

People's Democratic Republic of Algeria
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Mohamed Boudiaf University of M'sila
Faculty of Technology



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة المسيلة
كلية التكنولوجيا

Département de Génie Mécanique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de :

MASTER ACADIMEQUE

En Génie Mécanique

Option : Fabrication Mécanique Et Productique

Présenté par :

Silini Mohamed & Habouche Abdelhakim

Thème

ETUDE D'UN FOUR ROTATIF PAR ELEMENTS FINIS

Devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Qualité
Debih Ali	MCA	Président
Rouabhi Youces	MCB	Examineur
Menasri Noureddine	MCA	Encadreur
Aimeur Noureddine	Doctorant	Co-Encadreur

Année Universitaire: 2022 / 2023

N° d'ordre: GM/...../2023

الاهداء:

الى روح ابي الطاهرة رحمه الله واسكنه فسيح جناته، الى امي
الغالية اطال الله عمرها ورزقها الصحة والعافية، والى زوجتي العزيزة
حفظها الله ورعاها....

الى كل اولادي قرّة عيني (عبد النور، تقي الدين، سندس، والكتكوت
الصغير منصف) حفظهم الله ورعاهم ورزقهم نور العلم والمعرفة وتقوا الله
وحبه واتباع شريعته وجعلهم من خيرت أبناء الامة...

الى كل اخوتي واخواتي عائلتي واقاربي وكل من ساندنا من قريب
او بعيد في هذا الانجاز.

MOHAMED SILINI

شكر وتقدير

لله الحمد والشكر على توفيقه وكرمه وفضله، الذي قدرنا ووفقنا في العودة من جديد الى مدرجات الجامعة بعد أربعة وعشرين سنة من التخرج،

الحمد لله الذي سبب لنا الأسباب وسخر لنا الاقدار والظروف والامكانيات وشرفنا بهذا الامتياز.

نتقدم بالشكر الجزيل لمشرفنا الدكتور مناصري نور الدين ومساعدته الكريم الأستاذ عمور نور الدين على كل الجهود والدعم والمتابعة في انجاز هذه المذكرة.

كما نشكر مسؤولي وإدارة كلية التكنولوجيا وكل الأساتذة الافاضل الذين دعمونا وساندونا في هذا المشوار الدراسي الذي رفعنا فيه التحدي ونلنا فيه التوفيق من الله بين الدراسة.... العمل.... والاسرة والحمد لله.

شكر لكل من ساعدنا من قريب او بعيد

شكرا جزيلا

الإهداء

الحمد لله وكفى والصلاة على الحبيب المصطفى وأهله ومن وفى أما بعد

الحمد لله الذي وفقني في إكمال مسارنا الدراسي

أهدي ثمرة هذا الجهد والنجاح بفضله تعالى الي الولدين الكريمين أبي رحمة

الله وأسكنه الفردوس الأعلى وإلى أمي حفصها الله ورعها

إلى الزوجة الكريمة رفيقة دربي

إلى أولادي قرة عيني موسى، حنان وابتسام

إلى كل الأصدقاء والرفقاء وكل من ساندنا ودعانا لنا

Babouche Abdelhakim

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين تبارك وتعالى له الكمال وحده والصلاة والسلام على

سيدنا محمد نبيه ورسوله الأمين

أتقدم بجزيل الشكر الخالص لأساتذتنا الأفاضل الذين كان لهم الفضل في

سلوك هذا الدروب

كما أشكر كل عمال وموظفي قسم الهندسة الميكانيكية وكذلك موظفي
المكتبة الذين لم يبخلوا علينا بالكتب والمراجع كما أتقدم بالشكر الى السيد
بلواضع عبد الجبار على كل ما هيأه لنا لمواصلة الدراسة ولن أنسى زميلي في
العمل نضبان رابع فأقول لكل هؤلاء شكرا لكم

Babouche Abdelhakim

Résumé :

Les machines tournantes jouent un rôle stratégique dans les processus industriels. Et c'est ce qui se passe dans le cas du four de cimenterie. Il existe de multiples facteurs de détérioration du four.

Le désalignement du four est la cause de la surcharge au niveau des galets. En conséquence, Il est nécessaire de quantifier les désalignements tolérés.

Afin d'effectuer le contrôle du four de l'usine de M'sila, une simulation du comportement du four (analyse modale, transitoire et de fatigue) a été réalisée pour dégager les points à améliorer pour un bon fonctionnement.

ملخص

تلعب الآلات الدوارة دورًا استراتيجيًا في العمليات الصناعية. وهذا ما يحدث في حالة فرن الأسمنت. فهناك عدة عوامل تؤدي إلى تلف الفرن.

إن عدم محاذاة الفرن هو سبب الحمل الزائد على مستوى الأسطوانات وبالتالي من الضروري تحديد أوجه الاختلافات المسموح بها.

ومن أجل القيام بالتحكم في فرن مصنع المسيلة، تم إجراء محاكاة لسلوك الفرن (شكلي، وعابر، وتعيب) لتحديد النقاط التي يجب تحسينها من أجل التشغيل الجيد.

Abstract:

Rotating machines play a strategic role in industrial processes. And this is what happens in the case of the cement kiln. There are multiple factors of oven deterioration.

The misalignment of the oven is the cause of the overload at the level of the rollers. Consequently, it is necessary to quantify the tolerated misalignments.

In order to carry out the control of the furnace of the factory of M'sila, a simulation of the behavior of the furnace (analysis modal, transient and fatigue) was carried out to identify the points to be improved for a good operation.

SOMMAIRE

Dédicaces

Remerciements

Résumé

Introduction générale

CHAPITRE I: PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

INTRODUCTION :.....	1
I .HISTORIQUE DE LAFARGE.....	2
I.1 PRESENTATION DE LAFARGE-ALGERIE.....	3
I.1.1 ACTIVITE ET STRATEGIE.....	3
I.1.2. HYGIENE ET SECURITE	4
I.1.3. INVESTISSEMENTS ET ACTIVITES DU GROUPE LAFARGE EN ALGERIE....	4
I.2. HISTORIQUE DE HOLCIM	5
I.3.FUSION AVEC LAFARGE.....	6
I.4. USINE DE LAFARGE-HOLCIM À M'SILA	7
I.4.1.LES OBJECTIFS ANNUELS DE L'ENTREPRISE	8
I.4.1.1.ECOULE DE SANTE & SECURITE LCM	8
I.4.1.2. CENTRE DE FORMATION LCM.....	9
I.4.1.3.CLIMAT SOCIAL	10
I.5. DIRECTION ET ORGANIGRAMME DE (LCM).....	10
I.6.POSITION GÉOGRAPHIQUE	12

CHAPITRE II : CIRCUITS DE PRODUCTION ET FONCTIONNEMENT

II.1. DEFINITION GENERALE DU CIMENT	13
II.2.LES CARRIÈRES D'EXTRACTION	14
II.2.1. L'EXTRACTION.....	14
II.2.2 CARRIER PRINCIPALE DE CHOUF AMAR	14
II.2.3.CARRIERE DE GOTTAYA	15
II.2.4. CARRIERE BIR MADI ET CHAIBA	15
II.3. TRANSPORT.....	15
II.4.LE CONCASSAGE.....	16
II.5.HALL DE STOCKAGE.....	16

II.6. LES BANDES TRANSPORTEUSE (CONVOYEUR).....	17
II.7. BROYAGE.....	17
II.8. PRE-HOMOGENEISATION (DOSEUR).....	18
II.9. CUISSON (ZONE DE FOUR ROTATIF).....	18
II.10. REFROIDISSEMENT.....	19
II.11. CONCASSEUR CLINKER.....	20
II.12. HALL DU STOCKAGE CLINKER.....	20
II.13. BROYAGE CIMENT.....	21
II.14. EXPEDITION ET ENSACHAGE.....	21
II.15. TYPE ET CLASSIFICATION DES CIMENTS.....	22
II.15.1. CLASSIFICATION DES CIMENTS EN FONCTION DE LEUR COMPOSITION.....	23
II.15.2. CLASSIFICATION DES CIMENTS EN FONCTION DE LEUR RESISTANCE NATURELLE.....	23

CHAPITRE III :

FOUR ROTATIF

III.1. INTRODUCTION.....	25
III.2. DEFINITION DE FOUR ROTATIF.....	25
III.3. LES FONCTIONS PRINCIPALES DU FOUR ROTATIF SONT.....	26
III.4. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT.....	26
III.5. REFROIDISSEUR.....	27
III.5.1. FONCTIONNEMENT DU REFROIDISSEUR.....	28
III.6. MATIERES PREMIERES.....	28
III.7. CONDITIONS SPÉCIFIQUES AFFÉRENTES AU FONCTIONNEMENT DU FOUR.....	28
III.7. 1. ANALYSE DES GAZ DE FUMÉE.....	29
III.7. 2. VOLUME D'AIR PRIMAIRE.....	29
III.7. 3. TEMPERATURES EN AVAL DU PRECHAUFFEUR A CYCLONES.....	29
III.7.4. TEMPÉRATURE DES PALIERS.....	29
III.7.5. TEMPERATURE D'ELECTROFILTRES.....	29
III.7.6. REVÊTEMENT DU FOUR.....	29
III.8. DEFINITION.....	31
III.9. COURBES DE FATIGUE ET DE L'ENDOMMAGEMENT.....	32

III.9.1. CYCLE DE CONTRAINTE	32
III.9.2 APPLICATION AUX CALCULS DE FATIGUE.....	32
III.9.3. COURBES D'ENDURANCE.....	33
III.10. CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES ET MÉCANIQUES.....	34
III.11. TUBE DU FOUR LCM	34
III.12. LES PROPRIÉTÉS DE SIMULATION	35
III.12.1. LE LOGICIEL ANSYS.....	35
III.13. CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES ET MÉCANIQUES DE FOR ROTATIF LCM_MATERIAUX	35
III.13.1. MATÉRIAUX DE LA VIROLE.....	35
III.13.2. MATÉRIAUX DES BRIQUES RÉFRACTAIRES	36
III.13.3. LA RIGIDITE.....	36
III.14. LA CONCEPTION DU FOUR ROTATIF PAR L'LOGICIEL SOLIDWORKS 2016	37
III.14.1. GEOMETRIQUE MODEL	37
III.15. LES CONDITIONS AUX LIMITES	37
III.15.1. L'ANALYSE MODALE.....	37
III.15.2. L'ANALYSE TRANSITOIRE STRUCTURELLE.....	38
III.16. MAILLAGE.....	39
III.17.LES FRÉQUENCES	40
III.18. THÉORIE DE L'ANALYSE MODALE.....	40
III.19. FORMES MODALES.....	41
III.20. INTERPRETATION DE L'ANALYSE DU MODELE	43
III.21. CONCLUSION	43
III.22. L'ANALYSE TRANSITOIRE	43
III.22.1 DÉFINITION	43
III.22.2.EQUIVALENT STRESS	44
III.22.3.RÉSULTATS ÉQUIVALENT STRESS.....	44
III.22.4.TOTAL DEFORMATION	45
III.22.5.RÉSULTATS TOTAL DÉFORMATION	45
III.22.6. ÉQUIVALENT ELASTIC STRAIN.....	46
III.22.7.RÉSULTATS EQUIVALENT ELASTIC STRAIN.	46

III.23. CONCLUSION :	47
III.24. L'ANALYSE DE FATIGUE	47
III.24.1. DÉFINITION:	47
III.24.2.RÉSULTATS DE L'ANALYSE DE LA FATIGUE.....	48
III.24.2.1.ÉQUATION DE LA DURÉE DE VIE :	48
III.25.COMPARAISON	48

CHAPITRE IV : TREATMENT AU FOUR ROTATIF

IV.1. OPÉRATION DE L'ALIGNEMENT	49
IV .1.1.CONTRÔLE:	49
IV.1.1.1. CONTRÔLE DES MESURES ET LE FOUR EN PRODUCTION	50
IV.1.1.2. CONTRÔLE DES MESURES ET LE FOUR À L'ARRÊT (PROCHAIN)	51
IV.2. RÉSULTATS DES MESURES	52
IV.2.1. RIGIDITÉ DU FOUR	52
IV.2.2. GÉNÉRALITÉS	52
IV.2.3. MATRICE DE RIGIDITÉ	52
IV.3. ALIGNEMENT DU FOUR : AXE LATÉRAL	53
IV.4. ALIGNEMENT DU FOUR : AXE VERTICAL	54
IV.5. CONCLUSION DE L'ALIGNEMENT	55
IV.6. OPÉRATION DE SOUDAGE.....	56
IV.6.1. APERÇU HISTORIQUE SUR LA RUPTURE.....	56
IV.7. GÉNÉRALITÉ SUR LE SOUDAGE	58
IV.7.1. MÉTHODE DE RÉPARATION ET SOUDAGE LES FISSURES DE FOUR ROTATIF LCM	58
IV.8. PROCÉDURE DE RÉPARATION DES FISSURES NON TRANSVERSALES (FISSURES DE SURFACE).....	60
IV.8.1. PRODUIT DU TEST (LIQUIDE PÉNÉTRANT)	61
IV.8.1.1. BOUTELLIER JAUNE: BOBBCO N120 DEGRAISSANT	61
IV.8.1.2. BOUTELLIER ROUGE: SHERWIN DP_ 55	61
IV.8.2. BOUTELLIER BLONC: SHERWIN D_100	61
CONCLUSION :	62
LES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	63

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I

FIGURE I.1: LOGO DE LA FUSION LAFARGE-HOLCIM	6
FIGURE I. 2: SAC DE CIMENT PETROLIER.	7
FIGURE I.3: ECOULE DE SANTE & SECURITE LCM	9
FIGURE I.4 : CENTRE DE FORMATION LCM	9
FIGURE I.5 : STADE DE SPORT A L'INTERIEUR DE LA CIMENTERIE LCM	10
FIGURE I.6 : ORGANIGRAMME DE LAFARGE-HOLCIM _M'SILA (LCM)	11
FIGURE I.7 : LINGE DE PRODUCTION USINE LCM	12

CHAPITRE II

FIGURE II.1: SCHEMA D'OBTENTION DU CIMENT	13
FIGURE II.2 : ZONE EXTRACTION ET EVACUATION	15
FIGURE II.3 : HALL DE STOCKAGE LCM.....	16
FIGURE II.4 : BANDS TRANSPORTERS.	17
FIGURE II.5 : ZONE DES DOSEURS LCM.....	18
FIGURE II.6 : ZONE DE CUISSON LCM.....	19
FIGURE II.7 : HALL DE CEMENT PETROLIER ET SILO CLINKER LCM	21
FIGURE II.8 : ENSACHAGE LCM.....	22

CHAPITRE III

FIGURE III.1 : DESSIN POUR LES COMPOSANTS LES PLUS IMPORTANTS DU FOUR ROTATIF	27
FIGURE III.2 : RUPTURE D'UN FIL D'ACIER SOUS L'EFFET D'UNE FLEXION CYCLIQUE AUX MAINS	30
FIGURE III.3 : FISSUREE DU FOUR ET LE BATEAU	31
FIGURE III.4 : (A) : FACIES DE RUPTURE D'UN ARBRE DE. (B): FACIES DE FATIGUE D'UN ARBRE EPAULE SOLLICITE EN FLEXION PLANE ALTERNEE, A: ZONE D'AMORÇAGE, L: ZONE LISSE DE PROPAGATION DES FISSURES; G: ZONE ACCIDENTEE DE RUPTURE	31

FIGURE III.5 : CARACTERISTIQUES D'UN CYCLE DE CONTRAINTE	32
FIGURE III.6 : COURBE D'ENDURANCE OU DE WÖHLER	33
FIGURE III.7 : LE CROQUIS DU FOUR ROTATIF AVEC TROIS SUPPORT	34
FIGURE III.8: LE PLAN 2DDE FOUR ROTATIF LCM.....	34
FIGURE III. 9 : LE CROQUIS DU FOUR ROTATIF ET LE MODÈLE DYNAMIQUE DUSYSTÈME CORPOREL.....	37
FIGURE III.10: MODEL DYNAMIQUE [13].....	37
FIGURE III.11 : DIMENSIONS SIMPLIFIEES DU FOUR UTILISEES DANS L'ANALYSE.....	37
FIGURE III.12 : CONDITION AUX LIMITES (ANALYSE MODALE).....	38
FIGURE III.13 : CONDITION AUX LIMITES (ANALYSE TRANSITENT).....	38
FIGURE III.14 : MAILLAGE DU FOUR ROTATIF.	39
FIGURE III.15 : LES DEFORMEES MODALES DES VIBRATIONS ET RESONANCE POUR DE VITESSE DE ROTATION DE 3.7 TR/MIN : MODE 01 ; MODE 02 ; MODE 11 ; MODE 13 ; MODE 03 ; MODE 15.....	41
FIGURE III.16 : EQUIVALENT STRESS.....	44
FIGURE III.17 : DIAGRAMME D'EQUIVALENT STRESS.....	44
FIGURE III.18 : TOTAL DEFORMATION	45
FIGURE III.19 : TOTAL DEFORMATION	45
FIGURE III.20 : EQUIVALENT ELASTIC STRAIN	46
FIGURE III.21 : EQUIVALENT ELASTIC STRAIN	46
FIGURE III.22 : LOCALISATION DE LA FATIGUE D'UN FOUR ROTATIF	47

CHAPITRE IV

FIGURE IV.1:LES APPUIS DE FOUR	50
FIGURE IV.2 : AXE DE REFERENCE	54
FIGURE IV.3 : DESALIGNEMENT DE L'AXE VERTICAL.....	55
FIGURE IV.4: LES SURCHARGES, SUR LES GALETS.....	56
FIGURE IV.5 : TESTE DE VERIFICATION.....	59
FIGURE IV.6 : METHOD D'ACCROCHAGE.....	59

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE III

TABLEAU 1 : LES DONNEES TECHNIQUES DE L'ACIER 13 Cr Mo45	36
TABLEAU 2: LES DONNEES TECHNIQUES DE BRIQUE REFRACTAIRE.....	36
TABLEAU 3 : RIGIDITY DES STRUCTURES PORTEUSES.....	36
TABLEAU 4 : FREQUENCES NATURELLES DE CHAQUE MODE.....	40

CHAPITRE IV

TABLEAU 5: LES CHARGES STATIQUES SUR LES APPUIS (TONNES) SONT :	53
TABLEAU 6: LES RAIDEURS AU NIVEAU DES APPUIS (TONNES/MM) SONT :	53

INTRODUCTION GENERALE :

La civilisation et le développement civil dans le monde d'aujourd'hui reposent sur la construction et la Réalisation d'établissements publics avancées et bien étudiées pour protéger la société et les gens de tous les dangers et les catastrophes selon des normes et des exigences particulières déterminées par un cahier des charges qui explique soigneusement les matériaux de base utilisés dans le domaine du bâtiment et travaux publiques.

Le ciment est l'un des éléments les plus importants et très nécessaires, Et ce matériau (le ciment) C'est actuellement l'un des éléments les plus importants dans la vie urbaine, car c'est 14économiques comme (Construire des routes, des ponts, des bâtiments, les universités et les Barrages...etc.) Et le rôle de ces équipements dans la vie urbaine et sociale.

Pour produire cette matière première important, la technologie a commencé, depuis l'Antiquité, à établir des usines de ciment au niveau international et national En passant par plusieurs stations de production importantes Au départ des carrières jusqu'au l'expédition.

L'Algérie est considérée parmi les pays producteurs de ciment, car elle contient plus d'une Dix-sept d'usines privées et étatiques réparties dans diverses régions du pays Et divisé en deux groupes Le premier est “**Groupe GICA**” Groupe Industriel des Ciments d'Algérie est Contient dont (14) cimenteries.

Et le deuxième C'est groupe **LafargeHolcim Algérie** Contient dont (3) cimenteries Comme suit :

- _ Cimenterie **CILAS** à Biskra Co-investissement avec le Groupe Souakri.
- _ Cimenterie **LCO** Lafarge ciment Oggaz à Oran.
- _ Cimenterie **LCM** Lafarge ciment M'sila.

Dans notre projet d'étude, nous avons choisi l'usine du ciment Lafarge-Holcim M'sila, qui contient deux lignes de production d'une capacité de production estimée à 5 millions de tonnes par an, La ligne de production unique est basée sur l'équipement principal, qui est le four rotatif.

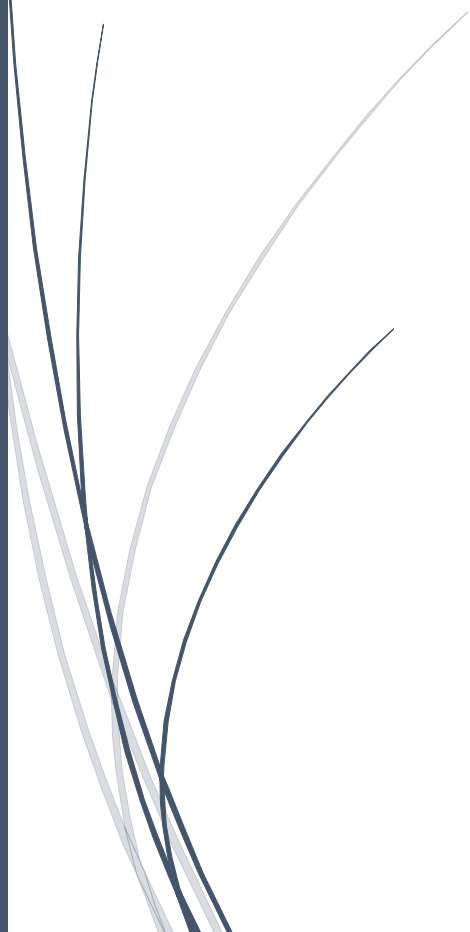
Ce qui est accordé une très grande importance dans l'entretien et les réparations périodiques afin d'éviter toute interruption de l'équipement et du processus de production continu pour assurer les demandes du marché et des clients

Malgré le suivi continu et l'entretien régulier et programmé, il y a toujours des défauts et des fissures qui apparaissent sur le four rotatif, Cela est dû au nombre facteurs externes affectant le four, et pour connaître les fissures les plus importantes et les méthodes de réparation, nous avons réalisé cette étude.



CHAPITRE I

PRESENTATION DE L'ENTREPRISE



INTRODUCTION :

Après la crise algérienne des années 90 et le début des années 2000, et Pour soutenir l'économie nationale et développer le pays, le gouvernement algérien a ouvert l'investissement dans tous les domaines de l'industrie, ce qui s'est traduit par l'entrée en vigueur de la Cimenterie de M'sila (**ACC**) Algérien Cernent Compagnie.

ACC C'est une usine installée en Algérie, particulièrement à M'sila par le groupe égyptien **ORASCOM** en 2002 sous le nom : **ALGERIAN CEMENT COMPAGNY (ACC)**,



En 2008 elle a été rachetée par le groupe français LAFARGE, Et en 2015 une fusion a été faite avec le groupe suisse Holcim, pour devenir groupe **Lafarge-Holcim** [1].

I. _HISTORIQUE DE LAFARGE :

C'est en Ardèche, en 1833, que naît l'activité du cimentier Lafarge, après la reprise par Son fondateur, Joseph-Auguste Pavin de Lafarge, du Pavin de Lafarge, une activité familiale Lancée en 1749, dont l'usine de fours à chaux exploite une carrière de pierre à chaux dans la Montagne Saint-Victor, dominant le Rhône entre Le Teil et Viviers. Dès 1864, le site livre 110 000 tonnes de chaux pour le canal de Suez. C'est le premier Chantier d'envergure internationale pour l'entreprise. En 1919, l'activité est transformée en Société anonyme sous le nom de « Société anonyme des chaux et ciments de Lafarge et du Teil » et dès 1939 Lafarge devient le premier cimentier français et progressivement l'un des Leaders mondiaux. Lafarge étend son réseau sur trois territoires (dix usines en France, une implantation En Afrique du Nord et une filiale en Angleterre, la « Lafarge Aluminons Cément ».

En 1926. La société y pratique un « paternalisme théocratique » Pendant la Seconde Guerre mondiale, les usines dans la zone occupée pratiquent une Collaboration neutre ou tactique alors que certains dirigeants d'usines dans la zone libre (où Lafarge a replié son siège social à Viviers) collaborent avec zèle pour la construction du Mur De l'Atlantique. À la libération, le Comité départemental de libération de l'Ardèche préconise sa mise Sous séquestre, qui est effective de septembre 1944 à avril 1947 et va de pair avec une Autogestion ouvrière. Robert Lacoste, ministre à la Production industrielle dans le gouvernement provisoire.

Le 12 juillet 2001, l'acquisition du groupe britannique Blue Cercle Industries Plc (BCI) Permet à Lafarge de devenir le premier producteur mondial de ciment. Pour financer cet Achat. Lafarge revend sous forme de LBO (laboratoire de bromatologie ouest) l'essentiel de sa Branche de matériaux de spécialités, rebaptisée Materais, ainsi que la totalité de ses actifs Chaux (Lafarge Chaux), basées aux États-Unis et en Europe.

Le 29 juin 2004, Lafarge décide de doubler la capacité de sa cimenterie de Dujiangyan, En Chine, pour la porter à 2,4 millions de tonnes, et signe un accord de partenariat avec Shui On Construction Matériels Limited (SOCAM), cimentier chinois coté à la bourse de Hong Kong.

En 2007, Lafarge SA annonce le rachat d'Orascom Cément, la division-ciment du Groupe égyptien Orascom, pour 8,8 milliards d'euros, mais est condamné, la même année, Avec la société Vicat pour entente illégale et abus de position dominante collective sur le Marché de gros de l'approvisionnement de la Corse en ciment.

. Le 2 juillet 2008, Lafarge Couverture devient Monier après la cession de l'activité, Toiture à PAI Partner et le 19 août 2008, dans le cadre du plan de nationalisation de l'industrie Du ciment, du président vénézuélien, Hugo Chavez, Lafarge conclut un accord de cession de Ses filiales vénézuéliennes.

Le 28 juillet 2009, dans le cadre du plan global de désinvestissements du Groupe, Lafarge annonce la cession de ses actifs-Ciments et Granulats & Bétons au Chili (Lafarge Chile SA et Immobilisai San Patricio ainsi que la cimenterie de la calera) au groupe péruvien Brescia, pour une valeur de 555 millions de dollars US. En 2010, Lafarge renforce ses Positions au Brésil (accord avec Votorantim) et en Europe centrale (avec STRABAG). En 2011, le groupe inaugure trois usines en Hongrie, Syrie et Nigeria et crée Une coentreprise avec Anglo American au Royaume-Uni. Il cède la majorité de ses activités Plâtre en Europe, en Amérique du Sud, en Asie et en Australie. Il possédait plus de soixante-dix, Sites de production dans trente pays. Fin 2011, pour accélérer son développement, Lafarge présente un projet de nouvelle Organisation tournée vers ses marchés et ses clients [2].

I.1 _PRESENTATION DE LAFARGE-ALGERIE :

L'Algérie est un marché d'importance stratégique pour le Groupe Lafarge dans le bassin Méditerranéen. Le secteur de la construction est en croissance constante depuis 2000, avec 'importants besoins en matériaux de construction et solutions constructives.

I.1.1 _ACTIVITE ET STRATEGIE :

Lafarge Algérie, est aujourd'hui présente en Algérie à travers les activités « Ciments, Mortiers, Granulats, Bétons, Plâtres et istribution » Lafarge Algérie possède 2 cimenteries à M'Sila et Oggaz, ainsi que Cilas Biskra en partenariat avec le Groupe Industriel Souakri pour Une capacité totale de 11.5 MT/an. Lafarge Algérie gère en partenariat avec le GICA la Cimenterie SCMI Meftah 1.5 MT/an. L'activité Béton Prêt à l'Emploi opère 30 centres de Production Lafarge Algérie a ancé la première enseigne de supermarché des matériaux de Construction BATISTORE, permettant un accès groupé des matériaux et matériel pour la Construction. Lafarge Algérie emploie 4000 collaborateurs (incluant les sous-traitants Permanents) et est fortement engagée dans le développement économique et social en Algérie. Pour les objectifs en 2018 Lafarge Algérie va s'engager cela avec le Groupe industriel des Ciments d'Algérie (Gica) dans l'exportation du ciment dans le cadre de la stratégie tracée par Le gouvernement [3].

I.1.2_HYGIENE ET SECURITE :

A travers sa politique Santé et Sécurité, Lafarge Algérie s'engage à prendre des mesures Concrètes pour éliminer les accidents, les blessures et les effets sur la santé liée aux conditions De travail.

Elle s'appuie sur une feuille de route ambitieuse, qui couvre tous les domaines liés À la performance en termes de santé et sécurité comme suit [4].

- L'application systématique des standards et directives de sécurité.
- L'information et la formation des collaborateurs et sous-traitants.
- Le leadership et la responsabilisation des managers.
- La mise en place de procédures de reportant des incidents.
- Des audits réguliers sur le terrain.
- Le partage des bonnes pratiques.

I.1.3_INVESTISSEMENTS ET ACTIVITES DU GROUPE LAFARGE EN ALGERIE :

- En 2002 Partenariat COLPA « Lafarge et Cosider », usine de production de plâtre à Bouira.
- En 2003 Construction de la cimenterie de M'Sila, la plus importante en Algérie.
- En 2007 Construction de la 1ère ligne de ciment blanc et lancement de l'activité Béton & Granulats.
- En 2008-Partenariat Lafarge GICA pour l'usine de SCMI de Meftah.
- Démarrage nouvelle ligne de Ciment gris à Oggaz Mascara.
- En 2010 Nouvelles gammes produites : Chamil, Matine, Mokaouem, Malaki.
- En 2013-Lancement de la 1ère enseigne de vente de matériaux de construction BATISTORE.
- Inauguration du premier laboratoire de la construction (CDL) en Afrique.
- Démarrage à M'Sila du 5ème broyeur BK5.
- En 2014-Partenariat CILAS : Lancement de la construction d'une nouvelle cimenterie à Biskra.

- En 2015 -Lancement du ciment à haute performance technico-économique SARIE.
- En 2015-Fusion des deux Groupes Lafarge et Holcim pour former le nouveau groupe
Leader des matériaux de construction Lafarge-Holcim.
- En 2016-Démarrage CILAS Biskra.
- Démarrage de l'activité ciment et mortiers - CMA Meftah.
- Démarrage de la carrière de granulats à Kef Azrou.
- Démarrage du 3eme four de plâtre COLPA.
- En 2017-Lancement d'un liant pour tous travaux de maçonnerie et finition
MOUKAMIL
- Lancement d'une nouvelle gamme Mortier : « ciment colle blanc, mortier multiusages, enduit monocouche ».
- Unité de production de sacs ciment (130 mi/an) à BBA.

I.2. _HISTORIQUE DE HOLCIM :

Holcim est fondée en 1912 sous le nom de « Financière Glaris » dans le village d'Holderbank du canton d'Argovie, à partir de la fusion en 1904 de la « Fabrique argovienne de ciment Portland » (société créée 10 ans plus tôt le 15 février 1902 à Holderbank par Adolf Gygi) avec la « Rheintalischen Cementfabrik Rütli », détenue par Ernst Schmidheiny.

Très vite, E. Schmidheiny, qui dirige la Financière Glaris, prend conscience que le marché intérieur suisse n'offre pas de grandes opportunités d'expansion pour l'entreprise. Après l'armistice qui clôt la Première Guerre mondiale fin 1918, les besoins en ciment explosent en Europe et au début des années 1920 ; la société commence à investir dans l'industrie cimentière d'autres pays européens. Cette tendance se poursuit hors d'Europe avec des investissements en Égypte, au Liban et en Afrique du Sud.

Le holcim fait partie des entreprises qu'il considère comme ayant monté d'abord en Suisse puis à échelle internationale Et l'alliance franco-belge était faite qui a conduit à une production d'amiante-ciment (Eternit) par environ 200 usines en Europe au milieu du xxe siècle. Le cimentier suisse Ernst Schmidheiny joue, en 1920 et dans les années qui suivent, un rôle central pour le développement du Groupe Ternit et de la production d'éternit en Europe en créant une usine en Allemagne, puis en fondant en 1929 le groupe ou cartel « International Asbestos cement company » SAIAC (ou SAIAC AG), dont le secrétariat établi en suisse est dirigé par Schmidheiny,

Dans les années du second après-guerre et particulièrement dans les années 1950 et les 1960 l'entreprise développe un réseau de holdings en Amérique du Nord et en Amérique Latine. En 1951, la société s'installe au Canada sous le nom de Ciment St-Laurent ; elle commence ses activités canadiennes en construisant une cimenterie à Beauport, dans la région du Québec.

Dans les années 1970, l'entreprise s'étend vers les marchés émergents de l'Asie-Pacifique. Dans les années 1980, Holcim continue à s'étendre vers de nouveaux marchés, y compris l'Europe de l'Est. Holcim devient alors leader au niveau mondial.

En mai 2001, le groupe Financière Glaris « Holderbank » se rebaptise Holcim. En 2002, Holcim acquiert Ciments d'Obourg en Belgique. En 2007, Holcim compte 90 000 employés et est présente dans plus de 70 pays à travers le monde [5].

I.3_FUSION AVEC LAFARGE :

En avril 2014, le groupe suisse Holcim et le groupe français Lafarge annoncent leur projet de fusion au taux d'une action Holcim pour une action Lafarge.

La nouvelle entité sera basée en Suisse.

Le 7 juillet 2014, les deux groupes annoncent une liste d'actifs proposés pour désinvestissement afin de permettre la fusion.

Il a été choisi de la Suisse comme siège du nouveau groupe, sous le nom de Lafarge-Holcim. (Présenter dans la FIGURE I.1)

À partir d'août 2015, Holcim France change de nom, d'identité visuelle et d'actionnaires en rejoignant le groupe irlandais Cément Roadstone Holdings qui employait alors environ 76 000 salariés sur 3 300 sites, produisant environ 300 millions de tonnes de matériaux de construction avec 40 % de son bénéfice réalisé dans le secteur résidentiel, 30 % dans le non-résidentiel et 30 % dans les infrastructures[5].



FIGURE I. 1: LOGO DE LA FUSION LAFARGE-HOLCIM

I.4_USINE DE LAFARGE-HOLCIM À M'SILA :

L'usine de ciment de M'sila (LCM) est l'une des trois usines situées en Algérie et la plus importante, Après (CILAS) Biskra et l'usine (LCO) Oggaz. Il est considérée comme l'une des usines les plus d'importance stratégique du groupe Lafarge-Holcim en termes de capacité de production et de ratio de distribution aux niveaux international et local, Où il couvre les besoins du marché national plus de 5 millions de Tan/an. L'installation de projet a commencé particulièrement à M'sila par le groupe égyptien (ORASCOM) en 2002, sous le nom **ALGERIAN CEMENT COMPAGNY (ACC)**,

Dans la première phase était installée la première ligne de production avec une capacité équivalente de 2 millions de tonnes de ciment annuellement estimé à 260 millions d'euros. Ultérieurement arriva la deuxième phase, axée sur la mise en place de la deuxième Ligne de production de 2 millions de tonnes pour atteindre l'objectif d'une capacité de production équivalente de 4 millions de tonnes par an avec un coût d'investissement estimé à 190 millions d'euros[6].

Récemment, en raison de la demande croissante de ciment et de clinker, la société a intensifié sa capacité de production à environ 5 millions ton/an, de ses différents types de produits (Mâtine, Chamil, Mokaoem, Sariaa, Malaki). Et en raison de sa dépendance totale à la qualité et aux besoins du marché, elle s'est lancée dans la fabrication d'un nouveau produit de ciment pétrolier de haute qualité pour les opérations de forage de puits pétroliers. (Présenter dans la FIGURE I.2)

Cette production est à 100% conforme aux standards API 10A (American Petroleum Institute) et au contrat qualité OWC (Oil Well Cement). Une telle performance montre la maîtrise du Système de management de la qualité API mis en place par l'usine de M'sila. La direction de l'usine est basée sur plusieurs politiques et procédures de performances pour l'efficacité des équipements et de la production, en fixant des objectifs annuels pour les responsable et les travailleurs de l'entreprise [6].



FIGURE I. 2: SAC DE CIMENT PETROLIER

I.4.1_ LES OBJECTIFS ANNUELS DE L'ENTREPRISE :

Les objectifs de l'entreprise diffèrent chaque année en fonction des exigences du besoin, de l'environnement et de l'évolution du marché mondial. L'équipe dirigeante de l'entreprise, En fixant des objectifs et en incitant les collimateurs à les atteindre selon un calendrier précis et des conditions particulières expliquées et diffusées à tous les secteurs et les services [6].

De manière générale, les objectifs annuels de l'entreprise s'articulent autour de points clés tels que :

- 1_ Santé, sécurité » & Environnement.
- 2_ Système & Performances.
- 3_ Qualité.
- 4_ Exporte & Coute.

Pour atteindre ces objectifs, l'entreprise cherche toujours à fournir l'équipement et la structure nécessaires pour former et développer les compétences des travailleurs et des Responsables, améliorer le climat social, Et cela passe par la création de centres d'éducation et de formation à l'intérieur de l'usine, parmi lesquels :

I.4.1.1_ ECOULE DE SANTE & SECURITE LCM :

La première Stender qui intéresse l'entreprise, Il se préoccupe de la santé et de la sécurité de tous les collaborateurs et clients.

Et pour les protéger de tous les dangers industriels, il a été construit une école interne pour la sensibilisation et formé les travailles sur les procédures et les consignes sécurité, et Parmi les procédures suivies, toute personne ou visiteur doit passer par une induction sécurité pour permit le passage au site comme première étape (Présenter dans la FIGURE I.3).

Dans cette école, les ouvriers et les prestataires sont formés selon plusieurs standards de travail très important pour réduire les risques industriels comme suit :

Travail en Hauteur, travaux chaud, consignation Mécanique et électrique, espace confiné, Matière chaud....



FIGURE I. 3: ÉCOULE DE SANTE & SÉCURITÉ LCM

I.4.1.2_CENTRE DE FORMATION LCM :

Afin de Développer les compétences techniques et les performances exceptionnelles des travailleurs et encadrement, Une stratégie scientifique a été élaborée Pour une formation continue dans diverses technologies et qualifications, En fonction de la mise en place d'un centre de formation bien équipé et structuré à l'intérieur de l'usine.

(Présenter dans la FIGURE I.4).

Dans ce centre, les travailleurs sont formés dans diverses spécialités et reçoivent un certificat et une habilitation professionnelle par des formateurs qualifiés et des formateurs des instituts et écoles privés nationaux et étrangers avec lesquels ils sont sous contrat.



FIGURE I. 4: CENTRE DE FORMATION LCM

I.4.1.3_CLIMAT SOCIAL :

Les sports, les activités récréatives et le tourisme sont l'un des facteurs les plus importants de stabilité et d'intégration pour motiver et encourager les travailleurs à changer la routine quotidienne et à renouveler l'activité pour un meilleur rendement dans le domaine du travail quotidien.

Lafarge fournit toutes les capacités et l'assistance en coopération avec le Comité des services sociaux pour satisfaire les travailleurs et leurs familles et leur donner de grandes opportunités pour changer l'atmosphère (Présenter dans la FIGURE I.5).



FIGURE I. 5: STADE DE SPORT A L'INTERIEUR DE LA CIMENTERIE LCM

I.5_DIRECTION ET ORGANIGRAMME DE (LCM) :

L'organisation administrative de Lafarge est divisée en plusieurs départements et Services importants, et elle est nécessaire à la gestion serrée des équipements et des structures organisationnelles.

Et l'essentiel dans cette organisation est le département de production et de maintenance :

Le département de production qui étudie et suit toutes les activités de production et assure la qualité, la quantité et les besoins du marché, avec la participation de tous les services et les branches.

Le département de maintenance comprend plusieurs Services nécessaires pour maintenir le fonctionnement des équipements et des machines et pour suivre le plan quotidien

et périodique des travaux de maintenance, de prévention et d'inspection, avec la fourniture de toutes les exigences telles que les pièces de rechange, les travailleurs et les équipements de réparation et d'intervention.

Schéma d'organigramme de l'usine de ciment LAFARGE-HOLCIM _M'sila (LCM)

(Présenter dans la FIGURE I.6)

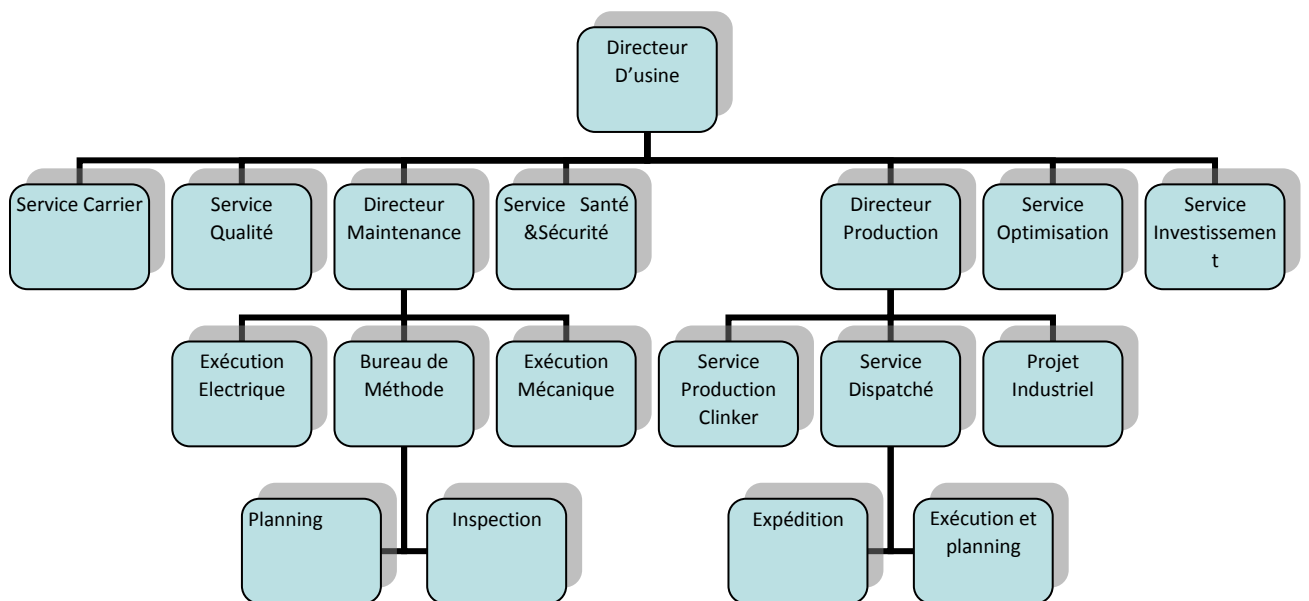


FIGURE I. 6: ORGANIGRAMME DE LAFARGE-HOLCIM _M'SILA (LCM)

I.6 POSITION GÉOGRAPHIQUE :

L'usine de ciment LAFARGEHOLCIM (LCM) situé à la wilaya de M'sila reliée à l'ouest de la route nationale n° 60, et à l'est de la route nationale n° 45 reliant à Bordj Bou Arreridj et environ 260 km de la capitale, et à 120 kilomètres de la province de Bejaïa.

Exactement, dans la zone de Hammam Al Dhala, une commune située au nord de l'état de M'sila, qui compte plus de 64 000 habitants, selon le recensement de 2008. Elle se distingue par son relief montagneux, ses bains minéraux et sa richesse naturelle (Présenter dans la FIGURE I.7).

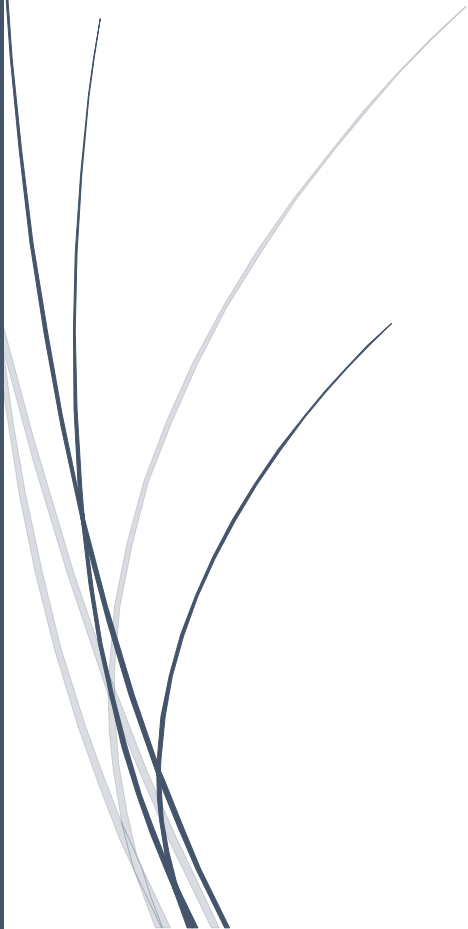
Ce positionnement donne à L'usine une bonne position géographique par rapport au les besoin d'exportation inter notional et les demandes de commerciale.



FIGURE I. 7: LINGE DE PRODUCTION USINE LCM

CHAPITRE II

CIRCUITS DE PRODUCTION ET FONCTIONNEMENT



CHAPITRE II CIRCUITS DE PRODUCTION ET FONCTIONNEMENT

II.1 DEFINITION GENERALE DU CIMENT :

Le ciment est un élément essentiel dans tous les travaux de construction et de préparation civile, qui est mélangé avec un mélange de sable et de gravier pour obtenir un béton solide. En tant que définition générale du ciment, est un lien hydraulique constitué d'une poudre minérale, d'aspect grisâtre, obtenue par broyage et cuisson à 1450 °C d'un mélange de calcaire et d'argile.

Le produit de la cuisson, appelé clinker, forme une combinaison de chaux, de silice, d'alumine et d'oxyde ferrique.

Et Pour obtenir le clinker de ciment avec une propriété hydraulique active, le clinker doit être également broyé très finement dans des broyeurs à boulets.

Et Avant le processus de broyage, l'industrie cimentière passe par plusieurs stations et opérations de base successives, et il faut partir en première étape des sites d'extraction de la matière première brut (Présenter dans la FIGURE II.1).



FIGURE II. 1: SCHEMA D'OBTENTION DU CIMENT

Nous allons expliquer et clarifier la série des stations de base les plus importantes dans l'usine de ciment de M'sila (LCM), et le processus de fabrication du ciment dans ce chapitre.

Le processus commence à partir de

a) _ l'extraction

1/_Carrier principale de Chouf Amar.

2/_ Carrier de Gottaya.

3/_ Carrier de bir madi.

b) _ Transport

c)_ Concassage

1/_concasseur Mix.

2/_Concasseur Gypse.

d) _ hall de stockage.

e) _ les bandes transporteuse.

f) _ Broyage VRM.

g) _ Pré-homogénéisation.

i) _ Cuisson (Zone de four Rotatif).

j) _ Refroidissement.

k) _ Concasseur clinker.

l) _ hall du stockage clinker.

n) _ Broyage clinker.

m) _ Expédition.

II.2_ LES CARRIÈRES D'EXTRACTION :

II.2.1_L'extraction.

La matière première est la roche de pierre qui trouver dans les carriers, L'extraction de ces roches se fait par abattage à l'explosif. Il consiste à fragmenter le Massif exploité à l'aide d'explosifs. Lafarge possède trois carrières principales pour l'extraction et le stockage de la matière première de base de l'industrie cimentière, Répartis à différentes distances de l'usine, ils sont exploités par des méthodes techniques selon le système interne et les lois de l'état en la matière, et ils sont respectivement. Trois principales carrières du calcaire.

II.2.2 _CARRIER PRINCIPALE DE CHOUF AMAR.

Les travaux d'exploitation des calcaires ont commencés en 2003 à la carrière Chouf Ammar, dont la capacité de production est environ de 4 600 000 tonnes par an.

CHAPITRE II CIRCUITS DE PRODUCTION ET FONCTIONNEMENT

Avant le début d'exploitation l'évaluation des réserves totales est estimée à 232 millions de tonnes avec une durée de vie totale de 60 ans.

Il est obligatoire d'évaluer les réserves restantes de la carrière Chouf Amar car cela est nécessaire pour l'avenir de cimenterie Hammam Dalaa.

Le gisement de calcaire de Chouf Amar fait partie d'un vaste massif étiré dans une direction longitudinale sur plus de 150 km. Localement, il se présente sous forme de deux compartiments monoclinaux bien distincts, d'une dénivelée moyenne de 250m, étirés dans une direction SNE-NSW sous un angle de pendage de 10 à 15° vers le SSE séparés par un talweg relativement profond et délimités par deux butes qui en constituent la limite méridionale [7].

Il couvre une superficie de 260 ha cernée de corniches bien visibles dans le paysage et recouverte en grande partie par une nappe alfatière parsemée de quelques conifères, vestiges d'un foret autrefois certainement plus dense qu'elle ne l'est à l'heure actuelle.

Administrativement, le gisement de Chouf Amar, de par sa situation géographique à cheval sur la limite territoriale de deux wilayas, relève des communes de Hammam Dalaa (M'sila) pour sa partie Ouest et d'El-Euch (Bordj Bou Arreridj) pour sa partie Est [7].

II.2.3_CARRIERE DE GOTTAYA.

Il est à deux kilomètre au sud-est de l'usine,

II.2.4_CARRIERE BIR MADI ET CHAIBA.

En plus d'autres carrière secondaires celle du BirMaddi pour l'argile ainsi que la carrière du gypse à Chaiba a Biskra.

II.3_TRANSPORT.

Le matériau de pierre concassée est transporté à l'aide d'énormes engins (dumpers) conçus pour transporter ces pierres, Ils travaillent selon des mesures de sécurité particulières et des conditions liées à la santé et à la sécurité (Présenter dabs la FIGURE II.2).



FIGURE II. 2: ZONE EXTRACTION ET EVACUATION

II.4_LE CONCASSAGE.

C'est une opération qui consiste à réduire la granulométrie de la matière première en fragments de faibles dimensions (25 à 40 mm). Elle assure également un certain mélange des matières premières arrivant de la carrière (calcaire et schiste). En effet, le calcaire et l'argile transportés par les camions sont déchargés dans une trémie qui est reliée à un alimentateur à vitesse variable qui permet de réguler le débit d'alimentation.

Et chez Lafarge-Holcim il y a deux Concasseurs :

_ Concasseur Mix.

_ Concasseur gypse.

II.5_HALL DE STOCKAGE.

Le calcaire extrait de la carrière par abattage est acheminé par dumpers vers le concasseur MIX, le calcaire concassé est transporté directement vers le hall de stockage pour être acheminé après vers la trémie de l'atelier du broyeur cru VRM à l'aide de bandes transporteuses.

L'argile concassée est entreposée dans le hall de stockage d'où il est directement acheminé vers la trémie d'alimentation du broyeur cru VRM par des bandes transporteuses.

Le sable broyé isolément est acheminé vers la trémie de l'atelier du broyeur cru VRM par une bande transporteuse (Présenter dans le FIGURE II.3)



FIGURE II. 3: HALL DE STOCKAGE LCM

CHAPITRE II CIRCUITS DE PRODUCTION ET FONCTIONNEMENT

II.6 LES BANDES TRANSPORTEUSE (CONVOYEUR).

Le système de transport de matériaux est appelé **Convoyeur** : Le convoyeur est un système de manutention automatique qui permet de déplacer des Produits finis ou bruts d'un poste à un autre par le mécanisme de transmission de puissance. Cette dernière est transmise d'un arbre moteur vers un ou plusieurs arbres récepteurs par L'intermédiaire de courroies ou de chaînes (Présenter dans la FIGURE II.4)

Le produit ou la marchandise étant placés sur une bande ou sur une tôle se déplacent D'une manière uniforme dans un circuit fermé. La vitesse de déplacement est relative à la vitesse de rotation du moteur et peut être réduite ou augmentée selon la volonté de l'opérateur En tenant compte de quelques paramètres tels que la productivité et la cadence de production.



FIGURE II. 4: BANDS TRANSPORTEURS

II.7 BROYAGE.

Le processus de concassage du gravier est effectué dans le broyeur vertical VRM (broyeurs à meules verticaux). Ce sont des broyeurs verticaux modernes qui sont très économes en énergie et offrent plus de séchage.

Les matières premières doivent être finement broyées pour faciliter les réactions chimiques au cours de la cuisson dans le four. Dans le broyeur à galets, les matières premières sont séchées par les gaz du four et broyées simultanément pour obtenir la farine crue. La composition chimique de cette dernière est analysée à partir d'échantillons prélevés automatiquement chaque heure et corrigée de manière continue par variation des proportions des différentes composantes sur les doseurs.

La farine crue finement broyée est séparée dans un électro -filtre, dans lequel les gaz du four sont dépoussiérés en même temps. Elle est transportée par voie pneumatique vers les 7 cellules de mélange qui sont remplies l'une après l'autre. Pour obtenir un effet d'homogénéisation, leur contenu est vidé simultanément dans un grand silo à farine crue d'une capacité de 20 000 t.

CHAPITRE II CIRCUITS DE PRODUCTION ET FONCTIONNEMENT

II.8_PRE-HOMOGENEISATION (DOSEUR).

Après concassage, la matière crue présente toujours des fluctuations importantes dans sa composition, c'est pourquoi elle est introduite dans une tour d'échantillonnage puis stockée dans l'installation de pré homogénéisation (Présenter dans la FIGURE II.5)

Les matières premières composant le clinker ont une composition chimique déterminée.

Le laboratoire de contrôle de l'usine définit la composition optimale de chaque constituant, il fixe alors les proportions de correction afin de s'approcher de la composition recherchée.

La correction se fait donc par les quatre trémies de dosage :

Doseur du mélange calcaire + argile.

Doseur de calcaire riche dont la fonction permet la correction de la matière provenant

Du mélange quand son titre en CaCO_3 est faible.

Doseur de sable dont la fonction permet la correction d'un manque de Silice SiO_2 .



FIGURE II. 5: ZONE DES DOSEURS LCM

II.9_CUISSON (ZONE DE FOUR ROTATIF).

Une fois le cru préparé, il sera acheminé directement à l'entrée du four, qui est souvent constitué d'un grand cylindre d'environ 4,750m de diamètre et de 74 m de longueur, incliné par rapport à l'horizontale de 4 % de façon à permettre une descente progressive des matières

CHAPITRE II CIRCUITS DE PRODUCTION ET FONCTIONNEMENT

en rotation autour de son axe. La partie inférieure du four est équipée d'une flamme entretenant (Présenter dans la FIGURE II.6)

Une température de l'ordre de 1450°C ; en s'approchant de cette zone, le cru subi des transformations successives qui le conduisent au produit fini qui est le clinker [8].

Les réactions chimiques de transformation de cru dans le four sont comme suit :

Jusqu'à 100°C : évaporation de l'eau libre.

$T > 100^{\circ}\text{C}$: Evaporation de l'eau constitutive à l'intérieur des minéraux.

$T > 600^{\circ}\text{C}$: Décomposition des matières argileuses. (Silice SiO Fe_2O_3).

$T > 850^{\circ}\text{C}$: Décarbonatation du calcaire

$T > 900^{\circ}\text{C}$: Commencement des processus d'interaction entre la chaux (CaO) et les oxydes D'argile (SiO)

$T = 1450^{\circ}\text{C}$: Clinkérisation.

Le processus de cuisson et de combustion du matériau se déroule à l'intérieur du four rotatif, avec des étapes de traitement thermique et l'assistance de plusieurs dispositifs comme le Calcinateur le bruleur le silo CF l'Air lift.



FIGURE II. 6: ZONE DE CUISSON LCM

II.10_REFROIDISSEMENT.

A la sortie du four, le clinker tombe sur une grille de refroidissement rapide à travers laquelle est soufflé par l'air froid (la trempe), Le refroidissement après cuisson joue un rôle important sur la forme et la réactivité des constituants du clinker. ; Il est situé à l'aval du four, c'est un refroidisseur à grilles horizontales au nombre de deux à commande hydraulique.

CHAPITRE II CIRCUITS DE PRODUCTION ET FONCTIONNEMENT

Le refroidissement est assuré par onze ventilateurs, L'air produit par ces ventilateurs est insufflé sous les grilles par des chambres de soufflage.

Le refroidisseur a un triple rôle :

- Refroidir le clinker qui sort du four.
- Récupérer le maximum de chaleur contenu dans le clinker.
- Assurer la trempe de clinker par un refroidissement énergétique et rapide

II.11_CONCASSEUR CLINKER.

Après le processus de refroidissement partiel du clinker formé sur de gros blocs du mélange, il est passé dans le concasseur, dans lequel les blocs sont brisés en granulés homogènes dans la limite à 10 - 40 MM.

Ces granulés constituent la matière première de l'industrie cimentière. , qui peut être stocké, exporté ou envoyé vers des broyeurs horizontaux pour obtenir le ciment final.

II.12_HALL DU STOCKAGE CLINKER.

Après le processus de refroidissement et de broyage, le clinker devient prêt en tant que matière première et est transporté via le convoyeur (tapis métallique) soit vers les broyeurs horizontaux pour obtenir un produit final, soit vers les silos de stockage et d'utilisation selon le programme suivi par le Département de Production et Distribution (Présenter dans la FIGURE II.7).

Et dans lafargeholcim Il existe deux types de silos et zone de stockage :

- 1_ Silo de stockage clinker normal.
- 2_ Hall de stockage clinker de ciment pétrolier.



FIGURE II. 7: HALL DE CEMENT PETROLIER ET SILO CLINKER LCM

II.13_BROYAGE CIMENT.

Pour obtenir un ciment aux propriétés hydrauliques actives, le clinker doit être à son tour broyé très finement. Ce broyage s'effectue dans des broyeurs à boulets.

Les corps broyant sont constitués de boulets d'acier qui, par choc, font éclater les grains de clinker progressivement le ciment à l'état de fine farine, ne comportant que très peu de grains supérieurs à 80 microns.

A la sortie du broyeur, un cyclone sépare les éléments suffisamment fins des autres qui sont renvoyés à l'entrée du broyeur. C'est é l'on ajoute au clinker le gypse (3 à 5%) indispensable à la régulation de prise du ciment.

Le clinker finement broyé, se présente sous la forme de grains polycristallins de quelques dizaines de microns.

Les ciments aux ajouts sont obtenus par des éléments minéraux comme thermiques, les fillers calcaires, les pouzzolanes naturelles ou artificielles. Ainsi sont les différentes catégories de ciments qui permettront la réalisation d'ouvrages allant du plus courant au plus exigeant [8].

II.14_EXPEDITION ET ENSACHAGE.

Le ciment prêt à l'emploi est transféré vers des silos de stockage du ciment. Suivant la Demande du client, le ciment est livré soit en vrac soit en sacs.

CHAPITRE II CIRCUITS DE PRODUCTION ET FONCTIONNEMENT

Livraison en vrac : les véhicules à citerne sont placés sur un pont bascule sous une tête de chargement télescopique est adaptée à l'ouverture de la citerne et un système de commande contrôle le chargement. Il existe un poste de livraison en vrac.

Livraison en sac : des sacs de poids net égale à 50 Kg sont mis vides dans des ensacheuses Permettant leur remplissage par le ciment.

Les sacs du ciment sont dirigés par la suite pour une étape de chargement dans les camions à l'aide d'un robot formé d'une tête de chargement

Équipée de ventouses (une par sac) qui transfère sur la plateforme du camion la quotité (Présenter dans la FIGURE II.8)



FIGURE II. 8: ENSACHAGE LCM

II.15_ TYPE ET CLASSIFICATION DES CIMENTS.

Généalement Les ciments peuvent être classés en fonction de leur composition et de leur résistance naturelle.

Selon cette classification, Lafarge-Holcim fabrique plusieurs types de ciment à grande échelle au niveau national, Nous allons le présenter dans cette partie.

II.15.1 CLASSIFICATION DES CIMENTS EN FONCTION DE LEUR COMPOSITION.

Les ciments constitués de clinker et des constituants secondaires sont classés en fonction de leur composition, en cinq types principaux par la norme NF P15-301. Ils sont numérotés de 1 à 5 en chiffres romains dans leur notation européenne (la notation française est indiquée entre parenthèse) :

- CEM I : Ciment portland (CPA - dans la notation française),
- CEM II : Ciment portland composé (CPJ),
- CEM III : Ciment de haut fourneau (CHF),
- CEM IV : Ciment pouzzolanique (CPZ),
- CEM V : Ciment au laitier et aux cendres (CLC).

II.15.2 CLASSIFICATION DES CIMENTS EN FONCTION DE LEUR RESISTANCE NATURELLE.

Trois classes sont définies en fonction de la résistance normale à 28 jours ; des sous classes “R” sont associées à ces trois classes principales pour désigner des ciments dont les résistances au jeune âge sont élevées.

Ces classes sont notées comme suit :

- classe 32,5.
- classe 42,5.
- classe 52,5.

Lafarge participé sur le marché commercialise avec différents types de produits cimentiers

Et selon les exigences des clients pour différents types de produits, ce qui comprend plusieurs conditions et techniques requises dans le domaine du bâtiment et des travaux publics, cinq types de ciments sont ainsi fabriqués.

Comme Suit ;

- ❑ MATINE : Ciment pour béton exigeant CEM II/B 42,5 RNA 442
- ❑ CHAMIL : La Qualité pour ma maison CPJ – CEM II/B 32, 5 R NA 442
- ❑ MOKAOUEM : Ciment pour béton en milieux agressifs CPJ – CEM III/B 42, 5 –
- ❑ ESNA 443.

CHAPITRE II CIRCUITS DE PRODUCTION ET FONCTIONNEMENT

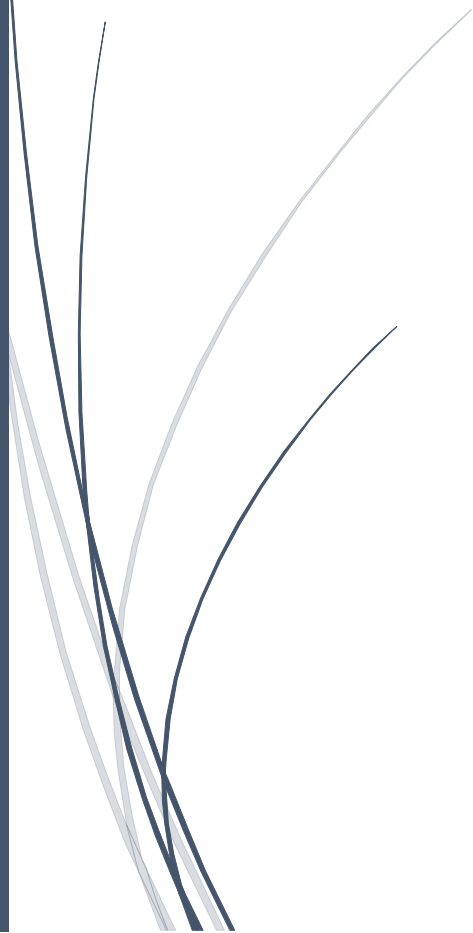
- ❑ Sariaa : La Qualité CPJ
- ❑ Malaki : La qualité CPJ
- ❑ Cément Pétrolier (Oil Well Cément).

Toute cette variété est mise au marché national, afin de répondre aux différents problèmes rencontrés lors de la construction des ouvrages et l'étude contenir du tous les contrainte et les résistance (Résistances mécaniques, Résistance à une attaque physique ou Chimique, les Mise en œuvre en particulière).



CHAPITRE III

FOUR ROTATIF



III.1_INTRODUCTION

Un four est essentiellement un four industriel, et bien que le terme soit générique, plusieurs conceptions tout à fait distinctives ont été utilisées au fil des ans, un tel four.

La coque du four rotatif est une structure soudée à grande échelle de 4.75 m de diamètre et 74 m de longueur, et produit en soudant de fines plaques d'acier cylindriques une par une. Les plaques rembourrées sont directement soudées à la coque dans les rouleaux de support endroits pour réduire leur concentration stress. Des fissures sont souvent initiées au niveau de ces joints soudés, et la fissure circonférentielle trop longue prédominent à joints soudés près des rouleaux de support [9].

Les simulations ont été réalisées pour la fissure de fatigue a été démontrée sur cette recherche. Il a été montré que la distance de décalage et la taille relative étaient deux paramètres importants pour déterminer l'interaction entre deux surfaces de fissure ; la plus petite fissure a cessé de croître lorsque la différence de taille était grande. Il a été possible de juger si le l'effet de l'interaction doit être basé sur la corrélation entre l'espacement relatif et la taille relative. Simulation de la croissance des fissures de fatigue en hétérogène matériau utilisant la méthode des éléments finis

L'objectif principal de cette étude est d'étudier le domaine des vibrations à fort déplacement et à la fatigue analyse de la durée de vie de la croissance des fissures dans un four à ciment rotatif Lafarge-holcim.

Que, en utilisant le système de ((WORKBENCH ANSYS 2022 Et SOLIDWORKS 2016)). Et vérifiez les résultats sur la réalité et connaissez la durée de vie prévue lorsqu'il y a une fissure afin de suivre et d'effectuer l'entretien nécessaire en temps opportun et d'éviter tout arrêt d'urgence.

III.2_DEFINITION DE FOUR ROTATIF :

Sont des cylindres en acier légèrement inclinés à 4% dans lesquels les matières premières vont subir plusieurs transformations physiques : dessiccation, décarbonations et calcination, clinkerisation, Il est protégé à l'intérieur par une couche de briques résistantes aux hautes températures (réfractaire) en épaisseur de 200mm, Il est transporté sur trois stations avec des galettes rotatives. Le processus de rotation est effectué au moyen de la roue dentée, qui est entraînée par un moteur électrique de grande capacité jusqu'à 335KW [9].

Le four rotatif est utilisé pour diverses opérations de traitement du minerai, La taille de four LCM spécialement est 4,750M de diamètre et 74 M de long et l'épaisseur entre 25 _ 70 mm, avec une masse de fonctionnement allant jusqu'à 3000 tonnes [9].

III.3_ LES FONCTIONS PRINCIPALES DU FOUR ROTATIF SONT :

- Obtenir décarbonatation finale de la farine chaude
- Cuisson de la matière
- Assurer la bonne combustion du charbon
- Permettre le transfert thermique (gaz/solide) [9].

III.4_ PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :

Le gaz de combustion du calcinateur se compose d'un mélange d'air atmosphérique chaud provenant du refroidisseur SF à barres transversales via la conduite d'air tertiaire séparée et des gaz de combustion du four. Les dimensions du calcinateur en ligne ont été conçues pour un temps de rétention de 3,7 secs [9].

Le brûleur principal du four est un brûleur Duoflex, éprouvé et connu. Le brûleur est muni d'un brûleur d'allumage servant enflammer le combustible reçu dans le four. La charge de farine crue (charge du four) est extraite du silo CF et convoyée jusqu'au préchauffeur via un aérogليسeur et, ensuite, un air lift. Le système d'alimentation du préchauffeur est doté d'un diviseur d'alimentation qui permet d'alimenter les quantités requises au 4e et 5e étage du préchauffeur. Cette particularité s'impose du fait de la plus forte teneur en humidité possible des matières premières pendant l'hiver, afin d'apporter au broyeur de cru la quantité de gaz de séchage et la température correctes [9].

Le préchauffeur fonctionne comme échangeur de chaleur à contre-courant où la force de la pesanteur fait descendre la farine crue par étagement et où le ventilateur des gaz de fumée aspire les gaz qui remontent.

Après avoir passé quatre étages du préchauffeur, la farine crue atteint une intersection où une partie du flux de farine peut être dirigée vers la partie supérieure de la cuve du calcinateur et vers le tuyau montant provenant du four. Le choix de la direction à donner à la matière dépend avant tout du combustible utilisé et de sa tendance à se déposer sur le tuyau montant. Dans la cuve du calcinateur, env. 53-56 % du combustible sont brûlés. La farine crue est calcinée à env. 90-95 %. Le calcinateur peut être utilisé à des températures élevées de ± 1

000° C, ce qui accroît la vitesse de combustion. Le surplus d'air prévu dans le calcinateur est d'environ 30 %, correspondant à un niveau d'oxygène de 2,4 %. Ces mesures devraient garantir la combustion complète du combustible utilisé [9].

Le gaz de combustion utilisé dans le calcinateur est un mélange d'air atmosphérique chaud ($\pm 1\ 000^{\circ}\text{C}$) aspiré depuis le refroidisseur à grille via la conduite d'air tertiaire, et de gaz ($\pm 1\ 050^{\circ}\text{C}$) provenant du four rotatif.

La matière quitte le dessus du calcinateur et passe ensuite vers le 5e étage du préchauffeur. Depuis celui-ci, la matière glisse vers l'entrée du four rotatif.

Vu l'inclinaison et la rotation du four, la farine crue est transportée en aval du four tout en étant progressivement chauffée et complètement calcinée par la chaleur apportée au four par le dispositif de chauffe situé à la sortie du four.

La clinkérisation (formation du clinker) a lieu pendant que la farine pure traverse la zone de cuisson du four [9].

Le clinker formé pénètre dans le refroidisseur à grille pour y être refroidi [10].

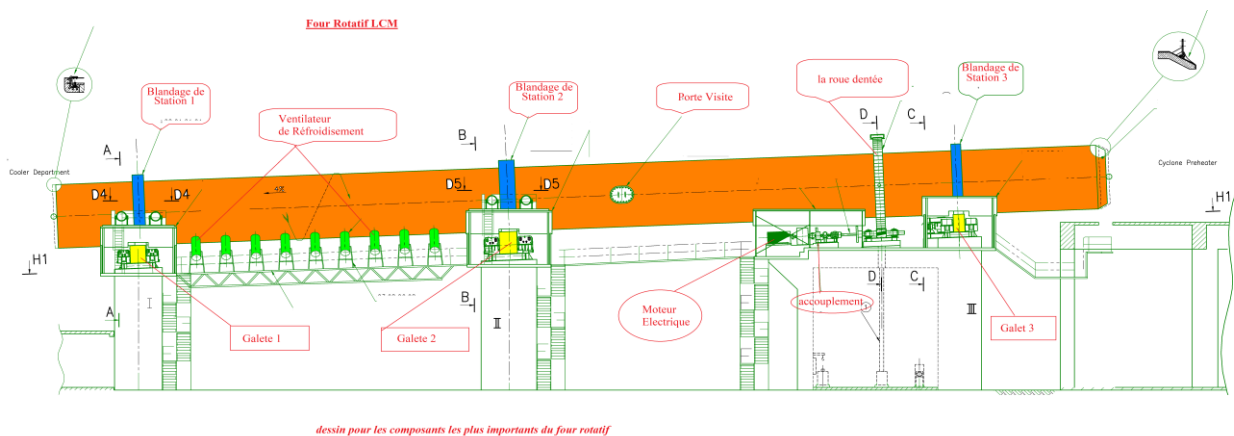


FIGURE III. 1: DESSIN POUR LES COMPOSANTS LES PLUS IMPORTANTS DU FOUR ROTATIF

III.5. REFROIDISSEUR :

Le clinker refroidi est déchargé via le concasseur à marteaux. Le clinker supérieur à 25-30 mm est broyé par le concasseur depuis lequel il rejoint le transporteur. Le clinker inférieur à 30 mm s'échappe par une grille de sortie en direction du transporteur [9].

Le flux total de clinker est alors convoyé vers le silo ou vers la trémie hors-série. Le surplus d'air est extrait de la sortie du refroidisseur et dépoussiéré dans un électrofiltre pour

refroidisseur. La poussière de clinker provenant de l'électrofiltre est renvoyée vers le transporteur de clinker.

III.5.1_FONCTIONNEMENT DU REFROIDISSEUR.

Les deux objectifs principaux du refroidisseur grille sont de :

A. refroidir le clinker à une température permettant d'éviter l'endommagement du transporteur en aval ;

B. recycler un maximum de l'énergie thermique pour garantir un fonctionnement efficace et rentable du système du four. Outre ces deux objectifs principaux, il existe un certain nombre de facteurs physiques relatifs au transport qui ne nous permettent pas de donner des directives exactes quant aux volumes d'air etc.

La granulométrie du clinker est un facteur crucial. Le flux de clinker doit être régulier sur toute la surface de la grille. Il est recommandé d'inspecter les grilles à l'œil nues pendant la période de rodage du refroidisseur.

Le refroidisseur doit être activé au fur et à mesure que le clinker commence à quitter le four [9].

III.6_MATIERES PREMIERES :

Préalablement à la mise en marche, les matières premières doivent être disponibles en quantités suffisantes. Leur qualité doit être parfaitement connue afin de garantir le fonctionnement continu et stable du four. Il est possible, pour produire de la farine crue, d'alimenter le broyeur de cru en gaz chauds à l'aide du brûleur de démarrage lors du préchauffage du système du four. Les gaz chauds sont aspirés vers le préchauffeur.

Le capot de chauffe élargi alimente le four et la conduite d'air tertiaire en air de combustion. Le capot et la voie de sortie d'air sont si larges qu'un minimum de poussières de clinker est recyclé vers le four et le calcinateur [9].

III.7_CONDITIONS SPÉCIFIQUES AFFÉRENTES AU FONCTIONNEMENT DU FOUR :

Nous allons passer en revue un certain nombre de facteurs spécifiques affectant le fonctionnement du four :

III.7.1_ANALYSE DES GAZ DE FUMÉE :

L'analyse des gaz de fumée est la principale source d'informations servant à évaluer le processus de combustion.

III.7.2_VOLUME D'AIR PRIMAIRE :

L'air primaire est fourni via le tuyau du brûleur, assurant ainsi un mélange efficace d'air et de combustible. De manière générale, le volume d'air primaire apporté par le ventilateur est de 8-10 % du volume d'air requis pour la combustion.

III.7.3_TEMPERATURES EN AVAL DU PRECHAUFFEUR A CYCLONES :

Le ventilateur des gaz de fumée est conçu pour résister à des températures allant jusqu'à 435° C. Cependant, des hausses de température à court terme allant jusqu'à 450° C peuvent être tolérées [9].

III.7.4_TEMPÉRATURE DES PALIERS :

Tout excès de température dans les paliers des ventilateurs déclenche l'alarme et éteint automatiquement le ventilateur concerné. Cette alarme s'applique au ventilateur des gaz de fumée et au ventilateur de surplus d'air du refroidisseur [9].

III.7.5_TEMPERATURE D'ELECTROFILTRES :

La température de service des filtres ne doit jamais dépasser la température maximale indiquée par le fournisseur.

Les pyromètres situés à l'entrée et à la sortie du corps des électrofiltres sont reliés à un verrouillage électrique qui arrête le ventilateur des gaz de fumée en cas de température trop élevée [9].

III.7.6_REVÊTEMENT DU FOUR :

Les températures du système du four sont tellement élevées que le système est, pour la plupart, protégé par un revêtement de briques et de béton. Il est indispensable, pour que le four fonctionne sans problème, que ce revêtement soit intact. Dès lors, un entretien approprié du four est capital.

De manière générale, la durée de vie du revêtement du préchauffeur, de la conduite à air chaud et de la plupart des parties du refroidisseur est de plusieurs années au cours desquelles il n'est pas nécessaire de les remplacer [9].

. REMARQUE :

Les opérations de fonctionnement selon les Conditions spécifiques et les normes du constructeur permettent d'éviter l'endommagement ou la rupture éventuelle de l'arbre des galets de retenue pendant la contraction du tube du four,

Et pour garder la position axiale du four et la stabilité de l'équipement l'inspection quotidien basé sur trois difficultés principales.

- _ Respecter et assuré l'alignement des galetés de guidage.
- _ Respecter et assuré la stabilité des températures de échauffement.
- _ Respect la charges et les contraintes des efforts appliqué.

Pour avoir l'empâte de cette difficultés nous avons étudiât le four rotatif par l'utilisation de système de éléments finis (WORKBENCH ANSYS 2022 et SOLIDWORKS 2016).

C'est quoi la fatigue ?

La fatigue est une forme de défaillance qui se produit dans des structures (ponts, aéronefs, pièces de machines...) subissant des contraintes dynamiques et variables. Elle est susceptible de se manifester même lorsque la contrainte est nettement inférieure à la résistance à la traction ou à la limite conventionnelle d'élasticité dans le cas d'une charge statique. Une telle défaillance porte le nom de fatigue parce qu'elle succède habituellement à une longue période de cycles de déformation et de contrainte. Pour comprendre ce phénomène prenons un fil d'acier entre deux mains en le coudant dans un sens et puis dans l'autre sens, en faisant cela plusieurs fois jusqu'à la rupture (présenter dans la FIGURE III.2) [10].

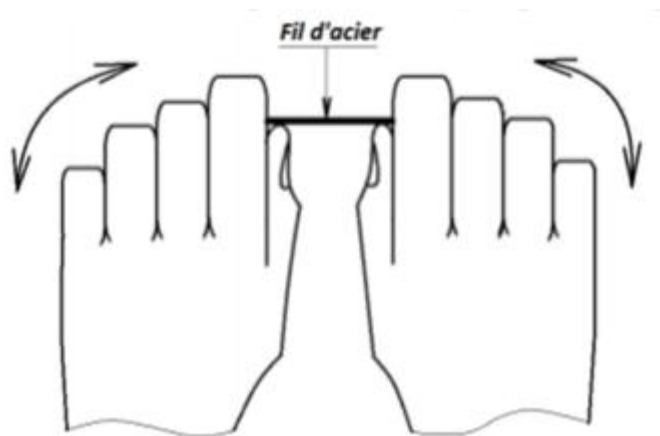


FIGURE III. 2: RUPTURE D'UN FIL D'ACIER SOUS L'EFFET D'UNE FLEXION CYCLIQUE AUX MAINS

Exemples de rupture par fatigue



FIGURE III. 3: FISSURE DU FOUR ET LE BATEAU

III.8. DEFINITION

La fatigue est un processus qui, sous l'action de contraintes ou déformations cycliques, répétées ou alternées, modifie les propriétés locales d'un matériau et peut entraîner la formation de fissures et éventuellement la rupture de la structure [10].

a) **Amorçage** : A cause de la grande finesse du défaut initié, sa détection n'est possible que si on utilise de puissants équipements de laboratoire. Son initiation peut avoir lieu dans des endroits où l'accès est impossible. Dans la figure (FIGURE III.4) la zone d'amorçage est repérée par zone 1[10].

b) **Propagation** : Sous l'effet du changement cyclique du chargement la fissure initiée commence à prendre des dimensions importantes menant finalement à la ruine. A ce stade la fissure qui a grandi résultait de la propagation des microfissures causées par le défaut initié dans la première étape, c'est elle qui deviendra la fissure de la fatigue. Sur la figure FIGURE III.4) ce stade correspond à la zone2. [10] :

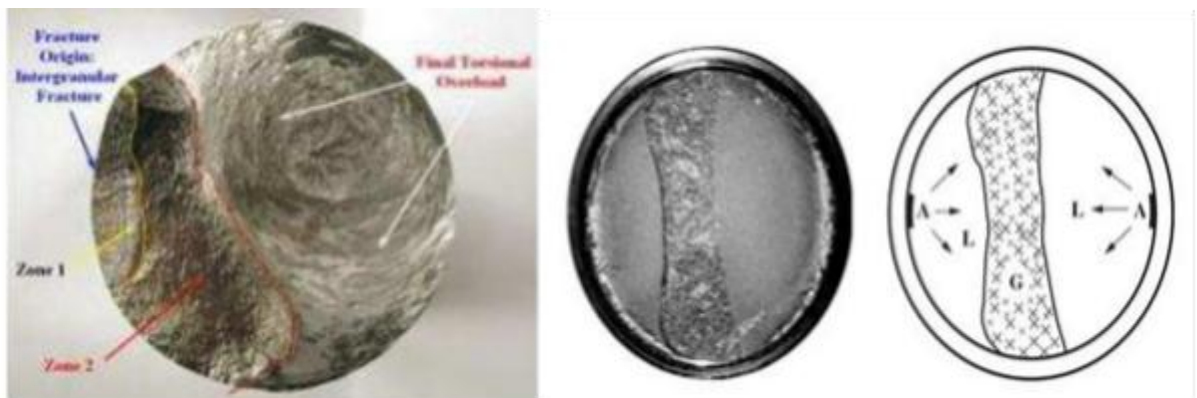


FIGURE III. 4: (A) : FACIÈS DE RUPTURE D'UN ARBRE DE. (B): FACIÈS DE FATIGUE D'UN ARBRE ÉPAULÉ SOLLICITÉ EN FLEXION PLANE ALTERNÉE, A: ZONE D'AMORÇAGE, L: ZONE LISSE DE PROPAGATION DES FISSURES; G: ZONE ACCIDENTÉE DE RUPTURE

III.9 COURBES DE FATIGUE ET DE L'ENDOMMAGEMENT !

III.9.1 CYCLE DE CONTRAINTE.

Un cycle de contrainte est caractérisé par une amplitude de contrainte $\Delta\sigma$ et par une contrainte moyenne $m \sigma$ (figure 20). On utilise souvent pour décrire les résultats de fatigue l'amplitude de contrainte et le rapport, noté R , de la contrainte minimale sur la contrainte maximale

$$R = \frac{\sigma^{\min}}{\sigma^{\max}} < 1$$

$$\Delta\sigma = \sigma^{\max} - \sigma^{\min} = \sigma^{\max} (1 - R)$$

$$\sigma^{\max} = \frac{\Delta\sigma}{1 - R}, \quad \sigma^{\min} = \frac{R\Delta\sigma}{1 - R}$$

$$\sigma^{\text{moy}} = \frac{1 + R}{2(1 - R)} \Delta\sigma$$

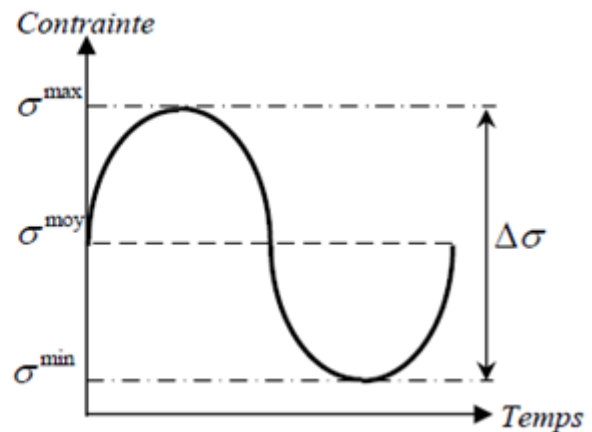


FIGURE III. 5: CARACTERISTIQUES D'UN CYCLE DE CONTRAINTE

III.9.2 Application aux calculs de fatigue

σ_a : Amplitude de contrainte

σ_m : Contrainte moyenne

σ_{max} : Contrainte maximale,

σ_{min} : Contrainte minimale,

$\Delta\sigma$: Étendue de contrainte,

R_σ : Rapport de contrainte $R\sigma$,

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_m + \sigma_a$$

$$\sigma_{min} = \sigma_m - \sigma_a$$

$$\Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min} = 2\sigma_a$$

$$R_\sigma = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$$

Nombre de cycles (n) : nombre de répétitions de cycle de contrainte l'essai de fatigue
 Nombre de cycles à rupture (N) : nombre de répétitions de cycle de contrainte jusqu'à la rupture.

Les courbes de fatigue sont souvent présentées en fonction de la demi-amplitude de contrainte, ou contrainte alternée σ_a :

III.9.3. Courbes d'endurance :

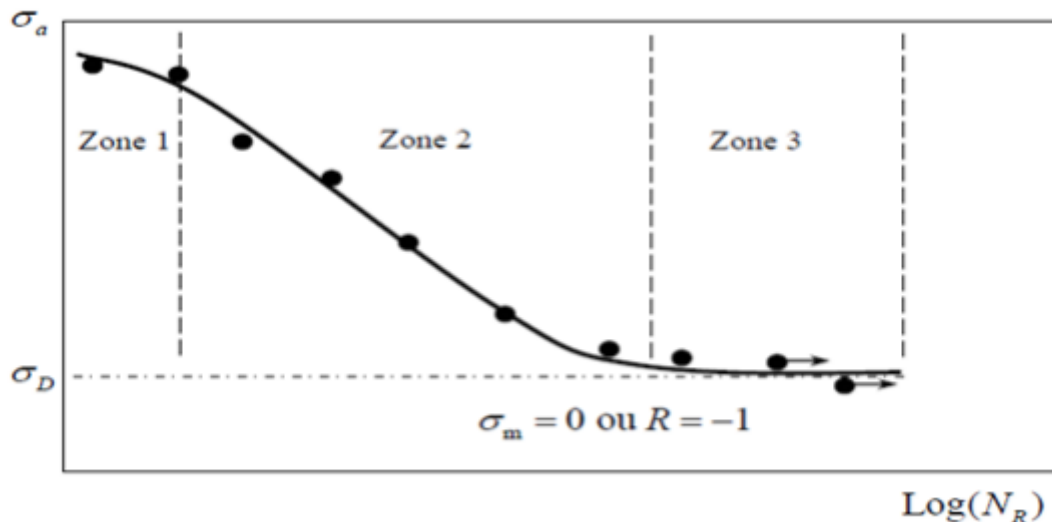


FIGURE III. 6: COURBE D'ENDURANCE OU DE WÖHLER

- une zone à faible nombre de cycles ou zone de fatigue oligocyclique (zone 1), sous forte contrainte, où la rupture qui intervient après un faible nombre de cycles, est précédée d'une déformation plastique significative.

- une zone de fatigue ou d'endurance limitée (zone 2), où la rupture est atteinte après un nombre de cycles plus important, nombre qui croît lorsque la contrainte décroît.

- une zone d'endurance illimitée ou zone de sécurité (zone 3), sous faible contrainte, pour laquelle la rupture ne se produit pas avant un nombre donné de cycles généralement supérieur à 106 cycles pour les aciers et 107 cycles pour les alliages légers.

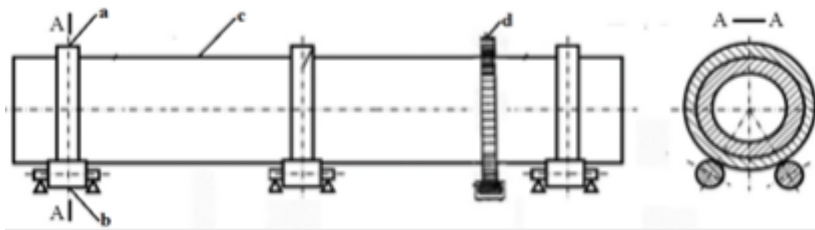


FIGURE III. 7 : LE CROQUIS DU FOUR ROTATIF AVEC TROIS SUPPORT [11]

- a) - galets
- b) - Galette station de guidage
- c)- virole
- d)- Roue dentée

III.10_CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES ET MÉCANIQUES :

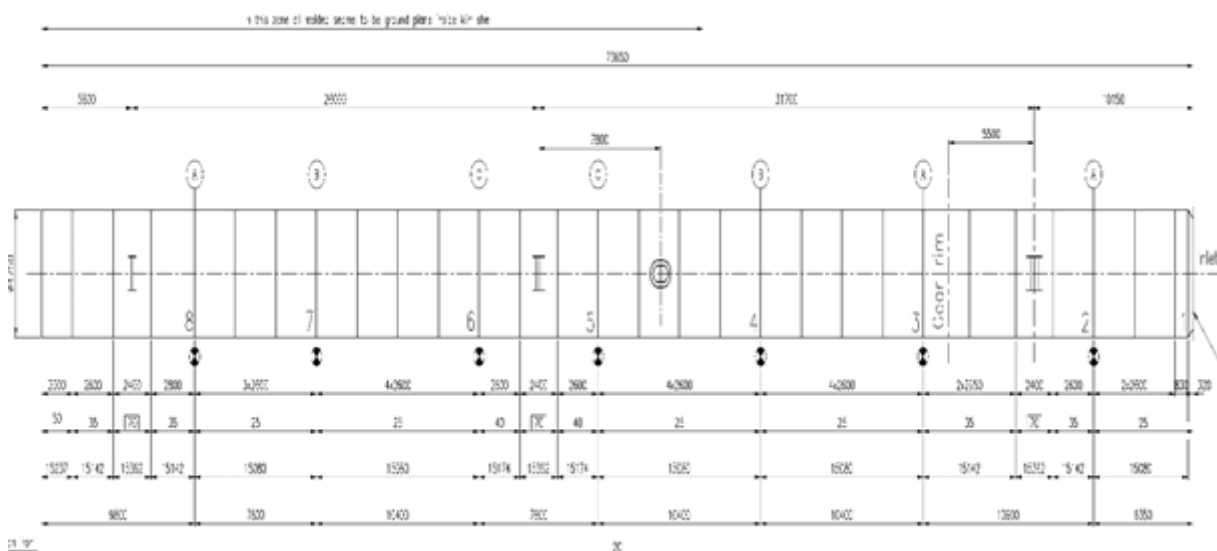


FIGURE III. 8 : LE PLAN 2DDE FOUR ROTATIF LCM

III.11_TUBE DU FOUR LCM.

La construction et l’installation de four lafarge-holcim M’sila, et mettre sur place par une société danoise FLS avec des Caractéristiques géométriques et mécaniques spécialement selon les normes des structures internationales comme souvent [12] :

- Diamètre 4,75 mètres
- Longueur 74,0 mètres
- Nombre de supports 3
- Inclinaison 4,0 %
- Taille de la transmission du four et vitesse maximale

- Puissance de moteur requise sur rouleaux 2x 335 kW
- Consommation nominale 370 kW
- Vitesse nominale 3,6 t/min
- Vitesse maximale 4,0 t/min
- Chaîne de préchauffeur unique 5 étages
- Taille des cyclones du 2 LP de 6,30 m
- Préchauffeur 1 LP de 7,80 m

1 LP de 8,00 m

1 LP de 8,00 m

1 LP de 8,00 m

III.12_ LES PROPRIÉTÉS DE SIMULATION :

III.12.1_ LE LOGICIEL ANSYS.

ANSYS est un logiciel de simulation numérique MEF leader de son marché utilisé dans le développement de produits industriels. Il couvre toutes les étapes nécessaires à une simulation : le traitement géométrique, le maillage, la résolution, le traitement de résultats et l'optimisation. ANSYS offre une plateforme de calcul multi-physique intégrant la mécanique des fluides et des structures, l'électromagnétisme, la thermique ainsi que la simulation de systèmes et de circuits.

Les utilisateurs ANSYS sont de domaines industriels différents telles que la construction de machines, les secteurs de l'énergie, l'automobile, le ferroviaire, l'aérospatial, le médical, la microtechnique, la micro-électronique ou encore les biens de consommation.

III.13_ CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES ET MÉCANIQUES DE FOR ROTATIF LCM_MATERIAUX :

III.13.1_ MATÉRIAUX DE LA VIROLE.

La virole du four est en métal Acier 13 Cr Mo 45 assemblé par soudage le type d'électrode soudage c'est OK 52.00, dont les caractéristiques sont données par le tableau suivant [12].

Acier	13crMo45
Module d'élasticité	166Gpa
Densité	7850KG/M3
Résistance à la traction	Ep=25 mm - 550 N/m²
	Ep=70 mm - 720N/m²
Module de Cisaillement	13.7N/mm
Limite d'élasticité	260MPa

TABLEAU III. 1 : LES DONNEES TECHNIQUES DE L'ACIER 13 CR MO45

III.13.2. MATÉRIAUX DES BRIQUES RÉFRACTAIRES

Les briques réfractaires du four sont fabriquées par un matériau dont les caractéristiques sont données par le tableau suivant [12].

Densité apparente	2,90g/cm²
Porosité apparente	16 ; 8%
Résistance à l'écrasement à froid	50Mpa
Module de rupture	at 1,500°C 1,8 Mpa
Essai de choc thermique	1,000°C / air plus 100 cycles
Réfractaires sous charge	T² Plus 1000°C
Module de Young	21 GPa
Epaisseur	220mm

TABLEAU III. 2 : LES DONNEES TECHNIQUES DE BRIQUE REFRACTAIRE

III.13.3_ LA RIGIDITE : les nombre des galets et 3 sur 3 stations

Rigidité d'anisotropie des structures porteuses		
Galets 1	Kyy1= 6.5 x 10²N/mm	Kzz1= 3.76 x 10⁴N/mm
Galets 2	Kyy2= 36 x 10²N/mm	Kzz2= 20.78 x 10⁴N/mm
Galets 3	Kyy3= 39.08 x 10²N/mm	Kzz3= 20.56 x 10⁴N/mm

TABLEAU III.3 : RIGIDITY DES STRUCTURES PORTEUSES

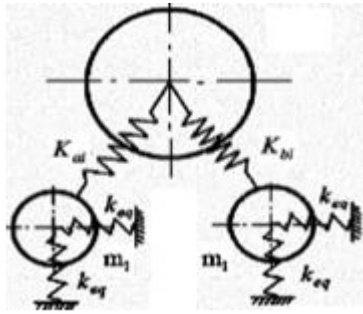


FIGURE III. 10: MODEL DYNAMIQUE [13]

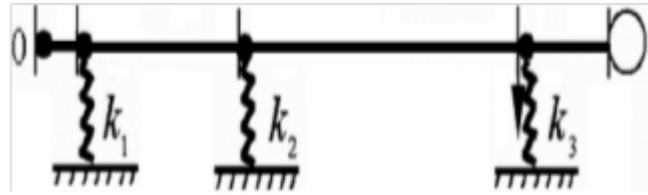


FIGURE III. 9: LE CROQUIS DU FOUR ROTATIF ET LE MODÈLE DYNAMIQUE DU SYSTÈME CORPOREL

III.14 LA CONCEPTION DU FOUR ROTATIF PAR L'LOGICIEL SOLIDWORKS 2016

III.14.1 GEOMETRIQUE MODEL

Les dimensions du four rotatif ont été prises à l'usine Lafarge, toutes les pièces ont été conçues à l'aide du programme SOLIDWORKS 2016. Le fichier CAD a été extrait pour être utilisé dans le programme ANSYS.

Converti en fichier (x_t) et importé dans ANSYS WORKBENCH programme d'analyse modale et d'analyse de réponse harmonique.



FIGURE III. 11: DIMENSIONS SIMPLIFIÉES DU FOUR UTILISÉES DANS L'ANALYSE

III.15 LES CONDITIONS AUX LIMITES :

III.15.1 L'ANALYSE MODALE.

Nous appliquons une condition de déplacement à distance pour chaque galets, fixation la rotation et la translation autour de l'axe x. (les galets sont dans le plan Z-Y). Nous avons créé des galets avec la masse des galets sur l'onglet de contexte de la connexion, leurs positions respectives sur l'arbre et avec une rigidité et un amortissement comme indiqué dans

TABLEAU III.3. La FIGURE III.12. Montre la position des conditions aux limites appliquées au four.

En tenant compte du fait que la vitesse maximale de fonctionnement du four rotatif est de 4 tr/min, une analyse typique est effectuée pour une vitesse de rotation de 3,7 tr/min.

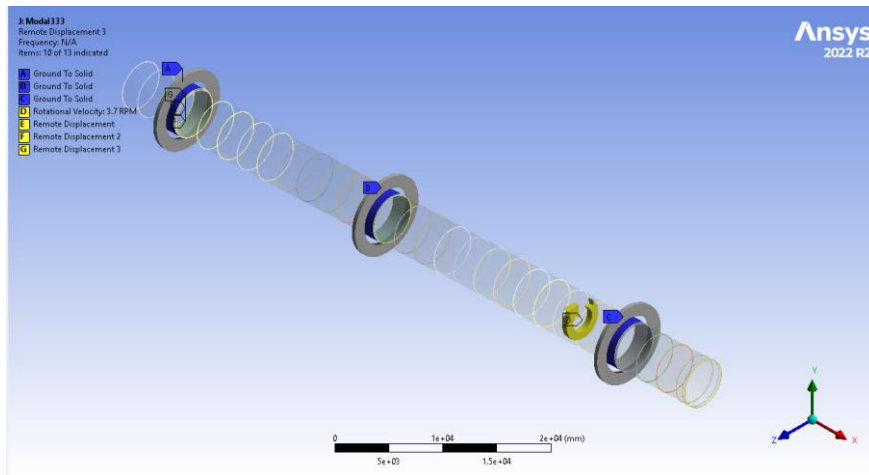


FIGURE III. 12: CONDITION AUX LIMITES (ANALYSE MODALE)

III.15.2_L'ANALYSE TRANSITOIRE STRUCTURELLE.

L'analyse transitoire est étudiée avec des conditions aux limites, la gravité est appliquée à la structure et les galets sont intégrés dans trois positions de four différentes, et une force répartie le long de la surface intérieure dans la direction de l'axe y est appliquée à une vitesse de rotation de 3,7 tr/min. Comme indiqué sur la FIGURE III.13.

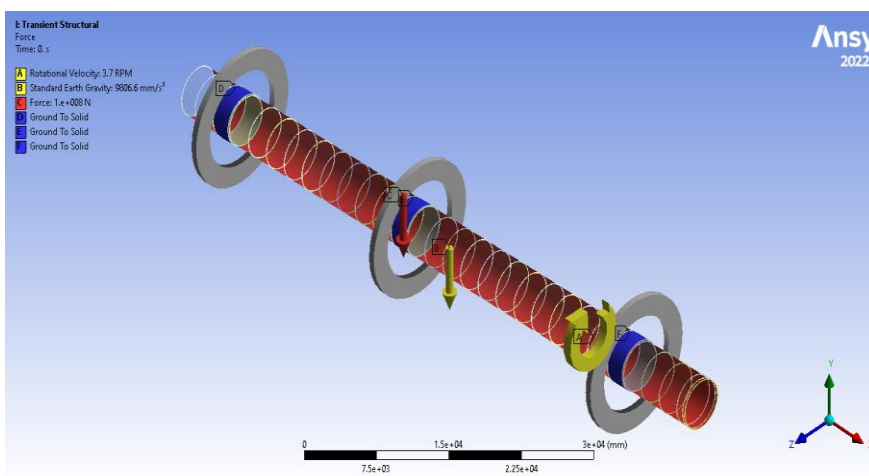


FIGURE III. 13: CONDITION AUX LIMITES (ANALYSE TRANSITENT)

III.16. MAILLAGE

L'une des opérations les plus importantes d'ANSYS est le processus de maillage, qui doit être effectué correctement pour permettre une simulation précise à l'aide de (MEF). Le maillage est constitué d'éléments contenant des nœuds représentant la forme de la géométrie et peut varier selon le type d'élément. Basé sur le principe d'effectuer des calculs sur un nombre fini d'éléments puis d'interpoler les résultats à la taille réelle, tout objet continu peut avoir un grand nombre de degrés de liberté, ce qui le rend difficile à résoudre pour (MEF), et en utilisant la division ou l'enchevêtrement, (MEF) réduit les degrés de liberté d'illimité à limité. Pour le maillage, il existe plusieurs méthodes dans l'atelier ANSYS, notamment la méthode mécanique, la méthode tétraédrique et la méthode de dominance hexaédrique.

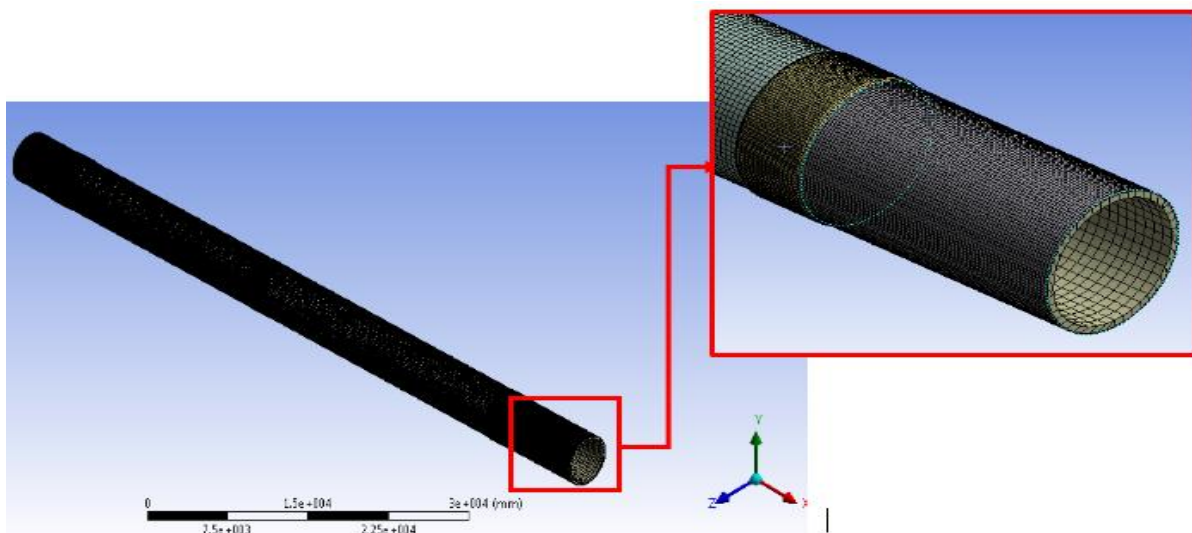


FIGURE III. 14: MAILLAGE DU FOUR ROTATIF

L'analyse modale fournit des informations précieuses sur les caractéristiques dynamiques d'une structure. Il fournit aux ingénieurs des informations sur la manière dont la conception répondra à différents types de chargement dynamique et peut être utilisé, par exemple, pour éviter les vibrations de résonance qui peuvent être nocives pour la structure. L'analyse modale calcule les fréquences naturelles et les formes de mode de la structure. De plus, les facteurs de participation et la masse effective fournissent des informations sur les modes les plus importants dans certaines directions qui seront excités par les forces dans ces directions.

III.17_ LES FRÉQUENCES :

L'analyse du modèle a été effectuée à vitesse : 3.7 tr/min, et Quinze modes De plus, un maximum de six modes a été considéré comme idéal pour effectuer l'analyse du modèle. Sur la base de ces paramètres, les fréquences propres. Les fréquences naturelles obtenues à partir de l'analyse typique du rotor sont indiquées dans le **TABLEAU III.4.**

Mode	Fréquence [Hz]
1	3.8419
2	4.9456
3	5.5841
4	6.2234
5	6.4261
6	6.5868
7	7.3698
8	7.4733
9	7.5594
10	8.1166
11	8.2542
12	9.5044
13	9.7465
14	10.206
15	10.674

TABLEAU III.4 : FREQUENCES NATURELLES DE CHAQUE MODE

III.18_ THÉORIE DE L'ANALYSE MODALE :

Analyse modale Est utilisée pour déterminer les fréquences naturelles et les formes de mode d'une structure, c'est-à-dire les caractéristiques vibratoires

$$M\ddot{U} + C\dot{U} + KU = F(t)$$

Vibrations libres et amorties

$$M\ddot{U} + C\dot{U} + KU = 0$$

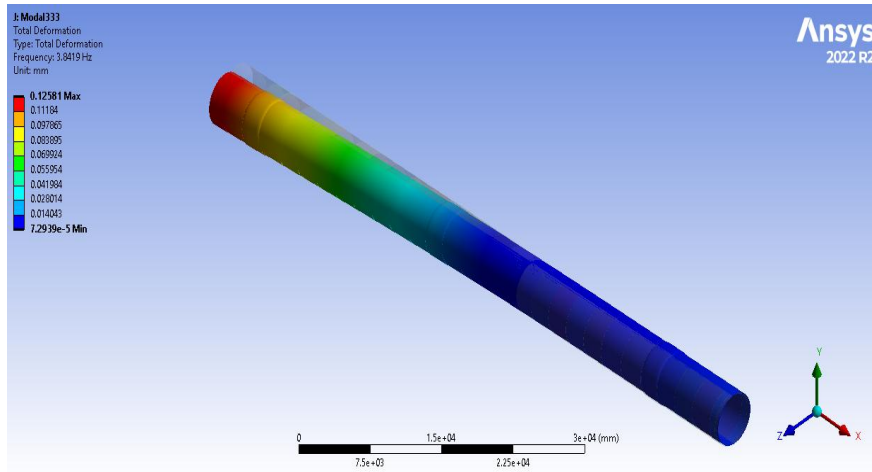
Vibration gratuite non amortie

$$M\ddot{U} + KU = 0$$

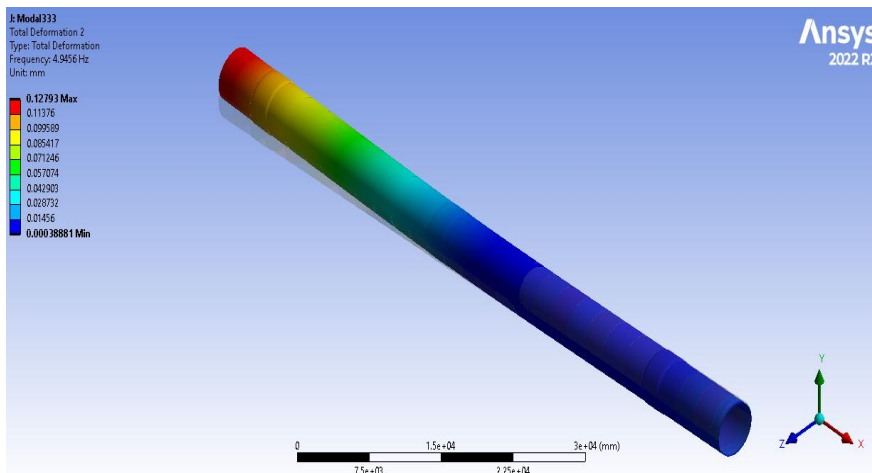
$$W_N = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

III.19_ FORMES MODALES :

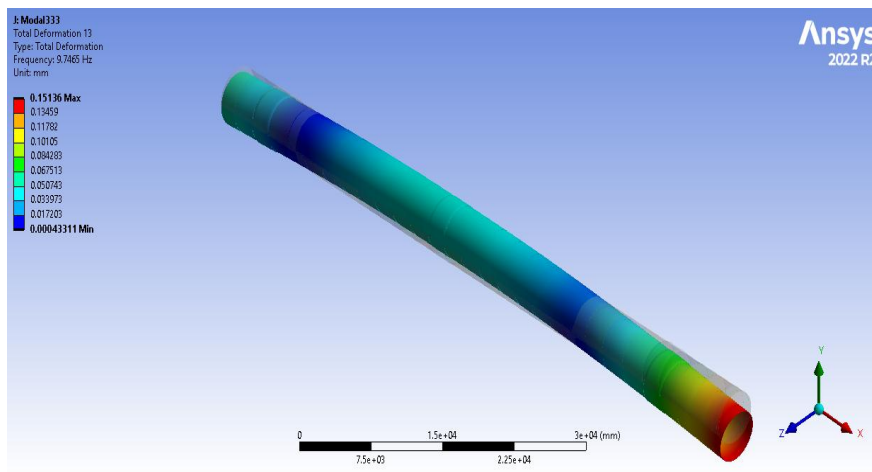
Les déformées modales des vibrations et résonance pour de vitesse de rotation de 3.7 tr/min : mode 01 ; mode 02 ; mode 13 ; mode 04 ; mode 03 ; mode 15



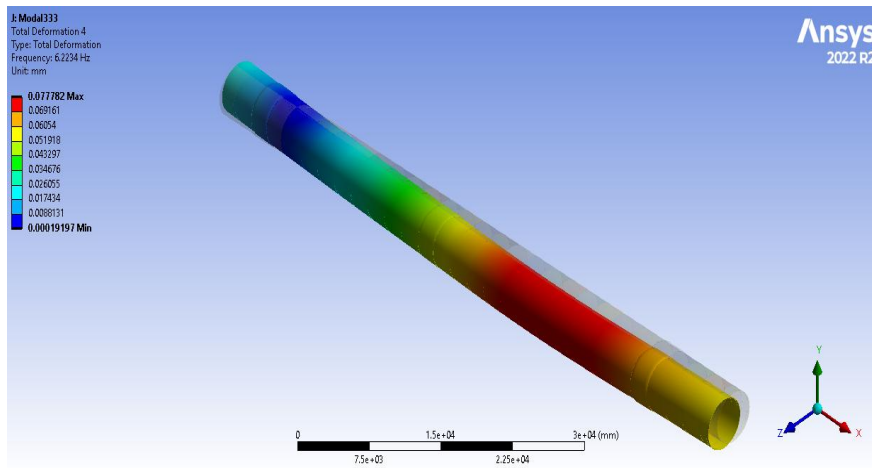
Mode 01



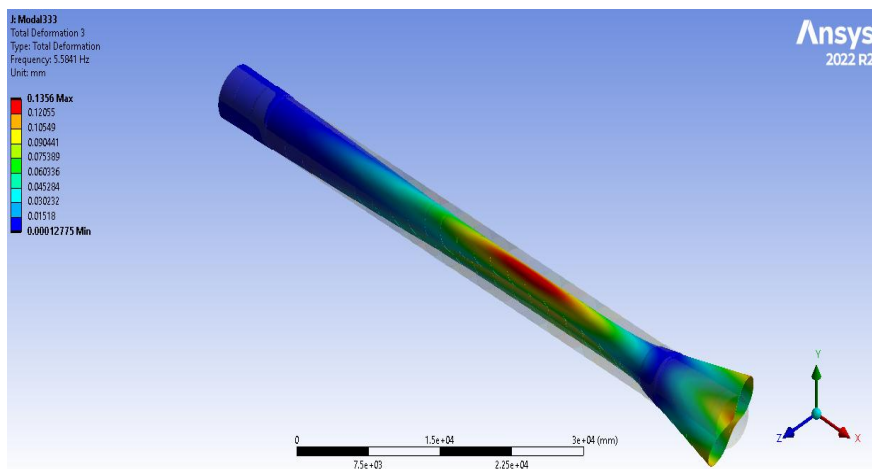
Mode 02



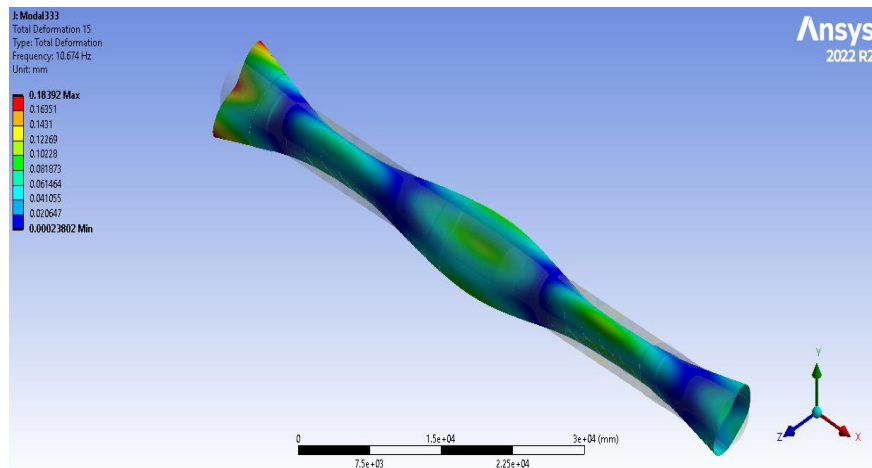
Mode13



Mode 04



Mode 03



Mode 15

FIGURE III. 15: LES DEFORMEES MODALES DES VIBRATIONS ET RESONANCE POUR DE VITESSE DE ROTATION DE 3.7 TR/MIN : MODE 01 ; MODE 02 ; MODE 13; MODE 04 ; MODE 03 ; MODE 15

III.20 INTERPRETATION DE L'ANALYSE DU MODELE :

15 modèles ont été générés et nous avons sélectionné 6 modes. Le modèle a été analysé à l'aide de la méthode des éléments finis. Il est important d'installer un modèle dont la taille et la forme représentent au mieux les formes des modes du système. En particulier, les éléments doivent représenter la géométrie de la meilleure façon détecté fréquences naturelles déterminer les formes de mode à ces fréquences (01-2-13-04) par exemple (mode de flexion et de torsion) et de prédire ses réponses (telles que la résonance) à ces fréquences (03-15).

À la suite de l'analyse modale, deux résultats importants auxquels nous doivent prêter attention ; valeurs propres et valeurs de densité d'énergie de déformation. Une optimisation est nécessaire aux points où ces valeurs sont maximales. Aux points où la valeur propre est maximale, il faut diminuer la masse et augmenter la rigidité.

III.21 CONCLUSION :

Une fréquence particulière peut être associée à chaque déformée modale de la structure excitée, indépendamment du contenu fréquentiel des forces d'excitation. Ces fréquences sont appelées fréquences naturelles ou fréquences de résonance. Un mode structurel est donc caractérisé par l'association d'une déformée modale et d'une fréquence propre (mathématiquement, elles correspondent respectivement à un vecteur propre et à une valeur propre de l'équation du mouvement).

III.22 L'ANALYSE TRANSITOIRE :

III.22.1 DÉFINITION.

L'analyse transitoire parfois appelée analyse historique de temps (time historie analyses), il utilisée pour déterminé la réponse des structures a toutes forme de charge variables dans le temps d'une manière qui peut être calculée et cette analyse prend en compte l'effet du ralenti et de l'amortissement, l'équation principale pour le mouvement qui est résolu en utilisant l'analyse dynamique transitoire est

$$m. \ddot{u} + c. \dot{u} + k. u = F(t)$$

Ou :

m : matrice de la masse, c : matrice d'amortissement, k : matrice de rigidité, \ddot{u} = vecteur d'accélération, \dot{u} = vecteur de la vitesse, u = vecteur de déplacement, F(t) : vecteur de la charge [13].

III.22.2. Equivalent Stress

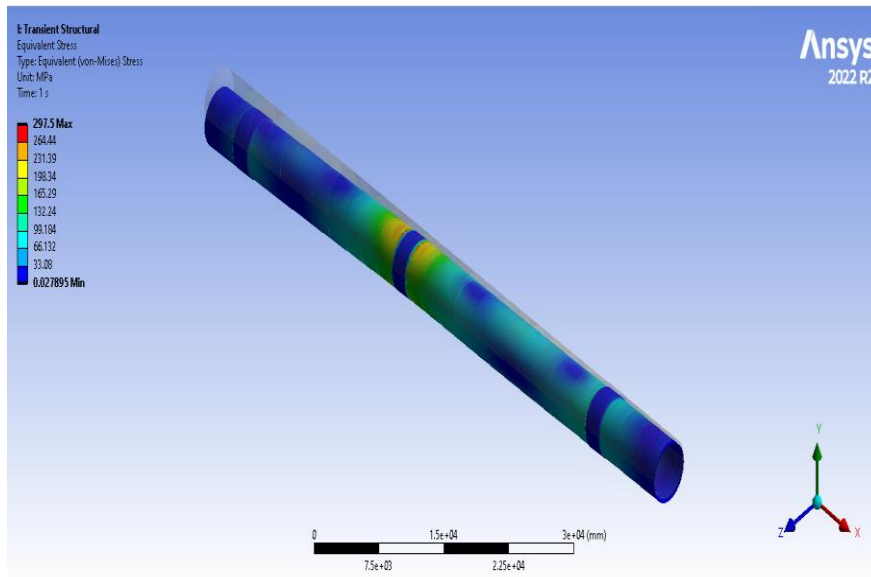


FIGURE III. 16: EQUIVALENT STRESS

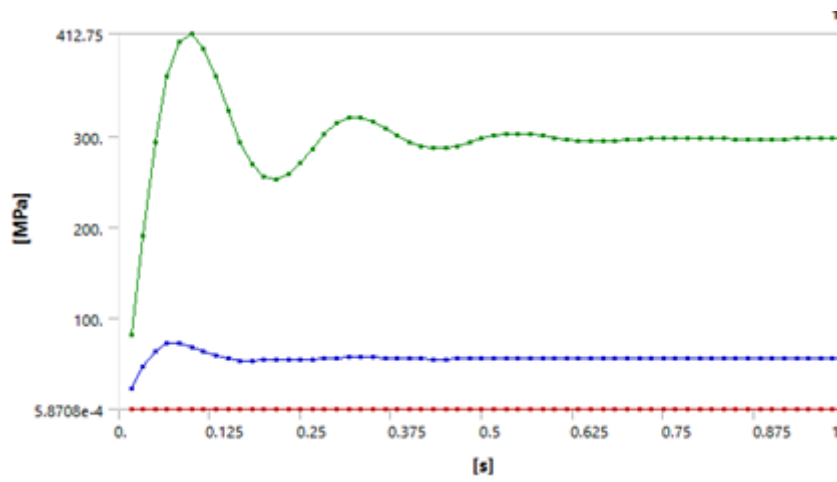


FIGURE III. 17: DIAGRAMME D'EQUIVALENT STRESS

III.22.3_Résultats équivalent stress :

Dans cette courbe, il nous montre la valeur maximale et minimale de l'écart de colonne et le niveau moyen de cet écart, pendant une période de temps spécifiée égale à une (1) seconde et avec une Forte pression et déformation comprise entre zéro, presque une valeur et plus de 520 Mpa comme un maximum.

III.22.4_TOTAL DEFORMATION :

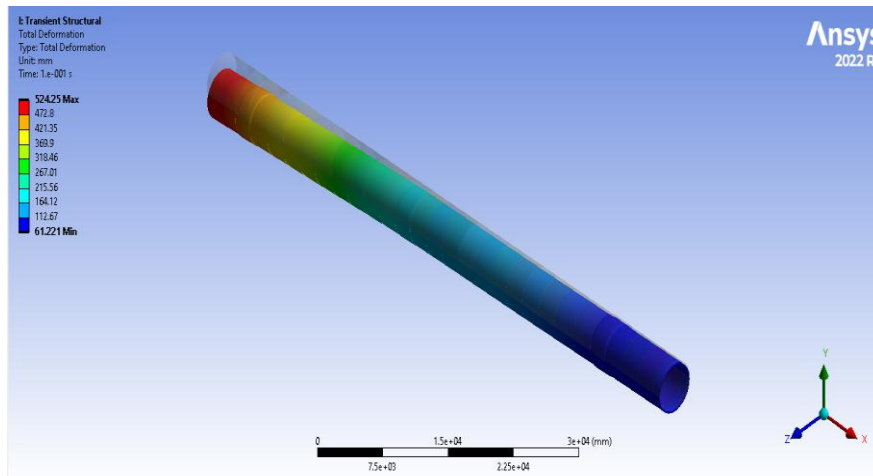


FIGURE III. 18: TOTAL DEFORMATION

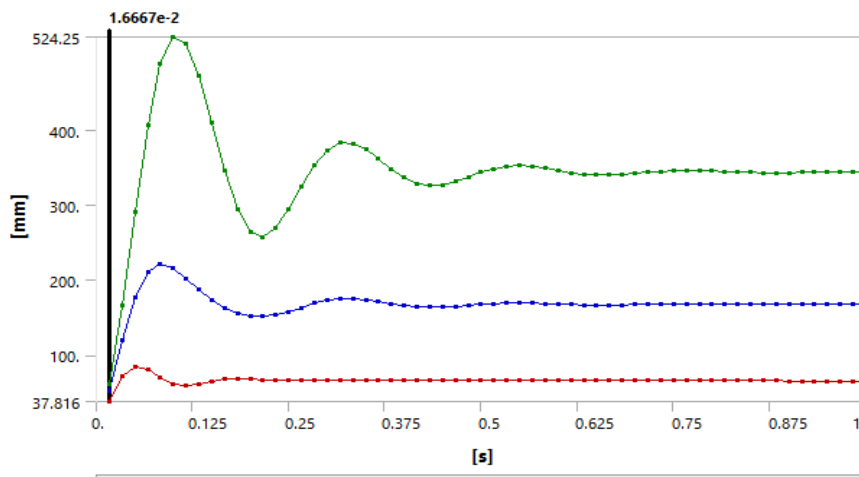


FIGURE III. 19: TOTAL DEFORMATION

III.22.5_Résultats Total Déformation :

La déformation, la contrainte variant dans le temps pour le résultat de l'analyse transitoire La déformation est illustrée à la figure 19. La déformation maximale est à 524.25mm qui est indiqué par la couleur rouge à l'extrémité du puits et la minimum déformation de 61.221 mm située à l'Aval.

III.22.6_ÉQUIVALENT ELASTIC STRAIN :

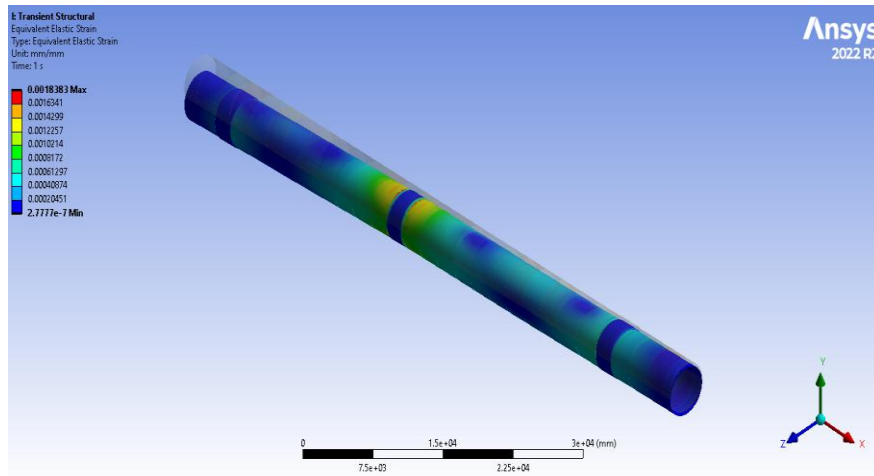


FIGURE III. 20: EQUIVALENT ELASTIC STRAIN

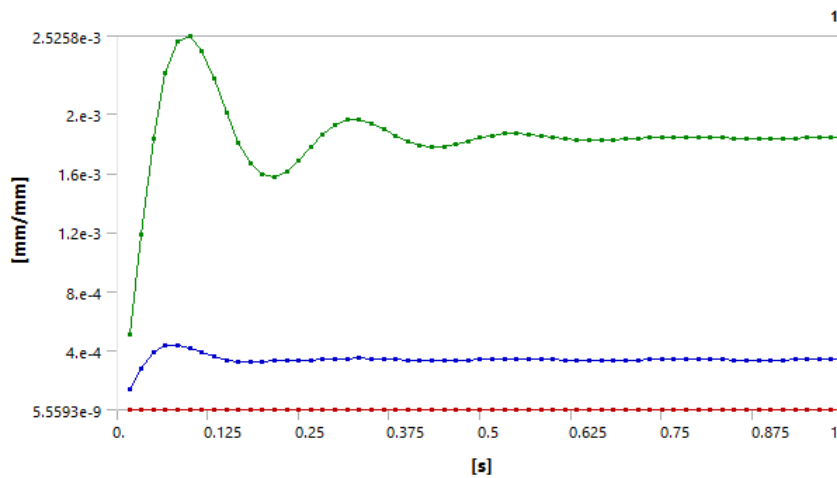


FIGURE III. 21: EQUIVALENT ELASTIC STRAIN

III.22.7_ Résultats Equivalent Elastic Strain.

Dans cette courbe, il nous montre la valeur maximale 0,00252mm/mm et minimale 0,000511mm/mm l'écart de colonne et le niveau moyen de cet écart, pendant une période de temps spécifiée égale à une 0.1 et 0.01seconde

III.23_CONCLUSION :

Après le processus de sélection de six modèles sur un total de quinze, nous avons remarqué les changements et déformations microscopiques qui se produisent en raison de l'influence de facteurs externes tels que la température élevée et les forces latérales sur la forme et la santé du four, et cela varie d'un modèle à l'autre, et nous pouvons identifier la zone la plus touchée

Sur quoi se concentrer et connaître l'endurance et la durée de vie requises

III.24_L'ANALYSE DE FATIGUE :

III.24.1_Définition :

Le chargement cyclique produit des contraintes qui sont variables, répétées, alternées ou fluctuantes. La rupture se produit dans des conditions dynamiques et les chargements de fluctuation sont appelés fatigue. La fatigue représente 90 % de toutes les défaillances en service dues à des causes mécaniques. Le composant est soumis à des contraintes répétitives ou fluctuantes. Il se rompt à une contrainte bien inférieure à la résistance à la traction ou à la limite d'élasticité pour une charge statique. La rupture est due à une rupture ultime soudaine

Aucun avertissement visible avant la rupture. Se produit à un point de concentration de contrainte tel qu'un coin pointu ou une entaille ou à une concentration de contrainte.

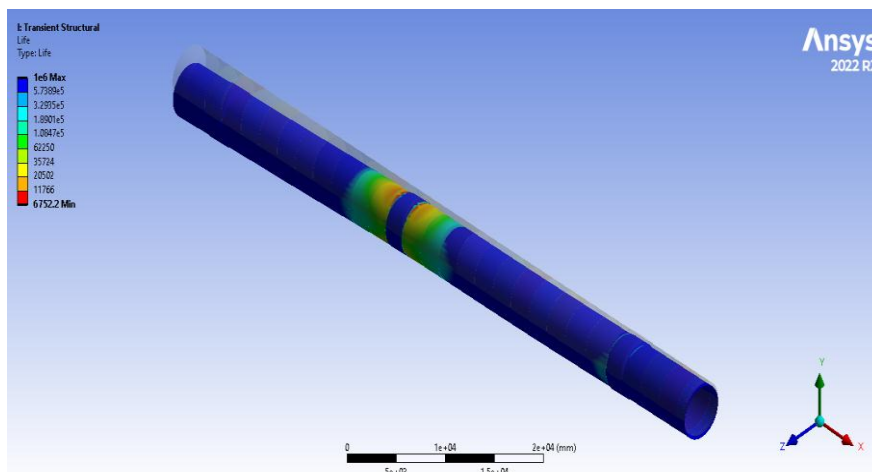


FIGURE III. 22: LOCALISATION DE LA FATIGUE D'UN FOUR ROTATIF

III.24.2_Résultats de l'analyse de la fatigue :

Sur la base des données d'entrée requises pour l'analyse de la fatigue. Sur la base d'hypothèses, la durée de vie en fatigue du four rotatif est estimée à l'aide de programme ANSYS.

Figure 22. Indique la marge de vie possible disponible. Endroit qui subit des inversions de contraintes. Simulation de fatigue indique une durée de vie de 6752.2 cycles à la virole

III.24.2.1_ÉQUATION DE LA DUREE DE VIE :

La fréquence d'application de la charge est de 60 cycles par jour, dans notre Simulation de fatigue par le système ANSYS indique une durée de vie de la virole 6752.2 cycles.

Soit environ $6752, 2/60= 112,53$ jours.

III.25_COMPARAIISON.

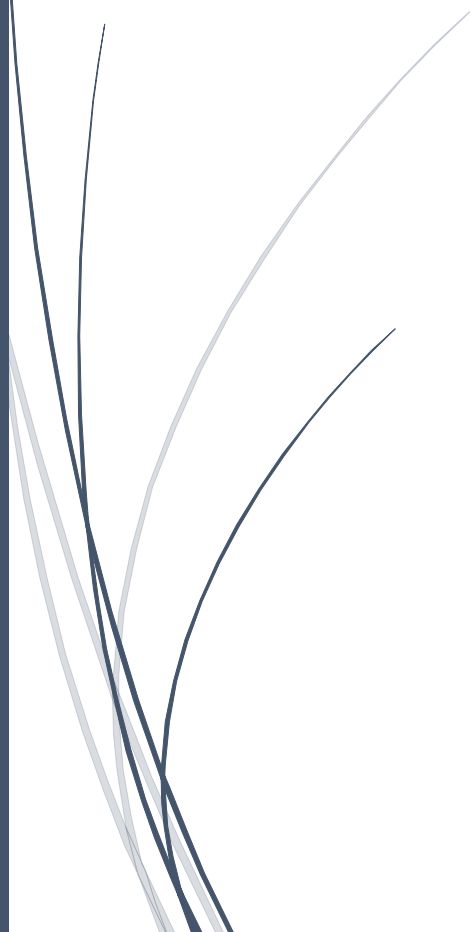
Cela converge avec Les rapports d'inspection (Selon le bureau de méthode LCM) qui indiquent des fissures apparaissent tous les quatre mois lorsqu'il y a un défaut, un déséquilibre ou des effets secondaires.

Cette convergence entre notre étude et les rapports du Bureau d'Etudes, Avec un Pourcentage de 93% Confirme l'efficacité du système ANSYS qui permet d'éviter tout dommage brutal et de connaître l'étendue du développement des fissures pendant une période de temps précise



CHAPITRE IV

TREATMENT AU FOUR ROTATIF



Le Fonctionnement de four dans des conditions instables. Température élevé, charge plus, des fortes et des contraintes externe Doit être exposé défaisances et des problèmes Mécanique ou thermique qui déformé le tube de four ou présenté des fissures et la rupture sur la surface de four il l'impact aussi sur l'allègement des galets de guidage.

Le service de maintenance de LafargeHolcim à M'sila et après un examen et un suivi quotidiens pour remettre le four en bon état et maintenir la stabilité des équipements et obtenir une bonne performance annuelle, tous les moyens ont été mis en place afin de remédier à deux des principaux problèmes que exister,

La première procédure consiste à ajuster et alignée le four.

La deuxième ce la Réparation des fissures en sous-traitance avec une entreprise qui entre dans le domaine industriel, après ces deux opérations principales le four être Devenir dans un bonne foncement Dans le cadre de la préparation de note mémoire de fini d'étude, nous avons visité le site de lafargeholcim exactement le four de deuxième ligne et découvert la procédure et la méthode de la réparation et l'alignement qui était fait pendent quelque Anne avec un bon résultat.

Notre étude sur le système **WORKBENCH ANSYS** et présenté la déformation et la rupture possible pendent la période de fonctionnement et le délit de vie estime, et dans cette chapitre nous avons présente le système et la méthode de la réparation et l'alignement fiasque et les étapes détail sur

1_ l'alignement.

2_ La Réparation et le Soudage de fissures.

A la fin nous avons expliqué la conclusion en l'étude par l'élément finis et les opérations d'entretien (alignement et soudage).

IV.1_ OPÉRATION DE L'ALIGNEMENT :

IV .1.1_ CONTRÔLE .

Afin d'effectuer un contrôle du four 2 de I 'Usine de Msila et de dégager les points à améliorer, Les mesures ont été effectuées avec une température de 10'C, four

En production [14].

La première station est à l'aval (coté capot de chauffe) et la dernière est à l'amont (coté entrée matière). Les Cotés gauche et droit sont vus depuis le sens d'écoulement de la matière comme si l'observateur Était à l'amont du four.

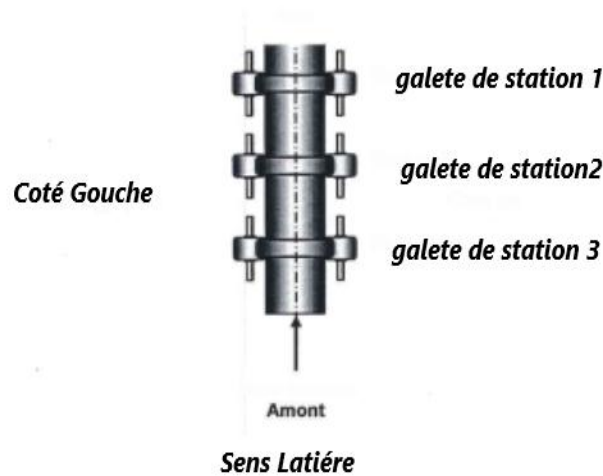


FIGURE IV. 1: LES APPUIS DE FOUR

Il s'agit d'un four 3 appuis de fabrication FLS mis en service en juillet 2005

Diamètre : 4.75 m / Longueur : 74.0 m / Pente' 4.0 % / Production : 5000.0 T/jour

Double commande / Sens de rotation anti horaire / Vitesse de rotation : 4.6 tours/min

Butée hydraulique en aval de la station amont (station 3) [14].

IV.1.1.1_CONTRÔLE DES MESURES ET LE FOUR EN PRODUCTION :

- Rectifier la surface de la bande de roulement du galet de la butée hydraulique.
- Usiner le flanc aval du bandage de l'appui 3 et effectuer un chanfrein en aval du bandage.
- Rectifier le galet droit de l'appui 1.
- Revoir l'ensemble des braquages des galets afin que la navigation du four soit équilibrée entre montée et descente et surtout que le four ne reste pas bloqué en position haute.
- Remettre en place le pain de graphite au niveau de la butée hydraulique.

- Remettre en place les pains de graphite au niveau de tous les appuis.
- Mettre en place un graissage à base d' graphite entre les bandages et les viroles porteuses au niveau des trois appuis.
- Remettre en état les repères de génie civil (et leur protection) des massifs des appuis 1 et 2.
- Nettoyer complètement la station 1 (fuite de clinker du joint aval).
- Remettre en état le béton du massif de la butée hydraulique.
- Installer des ventilateurs sous les viroles amont et aval des bandages afin de refroidir au final les viroles et non le bandage sur les appuis 1 et 2.
- Remettre les boulons manquants au niveau de la gaine de refroidissement du joint aval [14].

IV.1.1.2 CONTRÔLE DES MESURES ET LE FOUR À L'ARRÊT (PROCHAIN) :

- Remettre les boulons manquants au niveau des secteurs de la fausse virole amont.
- Remettre le taquet manquant sur les fixations aval des plats sous bandage de l'appui 3.
- Remettre en position le tendeur des écailles du joint aval.
- Raccourcir le câble tendeur des écailles du joint amont afin que le contre poids soit efficace.
- Refaire l'étanchéité du carter de la couronne"
- Supprimer les fuites d'huile présentes en paie supérieure du réducteur principal.
- Supprimer la fuite d'huile présente en partie inférieure de la butée hydraulique.
- Supprimer les fuites d'huile au niveau des presses étoupes des paliers des appuis 2 et 3.

- ❑ Contrôler le coussinet aval côté droit de l'appui 1.
- ❑ Changer les deux plats sous le bandage de l'appui qui sont en forme de ski très prononcée.
- ❑ Lors du prochain briquetage, quantifier le niveau de déformation de la virole porteuse de l'appui 2 (règle de mécanicien). Si aucune déformation particulière n'est constatée, remplacer
- ❑ Les deux plats fortement relevés. Parallèlement et en se basant sur l'historique du jeu entre la virole porteuse et le bandage, reprendre le calage (uniformisation de l'épaisseur des fourrures).
- ❑ Ressouder les deux retenues de cerce sur l'appui 2 du côté amont [14].

IV.2_RÉSULTATS DES MESURES :

IV.2.1_RIGIDITÉ DU FOUR.

IV.2.2. GÉNÉRALITÉS.

Un désalignement du four est à l'origine d'une surcharge au niveau des galets. Il est nécessaire de Quantifier les désalignements tolérés de manière à savoir si un ajustement est à prescrire.

Pour cela, nous devons connaître :

. La géométrie du four : diamètres, longueurs et épaisseurs des viroles, La position et les caractéristiques dû briquetage, Les caractéristiques du croutage, Les caractéristiques de la matière.

Ces différentes données nous permettent d'évaluer par calcul numérique :

. Les réactions statiques au niveau des appuis, La raideur du four en tonnes par millimètre de désalignement, Les efforts générés par un déplacement imposé au niveau des appuis [14].

IV.2.3_MATRICE DE RIGIDITÉ.

Nous quantifions la surcharge comme le ratio entre les efforts générés par le désalignement et les efforts statiques au niveau des appuis. Une surcharge due au désalignement égale au maximum à 10% de la charge statique nominale est tolérée [14].

TABLEAU IV .1 : LES CHARGES STATIQUES SUR LES APPUIS (TONNES) SONT [14].

Station 3	Station 2	Station 1
362T	631 T	408 T

TABLEAU IV .2 : LES RAIDEURS AU NIVEAU DES APPUIS (TONNES/MM) SONT [14].

	Station 3	Station 2	Station 1
Station 3	12	-28	15
Station 2	28	61	-34
Station 1	1.5	-3.4	18

IV.3_ALIGNEMENT DU FOUR : AXE LATERAL :

Le dessin ci-dessous représente les défauts de lignage latéraux du supportage du four, c'est à dire

Les déports d'axe du tube dû à des positions incorrectes des galets dans l'espace (défauts de position

Latérale, défauts de nivellement, défauts de braquages, ou différences de diamètre des galets).

Le calcul est effectué tout en _Uqduqtian avec les diamètres à chaud et les nivellements réels des galets.

De plus, les mouvements relatifs à chaud des bandages lisses ont été pris en compte.

La précision de ces indications est de + 0.5 MM [14].

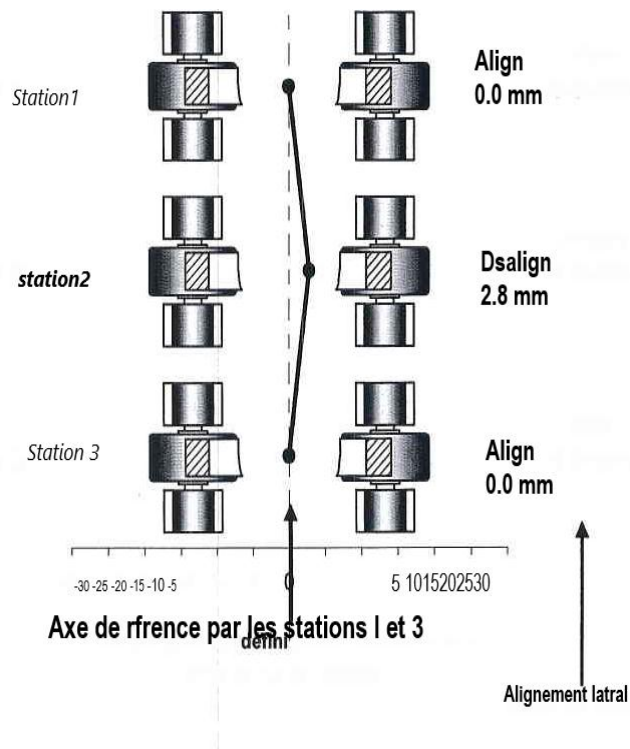


FIGURE IV. 2: AXE DE REFERENCE

En prenant comme référence l'axe passant par le centre des viroles sous bandage au niveau des stations 3 et 1, nous constatons un désalignement de l'axe latéral de 2.8 mm vers la droite à la station 2.

Les angles de contact entre galets et bandages sont de 60.47", 60.65" et de 60.54' aux stations 1,2 et3 (convention usine). Les angles sont flans les tolérances POLYSIUS (56.0' à 64.0") [14].

IV.4 ALIGNEMENT DU FOUR : AXE VERTICAL

Le dessin ci-dessous représente les défauts de lignage verticaux du supportage du four, c'est à dire les dépôts d'axe du tube dû à des positions incorrectes des galets dans l'espace (défauts de position latérale, de nivellement, de braquage, ou différences de diamètre des galets).

Le calcul est effectué four en production avec les diamètres à chaud et les nivellements réels des galets.

De plus, les mouvements relatifs à chaud des bandages lisses ont été pris en compte.

La précision de ces indications est de ± 0.5 mm [14].

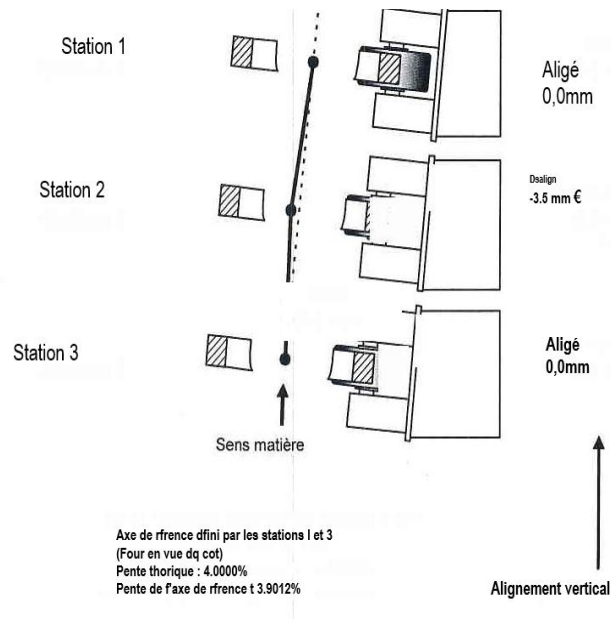


FIGURE IV. 3: DESALIGNEMENT DE L'AXE VERTICAL

En prenant la même référence que précédemment, nous constatons un désalignement de l'axe vertical de 3.5 mm vers le haut à la station 2.

La pente du four mesurée entre les stations 3 et 1 est de 3.9012 %, ce qui représente un défaut vertical de 57.2 mm au niveau de la station 3 [14].

IV.5. CONCLUSION DE L'ALIGNEMENT

Nous quantifions la surcharge comme le ratio entre les efforts générés par le désalignement et les efforts statiques au niveau des appuis.

Une surcharge due au désalignement égal au maximum à 10.0 % de la charge statique est tolérée.

Le dessin ci-dessous nous montre les surcharges, sur les galets, dues au désalignement actuel du Our (- veut dire que le galet est déchargé, veut dire que le galet est surchargé) [14].

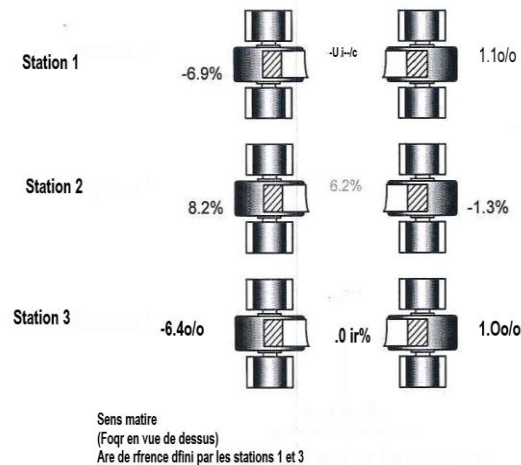


FIGURE IV. 4: LES SURCHARGES, SUR LES GALETS

L'ensemble des galets ne présente aucune surcharge hors tolérance.

Dans notre cas le réalignement du four n'est donc pas nécessaire [14].

IV.6_ OPÉRATION DE SOUDAGE :

Introduction :(rupture).

La rupture d'une pièce mécanique peut s'interpréter avant tout comme une identification de la continuité de la pièce. Dans ce cas l'application de la mécanique des milieux continus se heurte à une singularité due à la présence de fissure dans la pièce.

La mécanique de la rupture n'est autre que l'application de la mécanique des milieux continus et de la loi de comportement du matériau à un corps dont des conditions aux limites relatives à la présence géométrique de la fissure est introduite [15].

IV.6.1_ APERÇU HISTORIQUE SUR LA RUPTURE.

Eviter la rupture n'est pas en soi une idée nouvelle, les concepteurs des structures de L'Egypte des pharaons ou ceux de l'empire romain sous ont laissé des édifices que l'on peut Encore contempler ce qui prouve bien qu'ils avaient le souci d'éviter la ruine des structures. Les matériaux utilisés avant la révolution industrielle étaient cependant limités pour L'essentiel au bois de construction, à la pierre ou à la brique et au mortier. La brique et le Mortier sont relativement fragiles lorsqu'on les utilise en traction ; les structures anciennes qui ont résisté au temps, étaient changées en compression, (pyramides, pont romains). Il a fallu attendre la révolution industrielle au début du 19e siècle, avec l'utilisation de l'acier sont les propriétés mécaniques permettaient de concevoir des structures pouvant résister à des charges de traction [15].

Les premiers essais de rupture ont été menés par Léonard de Vinci bien avant la révolution industrielle, qui a montré que la résistance à la traction de fils de fer variait inversement avec leur longueur. Ces résultats suggéraient que les défauts contenus dans le matériau contrôlaient sa résistance, plus le volume est important (fil de fer long) plus la probabilité de présence de fissure par exemple est importante [15].

Cette interprétation qualitative fût précisée plus tard en 1920 par Griffith qui établit une relation directe entre la taille du défaut et la contrainte de rupture. S'appuyant sur les travaux d'Inglis, Griffith appliqua l'analyse des contraintes autour d'un trou elliptique à la propagation instable de fissure, il formula ainsi à partir du premier principe de la thermodynamique, une théorie de la rupture. Cette théorie prédit correctement la relation entre

La contrainte de rupture et la taille du défaut dans les matériaux fragiles. Dans les matériaux ductiles et notamment les alliages métalliques, l'avancée d'un défaut s'accompagne d'une importante dissipation d'énergie due à la plastification qui se développe à l'extrémité d'une fissure et la théorie de Griffith qui ne considère que l'énergie de création de surface ne peut en rendre compte. Il a fallu attendre les travaux d'Irwin en 1948 qui proposa une modification de la théorie de Griffith en incluant justement dans le bilan énergétique, l'énergie due à la plastification, pour que l'approche de Griffith soit applicable aux matériaux ductiles [15].

Il développa ensuite en 1956 le concept de taux de restitution d'énergie à partir toujours de la théorie de Griffith mais sous une forme facilement exploitable par les concepteurs de structure. En 1957, s'appuyant sur les travaux de Westervald qui analyse les charges de déplacement et de contrainte élastiques près de l'extrémité d'une fissure sous chargement donné, Irwin montra que les déplacements et la contrainte au voisinage de l'extrémité d'une fissure peuvent être décrits à l'aide d'un paramètre unique qui était relié au taux de restitution d'énergie, ce paramètre est le facteur d'intensité de contraintes (FIC).

Depuis, le développement de la mécanique de la rupture s'étend aux problèmes non linéaires matériellement et géométriquement, aux problèmes de bifurcation des fissures en modes mixtes et plus récemment à la propagation des fissures sous charges dynamique, à la rupture de laminés et composites, aux techniques numérique de résolution et à l'état de l'art relatif au dimensionnement de diverses structures complexes.

_ Généralités sur les ruptures :

_ Faciès macroscopiques de rupture :

A l'échelle macroscopique, les surfaces de ruptures sont loin d'avoir des formes simples, on peut cependant considérer deux mode principaux de rupture : **la rupture plate et la rupture inclinée** [15].

La meilleur solution pour traitait les problèmes de Rupture ce le soudage.

IV.7_GÉNÉRALITÉ SUR LE SOUDAGE :

Dans la technique de soudage, on trouve de différentes méthodes qui s'appliquent suivants les épaisseurs des joints et leur préparation telle que bord à bord, bords relevés, sur chanfrein en V, sur chanfrein en X, etc.

Souder est un art très complexe. Souder consiste à établir la continuité métallique entre les parties à assembler. Parmi les procédés d'assemblages, le soudage occupe une place importante dans toutes les branches d'industrie et du bâtiment, car il permet d'adapter au mieux, les formes de construction aux contraintes qu'elles sont appelées à supporter en service.

Cela implique qu'il n'y a pas de matières non métalliques interposées entre les éléments réunis. Cette technique d'assemblage est différente du rivetage, de l'agrafage ou du collage. La large propagation des assemblages soudés était favorisée par apport à la rivure, grâce au grand nombre d'avantages [16].

C'est un succès industriel :

- Facilité de mise en œuvre
- Moins de travail
- Économie de matière
- Meilleure solution technique

IV.7.1_MÉTHODE DE RÉPARATION ET SOUDAGE LES FISSURES DE FOUR ROTATIF LCM :

La Réparation de Fissures dans la Voirol de Four par Soudure :

La réparation de la soudure de la virole du four est effectuée à l'aide de la technique de soudage à l'arc métallique blindé.

Le Méthode de soudage, couramment appelée, bâton, électrode (courant direct, électrode, positif).

Les réparations par soudure de l'acier de construction sont réalisées à l'aide d'électrodes selon la classification.

Le Électrodes de réparation de soudage qui nous avons utilisé c'est OK 52.00.

Avant de commencer les travaux de réparation, il faut vérifier si la fissure est traversée. Aller à l'intérieur, ce qui signifie qu'il doit être réparé des deux côtés ou que ce soit seulement Pénètre le four à une certaine profondeur afin que réparer uniquement| depuis l'extérieur suffire, Ceci est vérifié par une procédure d'un teste comme premier étape [16].



FIGURE IV. 5: TESTE DE VERIFICATION

Dans le cas d'une fissure très longue, l'enveloppe du four doit être réparée par la "méthode d'accrochage", c'est-à-dire

Montage de petits ponts espacés d'environ 400 mm par soudage, principalement pour empêcher distorsion [16].



FIGURE IV. 6: METHODE D'ACCROCHAGE

Avant le soudage, si les deux côtés de la rainure ne sont pas affleurant, ils doivent être alignés par un moyen que utilisé dans le cas où extrême urgence.

Le soudage au-dessus de la tête est normalement effectué en utilisant des consommables à faible [16].

Le soudage est normalement effectué à plat. Tout écart par rapport à cette position, autre que de petites variations de pente, rend le soudage réussi beaucoup plus difficile, car la gravité n'aide pas au positionnement du métal fondu. Cependant, le soudage à la verticale position est acceptable et peut être effectuée par des soudeurs qualifiés. Le soudage en position aérienne n'est pas recommandé par ce que la qualité de ces soudures est mauvaise et n'est pas bonne [16].

IV.8 PROCÉDURE DE RÉPARATION DES FISSURES NON TRANSVERSALES (FISSURES DE SURFACE) :

1. Retournez le four de manière à ce que la fissure soit dans la position vers le haut.
2. Déterminer la longueur exacte de la fissure au moyen d'une particule magnétique inspection ou un examen par ressuage liquide.
3. Percer deux trous de 4 mm de diamètre à la fin de l'incision pour limiter sa propagation et son avancement
4. Gougez la fissure à l'aide de carbone à l'arc à l'air à partir d'environ 30 mm de là Les extrémités de la fissure dans un matériau sain et se déplacent vers le centre de la fissure.
5. Les zones creusées doivent être meulées de telle sorte qu'au moins 1 mm est supprimé n'importe où pour extraire le carbone et accumuler la chaleur dans la zone affectée par la chaleur procédée de gougeage à l'arc au carbone à l'air.
6. Avant le soudage, préchauffer le matériau environnant la fissure jusqu'à environ 125 °C.
7. Lorsque le soudage est terminé, recouvrez la zone réparée par soudage avec un isolant matériau pour permettre un refroidissement lent.
8. La zone réparée doit être meulée et polie. Adapté aux structures soumises à des charges dynamiques
9. L'inspection des fissures dans la zone réparée est effectuée à l'aide d'un liquide pénétrant [16].

IV.8.1_PRODUIIT DU TEST (LIQUIDE PÉNÉTRANT) :**IV.8.1.1_BOUTELLIER JAUNE : BOBBCO N120 DEGRAISSANT.**

Le N120 est un mélange de solvants à large spectre d'action et particulièrement efficace.

Conçu pour préparer les surfaces avant ressuage, le N120 est aussi un excellent nettoyant dégraissant d'usage général.

Élimine une grande quantité de polluants grâce à son large spectre d'action.

S'évapore rapidement pour laisser les fissures "vides". Utilisable en chiffonnâtes, pour les actions locales. Produit(s) associé(s) :

Utilisable avant tout type de pénétrant, dans la gamme de température dite normale (10 °C à 50 °C selon l'ISO 3452-2) [16].

IV.8.1.2_BOUTELLIER ROUGE: SHERWIN DP_ 55.

Le DP-55 est un pénétrant rouge, type 2, Méthodes A et C, Niveau 2 selon AMS 2644 et ISO 3452-2.

Lavable à l'eau. Résistance au sur lavage. Exempt de colorant diazoïque (Azo III A 2 amine) et de rhodamine.

Utilisation :

- recherche de défauts de surface destinés à la recherche de défauts de surface, dans la gamme de température dite normale (+10°C à +50°C selon ISO 3452-2).

IV.8.2. BOUTELLIER BLONC: SHERWIN D_100.

Le révélateur D-100 se compose de particules blanches raffinées en suspension dans de l'alcool isopropylique qui produit une sensibilité accrue pour localiser les défauts étroits. Le révélateur D-100 attire le pénétrant emprisonné sur la surface de la pièce pour l'afficher sur un fond blanc par solvant et action capillaire. Conforme aux exigences de faible teneur en soufre et en halogène. Conforme aux exigences de faible teneur en soufre et en halogène.

Classification : Forme non aqueuse D & E - Visible & Fluorescent

Approuvé pour une utilisation avec : Tous les pénétrants fluorescents et visible

CONCLUSION :

Notre étude vise ce sujet, qui comprenait l'une des structures de base de l'industrie du ciment, appelée le four rotatif, car il dépend du principe de son travail sur les cycles et la vitesse exacte, et dans ce processus, il est affecté par des facteurs externes. Forces qui conduisent à un changement de sa forme circulaire, ainsi qu'à affecter son équilibre et à perdre le pivotement nécessaire et le centrage correct.

Pour ces raisons, nous avons étudié ce four rotatif à l'aide d'une application (WORKBENCH ANSYS 2022)

Ce qui nécessite de saisir toutes les informations, propriétés physiques et mécaniques, et tous les éléments constitutifs de la structure, en précisant les types de métaux et leurs propriétés thermiques et physiques.

Grâce à des détails techniques, le système (WORKBENCH ANSYS 2022) peut identifier les faiblesses et les endroits qui oscillent physiquement et mécaniquement, et le pourcentage de distorsions et déviations possibles à travers plusieurs points que nous choisissons ou désignons.

Cette étude nous a montré les distorsions, déviations et fissures les plus importantes les Ruptures la déformation Qui sont déjà présents dans le four de la Cimenterie de M'sila, que nous avons visité, et ces problèmes ont été examinés sur place, et les méthodes et méthodes de traitement ont été examinées.

Ce résumé de notre étude est entre la différence très étroite entre les déformations et déviations à la surface du four et les résultats que nous donne un système Ils étaient relativement similaires.

En fin de compte, nous disons que notre étude de ce four était pour un aspect, et il est possible d'élargir la recherche et d'étudier davantage à l'avenir, car c'est un sujet large et ramifié et a plusieurs problèmes qui pourraient être comme sujets d'étude pour les projets de fin d'études et la recherche scientifique.

Merci.

LES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] : Mr. Bouzid BENKOUSSAS _ Analyse et Maîtrise des Risques Associés à la Perte de Flamme et au Ratage d'Allumage dans le Four lors de la fabrication du Ciment, ENP 2018.

[2] : Mr. ROUABHI Youcef _Étude d'un convoyeur à bande : cas de la Cimenterie LAFARGE Hammam Dalaa (M'sila).

[3]: Rapporte de DIAGNOSTIC FOUR à CHAUD LAFARGE MSILA 2 EME L 23 02 202

[4] : Dr. RAHALI Abdellah _ Etude de la station de traitement des eaux usées de l'usine Lafarge ciment de M'sila ,

[5] : Mr. DAOUADARI .A_ APPLICATION DE L'A.M.D.E.C SUR CONCASSEUR DE LAFARGE M'SILA.

[6] : Mr. DILMI AMAR _ documentation de bureau méthode (LCM).

[7] : Mr .Mohamed Aguid BACHAR ASSED _ Système de rationalisation du couple chargement-transport dans la Carrière de Chouf Amar M'Sila.

[8] : Pr. BEDDAR Miloud _ Contribution à la caractérisation d'un ciment à base du laitier +5 % de calcaire.

[9] : Procédure de fonctionnement FLSmidth usine M'sila .

[10] : Fatigue des matériaux Cours et exercices.

[11] : détection des défaillances par analyse vibratoire application sur le ccncasseur FCB

[12] : PARTE LISTE CONSTRUCTION USINE FLS: M'sila .

[13]: Vibration analysis of rotary cement kiln using finite element method ,

[14] : RAPPORT D'ACTIVITE POLYSIUS S.A.S Usine de Msila - Four 2.

[15] : Coure de La rupture des matériaux

[16] : Procédure de réparation fissure four LCM, M'sila.