



كلية العلوم والتقنيات فاس
+οΨΠοι+ | +ΕοΘοοΣΙ Λ +ΟΙΣΧΣ+ΣΙ
Faculté des Sciences et Techniques de Fès



جامعة سيدي محمد بن عبد الله
+οΘΛοΠΣ+ ΘΣΛΣ ΕΣΑΕΕοΛ ΘΙ ρΘΑΣΠΙοΘ
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah



département de Génie Industriel



LST de Génie Industriel

Projet de Fin d'Etudes

CONTRIBUTION A L'AMELIORATION MTBF DU BROYEUR CRU BC1

Lieu : LafargeHolcim de Meknès

Référence : 12/22 LSTGI

Préparé par :

- Boutioure Youssef
- Echetna Mouhcine

Soutenu le 6 Juin 2022 devant le jury composé de :

- Pr Mohamed Cherkani-Hassani (Encadrant FST)
- Pr Hassan Bine El-Ouidane (Examineur FST)
- Mr Brahim Hamoud (Encadrant LafargeHolcim)



SOMMAIRE :

DEDICACE :

REMERCIEMENTS :

SOMMAIRE :

LISTE DES TABLEAUX :

LISTES DES FIGURES :

LISTE DES ABRÉVIATIONS :

INTRODUCTION GENERALE :

INTRODUCTION GENERALE :	1
CHAPITRE I : PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE, PROCESSUS DU FABRICATION DU CIMENT ET CADRE DU PROJET	2
I. PRÉSENTATION DU GROUPE LAFARGEHOLCIM :	2
1. HISTORIQUE	2
2. FICHE SIGNALÉTIQUE	3
II. PRÉSENTATION DU GROUPE LAFARGEHOLCIM DE MEKNÈS :	3
1. GÉNÉRALITÉS :	3
2. LAFARGEHOLCIM USINE DE MEKNÈS :	4
3. FICHE SIGNALÉTIQUE DE L'USINE DE MEKNÈS :	5
4. ORGANIGRAMME DE LAFARGEHOLCIM MEKNÈS :	5
5. PROCESSUS DE FABRICATION DE CIMENT :	5
5.1 COMPOSITION CHIMIQUE DU CIMENT	5
5.2 PROCESSUS DE PRODUCTION DU CIMENT	7
5.2.1 EXTRACTION DES MATIÈRES PREMIÈRES	7
5.2.2 CONCASSAGE ET PRÉ-HOMOGENÉISATION DES MATIÈRES CRUES	8
5.2.3 BROYAGE ET HOMOGENÉISATION DE LA FARINE CRUE	8
5.2.4 PRODUCTION DU CLINKER	9
5.2.5 SÉCHAGE ET PRÉCHAUFFAGE	9
5.2.6 CLINKÉRISATION (PRODUCTION DU CLINKER)	9
5.2.7 REFROIDISSEMENT DU CLINKER	10



5.2.8 BROYAGE DU CIMENT	10
5.2.9 ENSACHAGE ET EXPÉDITION DU CIMENT	10
III. CADRE DE PROJET	11
1. LES TRAVAUX DEMANDÉS :	11
2. LES OBJECTIFS DU PROJET :	11
3. CONCLUSION	11
CHAPITRE II AMÉLIORATION DU MTBF À L'AIDE DE L'APPLICATION AMDEC ET PARETO	12
I. MTBF : TEMPS MOYEN ENTRE PANNES	12
1. QU'EST-CE QUE LE TEMPS MOYEN ENTRE PANNES ?	12
2. COMMENT CALCULER LE TEMPS MOYEN ENTRE PANNES	12
3. LES ORIGINES DU TEMPS MOYEN ENTRE PANNES	12
4. COMMENT ET QUAND UTILISER LE TEMPS MOYEN ENTRE PANNES	12
II. AVERTISSEMENT SUR LE MTTR	13
III. CALCULE DU DISPONIBILITE, MTBF ET TAUX DE DEFAILLANCE DURANT CES 5 MOIS (01 JANVIER 2022 ,30 MAI 2022)	14
IV. DESCRIPTION DU BROYEUR CRU	15
V. AMDEC DU BROYEUR	16
1. ANALYSE FONCTIONNELLE	16
2. DIAGRAMME ISHIKAWA	16
3. ÉVALUER LES DÉFAILLANCES	17
3.1 LA GRILLE D'ÉVALUATION DE L'AMDEC	17
3.2 LA NOTE DE CRITICITÉ	18
3.3 LA GRILLE DE COTATION D'AMDEC	18
3.4 SEUIL DE CRITICITÉ	18
4. AMDEC DU BROYEUR CRU BC1	19
4.1 SYNTHESE :	21
4.2 HIERARCHISATION DES DÉFAILLANCES	21
4.2.1.CALCUL DES POURCENTAGES CUMULÉES	22
4.2.2.DIAGRAMME PARETO	22
4.2.3.ELABORATION DES ACTIONS PRÉVENTIVES	22
CONCLUSION :	24
CONCLUSION GENERALE	25
BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE	
ANNEXES :	



FIGURE 14:PIGNON DU REDUCTEUR

FIGURE 16:TURBINE

FIGURE 17:ACOUPLEMENT

FIGURE 18:ROULEMENT

FIGURE 19:CONE

FIGURE 20:PLAN RÉDUCTEUR

FIGURE 21:PLAN VENTILATEUR

FIGURE 22 : PLAN GRATTEUR

FIGURE 23 : PLAN GALET

FIGURE 24 : PLAN GALET

LISTE DES ABRÉVIATIONS :

AFNOR : Association Française de Normalisation

AMDEC : Analyse des Modes de défaillance, de leur Effets et de leur Criticité

CADEM : Comment Artificiels de Meknès

5M : Diagramme cause/effet **SA** Société anonyme

MTBF: Mean Time Between Failures

MTTR: Mean Time to Repair

F: Fréquence

G : Gravité

D : Détection

C : Criticité



INTRODUCTION GENERALE :

De plus en plus, le besoin de développement des villes et citées aux constructions urbaines nécessitant une grande production en ciment. Dans cette production, une forte concurrence a été observée entre les différents acteurs de la cimenterie. Aussi, chacune de ces acteurs ne cesse de mettre en place des systèmes d'amélioration pour atteindre un meilleur positionnement.

Notre projet de fin d'études s'inscrit dans la démarche de l'entreprise à assurer l'excellence opérationnelle de la production du ciment, dans ce but LafargeHolcim Meknès nous a confié un sujet au sein de service maintenance intitulé « amélioration du MTBF du broyeur cru ».

L'objectif de notre projet de fin d'études est de mettre en place un plan d'action pour minimiser le nombre de défaillances et améliorer la disponibilité du broyeur cru, et proposer des améliorations à l'aide des outils tels que AMDEC, Pareto...

Ce rapport est subdivisé en deux (02) chapitres et une conclusion générale :

Le premier chapitre présente des généralités sur l'entreprise d'accueil (Lafarge Holcim Meknès) tout en définissant son historique, domaine d'activité, son processus de fabrication du ciment et le cadre du projet.

Le second chapitre présente des généralités sur la notion du MTBF et l'application de la méthode AMDEC pour l'améliorer suivant quatre étapes principales : nous allons tout d'abord réaliser une analyse fonctionnelle, suivis d'une identification et étude rationnelle des défaillances, puis nous allons étudier et calculer la criticité et finalement nous allons proposer des actions préventives pour diminuer la criticité, suivi des résultats d'étude et une conclusion.

La conclusion générale présente un résumé de l'étude effectué au sein de l'entreprise



كلية العلوم والتقنيات فاس
+ο+ΣΠοι+ Ι +ΕοΘοισι Α +ΟΙΣΧΣ+ΣΙ
Faculté des Sciences et Techniques de Fès



جامعة سيدي محمد بن عبد الله
+οΘλοΣ+ ΘΣΛΣ ΕΒΑΓΓοΑ ΘΙ ΑΘΛΒΗΙοΦ
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah



Chapitre I : PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE, PROCESSUS DU FABRICATION DU CIMENT ET CADRE DU PROJET

PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE, PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT ET CADRE DU PROJET

I. PRÉSENTATION DU GROUPE LAFARGEHOLCIM :

Le groupe Holcim, d'origine suisse, est un acteur majeur au niveau mondial dans la production du ciment. Le Groupe est aujourd'hui présent sur les 5 continents dans près de 70 pays et emploie près de 80.000 personnes. En outre « Lafarge » est un groupe français de matériaux de construction Fondé en France en 1833, qui produit et vend dans le monde entier principalement du ciment, des granulats et du béton prêt à l'emploi, sous le nom commercial "Lafarge". Ses produits et solutions de construction sont utilisés pour construire ou rénover des logements, bâtiments et infrastructures.

1. HISTORIQUE :

- Le 7 avril 2014, les sociétés Holcim et Lafarge ont annoncé leur intention de procéder à leur rapprochement dans le cadre d'une fusion.
- Le 10 juillet 2015, Holcim et Lafarge ont annoncé la finalisation de leur fusion et la création de LafargeHolcim, un leader mondial dans l'industrie des matériaux de construction.
- Le 23 octobre 2015, LafargeHolcim a ensuite annoncé avoir finalisé la procédure de retrait obligatoire de toutes les actions de Lafarge S.A., qui ne sont en conséquence plus cotées sur Euronext Paris depuis cette date, figure 1.

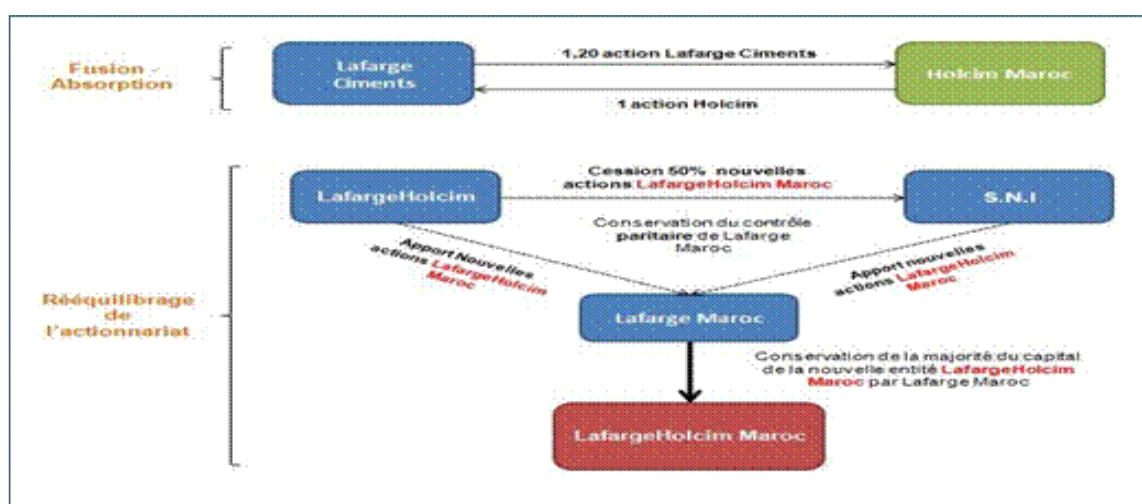


Figure 1: SCHÉMA DE CRÉATION LAFARGEHOLCIM

PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE, PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT ET CADRE DU PROJET

2. FICHE SIGNALÉTIQUE :

La figure 2 représente une fiche signalétique de LAFARGEHOLCIM

LafargeHolcim Ltd	
	
LafargeHolcim	
Création	2015
Forme juridique	Société anonyme
Action	Euronext : LHN [archive] SWX : LHN [archive]
Slogan	"A new leader for a new world"
Siège social	 Jona [archive] (Suisse)
Direction	Eric Olsen (CEO), Wolfgang Reitzle et Bruno Lafont (Co-Chairmen)
Actionnaires	Thomas Schmidheiny [en] [archive]
Activité	Matériaux de construction
Produits	Ciment, béton et granulat
Effectif	115 000 (2015)
Site web	http://www.lafargeholcim.com [archive]
Capitalisation	29 Mds € (oct. 2016)
Chiffre d'affaires	30 Mds €

Figure 2: FICHE SIGNALÉTIQUE DU GROUPE LAFARGEHOLCIM

II. PRÉSENTATION DU GROUPE LAFARGEHOLCIM DE MEKNES :

1. GÉNÉRALITÉS :

LafargeHolcim Maroc est le leader national du secteur des matériaux de construction avec près de 50 sites industriels et 1300 collaborateurs présents sur l'ensemble du territoire marocain. Elle est présentée dans le Royaume depuis 1928, LafargeHolcim Maroc a participé à la modernisation du secteur de la construction et à l'essor économique du Maroc.

Toutes les usines sont certifiées ISO 9001 (qualité) et ISO 14001 (environnement) conjointement par les experts de l'AFNOR (Agence Française de Normalisation) et de l'IMANOR (Institut Marocain de la Normalisation).

La carte ci-dessous indique l'emplacement des différentes unités de production de ciment au Maroc :

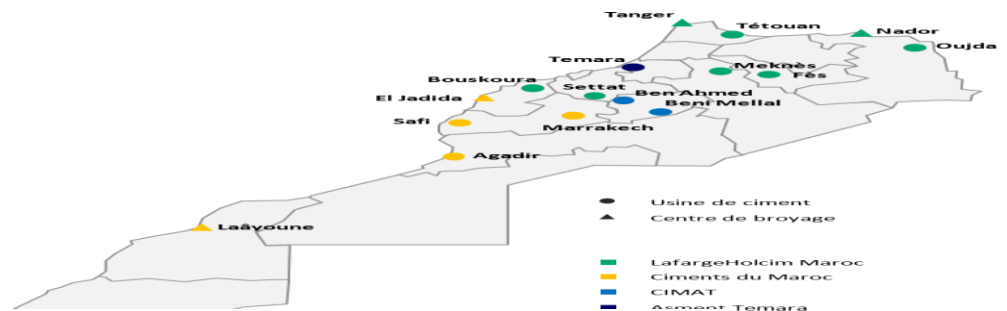


Figure 3: Emplacement des usines

PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE, PROCESSUS DU FABRICATION DU CIMENT ET CADRE DU PROJET

2. LAFARGEHOLCIM USINE DE MEKNÈS :

Situé à 8 Km au nord- est de la ville Meknès, la société LAFARGE Ciment usine de Meknès a été créé en 1950, elle est la deuxième cimenterie, en termes de capacité, du groupe **LAFARGE MAROC**. Elle occupe une position majeure grâce à sa situation géographique (figure 4).



Figure 4: SITUATION GÉOGRAPHIQUE DE LAFARGEHOLCIM MEKNÈS

- **1952** : démarrage de l'usine sous le nom de La CADEM avec une seule ligne de production d'une capacité de 400 T/j.
- **1971** : Amélioration de la capacité productive grâce à l'installation d'un nouveau four de 650 T/j, et le nouveau broyeur ciment 'BK3'.
- **1978** : installation d'un broyeur à ciment 'Bk4'.
- **1990** : effectuation des modifications pré calcination au charbon et au refroidisseur de la capacité de production en passant de 1500 à 1800 tonnes par jour.
- **1993** : démarrage d'une nouvelle ligne de cuisson.
- **1996** : La CADEM est devenu Lafarge ciment de Meknès et faisant partie du groupe Lafarge.
- **2001** : mise en place d'un filtre a manche F1 en aval du four au service de la protection de l'environnement.
- **2004** : lancement d'une Nouvelle organisation usine /secteur.
- **2005** : Certification ISO 9001.
- **2015** : Lafarge a concrétisé sa fusion et a donné la naissance de la nouvelle entité LafargeHolcim Maroc.

PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE, PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT ET CADRE DU PROJET

3. FICHE SIGNALÉTIQUE DE L'USINE DE MEKNÈS :

Le tableau suivant représente une fiche signalétique de l'usine

Dénomination	LafargeHolcim (usine Meknès)
Siege sociale	Casablanca
Forme juridique	SA
Activité	Fabrication et commercial du ciment
Chiffre d'affaire	476 430 500 DH
Effectif	97 personnes
Date de création	1952
Effectif de personnel	170
Registre de commerce	40779CASA
Télé	05 35 52 26 44
Fax	05 35 54 93 05
Cnss	1098343
Patente	170 450 15

Tableau 1 : Fiche signalétique de l'usine

4. ORGANIGRAMME DE LAFARGEHOLCIM MEKNÈS :

Lafarge Meknès se compose de plusieurs services comme les montre la figure suivante.

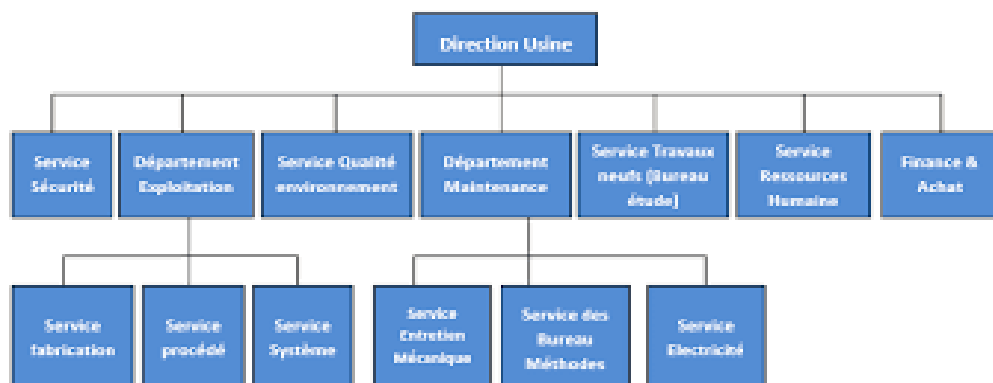


Figure 5:organigramme LafargeHolcim Meknès

5. PROCESSUS DE FABRICATION DE CIMENT :

5.1 COMPOSITION CHIMIQUE DU CIMENT

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.

PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE, PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT ET CADRE DU PROJET

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

La figure 6 montre les composantes du ciment.



Figure 6 : composition du ciment

4.1 LES DIFFÉRENTES COMPOSANTES D'UN CIMENT :

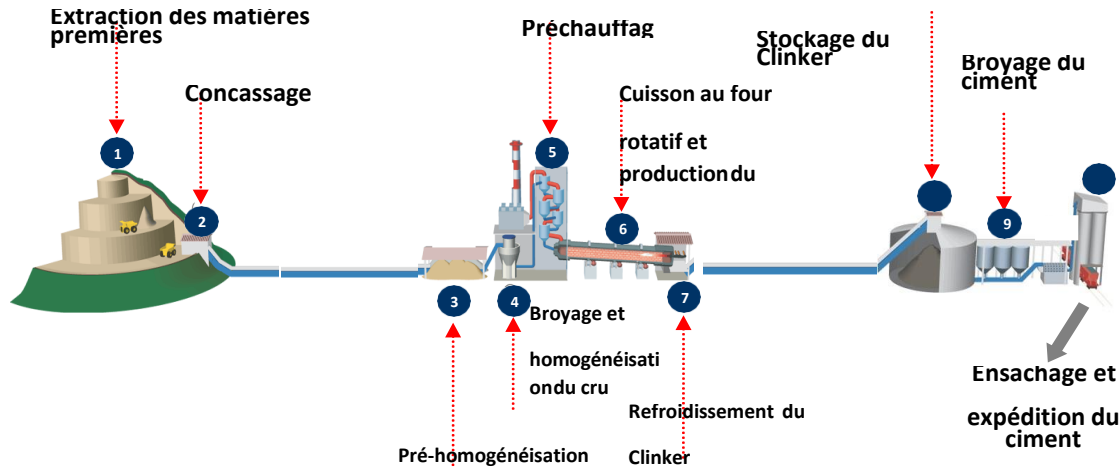
LE CALCAIRE, SCHISTE, BAUXITE, MINÉRAI DE FER, GYPSE.

- Le calcaire est une roche sédimentaire carbonatée contenant au moins 50% de calcite CaCO_3 , pouvant être accompagnée d'un peu de dolomite, d'aragonite, de sidérite. Les calcaires sont de faible dureté et font effervescence.
- Les schistes sont issus des sédiments (argiles, boues...) accumulés au fond des océans, et qui ont subi lors des différentes transformations géologiques, de fortes températures et de très grandes pressions. C'est une roche métamorphique.
- La Bauxite est une roche sédimentaire principalement composée d'hydroxydes d'aluminium (Gibbsite, Bohémiste, Diaspore), associée à des oxydes de fer et des impuretés (Silice, Calcite).
- Le minerai de fer (Ferrite) est une roche contenant du fer, généralement sous la forme d'oxydes. Les minerais de fer ont une teneur en fer variable selon le minéral ferrique, sachant également que l'isomorphisme, presque toujours présent dans les minéraux naturels, réduit la teneur théorique.
- C'est des sulfate hydraté $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ du système monoclinique à aspect vitreux translucide, nacré ou soyeux suivant les faces, sa dureté est faible, il est soluble dans l'eau.

PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE, PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT ET CADRE DU PROJET

5.2 PROCESSUS DE PRODUCTION DU CIMENT

La figure suivante montre le processus de fabrication du ciment



- | | |
|--|----------------------------------|
| 1-Carières | 6-Four rotatif de clinkérisation |
| 2- Concasseur | 7-Refroidisseur à Clinker |
| 3- Hall de stockage et pré-homogénéisation | 8-Silos de stockage du Clinker |
| 4-Broyeurs horizontaux boulets ou verticaux à galets | 9-Broyeur à ciment |
| 5-Tour de préchauffage | 10-Dispositif logistique |

Figure 7: processus de fabrication du ciment

5.2.1 EXTRACTION DES MATIÈRES PREMIÈRES

Le ciment est fabriqué à partir de quatre composantes chimiques principales : carbonates de calcium, alumine, silice et oxyde de fer. Ces éléments se trouvent généralement dans la nature sous forme de calcaire, de marnes, d'argiles, de schistes, de minerai de fer et de sable.

Constituant la matière première principale, le calcaire est extrait d'une carrière située à proximité de l'usine pour réduire les coûts de transport.

Les argiles, les marnes ou les schistes constituent la matière première secondaire. Ceux-ci sont extraits dans des carrières situées dans les environs de l'usine.

Le minerai de fer et le sable, sont des matières de correction utilisées dans de faibles proportions. Ils sont exploités dans des carrières relativement éloignées de l'usine ou livrés par des fournisseurs. L'exploitation de carrière se fait par utilisation d'explosif et par ripage par des pelles mécaniques. Plusieurs fronts d'une hauteur moyenne de 10m peuvent être exploités en même temps pour assurer la qualité et la quantité des matières premières demandées.

Pour faciliter l'exploitation, les carrières sont dotées de logiciels de modélisation qui permettent d'améliorer la qualité des produits exploités et optimiser les ressources.

PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE, PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT ET CADRE DU PROJET

5.2.2 CONCASSAGE ET PRÉ-HOMOGENÉISATION DES MATIÈRES CRUES

- Extraites sous forme de bloc de grosse dimension, les matières premières extraites des carrières sont concassées afin de faciliter leur transformation et leur manutention pour les étapes postérieures.
- Les concasseurs utilisés dans les usines de LafargeHolcim Maroc sont à impact à battoirs ou marteaux. Ce type de concasseur est adapté aux caractéristiques initiales et finales des matières à concasser.
- Les matières premières sont transportées par des engins mécaniques (pelles mécaniques, pelles à chenilles, camions bennes, etc.) lors des phases d'extraction et d'alimentation du concasseur, ainsi que pour l'acheminement des ajouts.
- Les matières premières concassées sont contrôlées par des tours d'échantillonnage ou des analyseurs on-line (équipements spécifiques de contrôle de qualité des flux de matières premières par la technique de l'Activation neutronique Prompt gamma (PGNAA) avant d'être acheminées vers un hall de stockage et de pré-homogénéisation. Cette opération permet d'améliorer l'homogénéité de la matière et de réduire les fluctuations du procédé.

5.2.3 BROYAGE ET HOMOGENÉISATION DE LA FARINE CRUE

- La matière crue est constituée d'un mélange des différentes matières premières et de correction dans des proportions qui sont définies suivant les valeurs des modules chimiques du cru. Ces proportions sont contrôlées par des systèmes de dosage qui sont étalonnés et calibrés d'une façon périodique.
- En général, la matière crue est constituée de 70% à 75% de calcaire, 20% à 25% d'argile, de marne ou de schistes et 1% à 5% de matières de corrections. Le dosage des différentes composantes est systématisé de manière automatique à l'entrée du broyeur.
- Ce mélange est broyé et séché dans un broyeur horizontal à boulets ou vertical à galets. Cette opération de broyage permet de réduire la granulométrie du mélange.
- Le séchage de la matière crue à l'intérieur du broyeur est assuré par les gaz chauds du four. Ces gaz sont ensuite dépoussiérés dans un filtre à manches puis évacués via la cheminée dans l'atmosphère. Le séchage permet de réduire l'humidité de la farine à moins de 1%.
- A la sortie du broyeur cru, le mélange des matières broyées, appelé farine crue est stocké dans un ou plusieurs silos de stockage et d'homogénéisation.
- Dans ces silos, la farine crue est homogénéisée par soufflage d'air sur-pressé. Cette opération

PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE, PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT ET CADRE DU PROJET

permet d'améliorer la régularité des caractéristiques de la farine crue afin d'obtenir une meilleure stabilité du procédé de cuisson et avoir ensuite un clinker de qualité régulière.

- La farine crue est ensuite acheminée vers un dispositif constitué d'une tour de préchauffage et d'un four afin d'entamer la phase de clinkérisation.

5.2.4 PRODUCTION DU CLINKER

Le clinker est un produit artificiel obtenu par la cuisson de la farine crue dans un four rotatif. La production du clinker se fait en quatre étapes :

- Le séchage et le préchauffage de la farine crue ;
- La décarbonatation partielle de la farine crue ;
- La clinkérisation ;
- Le refroidissement du clinker

5.2.5 SÉCHAGE ET PRÉCHAUFFAGE

La farine crue est introduite et dosée au pied de la tour de préchauffage. Par la suite, elle est manutentionnée jusqu'au haut de la tour où elle est introduite au niveau du quatrième ou du cinquième étage.

Dans la tour de préchauffage, la farine crue avance du haut vers le bas et se mélange avec les gaz chauds du four circulant dans le sens inverse. Ce procédé permet de préchauffer la farine crue jusqu'à une température de près 800 °C au pied de la tour et de provoquer la première transformation (décarbonatation partielle) de ses principaux composants chimiques (carbonates, silicates, aluminates, etc.).

5.2.6 CLINKÉRISEMENT (PRODUCTION DU CLINKER)

La farine crue, qui a été partiellement décarbonatée dans la tour de préchauffage, est introduite dans un four rotatif pour entamer le processus de clinkérisation.

La clinkérisation consiste en la combinaison des principaux composants de la farine crue (carbonates, silicates, aluminates, etc.) sous l'effet de la chaleur du gaz du four (1400°C), pour former des minéraux artificiels qui confèrent au clinker ses propriétés hydrauliques.

Le four rotatif constitue la pièce maîtresse d'une cimenterie. C'est un cylindre en acier reposant sur des stations de roulement, garni intérieurement par des produits réfractaires et animé d'un mouvement de rotation. L'avancement de la matière à l'intérieur du four est assuré par la rotation et la pente du four.

PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE, PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT ET CADRE DU PROJET

L'énergie thermique nécessaire pour assurer la cuisson de la farine crue dans le four, est produite par la combustion du pet coke qui est introduit dans le four par :

- Une tuyère spéciale située en aval du four (dans le cas d'un four sans précalcinateur).
- Par la tuyère et un précalcinateur situé à un niveau bas de la tour de préchauffage (dans le cas d'un four avec précalcination)

En plus du pet coke, des combustibles alternatifs peuvent être utilisés (huiles usagées, pneus déchiquetés, grignons d'olive etc.) en vue de réduire les coûts de l'énergie thermique en minimisant l'usage des combustibles nobles d'origine fossile.

5.2.7 REFROIDISSEMENT DU CLINKER

A la sortie du four, le clinker est introduit dans un refroidisseur à ballonnets ou à grilles où il est refroidi jusqu'à une température de 80°C - 120 °C. Cette opération permet de récupérer la chaleur du clinker pour la réutiliser dans la combustion et aussi de faciliter sa manutention jusqu'aux silos de stockage.

5.2.8 BROYAGE DU CIMENT

Le clinker, le gypse et les ajouts (calcaire, pouzzolane, cendres volantes...) sont introduits au niveau d'un broyeur horizontal à boulets ou vertical à galets, dans des proportions prédéfinies pour subir des efforts mécaniques du broyage et produire ainsi le ciment dont la finesse évolue de 2 800 à 4 000 cm²/g. Le dosage du clinker, du gypse et des ajouts se fait à l'entrée du broyeur par un système de dosage automatique.

Les caractéristiques des différentes lignes de gamme de ciment obtenues sont conformes aux normes marocaines de production du ciment. Cette conformité est assurée grâce à des dosages mesurés et des tests de laboratoire effectués tout au long du processus de production.

Plusieurs qualités de ciment sont produites par les usines de LafargeHolcim Maroc : CPJ35, CPJ45, CPJ55, CPJ65, Dwam, Prefa, Swari, Perfecto, etc.

5.2.9 ENSACHAGE ET EXPÉDITION DU CIMENT

Le ciment produit est stocké dans des silos pour alimenter par la suite les ateliers d'ensachage pour les livraisons en sacs, ou les dispositifs de chargement et livraisons en vrac.

Pour les livraisons en sacs, le chargement des camions se fait manuellement ou par des chargeurs automatiques répondant aux normes environnementales et aux normes de sécurité.



PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE, PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT ET CADRE DU PROJET

Les sacs sont en papier kraft ou du papier poreux permettant le seul passage de l'air. Les sacs en Kraft sont perforés pour permettre la sortie d'air lors de leur remplissage en ciment.

III. CADRE DE PROJET

La mission de ce stage est d'améliorer le MTBF en établissant un plan de la maintenance préventive du broyeur cru en tant qu'une machine importante, à l'aide de la méthode AMDEC.

1. LES TRAVAUX DEMANDÉS :

- Description du broyeur cru.
- Description du principe de fonctionnement.
- Analyse fonctionnelle du broyeur à l'aide du diagramme pieuvre.
- Description des éléments et sous-éléments.
- Identification des défaillances.
- Analyse cause/effet du broyeur à l'aide du diagramme d'Ishikawa.
- Calcul de la criticité.
- Hiérarchisation des défaillances selon la criticité à l'aide de la méthode PARETO.
- Proposition des actions préventives.

2. LES OBJECTIFS DU PROJET :

- Réduire le nombre des pannes et des arrêts non programmés.
- Avoir une bonne procédure de maintenance préventive.
- Optimiser le coût de maintenance.
- 100% de fiabilisation.

3. CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons décrit l'organisme d'accueil, ainsi que le processus de fabrication du ciment, et le cadre du projet. Nous focaliserons notre étude dans le chapitre suivant au contexte générale du projet en présentant le sujet avec les outils et les concepts utilisés.



كلية العلوم والتقنيات فاس
+οϣΣΠοι+ | +ΓοΟοισι Λ +ΟΙΣΧΣ+ΣΙ
Faculté des Sciences et Techniques de Fès



جامعة سيدي محمد بن عبد الله
+οΟλομΣ+ ΟΣΛΣ ΕΒΑΛΕοΛ ΘΙ ΑΘΛΒΗΗοΦ
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah



AMÉLIORATION DU MTBF À L'AIDE DE L'APPLICATION AMDEC ET PARETO

Chapitre II AMÉLIORATION DU MTBF À L'AIDE DE L'APPLICATION AMDEC ET PARETO



AMÉLIORATION DU MTBF À L'AIDE DE L'APPLICATION AMDEC ET PARETO

I. MTBF : temps moyen entre pannes

1. Qu'est-ce que le temps moyen entre pannes ?

Le temps moyen entre pannes (MTBF) est le temps moyen entre les pannes réparables d'un produit technologique. La métrique permet de suivre à la fois la disponibilité et la fiabilité d'un produit. Plus les pannes sont espacées dans le temps, plus le système est fiable.

L'objectif de la plupart des entreprises est de garantir un MTBF le plus long possible pour que des centaines de milliers (voire des millions) d'heures séparent les problèmes.

2. Comment calculer le temps moyen entre pannes

Le MTBF est calculé à l'aide d'une moyenne arithmétique. Pour ce faire, prenons simplement les données de la période que nous souhaitons calculer (p. ex., six mois, un an ou cinq ans) et divisons la durée d'exploitation totale de cette période par le nombre de pannes.

Supposons que nous évaluons une période de 24 heures et que deux incidents distincts ont entraîné deux heures de temps d'arrêt. Notre temps d'activité total est de 22 heures. Nous le divisons par deux et nous obtenons notre MTBF : 11 heures.

Étant donné que la métrique est utilisée pour suivre la fiabilité, le MTBF ne tient pas compte des temps d'arrêt prévus pendant la maintenance planifiée. Il se concentre plutôt sur les pannes et les problèmes imprévus.

3. Les origines du temps moyen entre pannes

Le MTBF est un terme issu de l'industrie aéronautique, où les pannes système entraînent des conséquences particulièrement importantes non seulement en termes de coût, mais aussi de vies humaines. Le sigle s'est depuis imposé dans de nombreux secteurs techniques et mécaniques et est particulièrement utilisé dans l'industrie manufacturière.

4. Comment et quand utiliser le temps moyen entre pannes

Le MTBF est utile pour les acheteurs qui souhaitent s'assurer d'obtenir le produit le plus fiable, de piloter le meilleur avion ou de choisir l'équipement de fabrication le plus sûr pour leur usine.

Pour les équipes internes, il s'agit d'une métrique qui aide à identifier les problèmes et à suivre les réussites et les pannes. Il peut également aider les entreprises à élaborer des recommandations éclairées sur le moment où les clients doivent remplacer une pièce, mettre à niveau un système ou rapporter un produit à des fins de maintenance.

AMÉLIORATION DU MTBF À L'AIDE DE L'APPLICATION AMDEC ET PARETO

Le MTBF est une métrique pour les pannes survenant dans des systèmes réparables. Le terme temps moyen de bon fonctionnement (MTTF) est généralement utilisé pour les pannes nécessitant un remplacement du système.

Prenons par exemple le moteur d'une voiture. Lorsque on calcule le temps entre les maintenances non planifiées du moteur, on doit utiliser le temps moyen entre pannes (MTBF). En revanche, si nous devons calculer le temps entre les remplacements de l'intégralité du moteur, nous aurions utilisé le temps moyen de bon fonctionnement (MTTF).

La figure suivante représente la répartition du MTBF

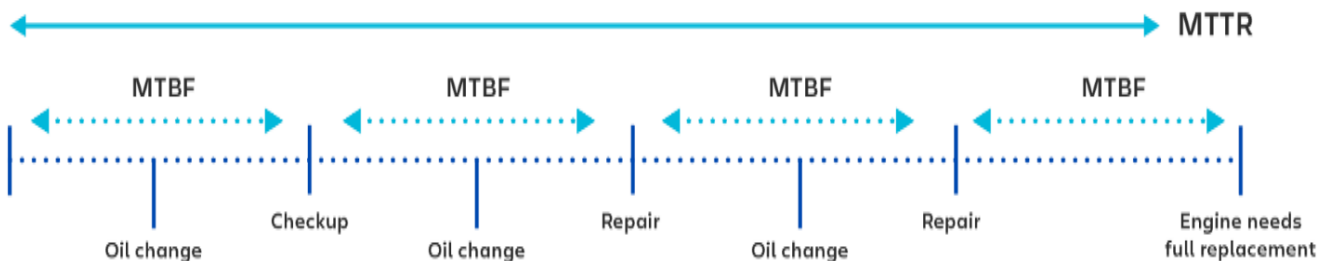


Figure 8: Répartition du MTBF

II. Avertissement sur le MTTR

Lorsque nous parlons du MTTR, il est facile de penser qu'il s'agit d'une métrique unique avec une seule signification. Mais, en réalité, il représente potentiellement quatre métriques différentes. Le R peut signifier réparer, récupérer, répondre ou résoudre, et bien que ces quatre métriques se chevauchent, elles ont chacune leur propre signification et nuance.

Par conséquent, si notre équipe évoque le suivi du MTTR, On leur de préciser de quel MTTR il s'agit et de clarifier la définition qu'elle en donne. Avant de commencer à suivre les réussites et les pannes, notre équipe doit être sur la même longueur d'onde : elle doit connaître exactement les éléments suivis et s'assurer que tout le monde parle bien de la même chose.

AMÉLIORATION DU MTBF À L'AIDE DE L'APPLICATION AMDEC ET PARETO

IV. DESCRIPTION DU BROYEUR CRU

Le broyeur cru RM 511 26-435 est un broyeur vertical à galets intégrant les trois opérations suivantes dans une unité : Le broyage, le séchage, la séparation.

Il fonctionne suivant le processus ci-dessous :

3 galets de broyage fixes roulent sur une plaque de broyage en rotation. La matière à broyer est saisie entre les galets et la plaque et est broyée par les forces de pression et de cisaillement. Les forces de pression nécessaires au broyage sont produites par un bras de galet avec palier d'articulation et un système de tension hydropneumatique. La matière broyée est transportée par les forces centrifuges vers l'anneau à tuyères fixe. Les gaz (air ou gaz chauds) entrant par l'anneau à tuyères emportent la matière broyée et séchée vers le sélecteur où elle est séparée, par la roue de séparation, en refus et fines. Les refus sont retournés dans le centre de la zone de broyage. Les fines sont évacuées du sélecteur par le flux gazeux et séparées de l'air dans des cyclones ou dans un filtre.

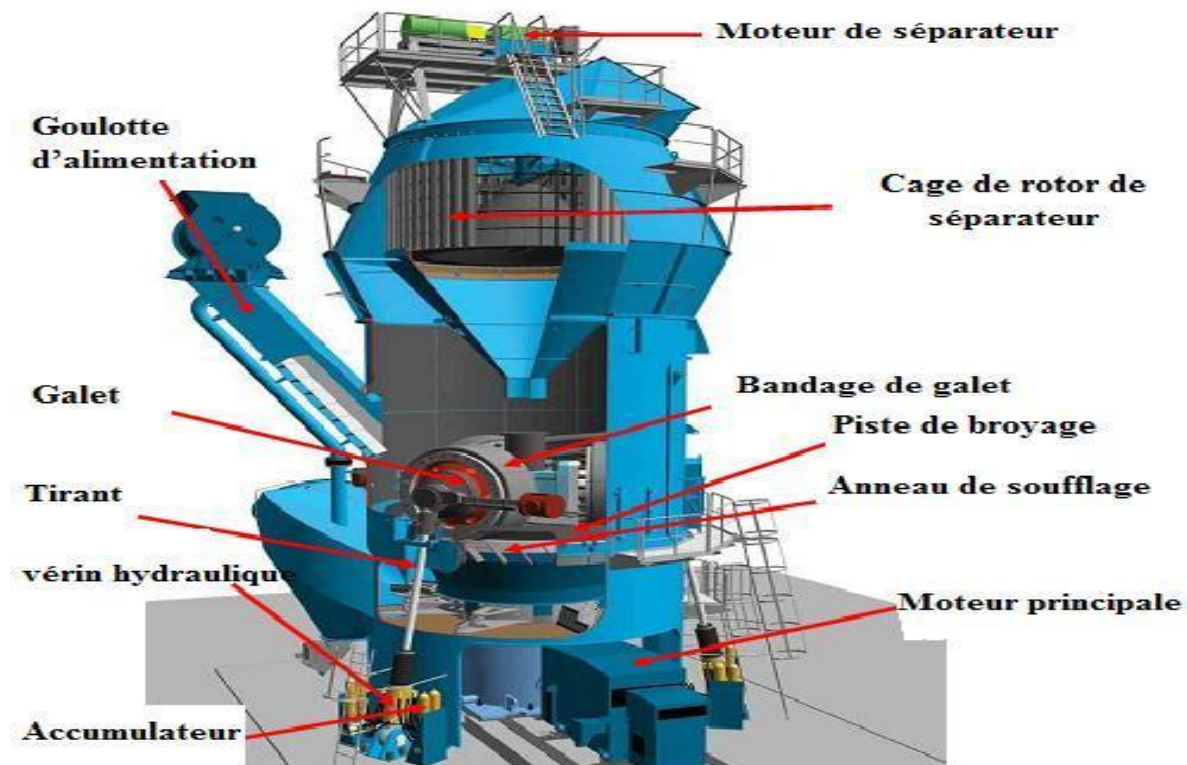


Figure 9: Sous ensemble du Broyeur cru

AMÉLIORATION DU MTBF À L'AIDE DE L'APPLICATION AMDEC ET PARETO

V. AMDEC DU BROYEUR

1. ANALYSE FONCTIONNELLE

Les figures suivantes représentent l'analyse fonctionnel et le diagramme de pieuvre du BC1

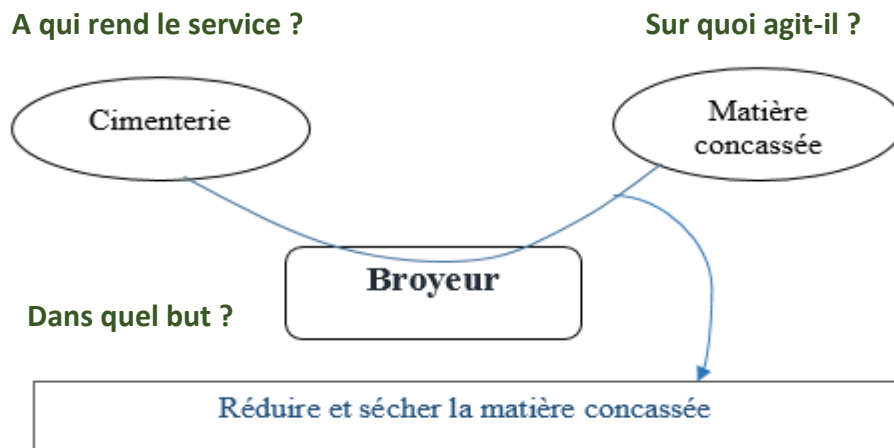
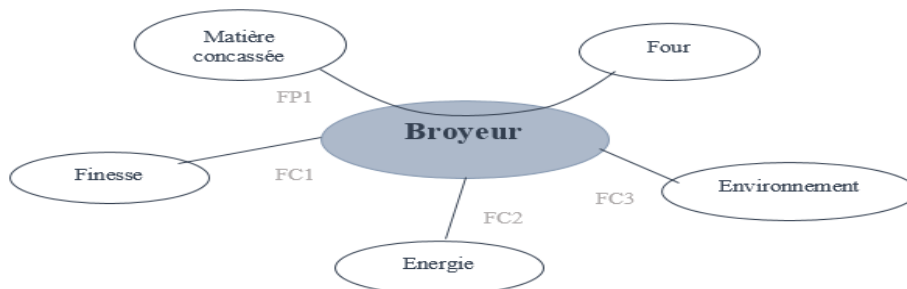


Figure 10:ANALYSE FONCTIONNEL DU BROYEUR



FP1 : broyer la matière concassée pour alimenter le four.

FC1 : Avoir une bonne finesse.

FC2 : Utiliser les énergies disponibles. Ne pas consommer trop.

FC3 : Contribuer au respect de l'environnement

Figure 11:DIAGRAMME DE PIEUVRE

2. Diagramme Ishikawa

Avant d'entamer l'application de la méthode AMDEC on va faire un diagramme d'Ishikawa (figure 10) d'arrêt du broyeur pour bien maîtriser les cause/effets des défaillances des équipements lors de l'étude AMDEC.

AMÉLIORATION DU MTBF À L'AIDE DE L'APPLICATION AMDEC ET PARETO

3.2 LA NOTE DE CRITICITÉ

Une fois que les notes de fréquence, de gravité et de détection ont été données, la note de criticité est calculée.

$$\text{Criticité} = \text{Fréquence} \times \text{Gravité} \times \text{Détection}$$

Plus la note de criticité est élevée, plus la défaillance est importante. Le plus souvent, les entreprises fixent une note de criticité à ne pas dépasser

Dans ces grilles, une note comprise entre 1 et 10 est donnée pour chacun des points

3.3 La grille de cotation d'AMDEC :

Pour calculer la criticité nous allons adopter la grille suivante :

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

Tableau 2:Tableau de criticité

3.4 Seuil de criticité :

Sachant que $1 \leq C \leq 64$

L'entreprise a choisi la valeur supérieure ou égale à 16 comme seuil de criticité

Alors, si

$C \geq 16$



Composant critique



AMÉLIORATION DU MTBF À L'AIDE DE L'APPLICATION AMDEC ET PARETO

4. AMDEC DU BROYEUR CRU BC1

Organe	Fonction	Mode défaillance	Cause	Effet	D	G	F	C
Moteur	Source de la puissance de la table							
Arbre	Dispositif de liaison entre deux arbres en rotation	Fissure -Casse -Déformation	Balourd	Vibration	1	4	3	12
Stator	Créer un couple électromagnétique	Grillage	-Surcharge thermique - Vieillessement	-Température -Court circuit	1	4	3	12
Galet	Permet le broyage de la matière							
Arbre	Le support des roulements et chemise	Usure -Casse	Blocage des roulements	Faible efficacité du broyage	1	4	4	16
Essieu de meule	Support du meule	Desserrage des boulons	Défaut de guidage	Vibration -Choc	1	4	4	16
Bague d'étanchéité	Assurer l'étanchéité	Usure -fissure	Propreté d'huile	Usure arbre ou Roulements	2	3	4	24
Roulements à rouleaux	Mouvement de galet	Casse -Coincement -usure	-Manque de lubrification - Propriété d'huile	Faible efficacité du broyage	1	4	4	16
Levier oscillant	Assurer la rotation du galet	-Usure -Casse	Usure par tirage -Mauvais graissage des roulements	Vibration	1	4	4	16
Reducteur	Réduction de la Vitesse							
Roulement	Guider un assemblage en rotation	-Usure -grippage	Vibration -blocage	Arrêt du broyeur	1	4	3	12
Acouplement	Dispositif de liaison entre deux arbres en rotation	-Usure doigts - fissure -casse	Vibration	Arrêt du broyeur	1	4	3	12



AMÉLIORATION DU MTBF À L'AIDE DE L'APPLICATION AMDEC ET PARETO

Engrenage	Transmission du mouvement de rotation	Fissure - usure -casse	-Rupture du film lubrifiant -Dépassement de la limite élastique	-Arrêt du broyeur	3	3	3	27
Ventilateur	Assure le transport du mélange gaz-matière jusqu'aux cyclones de séparation ou après la séparation							
Rotor	Faire tourner l'arbre	Usure ou fissure	Augmentation de la température	-Arrêt potentiel	1	3	3	9
Arbre	Transmission du mouvement	Deformation	Défaut de montage	-Arrêt potentiel	1	3	4	12
Grateur	Assure la reprise de la matière au broyeur cru							
Reducteur	Augmenter le rapport de réduction	-Casse doigtiers -Grippage	-Manque graissage -Fatigue	-Augmentation T° -Vibration	2	4	2	16

Tableau 3:AMDEC DU BROYEUR

4.1 Synthèse :

D'après L'application de l'analyse AMDEC effectuée, on a déduit un bilan de l'étude, ce bilan est constitué de deux parties :

- Hiérarchisation des défaillances par la méthode PARETO selon leur criticité a pour but de classer les défaillances et construire une maintenance adaptable plus la minimisation du coût.
- Elaboration des actions préventives.

4.2 Hiérarchisation des défaillances :

On va maintenant appliquer la méthode PARETO ou ABC pour classer les défaillances Chaque intervalle des pourcentages cumulées (tableau) réfère à une classe donnée.

Défaillance	Criticité	Cumul	%Cumul	ABC
Fissure/ Usure ou casse d'Engrenage du réducteur	27	27	9,06%	A
Usure Bague d'étanchéité de galet	24	51	17,11%	A
Usure ou casse Arbre de galet	16	67	22,48%	A
Desserrage des boulons de galet	16	83	27,85%	A
Casse/usure ou Coincement des Roulements à rouleaux de galet	16	99	33,22%	A
Usure ou casse Levier oscillant de galet	16	115	38,59%	A
Grippage/Casse doigtiers réducteur du gratteur	16	131	43,96%	A
Fissure ou casse d'Accouplement du motor	12	143	47,99%	B
Grillage Stator du motor	12	155	52,01%	B
Usure ou Fissure Bandage (chemise) de galet	12	167	56,04%	B
Usure ou Grippage Roulement du réducteur	12	179	60,07%	B
Usure/Fissure ou casse d'Accouplement du réducteur	12	191	64,09%	B
Déformation Arbre du ventilateur	12	203	68,12%	B
Usure ou fissure Rotor du ventilateur	9	212	71,14%	C
Usure/grippage ou écaillage du Roulement du moteur	8	220	73,83%	C
Rupture d'une bague du rotor du motor	8	228	76,51%	C
Usure ou fissure Couvercle noyau meule de galet	8	236	79,19%	C
Usure des paliers du ventilateur	8	244	81,88%	C
Grippage /Casse Moteur du gratteur	8	252	84,56%	C
Fuite d'huile coupleur du gratteur	8	260	87,25%	C
Usure Roulement du gratteur	8	268	89,93%	C
Vibration Stator du ventilateur	6	274	91,95%	C
Grillage Bobinage du ventilateur	6	280	93,96%	C
Grippage Roulement du ventilateur	6	286	95,97%	C
Cassure ou fissure d'Accouplement du ventilateur	6	292	97,99%	C
Bruit Turbine à cône du ventilateur	6	298	100,00%	C

Tableau 4 : POURCENTAGE CUMMULEE

4.2.1. Calcul des pourcentages cumulés :

Remarque : on a classifié les défaillances (pour déterminer la périodicité des interventions) selon les fréquences cumulées comme suit :

- Classe A (c'est la plus critique) : fréquence [0%, 44%] qui correspond à la criticité [27,16].
- Classe B (moyenne critique) : fréquence [45%,80%] qui correspond à la criticité]16,12].
- Classe C (n'est pas critique) : fréquence [81% ,100%] qui correspond à la criticité [9,6].

4.2.2. Diagramme PARETO :

En utilisant Excel on obtient le diagramme suivant :

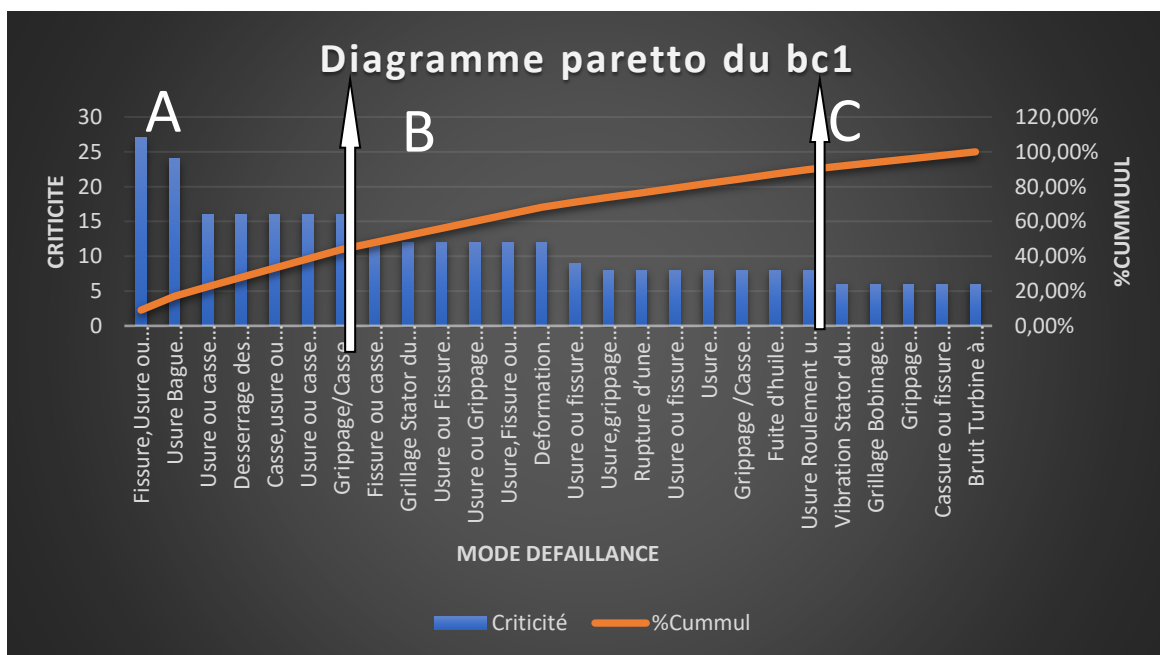


Figure 13: Diagramme de criticité des composants du broyeur

4.2.3. Elaboration des actions préventives :

Le tableau suivant représente des actions préventives pour prévenir les défaillances

Organe	Actions préventives	Fréquence	Enregistrement
Moteur			
Roulement	Mesure systématique de la T° et l'intensité	Annuel	
Accouplement	Contrôle systématique doigtiers plus contrôle alignement -Mesure systématique de vibration	Trimestriel	La vibration ne doit dépasser 6 mm/s
Stator	Entretien systématique	Trimestriel	
Rotor	Installation instrument de mesure vibration	Annuel	
Galet			
Arbre	Contrôle systématique	Mensuel	

Essieu de meule	Contrôle des boulons -entretien	Mensuel	
Bandage	Rechargement -entretien et observation	Bimestriel	
Couvercle noyau (meule)	Observation	Annuel	
Bague d'étanchéité	Contrôle - changement systématique	Hebdomad aire	
Roulements à rouleaux	Contrôle de lubrification	Mensuel	
Levier oscillant	Contrôle hebdomadaire des équipements internes du broyeur	Mensuel	
Réducteur			
Roulement	Graissage systématique - système de fixation des roulements -installation instrument de mesure vibration	Trimestriel	La vibration ne doit dépasser 6 mm/s
Accouplement	Installation instrument de mesure vibration	Trimestriel	Oui, l'état de l'accouplement
Engrenage	Analyse vibratoire de l'état des roulements et des engrenages - Analyse systématique d'huile	Bihebdoma daire	
Ventilateur			
Rotor	Contrôle systématique de température	Trimestriel	Oui, ne pas dépasser 60 °C
Stator	Contrôle systématique de vibration	Trimestriel	Oui, ne pas dépasser 5 mm/s
Bobinage	Contrôle systématique de l'intensité	Annuelle	
Roulement	Graissage systématique	Chaque 6 Mois	Oui, le jeu doit être 0.08 et 0,11 mm
Accouplement	Contrôle systématique de l'état d'accouplement	Annuel	Entre 5 à 7 mm d'écartement
Turbine a cône	Contrôle systématique	Annuel	Oui, l'état des cônes
Boite a palier	Contrôle systématique avec mesure de température +vérification des jeux avant l'installation	Annuel	
Arbre	Assurer un bon montage	Bimestriel	
Gratteur			
Moteur	Contrôle systématique de la température et la vibration et l'intensité	Annuel	
Réducteur	Contrôle systématique de la température et la vibration	Mensuel	
Accouplement	Contrôle systématique de l'état d'accouplement	Annuel	
Roulement	Graissage systématique	Annuel	

Tableau 5:Actions préventives proposées

Conclusion Générale

Au terme de cette étude intitulée « **Contribution l'amélioration du MTBF du broyeur cru BC1** » Nous nous sommes focalisés sur l'amélioration et la résolution de problèmes des organes du broyeur cru.

Dans notre projet, une étude AMDEC a été réalisée. Elle nous permettant ainsi de détecter les organes les plus défaillants du BC1, et de mesurer leur criticité afin de proposer les actions correctives nécessaires pour améliorer le plan de maintenance.

Le MTBF calculé sur la période entre 01 janvier 2022 et 30 mai 2022. est de 8.73h c'est-à-dire un taux de défaillance de 0.1146 pannes/h

En effet, on a remarqué qu'il existe plusieurs problèmes qui peuvent réduire la durée de vie des éléments du broyeur cru, et ainsi mener à une défaillance de ce dernier (fissure, casse d'arbre, desserrage de boulons ...) et à partir de l'analyse AMDEC et les études que nous avons effectuées, nous avons proposé les solutions suivantes :

Un plan d'action préventif doit être élaboré et les instructions de maintenance du système suivies, telles que le remplacement des pièces défectueuses aux intervalles recommandés par le fabricant, pour éviter les pannes qui nécessitent des temps d'arrêt et des actions correctives. Car selon les temps d'arrêt, les pannes peuvent coûter des millions de dirhams. Il est nécessaire de prendre des mesures palliatives en cas de panne pour éviter les arrêts majeurs et d'attendre les arrêts programmés pour prendre des mesures correctives. A cet effet, il est nécessaire de conserver les premières pièces de rechange nécessaires dans un stock de sécurité. L'équipement du broyeur est principalement en fer, il est donc recommandé d'effectuer une vérification du système à chaque arrêt, il est donc recommandé de lubrifier systématiquement l'équipement

Enfin, nous espérons que le travail réalisé a une grande utilité dans le cadre du développement de l'entreprise à l'avenir, notamment pour l'audit de suivi de la certification qualité de l'organisation et l'amélioration continue des trois facteurs (coût, qualité, délai).



كلية العلوم والتقنيات فاس
+οΨUο+ | +CοOο+ΣI Λ +OISXΣ+ΣI
Faculté des Sciences et Techniques de Fès



جامعة سيدي محمد بن عبد الله
+οOΛοUΣ+ OΣΛΣ EΘACEοΛ ΘI ρΘΛ8WIIοO
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah



Bibliographie et webographie

Cours Gestion de la maintenance, MR Anas chafii

Cours Gestion de projet, MR Mohamed RAMADANY

Cours technologie mécanique, Mr Mohamed RAMADANY

Documentation LafargeHolcim Meknès

NOTE D'INFORMATION LAFARGEHOLCIM MAROC S.A.

<https://www.lafargeholcim.ma/fr/ciment>

<https://www.atlassian.com/fr/incident-management/kpis/common-metrics>

<https://www.rocdacier.com/amdec-methode-detudes-des-defaillances-dun-produit-en-cours/>

<https://qualite.ooreka.fr/comprendre/amdec>

<http://tpmattitude.fr/amdec.html>

<https://www.gebr-pfeiffer.com/fr/produits/broyeur-vertical-mvr-commande-conventionnelle>

<https://www.youtube.com/watch?v=skWjMpDcluU&t=2397s>

<https://www.youtube.com/watch?v=FsFYpiFlshE&t=210s>



Annexe :

ANEXE I. GENERALITE SUR AMDEC

DÉFINITION

La réalisation d'une AMDEC est recommandée aux entreprises qui souhaitent obtenir une norme ou une certification.

La **méthode AMDEC** est l'Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité. L'AMDEC est un outil utilisé dans la démarche qualité et dans le cadre de la sûreté de fonctionnement.

L'AMDEC consiste à analyser :

- Les défaillances,
- Leurs causes,
- Leurs effets.

L'AMDEC est réalisée grâce à des contrôles :

- De différents points de la chaîne de production,
- Du produit ou du service fini.

APPLICATION

Au sein d'une entreprise, l'utilisation de l'AMDEC se traduit par :

- Une production optimisée, le bon produit du premier coup,
- Une amélioration permanente des moyens de production afin de limiter les défaillances,
- Une amélioration constante de l'organisation,
- La fixation d'un seuil de qualité à obtenir, la mise en place des moyens pour y parvenir,
- Une analyse de chacun des défauts de production,



LES DIFFÉRENTS TYPES D'AMDEC

Types d'AMDEC	Rôle	Document de travail associé
AMDEC Fonctionnelle	Analyse des défaillances et de ses causes à l'étape de la conception.	<ul style="list-style-type: none">• Plan de construction• Brevet
AMDEC Produit	Analyse les demandes des clients en termes de fiabilité.	<ul style="list-style-type: none">• Plan de fiabilisation
AMDEC Process	Analyse des risques liés aux défaillances d'un produit.	<ul style="list-style-type: none">• Plan de surveillance• Contrôle qualité
AMDEC Moyen de Production	Analyse les risques liés aux défaillances de la chaîne de production.	<ul style="list-style-type: none">• Guide de maintenance
AMDEC Flux	Analyse les risques liés à l'approvisionnement, le temps de réaction et de correction et leurs coûts.	<ul style="list-style-type: none">• Plan de gestion des stocks• Procédure de sécurité

Tableau 6:Types d'Amdec



كلية العلوم والتقنيات فاس
 +ο+ς+λ+ο+ι+ +Γ+ο+ο+ο+ι+λ+ι +ο+ι+ς+ς+ς+ς+λ+ι
 Faculté des Sciences et Techniques de Fès



جامعة سيدي محمد بن عبد الله
 +ο+ο+ο+λ+ς+ +ο+ς+λ+ς +ς+λ+ς+ς+ο+λ +ο+ι +θ+λ+β+η+η+ο+φ
 Université Sidi Mohamed Ben Abdellah



Stator	Guider et supporter le rotor	Vibration	Fatigue	Arrêt potentiel	Visuel	1	2	3	6
Bobinage	Créer un champ tournant	Grillage	Surintensité	Arrêt potentiel	Mesure spécifique	1	2	3	6
Roulement	Guidage en rotation du rotor	Grippage	Mauvaise lubrification ou durée de vie expirée	Arrêt potentiel	Agent de maintenance	1	2	3	6
Accouplement	Assurer la liaison entre l'arbre de la boîte à palier et celle du moteur	Fissure ou cassure	Vieillessement et défaut d'alignement	Arrêt potentiel	Agent de maintenance	1	2	3	6
Turbine à cône	Assurer le mouvement d'air soufflée	Bruit	Défaut	Arrêt potentiel	Visuel	1	2	3	6
Boîte à palier	Réservoir d'huile	Usure des paliers	Jeu anormal	Elevation de température	Agent de maintenance	1	2	4	8
Grateur	Assure la reprise de la matière au broyeur cru								
Moteur	Source de la puissance	Grippage Casse	-Fatigue -Manque de graissage	-Augmentation T° -Vibration -Intensité	Agent de maintenance	2	4	1	8
Coupleur	Assure la transmission entre le moteur et le réducteur	Fuite d'huile	Usure du système de transmission	Rendement de transmission faible	Agent de maintenance	1	4	2	8
Roulement	Guider un assemblage en rotation	Bruit Usure	Manque graissage	Faible débit -Echauffement partie commande	Bruit Visuel	1	4	2	8



ANEXE II. Définitions

- Le **stator** est la partie fixe d'une machine tournante et l'un des deux éléments fondamentaux pour la transmission de puissance. Son homologue mobile est le rotor.
- **Rotor** : Partie tournante dans un moteur, une dynamo, un alternateur (d'apr. Dew. Électr. 1973).
- **Accouplement** : un accouplement est un dispositif de liaison entre deux arbres en rotation, permettant la transmission du couple.
- **Roulement** : Un roulement est un dispositif destiné à guider un assemblage en rotation, c'est-à-dire permettre à une pièce de tourner par rapport à une autre selon un axe de rotation défini.
- **Coupleur** : Procédé qui permet de coupler, c'est-à-dire de lier deux choses afin de les faire fonctionner de façon simultanée. Il peut s'agir de deux machines ou de deux voitures, par exemple.
- **Réducteur** : Mécanisme employé pour transmettre un mouvement de rotation en réduisant la vitesse dans un rapport défini, au moyen de poulies et courroies, trains d'engrenages, etc.
- **Arbre** : Un arbre est un organe mécanique transmettant une puissance sous forme d'un couple et d'un mouvement de rotation. La forme cylindrique de cet organe est à l'origine de son nom.
- **Engrenage** : Entraînement des pignons ou des roues dentées par des dentures appropriées.
- **Ventilateur** : Dispositif, appareil qui, souvent au moyen de pales, permet de renouveler, de brasser l'air dans un lieu fermé, de rafraîchir l'atmosphère d'un lieu.
- **Usure** : enlèvement progressif de matière à la surface des pièces d'un couple cinématique en glissement relatif. Ce mode de défaillance est inexorable dès lors que 2 surfaces en contact ont un mouvement relatif.
- **L'écaillage** : enlèvement de grosses écailles de matière.
- **Grippage** : soudure de larges zones de surface de contact, avec arrachement massif de Matière

- **Fissure** : Fente de petite taille, la fissure se caractérise par un aspect peu profond et superficiel, s'apparentant à un léger craquelage.
- **Grillage** : le grillage est une chauffe à haute température de minerais ou de produits métallurgiques intermédiaires à l'état solide.
- **Balourd** : Déséquilibre
- **Surintensité** : Dans un circuit électrique, la surintensité est atteinte lorsque l'intensité du courant dépasse une limite jugée supérieure à la normale.

ANEXE III. Salle de contrôle du broyeur

Exiger la mise en place d'alarmes automatiques dans chaque équipement ou sous équipement du système pour faciliter la détection d'anomalies. En effet, le broyeur cru dispose de plusieurs alarmes automatiques liées à la salle de contrôle et qui donne des informations concernant la température, la pression ou la vibration 24h/24, par un logiciel SAB (figure 12).

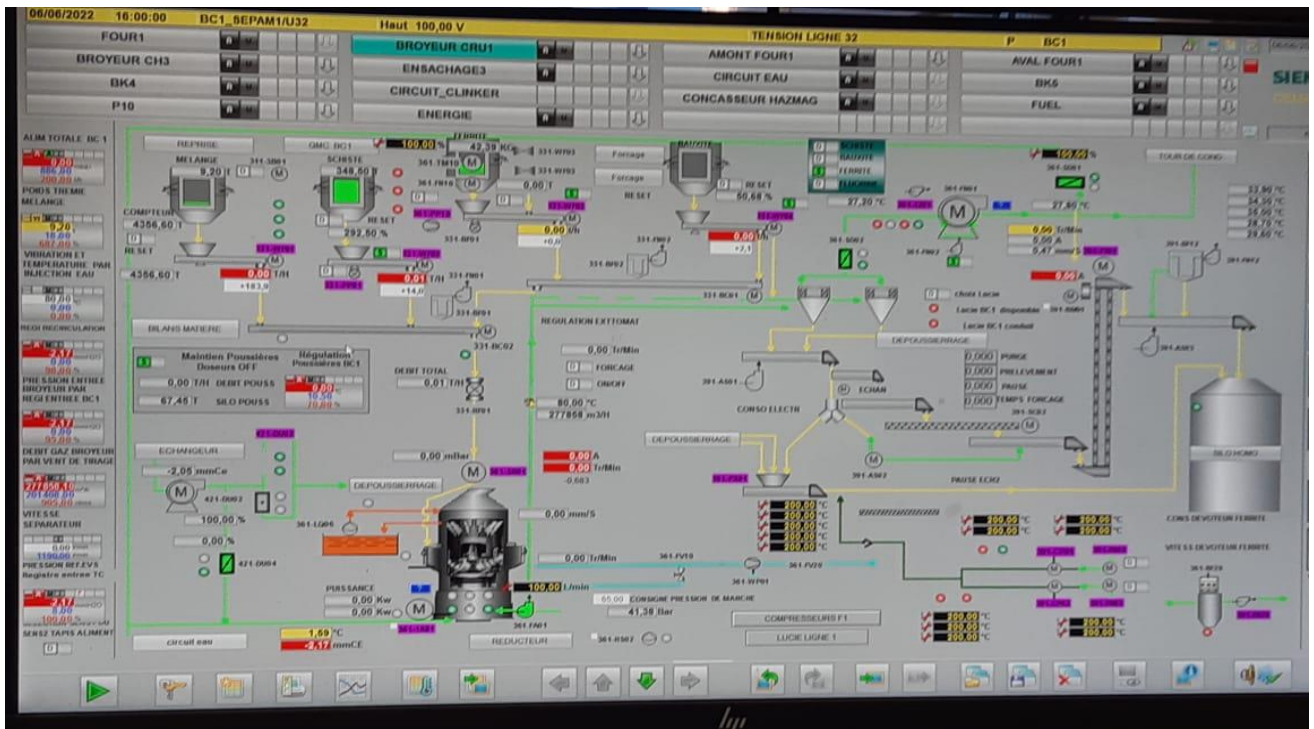


Figure 14: Contrôle du broyeur cru à l'aide du logiciel SAB



Visite du bc1

كلية العلوم والتقنيات فاس
+04ΣΠ01+ | +E00001ΣI Λ +0IΣXΣ+ΣI
Faculté des Sciences et Techniques de Fès



جامعة سيدي محمد بن عبد الله
+00Λ0ΠΣ+ 0ΣΛΣ E8ΛE0Λ ΘI ΗΘΛ8ΠI0Φ
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah



Figure 18 : Piste du bc1



Figure 16 : PIGNON DU REDUCTEUR



Figure 17 : Jupe des galets



Figure 15 : TURBINE

- Bon état de la piste
- Bon état des jupes des galet
- Bon état du pignon réducteur cde

Visite du bc1



Figure 21:ROULEMENT



Figure 20:ACOUPLEMENT



Figure 19:Cone

- Etat inquiétante de la turbine usure avancé des pâles et des disques
- Bon état des cônes
- Jeu du roulement COCde = 0,1 mm
- Jeu inquiétant du roulement c cde = 0,25 mm
- Mauvais alignement écartement important d'accouplement suivant notice il faut avoir de 5a 7 mm au lieu de 12 mm d'écartement

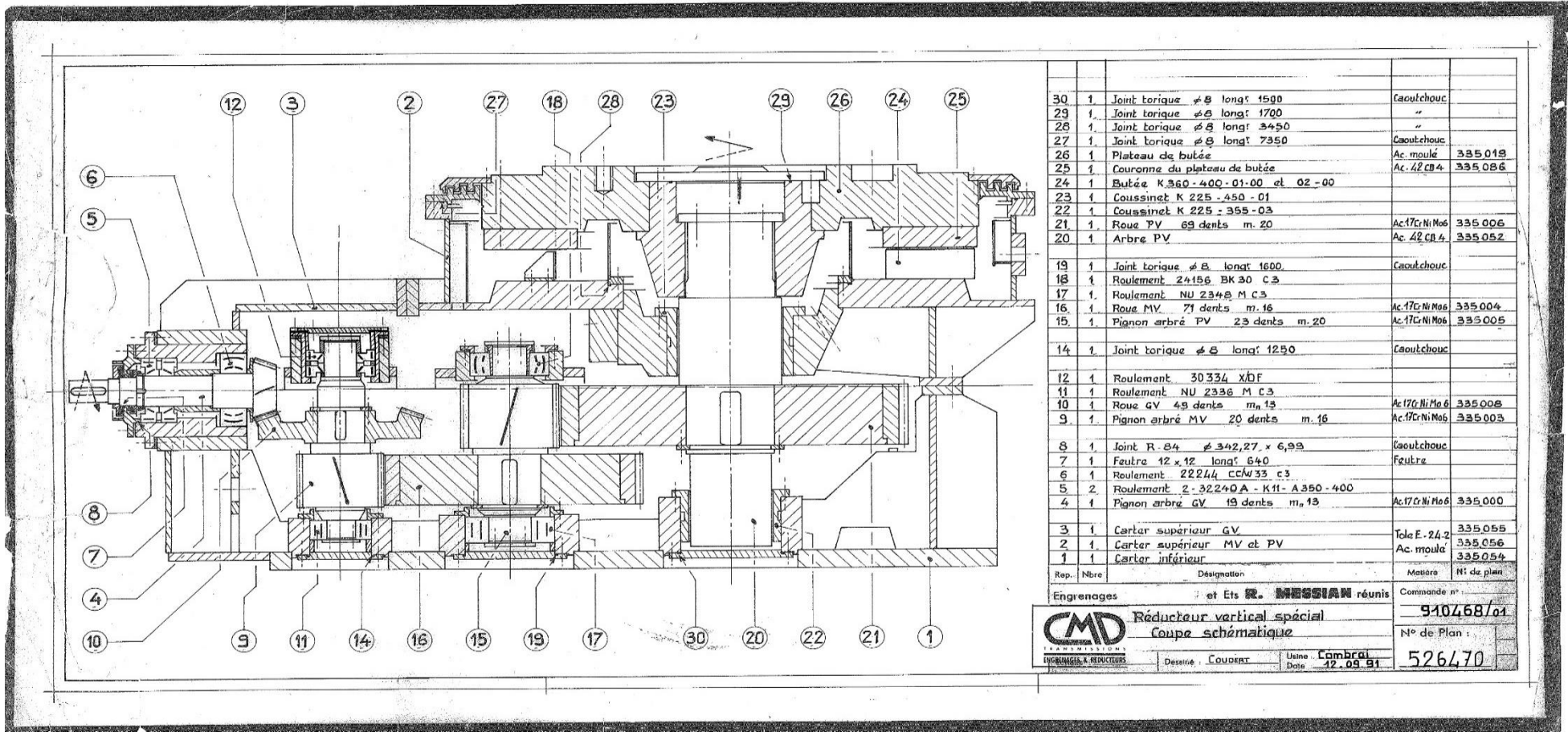


Figure 22: Plan réducteur



كلية العلوم والتقنيات فاس
 +οΨΠοι+ +ΕοΟΘοΣΙ Λ +ΟΙΣΧΣ+ΣΙ
 Faculté des Sciences et Techniques de Fès



جامعة سيدي محمد بن عبد الله
 +οΟΛοΠΣ+ ΟΣΛΣ ΕΒΛΛΕοΛ ΘΙ ΗΘΛΣΗΗοΘ
 Université Sidi Mohamed Ben Abdellah

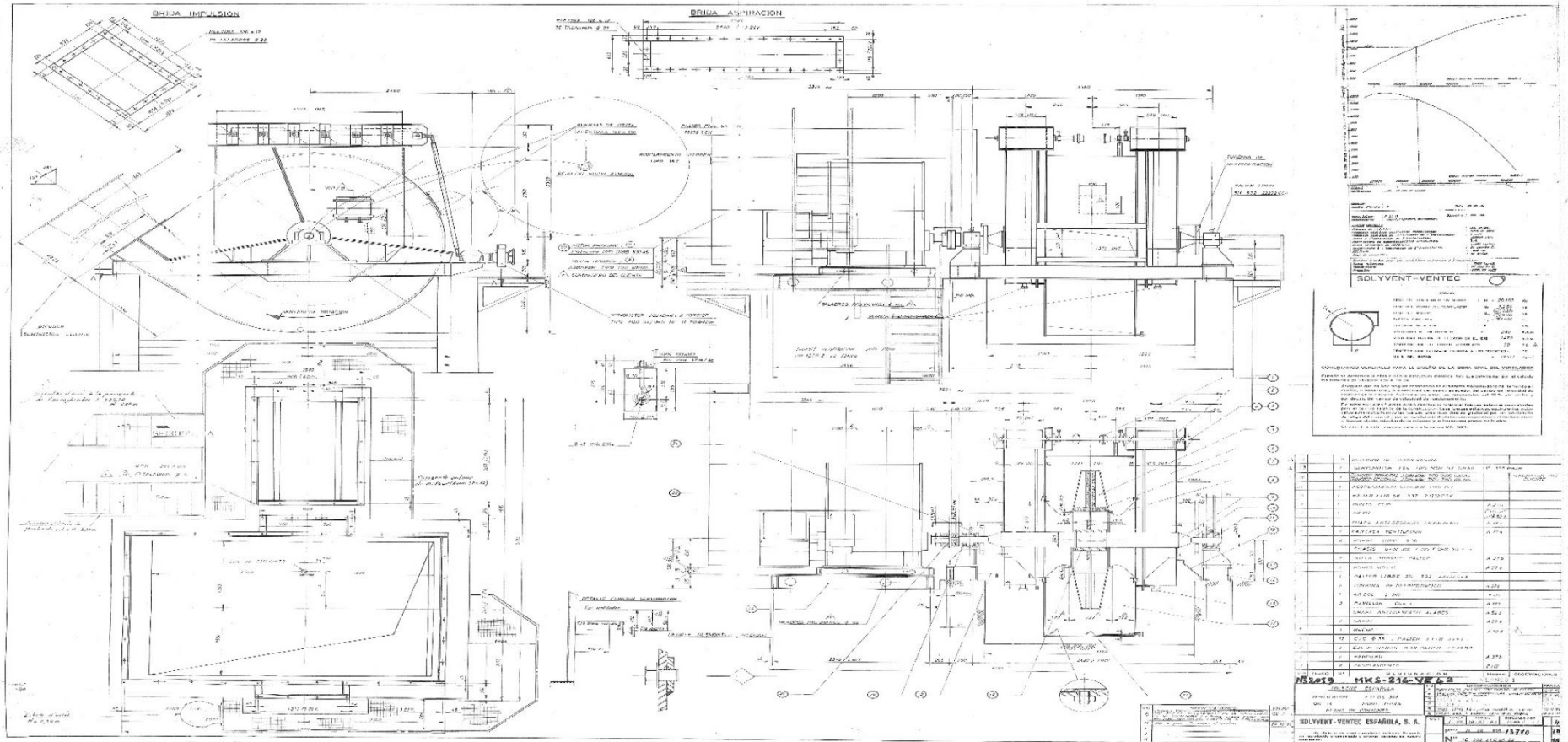


Figure 23:PLAN VENTILATEUR



كلية العلوم والتقنيات فاس
 +04211011 +1000011 1 +01221111
 Faculté des Sciences et Techniques de Fès



جامعة سيدي محمد بن عبد الله
 +00101111 +0122 1811101 01 1018111010
 Université Sidi Mohamed Ben Abdellah

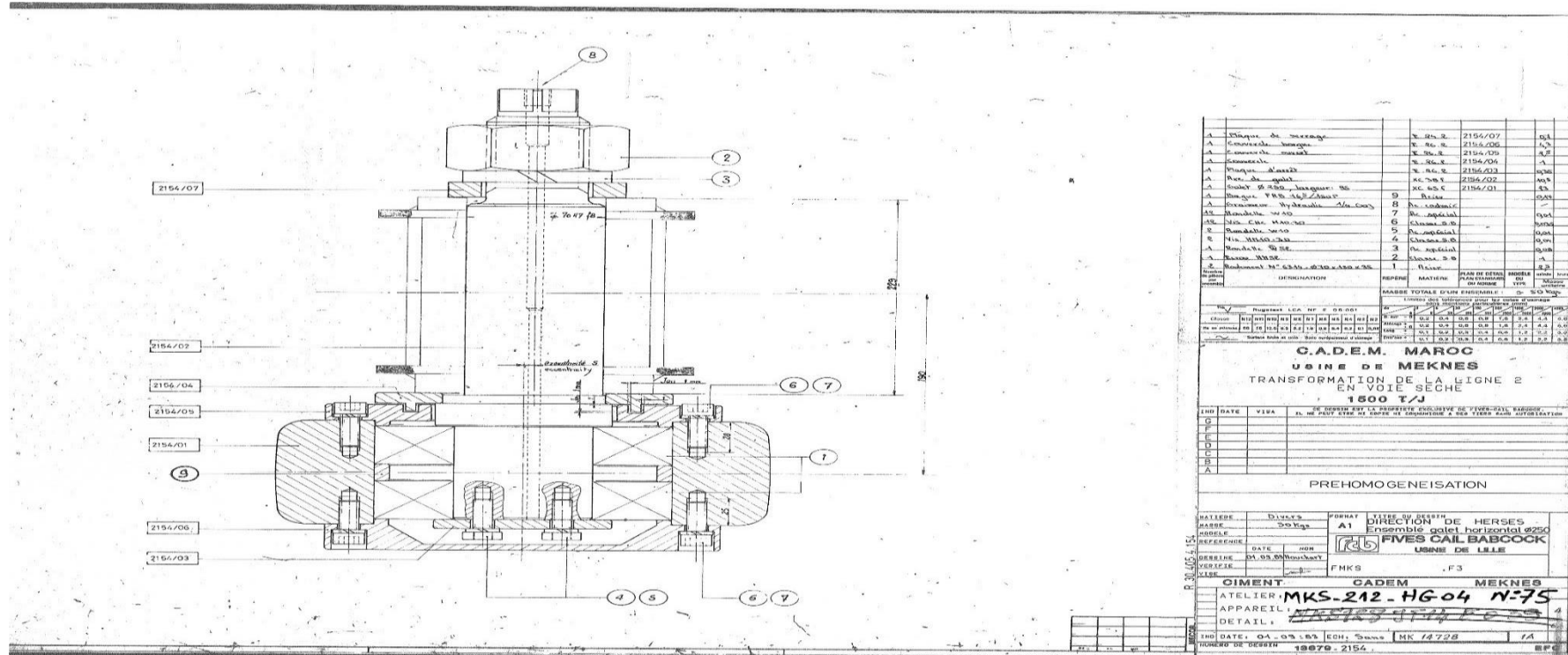


Figure 25 : PLAN GALET