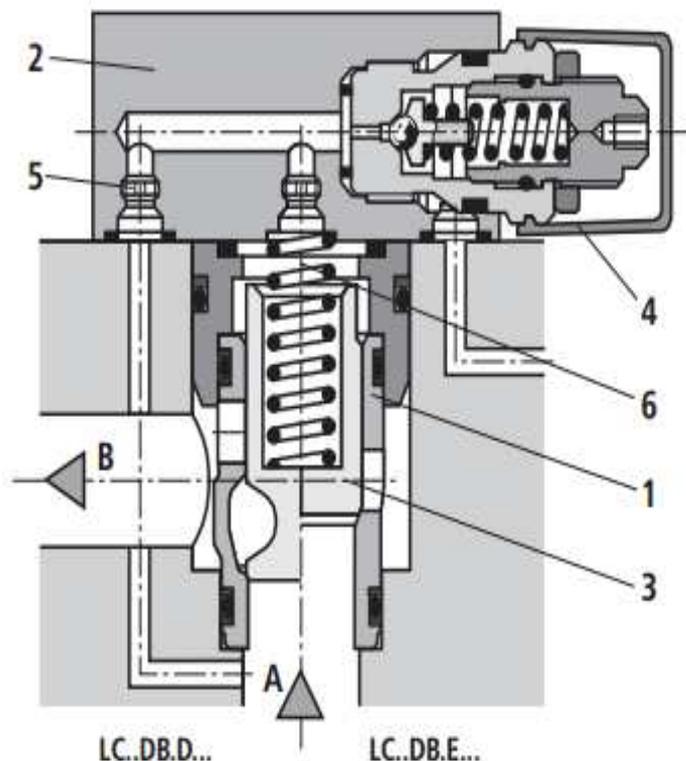
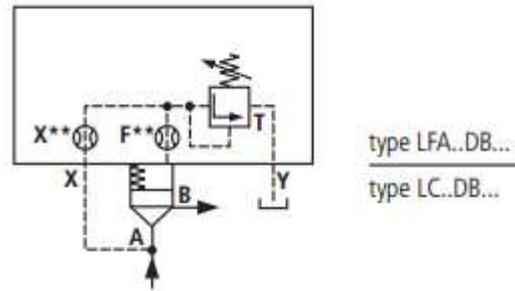


Figure 9: Valve en cartouche en 2 voies

Valve en cartouches à 2 voies (231)

- A : Passage principal
- B : Passage principal
- X : Pilotage externe
- Z1 : Pilotage externe
- Z2 : Pilotage externe
- Y : Drain



Vanne de réchauffage du fluide (231.3)

La vanne de réchauffage d'huile se ferme lorsque la température d'huile est $< 15^{\circ}\text{C}$ et qu'au moins une pompe de circulation est en marche.

Le conditionnement d'huile doit être démarré.

➤ **Groupe de génération :**

Le système de contrôle de pompe est un groupe fonctionnel indépendant, constitué des pompes et des vannes d'arrêt correspondantes. Ce groupe sert à réguler la quantité et la pression de fluide nécessaires pour le déplacement des couloirs. L'alimentation au débit suffisant, ainsi que la distribution correcte du fluide sont contrôlés dans le système d'entraînement du couloir du groupe.

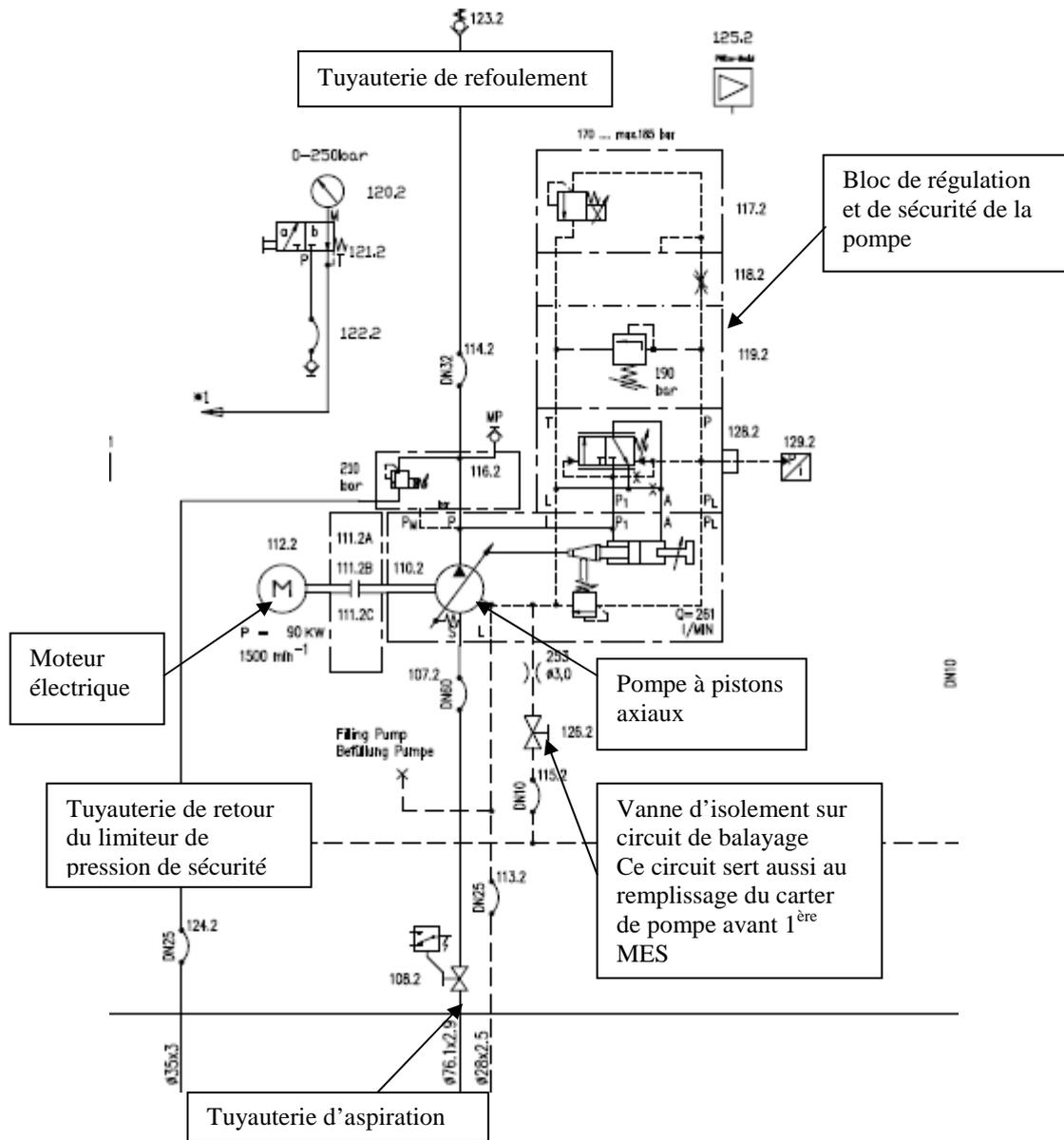


Figure 10: Groupe de génération

Bloc de régulation et sécurité de la pompe

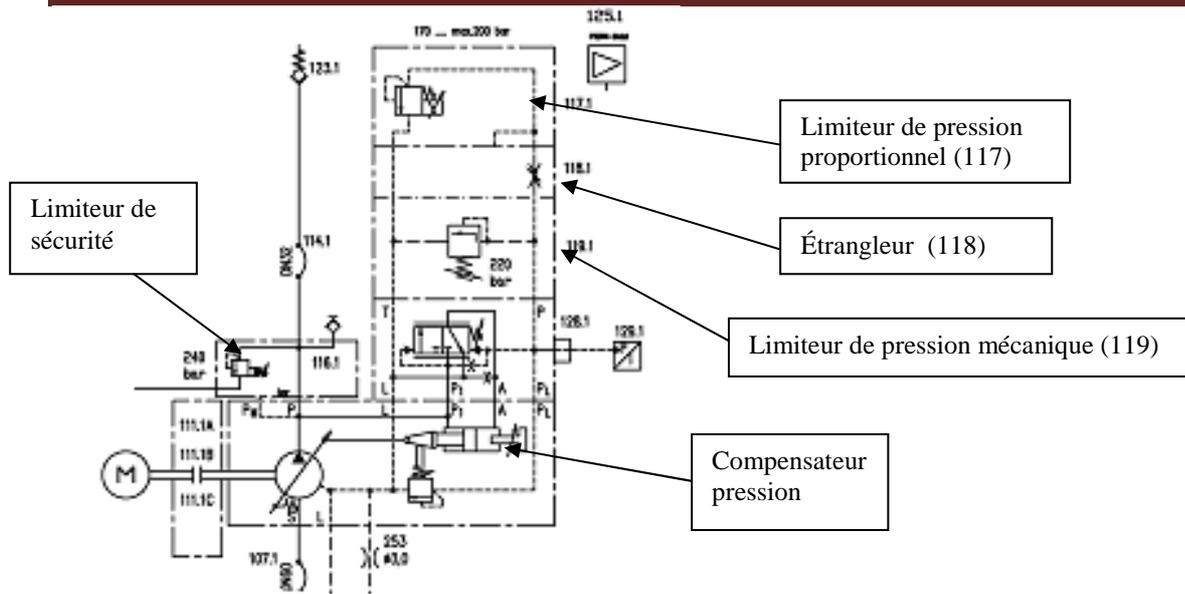


Figure 11: Bloc de sécurité et de régulation de la pompe

Limiteur de pression proportionnel 117.x

Il permet de limiter de la pression de la pompe

Limiteur de pression mécanique 119.x

Il assure le réglage mécanique de la pression de la pompe

En fonctionnement : valve de sécurité

En cas d'urgence : le réglage correspond à la consigne de pression du système (distributeur)

Compensateur de pression 110.x

Lorsqu'il s'actionne, il oblige le mécanisme interne de la pompe à ne plus générer de débit.

Valve d'étranglement (Étrangleur) 118.x

Coupe le circuit de pilotage en cas d'urgence

➤ Groupe de commande :

Le système d'entraînement couloir est un groupe fonctionnel indépendant constitué de pompes, distributeurs et vérins. Chaque couloir est actionné par un vérin. Un groupe de distribution prend en charge trois vérins au maximum. C'est pourquoi on a deux groupes de distribution, l'un pour piloter trois vérins et le second pour piloter le quatrième et le cinquième vérin.

Pour les couloirs mobiles, on prévoit un EMCC local. Celui-ci est relié électriquement à l'E/S de chaque distributeur via une connexion Profibus. Il prend en charge toutes les fonctions de commande de déplacement des couloirs et de régulation de la pression des

pompes.

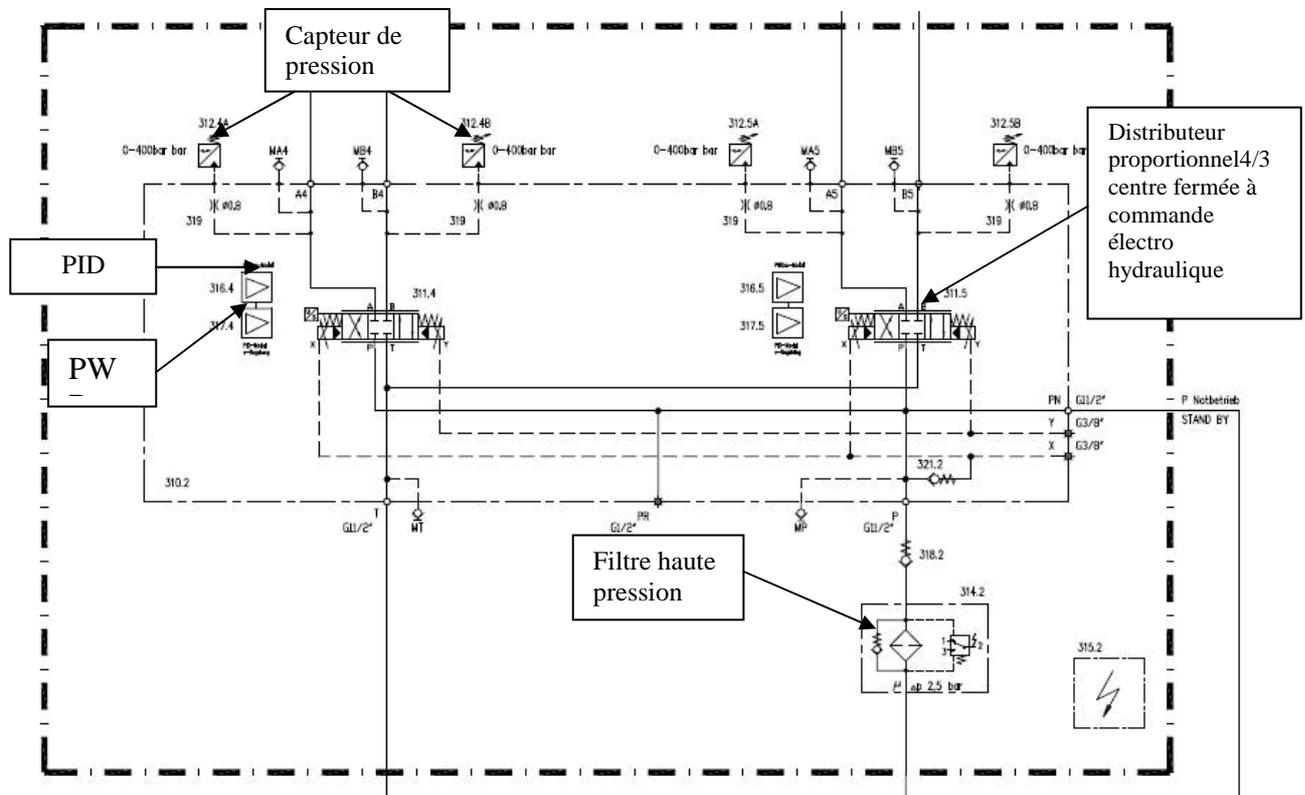


Figure 12: Groupe de commande et de distribution

Distributeur proportionnel 311.x :

De même que les distributeurs « tout ou rien » pilotés, les distributeurs proportionnels pilotés sont réservés pour contrôler des débits importants.

L'étage de pression (étage pilote/principal) a pour fonction de faire varier la pression dans les canaux de pilotage proportionnellement au signal électrique d'entrée (consigne).

Ils sont hautement performants, les distributeurs proportionnels à commande pilotée sont équipés de la fonction de rétroaction électrique de la position du tiroir.

Il se caractérise par une haute répétabilité et très grande précision de réglage des débits, des vitesses rapides/extra lentes avec contrôle de position du tiroir pour presses et position dynamique, ainsi que pour systèmes en boucle fermée.

Caractéristiques techniques

- Très faibles hystérésis
- Versions à recouvrement nul ou positif disponibles
- Dynamique élevée

- Rétroaction électrique de la position du tiroir
- Contrôle de position centrale en option

PID 316.x :

La mise en place de la vitesse individuelle de chaque plancher mobile s'effectue par la commande du distributeur proportionnel de l'EMCC. Pour mettre en place une vitesse indépendante de la charge, l'entraînement est réglé par la vitesse. La vitesse réelle du rail de poussée est calculée par le module PID.

Le module PID est informé de la position constamment changeante par le système de mesure de la position.

Ce changement de position relatif à une période de temps définie permet au module de calculer la vitesse réelle actuelle. Ce signal de valeur de consigne de la vitesse est comparé à la valeur de consigne indiquée. En cas d'écart, le signal de sortie pour la commande de la soupape (PWD-XX) est augmenté ou diminué. Le rail se déplace à la vitesse constante indiquée (rétroaction électronique de la charge) même si la charge est différente.

L'amplificateur numérique externe (PWD-XX) commande les deux aimants de la soupape de précommande du distributeur proportionnel. La précommande hydraulique entraîne une déviation de l'étage principal. Le sens et la vitesse sont ainsi déterminés. Le capteur de position dirige la position du piston de la soupape comme un signal de tension de l'amplificateur de commande. Le circuit interne de réglage de la position compense les forces d'écoulement et minimise l'hystérésis (répétabilité).

1. Centre de commande de déplacement du refroidisseur ETA (EMCC, RIO1 .x)

Le Centre de commande de déplacement du refroidisseur ETA (EMCC) fait partie du système d'entraînement hydraulique des couloirs du refroidisseur ETA CLAUDIUS PETERS.

Composant du système d'entraînement hydraulique, l'EMCC commande le déplacement des couloirs. En mode de fonctionnement à distance, l'EMCC convertit le signal de sortie de la boucle de régulation « hauteur du lit de clinker » (ou « pression de référence du lit de clinker ») en schéma de déplacement correspondant à cette valeur. Outre ce point de consigne pour la capacité de transport, les longueurs de course théoriques de chaque couloir sont réalisées. En mode **de fonctionnement local**, plusieurs modes sont disponibles : **manuel local, automatique local 1 et 2**, et le mode adopté dans l'usine est le mode : **automatique local 2 avec commande TC (TC= capacité de transport)**.

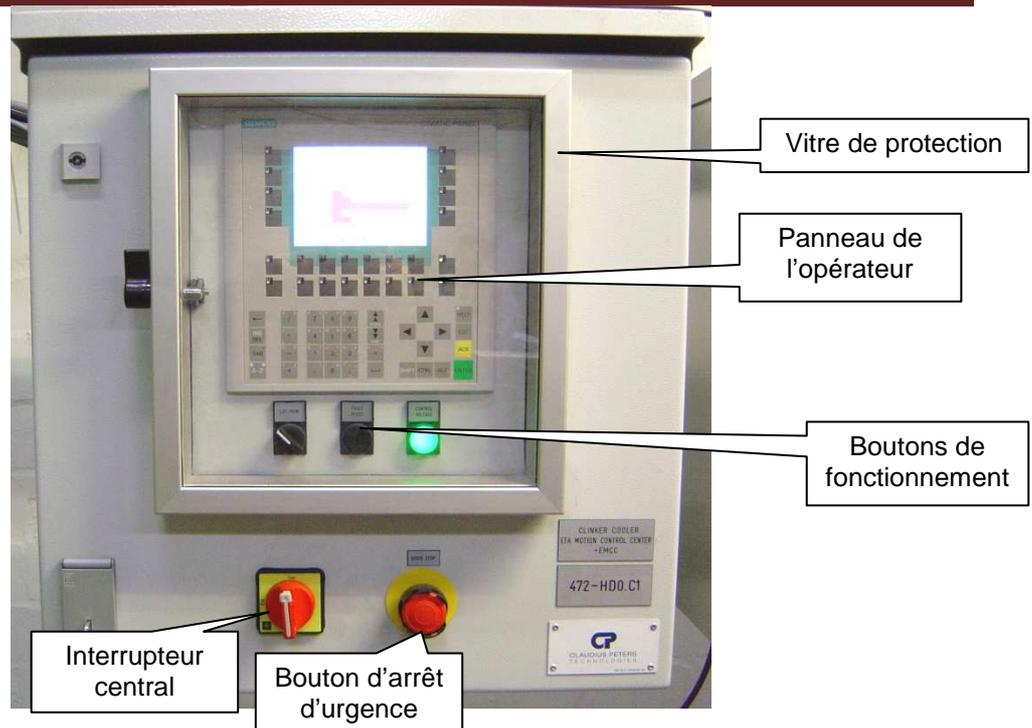


Figure 13: Centre de commande de déplacement du refroidisseur ETA, **EMCC**

L'**EMCC** effectue en outre toutes les fonctions de commande et de contrôle des vannes (distributeurs) proportionnelles. Le contrôle continu du déplacement des couloirs, y compris l'extinction du dispositif de commande de la vanne en cas d'anomalie, sont également réalisés par l'**EMCC**.

Le calcul des points de consigne de la pression de chaque pompe hydraulique est également effectué par l'**EMCC**.

Des stations d'E/S distantes (**RIO1.x**) sont installées à côté du refroidisseur. Une station d'E/S distante est affectée à chaque distributeur là où les signaux électriques peuvent être lus ou émis. Le RIO1.1 (station d'E/S distante du premier distributeur) contient également des dispositifs supplémentaires pour le mode de fonctionnement local. L'unité de commande locale mobile, le **MLCU**, est également connectée à cette station.



Figure 14: Unité de commande locale mobile, **MLCU**

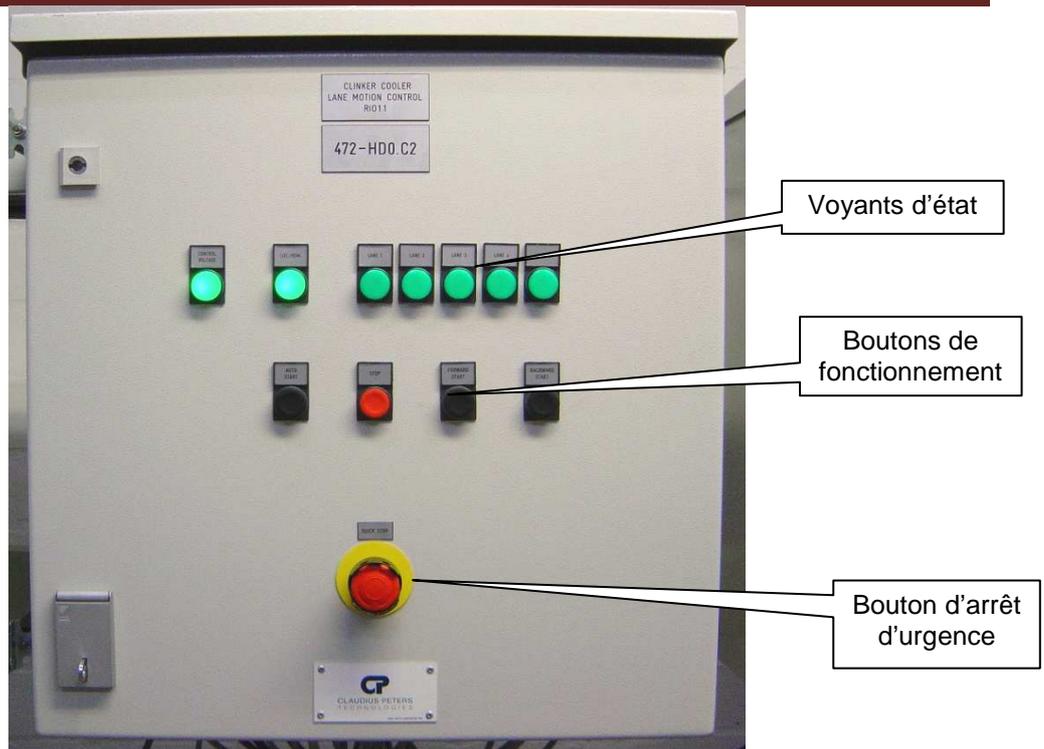


Figure 15: Station d'E/S distante, **RIO1.1**

Définition de la capacité de transport :

Etant donné que le nombre de courses et que la longueur des courses des différents couloirs peuvent être ajustés de façon différente, le terme de « nombre de courses » seul ne suffit pas à décrire précisément la capacité de débit du refroidisseur ETA. Le terme de capacité de transport a donc été introduit.

Définition :

$$100 \% \text{ capacité de transport} = \frac{\text{nombre de couloirs} \cdot \text{longueur de course max imale}}{\text{temps min imal par cycle de déplacement}}$$

Exemple avec quatre couloirs :

La fréquence maximale de course d'un couloir à une course maximale de 480 mm = 5 courses/min

- Temps minimum par cycle de déplacement = 12 sec
- Somme des longueurs de course maximales : 4 couloirs * 480 mm = 1920 mm

➔ 100 % de capacité de transport = 1920 mm / 12 sec = 160 mm/sec = 40 mm/sec par couloir

$$\text{Capacité de transport} = \frac{\Sigma \text{longueur de course}}{\text{temps de cycle}}$$

2. Résumé des fonctions de l'EMCC et du RIO1.x

Le centre de commande de déplacement des couloirs remplit les fonctions suivantes :

- L'EMCC distribue la tension aux stations d'E/S distantes.
- Génération et commande du module de contrôle de la vitesse [316.x (PID)] de chaque couloir selon le mode de fonctionnement et le schéma de déplacement, afin de réaliser le déplacement vers l'avant et vers l'arrière.
- Commande de la vanne (distributeur) proportionnelle [311.x] via le module de commande du distributeur [317.x (PWD)] de chaque couloir selon le mode de fonctionnement et le schéma de déplacement, afin de réaliser le déplacement vers l'avant et vers l'arrière de chaque couloir.
- Détection et évaluation de la position courante et de la vitesse de chaque couloir. Le signal de position est transmis par le système de mesure de la position intégré dans le vérin [410.x.1] au module de commande de la vitesse [316.x (PID)] et à l'EMCC.
- Commande de la longueur de la course de chaque couloir. De cette façon, le point de consigne de la longueur de course est réalisé, quelle que soit la vitesse du couloir.
- Ajustement de la capacité de transport requise en calculant et en réalisant les différents temps de déplacement vers l'avant et vers l'arrière de chaque couloir.
- Calcul des points de consigne de la pression des différentes pompes hydrauliques. Le point de consigne est réalisé par les modules de commande de pression de la pompe [125.x]. Le point de consigne correspondant dépend des couloirs en opération et de la position du robinet d'arrêt entre les distributeurs [320].
- Mesure de la valeur réelle de la capacité de transport.
- Génération de fonctions de rampes lors de l'accélération et du ralentissement des couloirs pour les déplacements vers l'avant et vers l'arrière, afin de minimiser les chocs de pression importants dans le système hydraulique.
- Contrôle continu du déplacement de chaque couloir. Arrête le système d'entraînement des vannes proportionnelles en cas d'anomalie.
- Génération et évaluation des signaux pour l'échange de signaux avec le dispositif de commande de niveau supérieur.
- Maintient une capacité de transport minimale lorsque le point de consigne est inférieur à la valeur minimale ajustée. Une immobilisation possible des couloirs peut ainsi être évitée.

3. Mode de fonctionnement : automatique local 2 (avec commande TC)

En mode de fonctionnement « automatique local 2 », les couloirs se déplacent automatiquement vers l'avant et vers l'arrière selon les schémas de déplacement et les points de consigne. Les conditions de départ du déplacement vers l'avant et vers l'arrière de chaque couloir dépendent du schéma de déplacement présélectionné. Sur le panneau de l'opérateur, un point de consigne est ajusté pour la capacité de transport. Les temps (durées) théoriques du déplacement vers l'avant et vers l'arrière, et donc la vitesse de chaque couloir (avec commande de la capacité de transport) sont calculés.

Les prés conditions du déplacement des couloirs **en mode automatique local 2** sont la position « local » du sélecteur sur l'EMCC, un signal « déclenchement du fonctionnement local » actif du dispositif de commande de niveau supérieur et la sélection du mode automatique 2 sur le panneau de l'opérateur.

Après activation du signal de démarrage par le dispositif de commande de niveau supérieur, les couloirs se placent en position de départ. Les positions de départ de chaque couloir sont définies dans le schéma de déplacement actif correspondant. Lorsque tous les couloirs sont en position de départ, le premier cycle de déplacement commence. Une fois le premier cycle de déplacement réalisé, le contrôleur de capacité de transport de l'EMCC est activé. Le point de consigne donné par le dispositif de commande de niveau supérieur est alors ajusté. Après la seconde course, la première valeur réelle de la capacité de transport est émise.

L'ajustement des points de consigne (capacité de transport et longueurs de courses) s'effectue via le panneau de l'opérateur.

➤ Actionneur (Vérin) pour transport :

Dans un circuit, les actionneurs hydrauliques constituent l'outil indispensable pour convertir l'énergie hydraulique en énergie mécanique pour le déplacement des couloirs. Cette conversion se fait par des mouvements de translation linéaire (vérin à double effet).

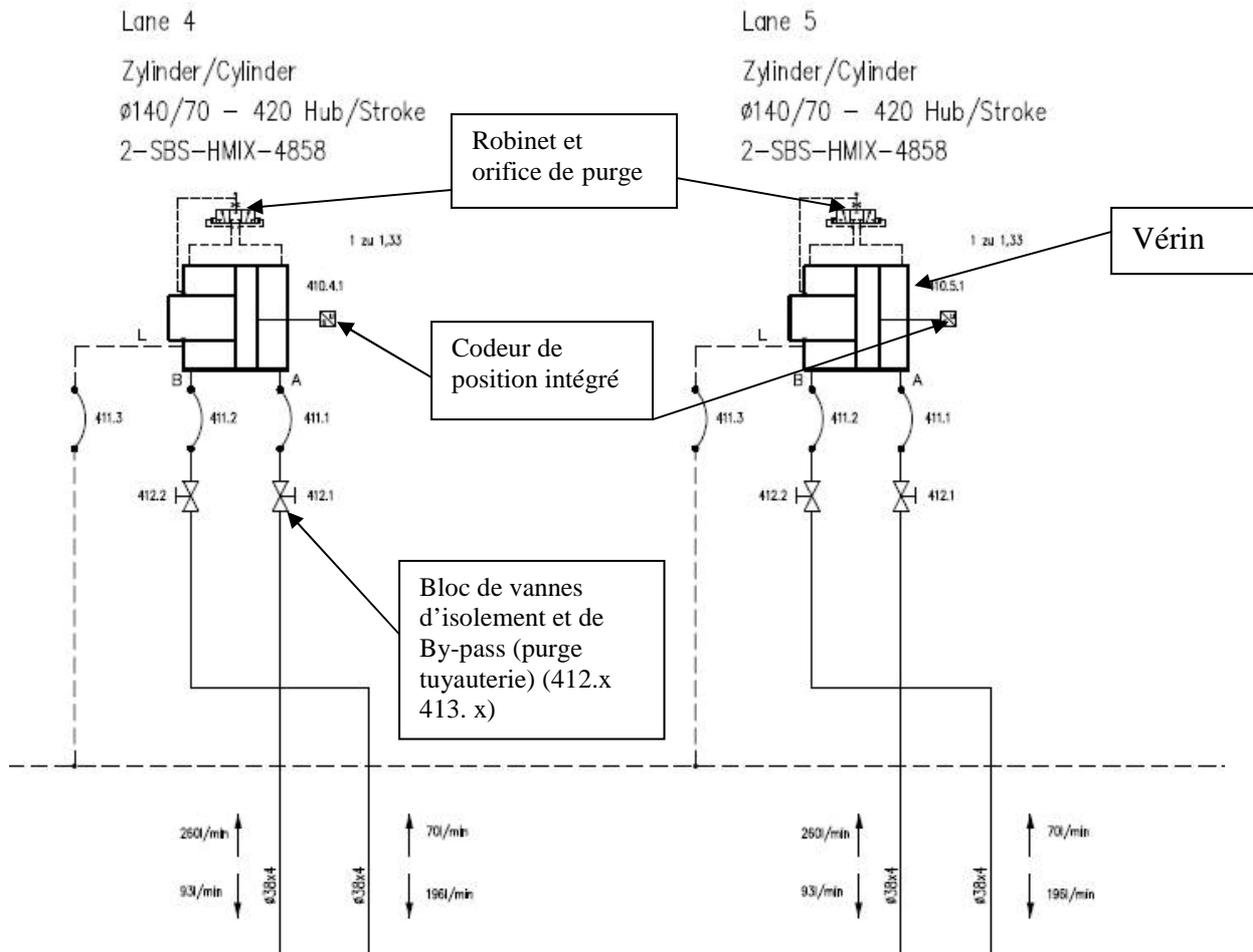


Figure 16: Groupe actionneur

Vérin à double effet 410.x:

Il comporte deux orifices d'alimentation et la pression est appliquée alternativement de chaque côté du piston ce qui entraîne son déplacement dans un sens puis dans l'autre.

Ce dernier a deux aires effectives : une pour exécuter la sortie de la tige du vérin et l'autre pour exécuter sa rentrée. Ce principe apporte un élément nouveau dans les constituants du vérin : le piston.

Chapitre III : Analyse des causes de pannes

III.1. Présentation de la méthode AMDEC

III.2. AMDEC appliquée sur la centrale hydraulique

III.3. Analyse AMDEC

Dans ce chapitre, une analyse AMDEC est appliquée, en commençant par une présentation de la méthode, puis l'application sur les éléments de la centrale hydraulique, afin de construire à la fin un tableau illustrant les résultats obtenus.

III. Analyse des causes de pannes

III.1. Présentation de la méthode AMDEC

III.1.a. PRINCIPE DE BASE

L'AMDEC est une technique d'analyse exhaustive et rigoureuse de travail en groupe, très efficace par la mise en commun de l'expérience et de la compétence de chaque participant du groupe de travail. Cette méthode fait ressortir les actions correctives à mettre en place.

III.1.b. BUT DE L'ANALYSE AMDEC

Le but de cette analyse est de déterminer les modes de défaillances avec leurs effets et leur criticité par rapport aux organes sensibles de la centrale hydraulique.

III.1.c. DEROULEMENT DE LA METHODE

La méthode AMDEC se déroule en 5 étapes :

- ✓ Initialisation.
- ✓ Analyse fonctionnelle.
- ✓ Analyse des défaillances.
- ✓ Cotation des défaillances.
- ✓ Actions correctives menées.

III.2. AMDEC appliquée sur la centrale hydraulique

III.2.a. INITIALISATION

La centrale hydraulique, objet de l'étude, constitue le système global qui se décompose en 4 sous-systèmes, à savoir :

- Groupe : Réservoir & GEP de conditionnement.
- Groupe de génération.
- Groupe de commande et de distribution.
- Actionneur.

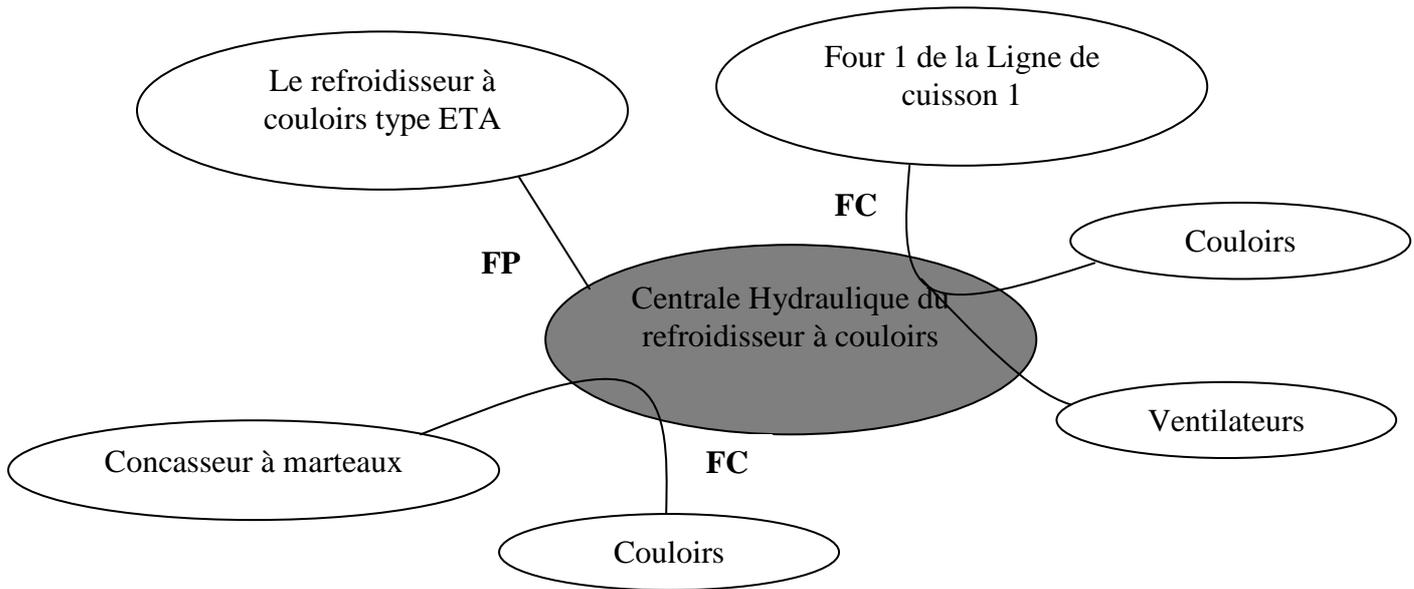
L'objectif de cette étude est d'aboutir aux différents modes de défaillance des constituants de la centrale hydraulique, afin d'évaluer leurs criticités et proposer des actions correctives et préventives permettant d'améliorer la disponibilité et le rendement de cette dernière dont la phase d'étude est la marche normale.

La constitution d'un groupe de travail capable de mener une analyse AMDEC bien détaillée est une obligation. Pour ce faire, une équipe de travail a été composée; agents de l'usine des

mécaniciens, et des exploitants. Ci-dessous, la liste des personnes qui sont impliquées dans l'analyse AMDEC :

- M. ISMAILI : Ingénieur mécanicien encadrant
- M. FATIMI: assistant technique de maintenance
- M. CHTITEH : Préparateur
- M. LAKHDAR: Chef d'équipe
- M. ZMIRI : Electricien
- Mlle. IDRISSE JAZOULI : Stagiaire

III.2.b. DECOMPOSITION FONCTIONNELLE



FP₁ : Entraîner les couloirs du refroidisseur (Avance / Recul)

FC₁ : Refroidir le Clinker provenant du Four 1 à travers l’air des ventilateurs, l’avance et le recul des couloirs entraînés par les vérins hydrauliques.

FC₂ : Transporter le Clinker du four vers le concasseur à marteau par l’entraînement des couloirs mobiles

FP= Fonction principale

FC=Fonction de contrainte

III.2.c. DECOMPOSITION STRUCTURELLE

i. Groupe Réservoir et GEP de conditionnement

Réservoir + GEP de conditionnement		
Moteur	stator	-capot ventilateur -bobinage -boite à borne -graisseur -tuyaux -patte de fixation

	rotor	-axe -cage -ventilateur -roulement
Filtre		
Réservoir tampon		
Refroidisseur eau/huile		
Tuyauterie		Tuyauterie rigide
		Tuyauterie flexible
Valve en cartouche		Cartouche pilotée par limiteur de pression
		Cartouche pilotée par électro-distributeur
Pompe à engrenages		Stator
		Pignons à denture extérieure
		Paliers
		Flasques
		Bague (coussinet)
		Pion de centrage
		Joint spécial
		Joint
	Joint à lèvre	

Tableau 2: Décomposition fonctionnelle du groupe Réservoir et GEP de conditionnement

ii. Groupe de génération :

Groupe de Génération	
Tuyauterie	Tuyauterie rigide
	Tuyauterie flexible
Bloc de sécurité et de régulation de la pompe	Régulateur de débit
	Relief valve
	Réducteur de débit

	Limiteur de pression
	Régulateur de pompe
Pompe à pistons axiaux	1. corps
	2. Plateau face ou inclinable
	3. Patin de glissement
	4. Piston
	5. Barillet
	6. Glace de distribution
	7. Arbre de pompe
Moteur	Pareil que celui d'avant
Manomètre	

Tableau 3: Décomposition fonctionnelle du groupe Génération

iii. Groupe de commande et distribution :

Groupe de commande et de distribution	
Distributeur proportionnel 4/3	Distributeur proportionnel
	Etage de précommande avec aimant
	étage principal/pilote
	Capteur de position
Capteur de pression	
Filtre haute pression	

Tableau 4: Décomposition fonctionnelle du groupe de commande et de distribution

iv. Groupe Actionneur

Actionneur (Vérin)	
Vérin à double effet	Chambre côté « fond »
	Chambre côté « tige »
	Piston
	Palier de guidage

	Joint dynamique
	Joint statique
	Joint racleur
	Tige
	Joint de tige
	Capteur de position intégré
	Valve de balayage
Vanne et orifice de purge	

Tableau 5: Décomposition fonctionnelle du groupe Actionneur

III.2.d. TABLEAU DES FONCTIONS

Equipement	Fonction
Réservoir	Stocker le fluide
Pompe hydraulique	Générer la puissance hydraulique
Moteur électrique	Actionner la pompe
Distributeur 4/3	Distribuer la puissance hydraulique au vérin
Vérin double effet	Transformer la puissance hydraulique en puissance mécanique
Accumulateur	Stocker l'énergie hydraulique et la restituer en cas de besoin
Etrangleur	permet le réglage du débit en agissant sur l'ouverture d'une section de passage

Vanne	Distribuer ou interrompre le passage du fluide
Limiteur de pression	Protéger l'installation contre les surpressions
Filtre	Empêcher les impuretés de s'infiltrer dans les organes sensibles
Manomètre	Indiquer la valeur de la pression
Clapet anti-retour	Autoriser le passage du fluide dans un seul sens
Tuyauterie	Alimenter le circuit
Limiteur de pression proportionnel	permet de faire varier dans le temps la valeur de la pression
Soupape de surpression/ dépression	protéger une pompe, des accessoires..., pour éviter les risques liés en montés de pression ou descente
Echangeur eau/huile	Sert à stabiliser la température de fonctionnement de l'installation

Tableau 6: Les composants d'une pompe et leurs fonctions

III.2.e. GRILLE DE COTATION

L'indice de criticité est calculé pour chaque défaillance, à partir de la combinaison des trois critères précédents, par la multiplication de leurs notes respectives :

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

Avec :

- ✓ La fréquence d'apparition de la défaillance (indice F) ;
- ✓ La gravité des conséquences que la défaillance génère (indice G) ;
- ✓ La non-détection de l'apparition de la défaillance, avant que cette dernière ne produise les conséquences non désirées (indice D).

Chacun de ces critères sera évalué avec une table de cotation établie sur 4 niveaux, pour le critère de gravité, pour le critère de fréquence et de non-détection. Le tableau ci-dessous présente le barème de cotation de la criticité utilisée.

NON-Détection	
Note	Critère
1	Visite par opérateur
2	Détection par un agent de maintenance
3	Détection difficile
4	Indétectable
Gravité	
Note	Critère
1	Mineure (pas d'arrêt de production)
2	Moyenne (arrêt \leq 1h)
3	Majeure (1h < arrêt \leq 8h)
4	Très critique (arrêt > 8h)
Fréquence	
Note	Critère
1	1 défaillance maxi par an
2	1 défaillance maxi par trimestre
3	1 défaillance maxi par mois
4	1 défaillance maxi par semaine

Tableau 7: Grille de cotation AMDEC

III.3. Analyse AMDEC

III.3.a. Analyse AMDEC du groupe réservoir et de conditionnement

Ensemble : centrale hydraulique								
Sous ensemble : Réservoir + GEP de conditionnement								
Elément	Mode de défaillance	causes	effets	D	F	G	C	Actions correctives
Filtre	-Colmatage partiel ou total	-Présence d'impuretés diverses au remplissage	-arrêt machine	2	3	2	12	-Remplacement des filtres
	-Mauvais filtrage	-Détérioration filtre	-usure pompe	2	3	2	12	
Soupape de surpression / Dépression	-Blocage en position ouverte/ fermée	-Détérioration des composants	-surpression -dépression	2	3	1	6	-Remplacer ou réparer
	-Ouverture en dessous/dessus de la pression requise	-Dérèglement de la soupape	-Pression non appropriée à l'installation hydraulique	2	3	1	6	-Vérifier le réglage
Clapet anti-retour	-Fuite	-Usure	-Perte de puissance	2	3	1	6	-Vérifier le clapet
	- blocage	-Usure	-Pas de mouvement	2	3	1	6	

			ou Mouvements lents					
Pompe à engrenages	-Baisse du débit	-Usure abrasive des engrenages	-Diminution de la durée de vie du système	2	3	1	6	-Vérifier l'étanchéité des tuyaux d'aspirations
	-Irrégularité du débit	-Cavitation	-Détérioration des parties flottantes -Arrêt machine	2	3	1	6	
	-Température très élevée	-Système de refroidissement insuffisant		2	3	1	6	-s'assurer du débit de l'eau
	-Arrêt du débit	-Détérioration du joint	-Grippages des engrenages	2	3	1	6	-Remplacer les joints
	-vibrations	-Mauvais alignement entre la pompe et l'accouplement -défaut de fixation	-Rupture de l'arbre	2	3	1	6	-Réalignez -Vérifier la fixation
	- Arrachement de métal sous forme de "cratères" côte aspiration.	-Cavitation	-Arrêt pompe	2	3	1	6	

	-Pression quasi nulle en sortie de pompe	-pompe HS -limiteur de pression dérégulé	-Arrêt de l'installation hydraulique	1	3	2	6	-Régler le limiteur de pression -Remplacer pompe
	-Faces latérales des flasques rayées	-Mauvaise filtration -Manque d'huile	-Arrêt pompe	2	3	1	6	-Vérifier l'état des filtres -Contrôler le niveau d'huile du réservoir
Moteur électrique	-Pas de rotation	-Pas d'alimentation -Absence de commande -Moteur HS	-Arrêt machine	2	3	1	6	-vérifier les connexions électriques
	-Rotation inversée	-Erreur de câblages	-Détérioration rapide de la pompe	2	3	1	6	-Permutez le raccordement des fils au niveau du moteur
	-Rupture de l'axe moteur	-fatigue mécanique	-Arrêt machine	2	3	1	6	
	-Défaillance du rotor ou stator	-surintensité -humidité	-Arrêt installation	2	3	1	6	

	-Vibrations	-Problème de fixation et de guidage -Désalignement	-Détérioration rapide de la pompe	1	3	1	3	-Réalignez -Vérifier la fixation
	-Moteur bruyant	-Entrefer non homogène	-Arrêt moteur	2	3	1	6	-Vérifiez et corrigez le montage des flasques ou le palier
		-Rotor déséquilibré	-Arrêt moteur	1	3	1	3	-Rééquilibrez
	-Moteur ne démarre pas	-alimentation en courant	-pompe ne démarre pas	1	2	1	2	-Vérifier fusible
Echangeur (refroidisseur) eau/ huile	-Non respect des températures	-Impureté -Saleté	-Détérioration prématuré des composants de la centrale	2	2	1	4	-Vérifier l'état des filtres -Nettoyer les zones d'intervention
	-Fuite externe/interne	-Endommagement des joints / raccords de tuyauterie -Sollicitations thermiques élevées et/ou brusques (température /pression) -Défaillance du capteur de température	-Détérioration prématuré des composants de la centrale	2	2	1	4	-Vérifier le capteur de température -contrôle d'une éventuelle présence de fuite
Réservoir d'huile	-Pollution de l'huile	-Impuretés	-Détérioration des composants	3	4	1	12	-vérifier l'aspect de l'huile

	-Niveau d'huile : Trop bas	-fuite externe : Prise d'air sur canalisation d'aspiration	-Arrêt	1	2	1	2	-vérifier les appareils contrôlant le niveau d'huile du réservoir
	-Niveau d'huile : trop élevé	-le volume d'huile contenu dans les actionneurs ou les tuyauteries peut être supérieur au volume du réservoir	-Arrêt	1	2	1	2	
Tuyauterie rigide/ Flexible	- Fuite externe/interne	-Tuyau pincé/ crevé	-Perte de charge au niveau des éléments de la centrale	1	3	2	6	-Vérifier les tuyauteries et les raccords
	- Baisse/ augmentation de la température du fluide	-Refroidisseur mal réglé -Refroidisseur détérioré -Mesure de la température de l'huile du réservoir défectueuse	-cycle désordonné	2	2	1	4	-Remplacer l'échangeur eau/huile -Vérifier, et le cas échéant, remplacer la mesure de la température
Accouplements	-vibrations	-défaut d'alignement des arbres	-usure accentuée des accouplements	1	2	1	2	-Contrôle des vibrations
	-température élevée des paliers	-idem	-usure accentuée des paliers	1	3	1	3	-contrôle de température

	-bruits inhabituel	-idem		1	3	1	3	
--	--------------------	-------	--	---	---	---	---	--

Tableau 8: Résultat AMDEC du groupe de conditionnement

III.3.b. Analyse AMDEC du groupe de Génération

Ensemble : centrale hydraulique								
Sous ensemble : Groupe de génération								
Elément	Mode de défaillance	Causes	effets	D	F	G	C	Actions correctives
Pompes à pistons axiaux	-Bruit	-Cavitation -Fuite à l'aspiration -Jeux importants -Chauffe pompe -Fluide pollué	-détérioration prématuré de la pompe	1	2	2	4	
	-Débit insuffisant	-Usure interne -Lubrifiant non Conforme -Fuite extérieure dans le circuit	-Arrêt pompe	1	3	1	3	-Rechercher les fuites -Vérifier la lubrification
	-vibrations	-Mauvais alignement entre la pompe et l'accouplement -Défaut de fixation	-Bruit excessif	1	2	2	4	-Réaligner -Vérifier la fixation de la pompe

	-Matage des patins, traces de chocs	-Émulsion de l'huile, manque d'huile	-Arrêt pompe	3	4	1	12	-Vérifier le niveau d'huile
	-Pas de débit	-Rupture accouplement -Rupture interne / Blocage		2	3	1	6	
	-Mauvais contact dans l'ajustement piston patin	-Mauvaise filtration -Manque d'huile	-Usure	3	4	1	12	-Remplacer le filtre -Vérifier la propreté de l'huile -Vérifier le graissage
	-Déformation du sertissage patin-piston	-Prise d'air. -Émulsion de l'huile.	-Diminution équilibrage axial -Jeu important	3	4	1	12	
Réducteur débit	-Changement de pression dynamique ou de débit	-clapet détérioré -réglage modifié	-cycle bloqué -marche dégradée	2	3	1	6	
	-Pas de réduction possible	-ressort cassé -vis de réglage usée	-Marche dégradée	2	3	1	6	-Remplacer le réducteur
	- Débit passe mal	- Réducteur bouché ou mal réglé	-Passage en dessous /dessus du débit	1	3	1	3	-Modifier le réglage du réducteur

			requis					-En cas d'échéance, remplacer le réducteur
	- Débit n'est pas réduit	-Mal réglé		1	3	1	3	
Limiteur de pression	- Pression irrégulière	- Accumulation des impuretés	-Mauvais filtrage	3	3	1	9	-Vérifier la propreté de l'huile et son aspect
	-Vibrations et usures des sièges du limiteur	-Impuretés dans l'huile		3	3	1	9	
Moteur électrique	Voir 1 ^{er} tableau	Voir 1 ^{er} tableau	Voir 1 ^{er} tableau					Voir 1 ^{er} tableau
Tuyauterie rigide/ Flexible	Voir 1 ^{er} tableau	Voir 1 ^{er} tableau	Voir 1 ^{er} tableau					Voir 1 ^{er} tableau
Capteur de Pression/ Position	-Fausse indication de pression ou de position	-Mauvaise filtration		2	3	1	6	-Remplacer les filtres
	-Non détection de la pression/position	-Mauvais réglage -Capteur grillé -Mauvaise connexion	- Cycle bloqué ou marche dégradée	2	4	1	8	-vérifier, et le cas échéant, remplacer le capteur
	- Détection permanente	-Capteur en court-circuit	- Cycle désordonné	2	3	1	6	-Remplacer le capteur

Manomètre	-Le manomètre n'indique aucune pression.	-Le raccord du manomètre est desserré.	-Mauvaise indication de la pression	1	2	1	2	- Resserrer le raccord du manomètre.
		-Le manomètre est défectueux.	-Mauvaise indication de la pression	1	2	1	2	- Remplacer le manomètre.

Tableau 9: Résultat AMDEC du groupe de Génération

III.3.c. Analyse AMDEC du groupe de commande et distribution

Ensemble : centrale hydraulique								
Sous ensemble : Groupe de commande et de distribution								
Elément	Mode de défaillance	causes	effets	D	F	G	C	Actions correctives
Distributeur proportionnel 4/3	- Tiroir grippé	-Pollution -Fonctionnement à sec - Gommage du tiroir après un arrêt prolongé	-cycle bloqué	3	4	1	12	-Vérifier l'état des filtres
	-Fuite sur les canalisations de raccordement	-Mauvais sertissage des tuyauteries flexibles -Mauvais serrage des raccords	-Cycle désordonné	1	3	2	6	-Vérifier les raccords -Vérifier les tuyauteries
	-Pas de commande Electrique	-Défaut sur le bobinage	-Cycle bloqué	4	4	1	16	-Vérifier le bobinage du distributeur
	-Le distributeur ne bascule pas quand il est	-bobine grillée -mauvaise connexion	-Cycle bloqué	3	4	1	12	-Vérifier les connexions

	commandé	- tiroir grippé						électriques
	-Vibration de la bobine	-Mouvement oscillatoire du tiroir -Etat de la commande électrique	-Cycle dégradé	2	2	1	4	
	-Distributeur chaud	-Laminage de l'huile dans le tiroir		1	3	1	3	
	-Vibration du tiroir	-Pollution -Effort de commande trop faible -Ressort cassé -contre-pression sur le tiroir	-Cycle dégradé	4	3	1	12	
	-Usure du tiroir et des sièges provoquant une fuite importante	-Obturation des orifices par les impuretés		4	3	1	12	-Vérifiez l'état des filtres
	-Freinage du mouvement du tiroir	-Accumulation des impuretés	-Marche dégradée	4	3	1	12	-Vérifiez l'état des filtres
Filtre	Voir 1 ^{er} tableau	Voir 1 ^{er} tableau	Voir 1 ^{er} tableau					Voir 1 ^{er} tableau

Tableau 10: Résultat AMDEC du groupe de commande et de distribution

III.3.d. Analyse AMDEC du groupe Actionneur

Ensemble : centrale hydraulique								
Sous ensemble : Actionneur (Vérin)								
Elément	Mode de défaillance	causes	effets	D	F	G	C	Actions correctives
Vérin à double effet	-Perte de pression	-Encrassement	-usure	2	3	1	6	-purger le vérin -Refaire le graissage
	-Fuite externe de fluide	-Rupture mécanique -Corrosion	-Arrêt vérin	1	3	1	3	-Vérifier l'état du vérin
	-Fuite interne	-Rupture des joints	-cycle désordonnée	1	3	1	3	-Changer les joints -Prévoir des protections
	-Pas de mouvement	- Mauvais serrage des raccords - Panne sur les appareils de distributions	- Cycle ralenti	2	3	1	6	-Vérifier les raccords -Vérifier la connexion entre le capteur de position du tiroir et la carte amplificatrice.

- Mouvement trop faible	- Problème mécanique - Réglage des appareils de débit - Effort mécanique de frottement anormal	- Cycle ralenti	2	3	1	6	-Vérifier le réglage des appareils de débit (régulateur débit, etc.)
-Sifflement	- Laminage de l'huile dans le vérin	-Ralentissement du vérin	2	3	1	6	-Contrôler les pressions du circuit
- Vibration du vérin	- Mouvement irrégulier ou par saccades	-cycle désordonné	2	4	1	8	
- Usure de la tige, du piston, des joints, du manchon de guidage, du palier de guidage piston	- Impuretés dans l'huile	- Fuite externe de l'huile -Perte de vitesse du vérin -Perte de la stabilité	3	4	1	12	-Vérifier l'aspect de l'huile

			-Mauvais alignement de la tige et de piston					
	-Le piston ne monte pas en pression.	-Joints de piston défectueux	-cycle ralenti -cycle désordonné	3	4	1	12	-Remplacez les pièces défectueuses
Capteur de position/ Pression	Voir tableau précédent	Voir tableau précédent	Voir tableau précédent					Voir tableau précédent

Tableau 11: Résultat AMDEC du groupe d'actionnement

III.3.e. RESULTATS DE L'ETUDE

A partir des tableaux ci-dessus, on a pu hiérarchiser les causes des pannes pertinentes 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 pour arriver à réduire la criticité des modes de défaillances pénalisants et par la suite atteindre un taux de disponibilité maximal.

Une politique de maintenance en se basant sur les actions d'amélioration de l'analyse AMDEC est préconisée permettant la mise en place d'un plan de maintenance préventive.

Conclusion

Dans ce chapitre, la centrale hydraulique a été décomposée, afin de nous arrêter sur chaque élément, pour déterminer les modes de défaillance, la criticité, et les actions à engager.

Les résultats obtenus montrent que la **pompe à pistons axiaux**, le **vérin** et le **distributeur** sont bien à la tête de la liste des éléments critiques, avec une criticité dépassant ou égale à 12, valeur fixée avec le groupe de travail AMDEC.

Puisque la réduction de la criticité est parmi nos objectifs, nous avons proposé des actions préventives pour l'ensemble des éléments. Ces actions sont à mettre en application pour un meilleur fonctionnement et une durée de vie optimale.

CHAPITRE IV: PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE

- IV.1. Définition
- IV.2. Objectifs
- IV.3. Démarche suivie
- IV.4. Plan de maintenance

Dans ce chapitre, on s'est basé sur l'analyse AMDEC pour l'inventaire des interventions sur la centrale hydraulique. Pour atteindre les objectifs du plan de maintenance, une démarche méthodologique a été suivie pour son établissement. Le plan de maintenance contient plusieurs documents qui constituent le fruit de ce chapitre.

Introduction

Le plan de maintenance est parmi les fruits de l'étude critique de la maintenance de la centrale hydraulique et de l'analyse AMDEC réalisés précédemment.

Ce plan contient les éléments les plus critiques de la centrale, en indiquant le type de maintenance à effectuer, les actions à mener, ainsi qu'une périodicité.

IV.1. Définition

Selon la **norme NF X 60-010**, le plan de maintenance est « un document énonçant les modes opératoires, les ressources et la séquence des activités liées à la maintenance d'un bien ».

IV.2. Objectifs

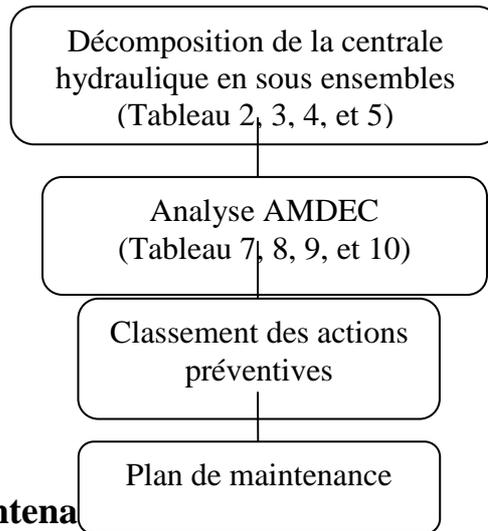
L'établissement du plan de maintenance permet d'atteindre les objectifs suivants :

- Garantir une continuité de service.

- Garantir un niveau de disponibilité connu à un coût global maîtrisé.
- Maintenir une qualité de service contractuelle.
- Prévenir les risques.

IV.3. Démarche d'établissement du plan de maintenance

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



IV.1. Plan de maintena

Gamme de maintenance préventive							Fournisseur	Parker
Distributeur Proportionnel								
Libellé opération	Périodicité					Niveau de compétence	Observations - Outillage spécifique - Pièces détachées	Durée d'intervention (heure)
	H	M	T	S	A			
Distributeur Proportionnel								
<u>Lors de la 1ère utilisation</u>								
Vérifiez que le distributeur hydraulique est correctement installé.						En cas de remplacement		10 MIN
Vérifiez toutes les connexions hydrauliques d'après les schémas du système.						En cas de remplacement		20MIN
Vérifiez toutes les connexions de câbles électriques d'après les schémas du système						En cas de remplacement		20MIN
<u>Contrôler</u>								
L'absence de fuites d'huile						J	Opérateur	5 MIN
La température de l'élément						J	Opérateur	5MIN
La vibration de la bobine	o						Opérateur	10 MIN

Projet de Fin d'études

La vibration du tiroir	o									Opérateur	10 MIN
L'état des capteurs de pression				o						Mécanicien	1J=24H
La présence de signe de corrosion				o						Mécanicien	15 MIN
<u>Vérifier</u>											
Intégralement les connexions à la boîte des E/S	o									Electricien	10 MIN
Les connexions aux cartes électroniques	o									Electricien	10 MIN
L'état des filtres de refoulement				o						Mécanicien	1J=24H
Le niveau d'huile dans le réservoir	o								contrôlée en permanence dans la salle de contrôle		
La commande électrique et le fonctionnement du distributeur (ralentissement, position tiroir)		o								Electricien	20 MIN
<u>Autres</u>											
Mesurer les pressions au niveau de la prise de mesure MA et MB									contrôlée en permanence dans la salle de contrôle		
Purger l'air du distributeur				o					En cas de remplacement		1J=24H
Nettoyer les environs pour enlever la poussière et empêcher les impuretés de pénétrer dans le distributeur	o										1H

Projet de Fin d'études

<u>Démonter le distributeur</u>								
Pour contrôler l'état de grippage ou d'usure du tiroir et des sièges				o				1J =24H
Pour contrôler l'état de la bobine				o				1J=24H
Pour contrôler l'état du capteur de position du tiroir				o				1J=24H
<u>Remplacer</u>								
Le filtre de refoulement de la pompe				o				1J
Le capteur de position intégré au distributeur						Selon son état		
Les bobines du distributeur						Selon leurs états		
L'huile dans le réservoir						Selon l'analyse du laboratoire		
Les joints				o				1. Démontez le distributeur, 2. Vérifier que les rainures pour les joints sur la surface de connexion du distributeur sont propres et intactes. 3. Monter des joints neufs.
Mettre à jour la gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO)						Après chaque intervention		
Procéder au nettoyage de la zone d'intervention						Après chaque intervention		

Tableau 12: Gamme préventive d'un distributeur proportionnel.

Gamme de maintenance préventive							Fournisseur	Parker
Pompe à Pistons Axiaux								
Libellé opération	Périodicité					Niveau de compétence	Observations - Outillage spécifique - Pièces détachées	Durée d'intervention (heure)
	H	M	T	S	A			
Pompe à Pistons Axiaux								
<u>Contrôler</u>								
L'étanchéité de la pompe (carter, joints...)	<input type="radio"/>						Opérateur	30 MIN
Le bruit des accouplements	<input type="radio"/>						Opérateur	15 MIN
La pression en amont et en aval de la pompe						contrôlée en permanence	Opérateur	
Réaliser un contrôle auditif de cavitation, aération et de bruits de paliers								
Contrôler la température d'huile du réservoir						contrôlée en permanence		
<u>Vérifier</u>								
L'état des canalisations d'aspiration et de refoulement		<input type="radio"/>				Quand il y'a une chute de pression donc une fuite quelque part		

Projet de Fin d'études

les connexions électriques			o				Electricien		20 MIN
Le niveau d'huile du carter de la pompe							D'après le contrôle de niveau d'huile du réservoir		
Le niveau d'huile dans le réservoir							contrôlée en permanence dans la salle de contrôle		
Les intensités du moteur d'entraînement!!!	o						Electricien		30 MIN
<u>Démonter la pompe</u>									
Pour inspecter l'état de l'accouplement, de l'arbre et des paliers						o	Mécanicien		4h
Pour voir l'état des patins et pour vérifier l'ajustement du contact patin-piston							5 ans	Mécanicien	1 journée
Pour contrôler : • La corrosion et l'érosion des pièces • Fissures ou des entailles							5 ans	Mécanicien	1 journée
<u>Autres</u>									
Manœuvrer les vannes d'isolement		o					Opérateur		
Nettoyer l'emplacement de la pompe							Opérateur		
Graisser les paliers sur l'arbre moteur				o			Opérateur		
<u>Remplacer</u>									
Les accouplements							selon leurs états	Mécanicien	
Mettre à jour la gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO)							Après chaque intervention		

Gamme de maintenance préventive							Fournisseur	Parker	
Vérin Hydraulique									
Libellé opération	Périodicité						Niveau de compétence	Observations - Outillage spécifique - Pièces détachées	Durée d'intervention (heure)
	H	M	T	S	A	autres			
Vérin Hydraulique									
<u>Contrôler</u>									
L'étanchéité et l'absence de fuite				o			Opérateur	1 journée	
L'état des câbles de capteur de position						J	Opérateur	visuelle 15 min	
La température						contrôlée en permanence dans la salle de contrôle			
Les pressions						contrôlée en permanence dans la salle de contrôle			
<u>Vérifier</u>									
Vérifier périodiquement la présence de lubrification	o						Opérateur		
L'état des filtres entre distributeur et vérin				o			Opérateur		
Le niveau d'huile dans le réservoir						contrôlée en permanence dans la salle de contrôle			

<u>Démonter le vérin</u>							
Pour contrôler les dommages : usure, flexion de la tige, tige de piston striée ou endommagée, l'état des joints					en fonction de son état		3 J=180H
<u>Remplacer</u>							
Remplacer les joints					en fonction de leurs états		
Remplacer les filtres entre distributeur et vérin			o				1J
Remplacez l'huile dans le réservoir					selon l'analyse du laboratoire		
<u>Autres</u>							
Purger l'air du vérin			o		en cas de remplacement		1. Enlevez le vérin et mettez-le sur une surface à niveau.2. purger le système.3. Testez le vérin pour s'assurer qu'il fonctionne normalement.
Nettoyer les entours du vérin pour empêcher les corps étrangers de se loger dans le système.	o				Opérateur		La saleté est la cause principale des pannes des unités hydrauliques
Mettre à jour la gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO)					Après chaque intervention	-	
Procéder au nettoyage de la zone d'intervention					Après chaque intervention	-	

Tableau 14: Gamme préventive du vérin hydraulique

Projet de Fin d'études

Recommandations à suivre au cours de la maintenance préventive :

Vérifier le bon état de marche de tous les appareils incorporés dans le circuit.

Pour les soupapes :

Après démontage et nettoyage des pièces, vérifier le bon état des sièges, clapets et tiroirs. Tous les éléments montrant des portages importants seront remplacés. Des traces légères sur les tiroirs peuvent être adoucies. Les corps des soupapes sont vérifiés et les taraudages des orifices nettoyés par le passage d'un taraud.

Pour les réservoirs :

Vidanger, nettoyer les parois et s'assurer que la paroi supérieure ne présente pas de traces d'oxydation. Brosser toute trace d'oxydation, refaire la peinture si nécessaire. Nettoyer l'intérieur, retirer les dépôts (boues, gomme, laque), et rincer. Nettoyer les glaces des niveaux d'huile. Remonter les éléments en prenant la précaution de changer les joints

Pour les circuits d'alarme :

S'assurer du fonctionnement correct des sécurités : niveau d'huile, élévation de température, etc.

Pour les récepteurs :

Démonter et vérifier les moteurs hydrauliques en prenant les mêmes précautions que pour les pompes, et suivant les recommandations propres à chaque type.

Les vérins seront également démontés et les tiges qui présenteraient des traces de rayures seront rectifiées ou polies avant remontage. De même, un corps présentant des rayures peut être rodé dans les limites des tolérances permises pour le bon travail des joints.

Ces éléments seront remontés, et pour les vérins, une vérification de l'étanchéité doit être faite, avant mise en place. L'alignement est refait avec soin.

Pour les tuyauteries :

Pendant toutes les opérations de visite des appareils, il est indispensable de fermer les orifices des tuyauteries à l'aide de bouchons appropriés de préférence ou à tout autre moyen, les chiffons étant à proscrire.

Enfin tous les supports d'appareils et de tuyauteries doivent être remontés et serrés convenablement.

Conclusion

Après avoir fixé les formes de défaillance les plus critiques pour chaque ensemble de la centrale hydraulique.

Le plan de maintenance établi, résume toutes les actions à mener pour la maintenance préventive du vérin hydraulique, pompe à pistons axiaux et distributeur proportionnel 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.

CHAPITRE V : **RECOMMANDATIONS POUR LE BON FONCTIONNEMENT** **DE LA CENTRALE HYDRAULIQUE**

V.1. Généralités

V.2. Principaux contrôles à faire

Projet de Fin d'études

Dans ce chapitre, en se basant sur l'expérience du personnel on a pu mettre en place les principaux contrôles à faire, avant la mise en service de la centrale hydraulique, pour garantir un bon fonctionnement.

V.1. Généralités

Un circuit hydraulique, aussi bien conçu soit-il, peut être fortement endommagé dès la mise en marche si certaines précautions n'ont pas été prises à temps.

Il est donc indispensable qu'un certain nombre de vérifications soient effectuées par un technicien compétent avant que le moteur d'entraînement de la pompe ne soit mis en marche.

Présentations des étapes de mise en service :

1.	Vérifier que la tuyauterie hydraulique est correctement installée
2.	Vérifier les connexions des bornes électriques
3.	Vérifier la tension d'alimentation de l'armoire électrique
4.	Sélectionner les paramètres de la commande de grille sur l'EMCC
5.	Remplir le réservoir d'huile
6.	Remplir les conduites
7.	Purger le circuit hydraulique
8.	Vérifier l'absence des fuites dans le circuit
9.	Dégazer les vérins hydrauliques
10.	Régler les régulateurs de pression

5. Remplissage du réservoir d'huile : pour remplir le réservoir d'huile on utilise la pompe (240), le raccord (248) et le flexible (248)

Projet de Fin d'études

6. Remplissage des conduites
7. Purge du circuit hydraulique a pour objectif d'éliminer la poussière et des débris du circuit.
8. contrôle des fuites a pour objectif de vérifier l'étanchéité du circuit à haute pression
9. Dégazage des vérins hydrauliques a pour objectif d'éliminer l'air impur
10. Réglage des régulateurs de pression

V.2. Principaux contrôles à faire

1. Serrage des éléments du circuit :

Le maintien des différents organes du circuit se fait par vis. Le serrage de ces vis doit toujours être effectué à l'aide d'une clé dynamométrique. Il est important de respecter les couples de serrage indiqués. Une vis trop serrée travaille à l'extension, il y a risque de rupture lors de la montée en pression dans le circuit. Une vis insuffisamment serrée est à l'origine de fuites d'huile.

2. Alignement moteur-pompe :

L'alignement de la pompe et de son moteur est un facteur très important, lié à la durée de vie de la pompe. En cas de mauvais alignement, la pompe supporte des efforts radiaux pour lesquels elle n'a pas été prévue. Certaines pièces internes, et en particulier le joint d'arbre se détériorent prématurément. L'alignement moteur pompe s'effectue à l'aide d'un accéléromètre.

3. Sens de rotation de la pompe :

En effet, de nombreux modèles de pompes sont prévus pour rotation dans un sens ou dans l'autre. Il se peut donc que le sens de rotation de la pompe installée sur le groupe de pompage ne corresponde pas à l'installation prévue. La mise en marche d'une telle pompe peut entraîner sa détérioration rapide.

4. Démarrage et amorçage de la pompe :

Pour les pompes et moteurs hydrauliques possédant une tuyauterie de récupération des fuites internes, il est nécessaire de remplir leur carter d'huile afin d'en assurer la lubrification dès le démarrage. Avant le démarrage de la pompe, vérifier que tout robinet installé sur les tuyauteries d'aspiration et de refoulement de celle ci est bien ouvert.

Le système d'entraînement de la pompe est démarré puis arrêté avant d'avoir atteint sa vitesse de rotation normale. Cette opération est répétée plusieurs fois jusqu'à ce que le refoulement de la pompe devienne correct. Pour supprimer les bruits de cavitation, au premier amorçage

Projet de Fin d'études

de la pompe, il est nécessaire de purger le circuit. En ce qui concerne la pompe, la purge s'effectue sur la tuyauterie de refoulement.

5. Mise en pression :

Au démarrage, il est préférable que la pompe ne soit pas appelée à fournir une forte pression avant que la lubrification interne ne soit totalement effectuée. Pour ce faire, les soupapes installées dans le circuit doivent être détarées. Lorsqu'on se sera assuré que la pompe fonctionne convenablement, que la purge du circuit est terminée, et que toutes les canalisations sont totalement remplies de fluide hydraulique, on pourra procéder aux réglages des pressions. En réglant, il faut augmenter progressivement la pression jusqu'à ce que l'installation fonctionne correctement (se référer aux valeurs conseillées par le constructeur). Le réglage devrait être protégé contre toute éventualité de dérèglement.

6. Contrôle des fuites :

Lorsque le circuit a fonctionné quelques temps il faut vérifier l'étanchéité générale de celui-ci. Des joints peuvent avoir été détériorés lors du montage et provoquer des fuites nuisibles au fonctionnement ainsi qu'à la sécurité de l'installation.

7. Contrôle de température :

Après un instant de fonctionnement à la vitesse prescrite et à la pression normale, s'assurer que les paliers, les boîtiers et le fluide n'ont pas dépassé la température de service normale.

8. Fluide d'alimentation :

Vérifier le niveau d'huile dans le réservoir. Il arrive qu'une pompe soit détériorée par manque d'huile, la quantité de liquide dans le réservoir étant insuffisante ou parfois inexistante. Lors d'une première mise en service et pour le premier remplissage du système en fluide hydraulique, il convient de surveiller que le niveau d'huile dans le réservoir ne descende pas au-dessous du minimum nécessaire à l'aspiration.

Conclusion

La maintenance d'un circuit hydraulique bien réalisé demande peu de temps en comparaison au nombre d'heures de fonctionnement d'heures qu'il est susceptible d'assurer.

Projet de Fin d'études

Dans ce dernier chapitre quelques contrôles à effectuer ont été illustrés avant la mise en service de la centrale hydraulique pour assurer un bon fonctionnement à long terme.

Conclusion générale

Ce travail a pour but d'exposer les résultats, auxquels nous avons abouti durant mon projet de fin d'étude, dans l'intention de montrer notre apport au sujet.

Nous avons commencé par une présentation de l'organisme d'accueil, et son procédé de fabrication. Ceci a permis d'avoir une idée sur les conditions, dans lesquelles, le refroidisseur; objet de notre étude ; fonctionnent.

Au terme de cette étude, les objectifs fixés dans notre cahier des charges et tracés dans notre plan de réalisation ont été atteints. Autrement dit, nous avons pu, dans un premier temps d'examiner la centrale hydraulique du refroidisseur à couloirs, et décrire son principe de fonctionnement.

Par la suite nous avons procédé à l'analyse des causes de pannes pour bien comprendre l'origine des défaillances. Pour cela, nous avons appliqué la méthode AMDEC, qui nous a aidés à savoir les modes critiques pour chaque élément de la centrale hydraulique, et proposer

Projet de Fin d'études

des actions pour réduire la criticité. Parmi les résultats de notre analyse AMDEC, l'élaboration d'un plan de maintenance assez complet, dans le but d'organiser la maintenance et améliorer son efficacité.

Puisque le circuit hydraulique, aussi bien conçu soit-il, peut être fortement endommagé dès la mise en marche si certaines précautions n'ont pas été prises à temps, nous avons établi des contrôles à mettre en place avant la mise en service de la centrale hydraulique en se basant sur l'expérience du personnel, afin d'éviter les mauvaises pratiques qui peuvent, dans certains cas, détruire des éléments de la centrale hydraulique.

Dans le but d'augmenter d'avantage la production, et améliorer le rendement de l'installation. Dans ce contexte, notre travail, notamment nos recommandations, serviront comme base pour assurer un bon fonctionnement de la centrale hydraulique.

Référence

Document LAFARGE

Manuel du constructeur

Sites web

www.lafarge.ma

www.maintenance-preventive.com

Cours

Cours de l'hydraulique

Mr. CHAMAT

Projet de Fin d'études

VI Annexes

VI.1. Equipement centrale hydraulique

ITEM NO.	DESCRIPTION
	BASIC POWER UNIT 1000 L
201	TANK UNIT 1000 L
201.1	DESIGNATION PLATE
202	LEVEL GAUGE
203	COMPENSATOR RESERVOIR
204	PRESSURE/VACUUM BREAKER
205	BALL VALVE
206	COVER
207	E-INSTALLATION COMPLETE
208	NIVEAU/TEMPERATURE SWITCH
209	RETURNE LINE FILTER
210	CHECK VALVE
211	MANIFOLD
212	RETURNE LINE FILTER
213	MOISTURE SENSOR
	GENERAL ITEMS
	OIL-CONDITIONING UNIT
220.1	GEAR PUMP
221.1	COUPLING
222.1	BELL HOUSING
223.1	E-MOTOR
224.1	HOSE
225.1	CHECK VALVE
226.1	DAMPING RING
227.1	MANOMETER
220.2	GEAR PUMP
221.2	COUPLING
222.2	BELL HOUSING

Projet de Fin d'études

ITEM NO.	DESCRIPTION
223.2	E-MOTOR
224.2	HOSE
225.2	CHECK VALVE
226.2	DAMPING RING
235	HOSE
236	HOSE
239	RETURN FILTER
252	CHECK VALVE
260	OIL-WATER-COOLER
261	FLOW CONTROLLER
262	WATER-VALVE
263	STRAINER
	WATER WARNING /FILLING DEVICE
240	GEAR PUMP
241	MOUNTING BRACKET
242	COUPLING
243	BELL HOUSING
244	E-MOTOR
245	3 –WAY BALL VALVE/LIMIT SWITCH
246	COUPLING
246.1	END CAPE
247	COUPLING
247.1	END CAPE
248	PUSH-LOK
248.1	HOSE
249	MEDIUM PRESSURE FILTER
250	CHECK VALVE
256	HOSE
257	HOSE
	MOTOR PUMP UNIT
	BEGIN PUMP STATION 1

Projet de Fin d'études

ITEM NO.	DESCRIPTION
107.1	SUCTION HOSE
108.1	SHUT-OFF VALVE WITH LIMIT SWITCH
110.1	AXIAL PISTEN PUMP
MP	MEASURING PORT
111.1A	BELL HOUSING
111.1B	DAMPING RING
111.1C	COUPLING
112.1	E-MOTOR
113.1	HOSE
114.1	HOSE
115.1	HOSE
115.3	HOSE
116.1	MANIFOLD PRESSURE RELIEF VALVE
117.1	PROPORTIONAL PRESSURE VALVE
118.1	THROTTLE VALVE
119.1	PRESSURE RELIEF VALVE
120.1	MANOMETER
121.1	MANOMETER TURN-OFF VALVE
122.1	MEASURING HOSE
123.1	CHECK VALVE
124.1	HOSE
125.1	ELECTRONIC MODULE
126.1	SHUT-OFF VALVE
127.1	HOSE
128.1	PLUG
129.1	PRESSURE SENSOR
253	Nozzle
	BEGIN PUMP STATION 2
107.2	SUCTION HOSE
108.2	SHUT-OFF VALVE WITH LIMIT SWITCH
110.2	AXIAL PISTEN PUMP

Projet de Fin d'études

ITEM NO.	DESCRIPTION
MP	MEASURING PORT
111.2A	BELL HOUSING
111.2B	DAMPING RING
111.2C	COUPLING
112.2	E-MOTOR
113.2	PUSH-LOK
114.2	HOSE
115.2	HOSE
116.2	MANIFOLD PRESSURE RELIEF VALVE
117.2	PROPORTIONAL PRESSURE VALVE
118.2	THROTTLE VALVE
119.2	PRESSURE RELIEF VALVE
120.2	MANOMETER
121.2	MANOMETER TURN-OFF VALVE
122.2	MEASURING HOSE
123.2	CHECK VALVE
124.2	HOSE
125.2	ELECTRONIC MODULE
126.2	SHUT-OFF VALVE
128.2	CONNECTION PLUG
129.2	PRESSURE SENSOR
253	Nozzle
	MANIFOLD LANE 1-3
310.1	MANIFOLD
311.1/311.2/311.3	PROP. DIRECT CONTROL VALVE
312.1A/312.1B	PRESSURE SENSOR
312.2A/312.2B	PRESSURE SENSOR
312.3A/312.3B	PRESSURE SENSOR
MA/MB	MEASURING PORT
MT/MP	MEASURING PORT
314.1	HIGH PRESSURE FILTER

Projet de Fin d'études

ITEM NO.	DESCRIPTION
315.1	E-INSTALLATION COMPLETE
318.1	CHECK VALVE
319	ORIFICE
321.1	SHUT-OFF VALVE
320.1	BALL VALVE
411.1/411.2/411.3	HOSE
412.1/412.2	BALL VALVE
	MANIFOLD LANE 4-5
310.2	CONTROL BLOCK
311.4/311.5	PROP. DIRECT CONTROL VALVE
312.4A/312.4B	PRESSURE SENSOR
312.5A/312.5B	PRESSURE SENSOR
MA/MB	MEASURING PORT
MT/MP	MEASURING PORT
314.2	HIGH PRESSURE FILTER
315.2	E-INSTALLATION COMPLETE
318.2	CHECK VALVE
319	ORIFICE
321.2	SHUT-OFF VALVE
411.1/411.2/411.3	HOSE
412.1/412.2	BALL VALVE
	MANIFOLD HEATING VALVE
230	MANIFOLD
230.1	DESIGNATION PLATE
231.1	2-WAY-SLIP IN CARTRIDGE
231.2	COVER
231.3	DIRECTIONAL CONTROL VALVE
232	PRESSURE RELIEF VALVE
233	MEASURING PORT
	CYLINDER PACKAGE
410.1.1-410.5.1	CYLINDER

Projet de Fin d'études

ITEM NO.	DESCRIPTION
	ELECTRONIC CARD
316.1	ELECTRONIC CARD
316.2	ELECTRONIC CARD
316.3	ELECTRONIC CARD
316.4	ELECTRONIC CARD
316.5	ELECTRONIC CARD
316	ELECTRONIC CARD
317.1	ELECTRONIC CARD
317.2	ELECTRONIC CARD
317.3	ELECTRONIC CARD
317.4	ELECTRONIC CARD
317.5	ELECTRONIC CARD
317	ELECTRONIC CARD
125	ELECTRONIC CARD

VI.2. Contexte de rédaction

Installation

Date d'installation : 2008
Lieu : LAFARGE usine de Meknès
Réception : sous garantie

Production

Projet de Fin d'études

Taux d'engagement : 24 h/jour ; 7 jours / semaine
Produits transporté : Clinker
Performances rendement prévu : 1900T/J
Rebut : pas de rebut
Produits sous assurance qualité : OUI

Maintenance

Réception maintenance : NON
Etat documentaire : médiocre
Modifications / améliorations : machine sous garantie
Taux de panne : phase de jeunesse
Indisponibilité maintenance : néant

Objectif du plan de maintenance

Augmenter au maximum possible la disponibilité de la centrale hydraulique