



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Akli Mohand Oulhadj – Bouira
Faculté des sciences et des sciences appliquées
Département de génie mécanique



Mémoire de fin du cycle

PRESENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLOME DE : **Master 2**

Filière : Mécanique

Option : Energétique

Thème:

Étude de l'usure au niveau de ligne de broyage

Préparé par :

FEDALA ISLEM ELHADJ

BAGHDALI DAHMANE

Soutenu le : 08/07/2024

Devant le jury :

Président :

Rapporteur 1 :

Rapporteur 2 :

Examineur :

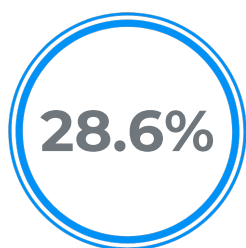
Année Universitaire 2023-2024



ID: 7eomne-73483

Certificat d'analyse de la similarité textuelle

- Nom du document: **memoire fedala-baghdali.pdf**
- Soumis par: **MOULAI Salah eddine**
- Faculté: -
- Date de soumission: **2024-07-04**



Taux global de similarité

- **28.6%** Similarité Forte
- **0.0%** Similarité Proche
- **0.0%** Exclu manuellement



Nombre de sources

32 sources internet
0 sources Thèses-Algérie
0 sources dépôt privé
143 sources exclues



Passages surlignés

13569 mots
104600 caractères

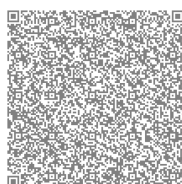
i Ce document est un certificat et résumé d'analyse et de détection de similarité textuelle qui peut être utilisé pour l'établissement d'un rapport de plagiat. Il revient à l'examineur, l'encadrant ou bien au comité déontologique de l'université ou de l'école d'émettre un avis quant au statut de plagiat du document analysé.

- Certaines sources **ont été manuellement exclues de ce rapport d'analyse par le propriétaire du document**, et ne sont en conséquent pas prises en compte dans les scores globaux du rapport.

© Veuillez Consulter **le rapport complet d'analyse** (non pas le certificat) pour voir la liste complète des sources exclues et visualiser les passages exclus.

Taille minimale des passages: **15 mots**.

Signature d'intégrité



Remerciements

Tout d'abord, nous exprimons notre gratitude à ALLAH, notre créateur, pour nous avoir donné la force et la détermination nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nos sincères remerciements vont à notre promoteur, M. Kaci Azzoug, pour son encadrement précieux, ses conseils avisés, et son encouragement constant tout au long de cette aventure.

Nous tenons également à exprimer notre profonde reconnaissance envers l'ensemble du personnel de la Cimenterie pour leur soutien et leur coopération.

Un immense merci à nos parents pour leur amour, leur patience, et leur soutien inconditionnel tout au long de ce parcours.

Enfin, nous adressons nos remerciements les plus chaleureux à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'accomplissement de ce travail.

DAHMANE et ISLEM

Listes des figures**Liste des tableaux****Introduction général** 01**CHAPITRE I Processus de fabrication du ciment**

I.1 Introduction	03
I.2 Ciment	03
I.3 Processus de fabrication du ciment	03
I.3.1 Extraction du matière	04
I.3.2 Préparation de la matière crue	04
Concassage de calcaire et de l'argile	05
Concassage des ajouts	05
Pré-homogénéisation	05
I.3.3 Broyage et homogénéisation de la farine crue	06
I.3.4 Ateliers de cuisson du clinker	07
Préchauffage à cyclone	07
Four rotatif	08
Refroidisseur à ballonnet	09
I.3.5 Broyage et stockage du ciment	10
I.6 Conclusion	12

CHAPITRE II Description de ligne de broyage

II.1 Introduction	13
II.2 Processus de pré-broyage	13
II.2.1 Matières	13
II.2.2 Extraction des matières	14
II.2.3 Doseur	14
II.3 Broyage	16
Description de broyeur	16
Equipements internes du broyeur	17
Blindage du broyeur	17
Cloisons	19
II.3.3 Régime de fonctionnement	22
Vitesse critique	22
Marche en cascade	24
Marche en cataracte	24

II.3.4 Réduction	25
Mode de réduction	25
Chambre de préparation	26
Chambre de finition	26
II.4 Post-broyage	26
II.4.1 Elévateurs à godets	26
Types d'élévateurs à godets	27
Principaux composants d'élévateur à godets	29
II.4.2 Aéroglisteurs	32
Principe de fonctionnement	34
II.4.3 Système de classification	35
II.4.4 Séparateurs de seconde génération	36
Principe de fonctionnement du séparateur	37
II.4.5 Cyclones	38
Principe d'opération	39
II.4.6 Filtre à manche	40
Principe de fonctionnement	41
Mécanismes de la filtration	42
Méthodes de nettoyage	43
Avantages et inconvénient	45
II.5 Conclusion	47

CHAPITRE III Usure et son effet sur l'efficacité du broyage

III.1 Introduction	48
III.2 Causes et influences de l'usure sur l'atelier de broyage	48
III.2.1 Usure au niveau du broyeur	48
III.2.2 Effet d'usure sur l'efficacité du broyeur du ciment	49
III.3 Usure au niveau de la pompe à vis	50
III.3.1 Constriction	50
III.3.2 Description du fonctionnement	51
III.3.3 Causes d'usure de la pompe	52
III.4 Effet d'usure sur l'efficacité des pompes à vis de ciment	53
III.4.1 Diminution de la capacité de transport	53
III.4.2 Réduction de l'efficacité de dosage	54
III.4.3 Augmentation de la consommation d'énergie	54
III.4.4 Maintenances et couts opérationnel accrus	54

III.4.5 Qualité du produit fini	54
III.5 Usure au niveau du séparateur	54
III.5.1 Conception	54
III.5.2 Principe de fonctionnement	55
III.5.3 Type d'usures	55
III.6 Effets de l'usure sur l'efficacité des séparateurs du ciment	56
III.6.1 Diminution de la précision de la séparation	56
III.6.2 Augmentation de la consommation de l'énergie	56
III.6.3 Impact sur la qualité du produit fini	57
III.6.4 Coûts de maintenance et temps d'arrêt	57
III.7 Conclusion	57
CHAPITRE IV Diagnostique de l'usure et l'optimisation l'opération de broyage	
IV.1 Introduction	58
IV.2 Procédure de diagnostique	58
IV.2.1 Inspection Visuelle	58
IV.2.2 Contrôle par appareils de mesure	58
IV.3 Conclusion	69
Conclusion générale	70

CHAPITRE I

Fig.I.1 Les différentes étapes de la fabrication du ciment de la voie sèche

Fig.I.2 Extraction du calcaire au niveau d'une carrière

Fig.I.3 pré-homogénéisation des matières premières

Fig.I.5 Broyeur à boulets de l'atelier broyage cru de la SCSEG

Fig.I.6 Atelier de cuisson

Fig.I.7 Ligne d'un préchauffeur à 4 étages de cyclones

Fig.I.8 four rotatif de SCSEG.

Fig.I.9 Refroidisseur à ballonnets ou planétaire (FLS).

Fig.I.10 Répartition des ballonnets sur la virole de décharge

Fig.I.12 Expédition en vrac

Fig.I.13 Expédition en sac

CHAPITRE II

Fig.II.3 Broyeur à boulets de type "TIRAX UNIDAN R1M01"

Fig.II.4 Blindage d'entrée

Fig.II.5 Effet de relevage

Fig.II.6 Blindage de relevage

Fig.II.7 Blindage ondulé

Fig.II.8 Cloison double classique

Figure II.9 Transfert de matériau à travers la cloison

Fig.II.10 Cloison de sortie

Fig.II.11 Les régimes de fonctionnements des boulets en fonction du N_c

Figure II.12 Représentation des forces qui impactent les boulets

Fig.II.13 Fragmentation par choc

Fig.II.14 Ecrasement

Fig.II.15 Cisaillement

Fig.II.16 Fixation des gode

Fig.II.17 Elévateur à décharge centrifuge

Fig.II.18 Elévateur à décharge positive

Fig.II.19 Elévateur à décharge continue

Fig.II.20 Composants du séparateur à godets

Fig.II.21 points de succion pour le dépoussiérage

Fig.II.24 Aéroglisseur

Fig.II.25 Angle de talus naturel pour certaines matières

Fig.II.26 Convoyeurs avec une pente supérieure à l'angle de talus naturel

Fig.II.27 Principe de fonctionnement

Fig.II.28 Séparateur dynamique

Fig.II.29 Séparateur statique

Fig.II.30 Séparateurs à cyclones vs séparateurs classiques de 1^{er} génération

Fig.II.31 Simulation du fonctionnement du séparateur

Fig.II.32 Principe de fonctionnement

Fig.II.33 Schémas sur le côté droit

Fig.II.34 Filtre à manche

Fig.II.35 Schéma de fonctionnement

Fig.II.36 Absorption externe et interne d'air poussiéreux

Fig.II.37 Mécanismes de filtration

Fig.II.38 Filtration mécanique

Fig.II.39 Filtration par courant inverse

Fig.II.40 Filtration par air pulsé

CHAPITRE III

Fig.III.1 Usure abrasif des boulets due au clinker

Fig.III.2 Frottement entre les boulets

Fig.III.3 Effet d'augmentation de la température

Fig.III.5 Schéma de la pompe à vis

Fig.III.6 Boite d'entrée matière

Fig.III.7 Boite d'sortie matière

Fig.III.8 Température à la sortie de la pompe à vis

Fig.III.9 Schéma de fonctionnement du séparateur

CHAPITRE IV

Fig.IV.1 Présence d'usure adhésive (Pignon de réducteur de séparateur)

Fig.IV.2Présence d'usure abrasive (Nés de vis de pompe transporteuse)

Fig.IV.3 Mesure des boulets de broyage 50 mm Avant le fonctionnement

Fig.IV.4 Mesure des boulets après 4 mois de fonctionnement

Fig.IV.5 Pompe à vis

Fig.IV.6 Schéma au-dessus d'une pompe à vis

Fig.IV.7 Application du Revêtement Densit

Fig.IV.8 Appareil à ultrasons marque Kraùtkramer USM 36 avec Palpeur droit

Fig.IV.9 Zones d'exploration

Fig.IV.10 Inspection externe

Fig.IV.11 Inspection par ultrason

Fig.IV.12 Balayage sur la surface au moyen d'ondes longitudinales (palpeur E/R).

Fig.IV.13 Réducteur du broyeur dont l'huile a été analysée

Fig.IV.14 Schéma cinématique

Tableau.II.1 Composition chimique du clinker

Tableau.II.2 Composition minéralogique

Tableau.II.3 Durée de vie des grilles de cloisons

Tableau.II.4 Vitesse de rotation recommandée

Tableau.III.1 Eléments de la pompe à vis

Tableau.IV.1 Plan des jeux de fonctionnement référentiel

Tableau.IV.2 Tableau montrant les propriétés physiques de la matière et sa composition chimique

Tableau.IV.5 Résultats de l'inspection

Introduction

L'industrie du ciment est une composante clé de l'économie mondiale, contribuant à la construction d'infrastructures essentielles telles que les bâtiments, les routes et les ponts. Cependant, la production de ciment est un processus intensif et complexe qui impose des exigences rigoureuses aux équipements utilisés.

L'usure des équipements dans une usine de ciment est un problème crucial, affectant la productivité, la sécurité, et la rentabilité de l'ensemble de l'opération.

Les équipements utilisés dans ces étapes sont soumis à des conditions extrêmes qui provoquent leur usure.

Les principales causes d'usure incluent :

- **Abrasion** : Les particules abrasives présentes dans les matières premières et le clinker provoquent l'usure des surfaces en contact.
- **Corrosion** : Les gaz et les poussières corrosives générés lors de la cuisson peuvent endommager les composants métalliques.
- **Températures Élevées** : Les variations de température extrêmes, en particulier dans le four rotatif, peuvent provoquer des déformations et des fissures dans les équipements.
- **Charges Mécaniques** : Les vibrations et les chocs mécaniques continus dus au fonctionnement des broyeurs et autres machines lourdes peuvent entraîner la fatigue des matériaux.

L'usure des équipements a des conséquences significatives sur le fonctionnement de l'usine de ciment :

- **Arrêts de Production** : Les défaillances des équipements peuvent entraîner des arrêts imprévus, perturbant ainsi la chaîne de production.
- **Coûts de Maintenance** : L'entretien et le remplacement fréquents des équipements usés augmentent les coûts d'exploitation.
- **Efficacité Réduite** : Les équipements usés fonctionnent souvent moins efficacement, ce qui peut entraîner une consommation énergétique accrue et une qualité de produit inférieure.
- **Risques de Sécurité** : Les équipements défectueux peuvent poser des risques pour la sécurité des travailleurs.

Pour minimiser l'impact de l'usure, les usines de ciment adoptent diverses stratégies :

- **Matériaux de Haute Qualité** : Utiliser des matériaux résistants à l'usure pour les composants critiques.
- **Maintenance Préventive** : Mettre en place des programmes de maintenance préventive pour détecter et corriger les signes d'usure avant qu'ils ne provoquent des défaillances majeures.
- **Lubrification et Refroidissement** : Appliquer des techniques de lubrification et de refroidissement efficaces pour réduire l'usure due aux frictions et aux températures élevées.
- **Surveillance et Analyse** : Utiliser des technologies de surveillance avancées pour analyser l'état des équipements en temps réel et prévoir les interventions nécessaires.

CHAPITRE I
PROCESSUS DE FABRICATION
DU CIMENT

I.1 Introduction

Dans le processus traditionnel de fabrication du ciment, le mélange initial est composé de 80 % de calcaire et 20 % d'argile, auxquels s'ajoutent du minerai de fer et du sable pour améliorer les propriétés mécaniques et chimiques. Le calcaire et l'argile sont extraits sous forme de blocs, concassés à une épaisseur de 25 mm, puis, avec le sable et le minerai de fer, acheminés à l'usine. Après une pré-homogénéisation, les matières sont broyées dans un broyeur à boulets, puis cuites à environ 1450°C pour former le clinker. Ce clinker est ensuite broyé avec des composants supplémentaires pour ajuster les propriétés du ciment. Ce chapitre examinera la fabrication du ciment chez CS-SEG.

I.2 Ciment

I.2.1 Définition

Selon Norme NF P de 1994 :

« Le ciment est un liant hydraulique, c'est-à-dire une matière inorganique finement moulue qui, gâchée avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit par suite de réactions et processus d'hydratation et qui, après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité, même sous l'eau. »

I.3 Processus de fabrication du ciment

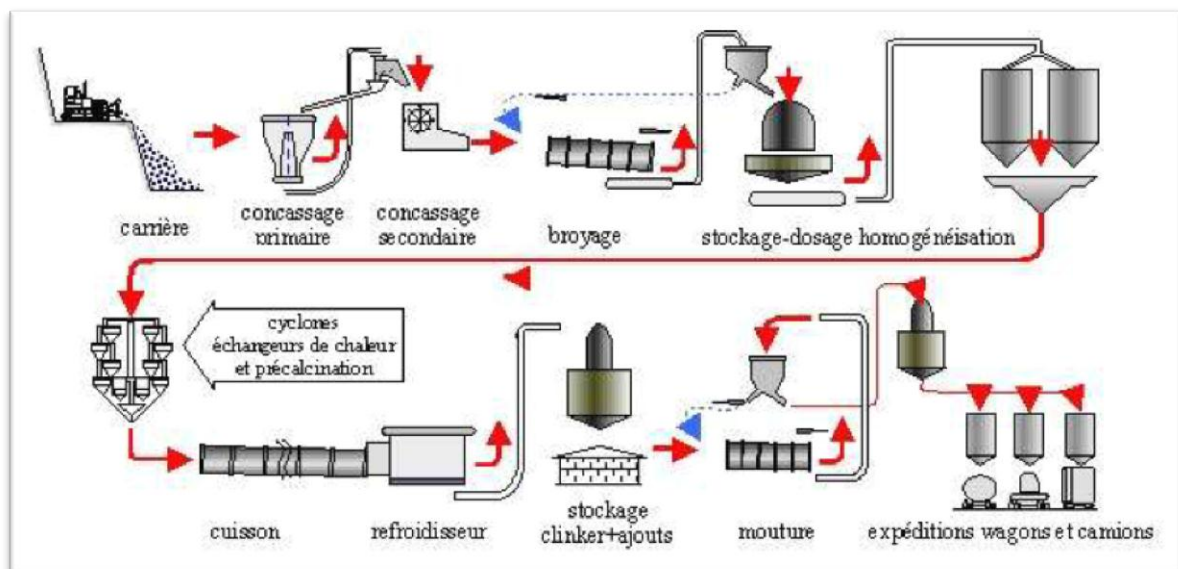


Fig.I.1 Les différentes étapes de la fabrication du ciment de la voie sèche

Le processus de fabrication du ciment comprend plusieurs étapes clés:

Extraction des matières premières: Le calcaire, l'argile et d'autres matériaux sont extraits des carrières et des mines.

Préparation des matières premières: Les matières premières sont concassées, broyées et mélangées pour obtenir un mélange homogène appelé "farine crue".

Cuisson: La farine crue est introduite dans un four rotatif à des températures extrêmement élevées (environ 1450°C) pour former ce qu'on appelle le clinker. Pendant ce processus, les matières premières subissent des réactions physico-chimiques.

Refroidissement du clinker: Le clinker est ensuite refroidi rapidement pour stabiliser sa structure.

Broyage du clinker: Le clinker refroidi est broyé avec du gypse et éventuellement d'autres additifs pour former le ciment final.

Emballage et expédition: Le ciment est ensaché ou stocké en vrac puis expédié aux distributeurs ou directement aux clients.

I.3.1 Extraction du matière

Les matières premières essentielles, telles que le calcaire et l'argile, sont sélectionnés et extraits des carrières voisines de la cimenterie. Cette extraction se fait par diverses méthodes, comme le dynamitage, l'utilisation de pelles mécaniques ou le ripage au bulldozer. Ces techniques sont choisies pour leur efficacité et pour minimiser les frais de transport.



Fig.I.2 Extraction du calcaire au niveau d'une carrière

I.3.2 Préparation de la matière crue

La préparation de la matière crue est importante pour garantir la qualité du ciment, c'est pourquoi cette étape se caractérise par un contrôle technique de haute précision. De la fragmentation des matières premières jusqu'à l'obtention de la farine crue.

I.3.2.1 Concassage de calcaire et de l'argile

Le concasseur réduit le volume des matières premières pour faciliter leur stockage. Les camions de 30 à 50 tonnes apportent la matière à la trémie d'alimentation de l'atelier de concassage. La matière se dépose sur un grand tablier métallique de 2,5m de largeur, qui alimente le concasseur EV200.300. Un cylindre d'avancement achemine la matière vers le rotor à marteaux, entraîné par un moteur puissant.

I.3.2.2 Concassage des ajouts

L'atelier de concassage des ajouts est équipé d'un concasseur à deux rotors capable de concasser du minerai de fer et du gypse. Ces concasseurs peuvent réduire des blocs de 600 mm à 25 mm.

I.3.2.3 Pré-homogénéisation du crue

La pré-homogénéisation vise à assurer un mélange uniforme des matières premières. Pour le calcaire, cela se fait transversalement à l'aide d'un pont grateur, tandis que pour l'argile, le minerai de fer et le sable, c'est réalisé latéralement avec un racleur à portique. Les matières premières sont transportées au stockage à l'aide d'une flèche mobile pour décharger deux tas distincts, chacun équipé d'un pont grateur muni d'une chaîne à palette pour répartir la matière en avalanches et la ramener vers la trémie. Chaque trémie a une capacité de 250 m³. Le gypse est stocké séparément dans une salle dédiée aux ajouts, avec du calcaire formant une pyramide à partir d'un tas de 1750 tonnes.



Fig.I.3 pré-homogénéisation des matières premières

I.3.3 Broyage et homogénéisation de la farine crue

Les matières premières sont acheminées par des transporteurs à bande vers les trémies d'alimentation, où elles sont stockées et dosées avant le broyage. Deux lignes d'extraction depuis les trémies alimentent chacune un broyeur via des transporteurs à bande en caoutchouc. Les broyeurs, de type broyeur à boulets et disposés horizontalement, jouent un double rôle :

1. Séchage : Ils réduisent l'humidité des matières premières à moins de 1 % à la sortie en utilisant une partie des fumées du four.
2. Broyage : Les matières premières telles que le calcaire, l'argile, le minerai de fer et le sable sont mélangées intimement dans les broyeurs pour produire une farine d'une capacité de 2*140 t/h.

Cette farine est transportée par un élévateur à godets avec une capacité maximale de 420 t/h. Les gros granulés récupérés sont réintroduits dans le broyeur pour être broyés. Environ 90 % du produit fini, appelé "farine", est récupéré dans les séparateurs, tandis que les 10 % restants sont captés par les filtres à manches.

I.3.5 Ateliers de cuisson du clinker

Dans une approche systématique, on peut dire que la fonction de l'atelier de cuisson consiste à transformer, par traitement thermique, un matériau "cru" en un semi-produit désigné sous le nom de clinker.

L'atelier de cuisson se compose principalement d'un préchauffeur, d'un four rotatif et d'un refroidisseur.

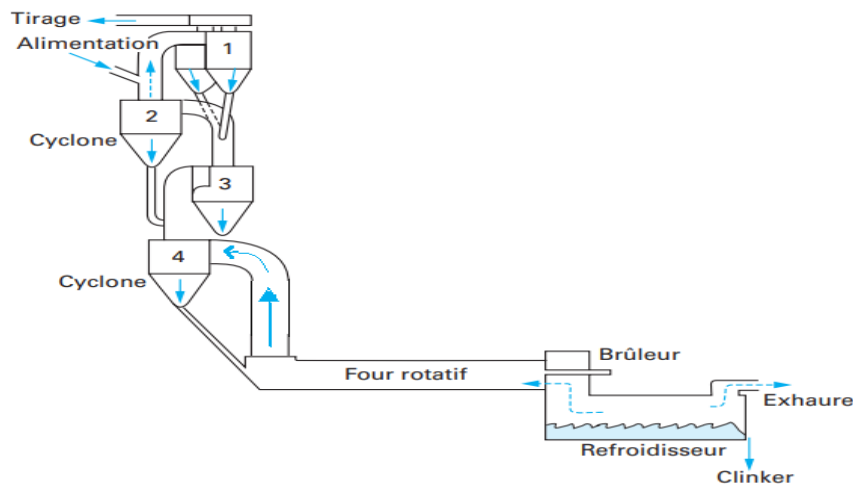


Fig.I.6 Atelier de cuisson [11]

Préchauffage à cyclone

L'échangeur à cyclones se distingue par sa conception innovante, caractérisée par plusieurs niveaux de cyclones, généralement au nombre de 4. Ce choix initial de 4 étages a été minutieusement sélectionné lors des premières phases de développement du procédé par voie sèche, en raison de son équilibre optimal entre l'investissement initial et les coûts opérationnels, prenant en compte la disponibilité abondante et peu coûteuse de l'énergie thermique à cette époque.

La figure ci-dessous montre un échangeur à 4 étages de cimenterie de SEG.



Fig.I.7 Ligne d'un préchauffeur à 4 étages de cyclones

Four rotatif

Le four rotatif de type "UNAX" a une capacité de production de 3000 tonnes par jour et opère à une température interne de 1450 °C. Il joue un rôle essentiel dans la transformation des matières premières en clinker de ciment. Ce four est constitué d'un long tube cylindrique incliné à 3° par rapport à l'horizontale, ce qui facilite le déplacement continu des matières vers l'extrémité inférieure, évitant ainsi leur accumulation et assurant une répartition optimale de la chaleur.

Les matières premières préalablement chauffées sont introduites à l'extrémité supérieure du four, tandis que la flamme de chauffe est placée à l'extrémité inférieure opposée. Ce processus permet aux matières de subir plusieurs transformations physico-chimiques, débutant par la décarbonatation entre 700 et 1050 degrés, suivie de la clinkérisation entre 1200 et 1450 degrés. Enfin, les boulettes de clinker ainsi formées passent à l'étape de refroidissement.



Fig.I.8 four rotatif de SCSEG.

Refroidisseur à ballonnet

Les refroidisseurs à ballonnets, connus également sous le nom de refroidisseurs planétaires, sont apparus dans les années 1920 comme une évolution technologique des refroidisseurs rotatifs sur les fours longs. Le clinker passe à travers des tubes de refroidissement appelés ballonnets, au nombre généralement de 10, disposés autour de la virole de décharge du four. Ces tubes sont alignés parallèlement à l'axe du four et traversent des ouvertures circulaires ou elliptiques dans une virole de 120 mm d'épaisseur, avec des collets soudés et protégés par un fourreau en acier réfractaire pour fixer les ballonnets.

La Société FLS (Danemark) définit la charge d'un refroidisseur à ballonnets par l'expression empirique suivante :

$$C = \frac{Q}{N * Dt^{1.5} * Lt}$$

Où : Q (t/j) débit du four exprimé.

N nombre de tubes du refroidisseur.

Dt(m) diamètre intérieur de tôle de chaque tube.

Lt(m) longueur de chaque tube (hors pipe d'admission du clinker).

La charge normale, pour une température de clinker en sortie de 160 °C, est de 3,65 t/j.m^{2.5}.

Le mouvement rotatif du four fait tomber le clinker dans la virole de décharge et à travers les ballonnets jusqu'à la sortie. Intégrer un refroidisseur à ballonnets simplifie considérablement le processus mécanique et le procédé, surtout pour les fours de capacité modérée (< 2 500 t/j).

La température finale du clinker est donnée par la formule empirique suivante, utilisant les notions de charge d'air de balayage :

$$T_{cK} = T_{amb} + 22.2 * \frac{C^{1.6}}{B^{0.7}}$$

Avec T_{amb} (°C) température ambiante

C (t/j · m^{2.5}) charge,

B (kg d'air/kg de clinker) balayage.

La vitesse de refroidissement du clinker pendant la trempe doit être, au minimum, de 20 °C/min jusqu'à 1 200 °C, puis de 70 °C/min jusqu'à 500 °C.

Les bénéfices observés et mesurés du refroidissement comprennent :

- Facilitation du broyage du clinker.
- Prévention de la décomposition du C3S (silicate tricalcique).
- Réduction de la transformation du C2S α (silicate bicalcique α) en C2S γ inerte.
- Atténuation des effets négatifs du MgO.
- Prévention de la prise rapide des clinkers riches en C3A (aluminate tricalcique).

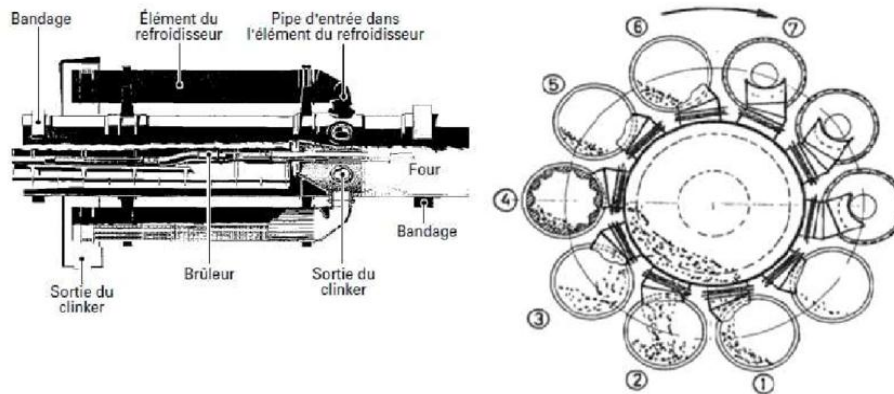


Fig.I.9 Refroidisseur à ballonnets ou planétaire (FLS).

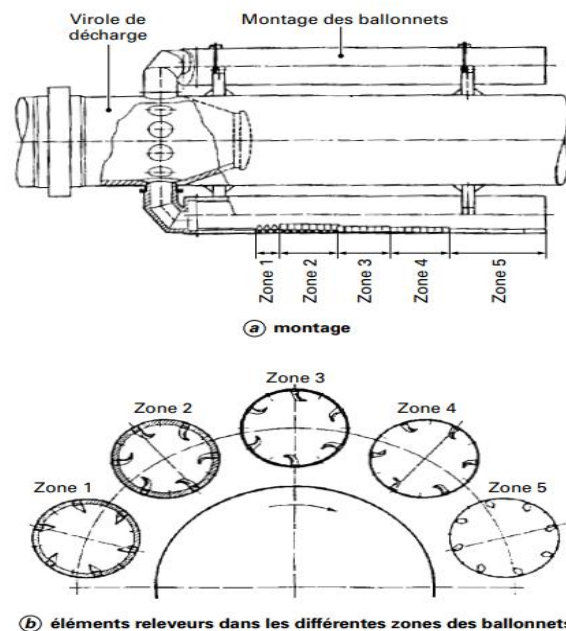


Fig.I.10 Répartition des ballonnets sur la virole de décharge

I.3.6 Broyage et stockage du ciment

Atelier de broyage du ciment

Le clinker est transporté vers l'atelier de broyage du ciment via un convoyeur à bande. La ligne d'alimentation comprend quatre trémies, chacune ayant deux sorties pour alimenter simultanément deux broyeurs à ciment. Deux trémies sont dédiées au clinker, une au gypse et une aux matériaux ajoutés comme le calcaire. Chaque trémie est équipée d'un doseur pour réguler le dosage afin d'obtenir la composition de ciment souhaitée. Les doseurs déchargent leur contenu sur un convoyeur à bande situé sous les trémies, puis un convoyeur incliné transporte le matériau vers le broyeur.

Les broyeurs à boulets sont munis de systèmes de ventilation et d'injection d'eau pour maintenir la température interne en dessous de 115 °C. Ils fonctionnent en circuit fermé, avec l'ajout d'un additif pour prévenir l'agglomération. Chaque broyeur comprend deux chambres séparées par une cloison intermédiaire. La première chambre, de concassage, et la deuxième chambre, de préparation et de finition, sont équipées de blindages appropriés pour un chargement efficace des boulets. Le mouvement en cataracte des boulets à l'intérieur du broyeur assure un broyage efficace du clinker.

Après le broyage, le clinker passe par un système de classification composé d'un séparateur d'air dynamique et d'un séparateur d'air fixe. Le séparateur dynamique renvoie les particules grossières au broyeur et envoie les fines au séparateur fixe pour les isoler de l'air. L'air est renvoyé au système de ventilation et les fines sont dirigées vers les silos de stockage.

Tout le processus de broyage et de séparation s'effectue en circuit fermé, visant à assurer l'efficacité globale du système de broyage.

I.3.6.2 Stockage et expédition

Le ciment est extrait des silos, et est amené par des transporteurs à vis soit aux ateliers d'ensachages soit à la station de chargement en vrac des camions.

I.3.6.2.1 Ateliers d'ensachages

Il y a 5 ateliers d'ensachage où les ensacheuses sont du type RU-12. L'ensachage se fait dans des sacs de 50 kg avec un débit maximal de 5 x 100 tonnes/h [4]. Après leurs ensachages, les sacs de ciment sont transportés à l'installation de chargement de camions.

I.3.6.2.1 Chargement en vrac

Le ciment est amené à 2 élévateurs qui alimentent 2 aéroglisseurs qui déversent dans 2 silos en tôle qui sont équipés d'appareils de chargement.

Le débit maximal de chargement en vrac des camions est de 2 x 200 tonnes /h.

*Fig.I.12 Expédition en vrac**Fig.I.13 Expédition en sac*

I.4 Conclusion

Après l'étude du processus de fabrication du ciment, il apparaît comme un processus industriel complexe comprenant plusieurs étapes clés. Le processus commence par l'extraction des matières premières des mines et leur traitement pour garantir leur qualité et leur adéquation à l'utilisation. Ensuite, les matières premières traitées sont mélangées pour produire un mélange homogène.

Ensuite, l'étape suivante implique le broyage des matières premières pour les transformer en une poudre fine. Ensuite, la poudre est cuite dans un four rotatif à des températures élevées. Cette étape vise à former les composés chimiques nécessaires à la formation du clinker.

Le clinker formé est broyé avec l'ajout de matériaux auxiliaires tels que le gypse pour contrôler le temps de prise et prévenir la formation de grumeaux de ciment. Enfin, le ciment final est obtenu et utilisé dans l'industrie du béton et de la construction. Ce processus illustre la complexité et la singularité de l'industrie du ciment, ainsi que les efforts déployés pour garantir la qualité du produit final et le respect des normes de sécurité et environnementales.

CHAPITRE II

Description de ligne de broyage

II.1 Introduction

L'atelier de broyage de ciment est une partie essentielle du processus de production de ciment. Il s'agit d'une étape où le clinker, principal composant du ciment, est broyé finement pour produire du ciment en poudre

II.2 Processus de pré-broyage

II.2.1 Matières

Pour l'obtention d'un ciment répandant aux normes, aux exigences de qualité et aux besoins économique de la société, 03 matières sont utilisées à savoir le clinker, le calcaire et le gypse.

Le clinker qui présente une proportion élevée (79%) dans le mélange par rapport au calcaire et au gypse vue qu'il présente les principaux minéraux nécessaires à l'hydratation du ciment en pourcentages voulus.

Caractéristiques

Composition chimique

/	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	CaOlibre	SO ₃
%	21.57	5.29	3.58	65.82	1.87	0.65	0.05	0.00	0.55

Tableau.II.1

Composition Minéralogique

/	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
%	61.77	15.57	7.97	10.88

Tableau.II.2

→ Coefficient de saturation en chaux 95,46

→ Module silicique 2,53

→ Module alumino-ferrique 1,39

→ Densité 1,2 à 1,3 kg/l

Le calcaire est présent dans le mélange comme un ajout inerte, car il ne possède pas de propriétés hydrauliques. Son ajout est de l'ordre de 16%, visant à développer certaines propriétés du ciment et à augmenter la production.

Le gypse, quant à lui, est ajouté en faible proportion (5%) dans le but de régler l'une des propriétés essentielles du ciment, qui est le temps de prise.

II.2.2 Extraction des matières

Les matières premières utilisées dans la fabrication du ciment sont extraites des silos de stockage et transportées vers les trémies d'alimentation par des transporteurs à bandes. Il y a 4 trémies d'alimentation : 2 pour le clinker, une pour le gypse et un pour l'additif.

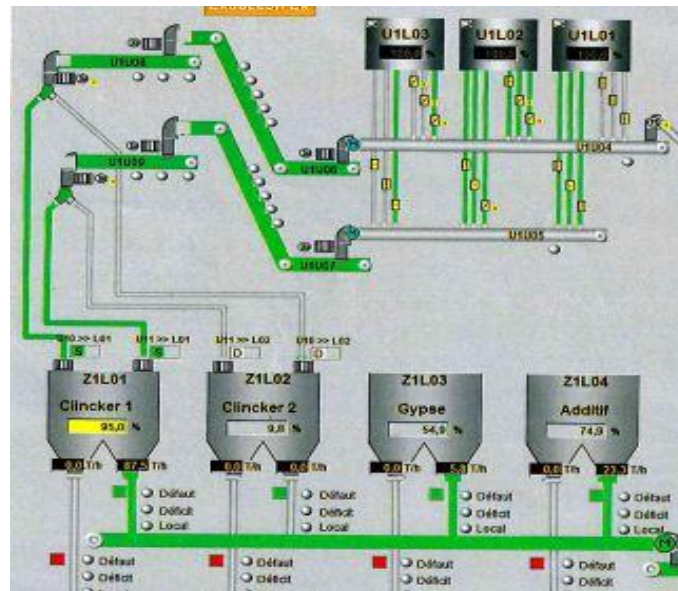


Fig.II.1 Extraction du clinker

II.2.3 Doseur

Il faut un doseur pour chaque trémie. Un doseur est installé sous chaque trémie d'alimentation. Ce doseur est équipé d'un capteur de charge, ce qui permet de mesurer la masse de chaque matériau entrant dans la fabrication du ciment afin de garantir la production d'un ciment répond aux normes.

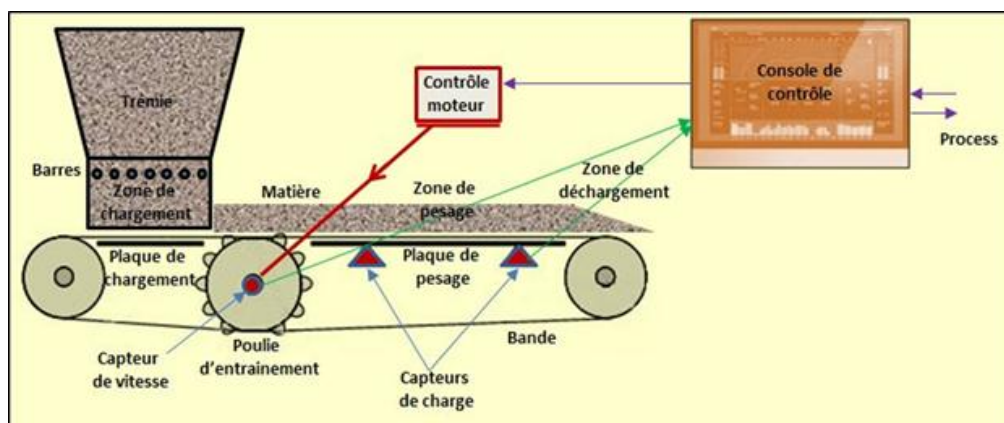


Fig.II.2 Fonctionnement du doseur

Fonctionnement du doseur est comme suit :

Alimentation en matière

Le processus commence dans la trémie où la matière est stockée. Elle est dirigée de la trémie vers la zone de chargement.

Contrôle du flux

La matière se déplace sur un transporteur à bande actionné par une poulie d'entraînement.

La vitesse de la bande est surveillée par un capteur de vitesse.

Mesure

Lorsque la matière passe au-dessus du transporteur, son poids est mesuré par des capteurs de charge placés sous la plaque pesée.

Les données de poids sont collectées pour déterminer la masse de la matière sur la bande à tout moment.

Contrôle centralisé

Les données de poids et la vitesse de la bande sont envoyées à l'unité de contrôle du moteur qui les analyse.

L'unité de contrôle du moteur ajuste la vitesse de la bande en fonction de la quantité de matière nécessaire, assurant un flux constant et précis.

Transport et déchargement

Après la zone de mesure, la matière est transportée vers la zone de déchargement.

Enfin, les données sont envoyées à la console de contrôle centralisée qui supervise l'ensemble du processus et garantir le respect des normes définies.

II.3 Broyage

II.3.1 Description de broyeur

Désignation : Broyeur à boulets de type "TIRAX UNIDAN R1M01".

Origine : Danemark.

Fiche technique du broyeur à boulets

Fournisseur : FLSMIDTH / Danemark.

Système de broyage : circuit fermé.

Débit : 140 tonnes par heure.

Longueur de la virole : 12,60 mètres.

Diamètre intérieur : 4,00 mètres.

Poids : 889 000 kilogrammes.

Vitesse de broyeur : 15,86 tours par minute.

Nombre de compartiments : 2.

Blindage : releveur (1^{er} chambre) ; classant ondulée (2^{em} chambre).

Corps broyant nécessaires : 265 tonnes (charge normale).

La charge des boulets : 90 à 60 mm (1^{er} chambre) ; 60 à 17 mm (2^{em} chambre)

Remplissage : 27% à 33% (1^{er} chambre) ; 25% à 33% (2^{em} chambre)



Fig.II.3 Broyeur à boulets de type "TIRAX UNIDAN R1M01"

II.3.2 Equipements internes du broyeur

Blindage du broyeur

Le rôle principal du blindage du broyeur est évidemment de protéger la virole de l'usure excessive et des fissures possibles. Comme les broyeurs à ciment sont composés d'un à plusieurs compartiments, la conception (profil) du blindage diffère parce que l'objectif est différent.

- Les blindages sont principalement fabriqués à partir d'aciers à haute teneur en chrome.
- La durée de vie des blindages dépend en grande partie du matériau à broyer.
- L'ajout d'additifs tels que la pouzzolane ou le laitier peut accroître l'usure.

Ces matières sont généralement abrasives et souvent humides, ce qui entraîne une augmentation du taux d'usure en raison de la corrosion.

Blindages d'entrée

Les blindages d'entrée sont des composants essentiels des broyeurs, contribuant à protéger la virole de la tête du broyeur contre les chocs et l'usure. Cette protection revêt une importance critique car cette partie du broyeur est susceptible de se fissurer à long terme en cas d'usure excessive.

Leur conception et leur choix de matériaux sont déterminés par divers facteurs opérationnels et environnementaux pour assurer un fonctionnement efficace et durable du broyeur.

La conception des revêtements d'entrée dépend de plusieurs paramètres, notamment :

- Type de matière broyée.
- Température des gaz (dans le cas d'un broyeur airswept).
- Vitesse de rotation du broyeur.
- Diamètre maximum des boulets de broyage.
- Degré de remplissage en boulets.
- Type de blindage releveur utilisé.

Les blindages d'entrée sont généralement fabriqués à partir d'acier à haute teneur en manganèse, d'acier à haute teneur en chrome ou d'acier martensitique. Ces matériaux offrent une résistance à l'abrasion et une durabilité nécessaires pour résister aux conditions sévères de broyage.

Blindages de relevage pour le premier compartiment

Blindage de relevage dans un broyeur à boulets fait référence à un type de revêtement utilisé dans la première chambre du broyeur.

Ce type de revêtement est placé pour soulever les matériaux et améliorer le processus de broyage. Lorsque les boules entrent en collision avec les matériaux dans la première chambre, le revêtement de levage soulève les matériaux pour améliorer leur mouvement et leur flux à l'intérieur du broyeur, facilitant ainsi le processus de broyage et augmentant son efficacité.

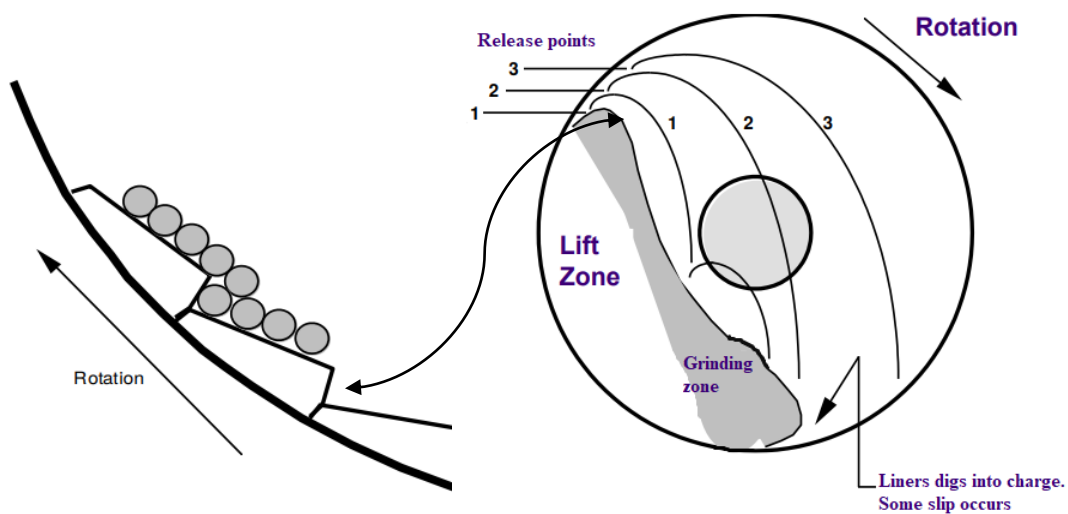


Fig.II.5 Effet de relevage

- Ce type de blindage vise à améliorer l'effet de relevage de la charge de boulets.
- Avec un effet de relevage suffisant, l'impact du boulet sera assez puissant pour briser les grosses particules de matière.
- Les corps broyant ne doivent pas non plus être relevés excessivement, afin d'éviter l'usure des blindages et la casse des boulets.

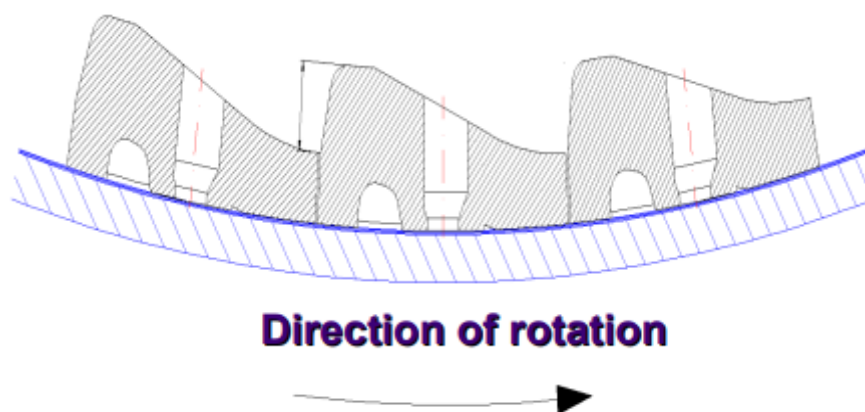


Fig.II.6 Blindage de relevage

Blindages de compartiments de finition

Le blindage ondulé est un type de revêtement utilisé dans les broyeurs à boulets et autres types de broyeurs pour protéger les parois internes de la corrosion et de l'usure, tout en améliorant également le mouvement de broyage à l'intérieur du broyeur.

Le blindage ondulé se caractérise par un design ondulé qui aide à améliorer la répartition de la charge et le flux de broyage à l'intérieur du broyeur, ce qui conduit à une augmentation de l'efficacité de broyage et à une réduction de la consommation d'énergie.

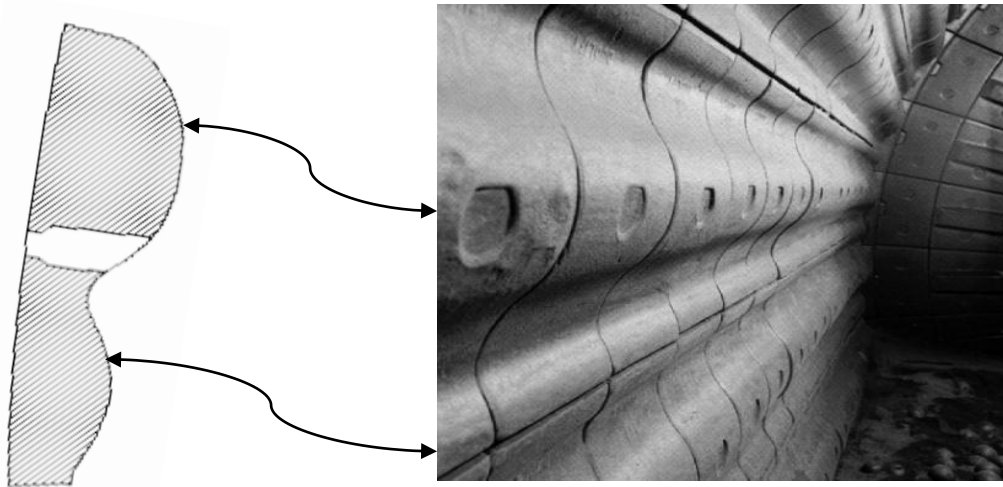


Fig.II.7 Blindage ondulé

Cloisons

Les cloisons sont des ensembles mécaniques conçus pour séparer les différents compartiments d'un broyeur à boulets. Bien que leur fonction principale soit la séparation, les cloisons peuvent également remplir d'autres rôles, tels que l'optimisation de la ventilation dans le broyeur ou le contrôle du niveau de matière dans la chambre en amont, et servir de tamis pour retenir les grains qui n'ont pas été suffisamment broyés ainsi que les corps broyants.

Cloisons intermédiaire non- réglable

- La cloison double est généralement utilisée pour les plus grands broyeurs (> 2,8 m).
- Elle est constituée d'un châssis en acier monté sur des segments périphériques fixés sur la virole.
- À l'intérieur de la structure en acier, la cloison est équipée de releveurs en acier pour le transport de la matière.

- Ce type de cloison est évidemment plus rigide que la cloison simple et permet également un écoulement plus efficace du matériau grâce à l'action des releveurs centraux, droits ou courbés.
- La partie centrale est équipée d'un tamis central permettant un passage suffisant de l'air à travers le broyeur. Lorsque le broyeur est en marche, la matière concassée de la première chambre passe à travers les grilles et se dirige vers les releveurs centraux de la cloison. Les releveurs transportent la matière vers le centre où un cône décharge la matière dans la deuxième chambre.
- La largeur de la cloison est généralement de 500 mm et est fixée sur la virole forée DIN de préférence.
- Avec cette cloison, il n'y a pas de contrôle du niveau de matière de la chambre en amont.
- La largeur des fentes des grilles varie de 6, 8 à 10 mm ou plus en fonction de la nature de la matière à broyer et des exigences en matière de ventilation.

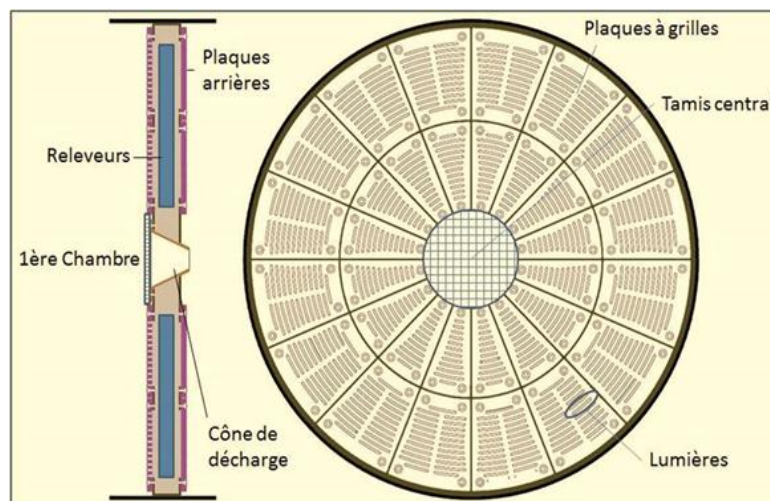


Fig.II.8 Cloison double classique

Le processus de transfert de matériau à travers les cloisons est comme suit :

1. Les matériaux remplissent les espaces entre les plaques perforées et les plaques aveugles dans les cloisons.
2. Les matériaux sont soulevés par la rotation du broyeur.
3. La gravité fait chuter les matériaux à travers le moyeu central et les dirige vers la chambre suivante.

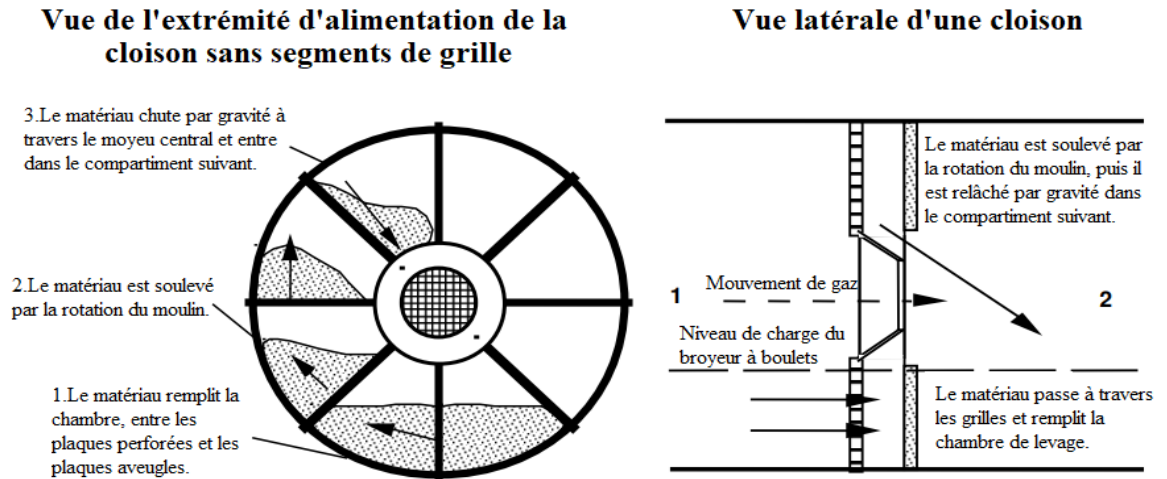


Figure II.9 Transfert de matériau à travers la cloison

Cloisons de sortie

Ces cloisons sont toujours placées à la sortie du broyeur. Les cloisons de sortie sont conçues de manière similaire aux cloisons doubles, à l'exception qu'elles ne disposent pas de plaques arrière. Ces cloisons ne sont pas ajustables car les plus petits boulets des compartiments de finition ont une meilleure rétention et retiennent donc mieux les matériaux.

Lorsque le broyeur est en marche, les matériaux sortent de la deuxième chambre, passent à travers les ouvertures des grilles et sont captés par les élévateurs. Ensuite, les matériaux tombent sur un cône au centre où ils sont dirigés vers la sortie du broyeur via le tourillon à vis.

Les ouvertures des grilles doivent être plus grandes que celles de la cloison intermédiaire dans le cas d'un broyeur à deux chambres. Par exemple, si les ouvertures de la cloison intermédiaire ont une largeur de 6 mm, les ouvertures de la cloison de sortie doivent impérativement avoir une largeur de 8 mm pour éviter l'accumulation de matériaux non broyés à la fin de la deuxième chambre.

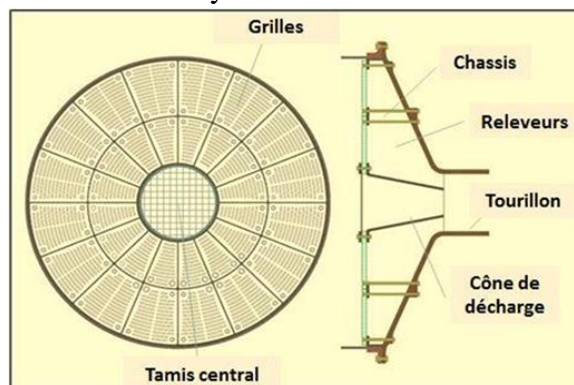


Fig.II.10 Cloison de sortie

Durée de vie des cloisons

- Le taux d'usure des cloisons intermédiaires dépend du type de matière à broyer et est causé par des impacts significatifs.
- Pour les cloisons de sortie, l'usure est provoquée par des forces de frottement entre les boulets, la matière broyée et les grilles.
- Les grilles de la cloison intermédiaire sont le point délicat du broyeur d'un point de vue de l'usure.

Ci-dessous, quelques chiffres :

	Durée de vie des grilles	
	Cloisons intermédiaire	Cloisons de sortie
Broyeur à ciment	8000-12000 h	12000-18000 h

Tableau.II.3 Durée de vie des grilles de cloisons

II.3.3 Régime de fonctionnement

Le mouvement des boulets à l'intérieur du broyeur dépend directement de sa vitesse de rotation, laquelle est liée à la vitesse critique. Les broyeurs modernes ont une vitesse de rotation comprise entre 70 et 75% de la vitesse critique. Nous pouvons diviser leurs modes de marche comme suit :

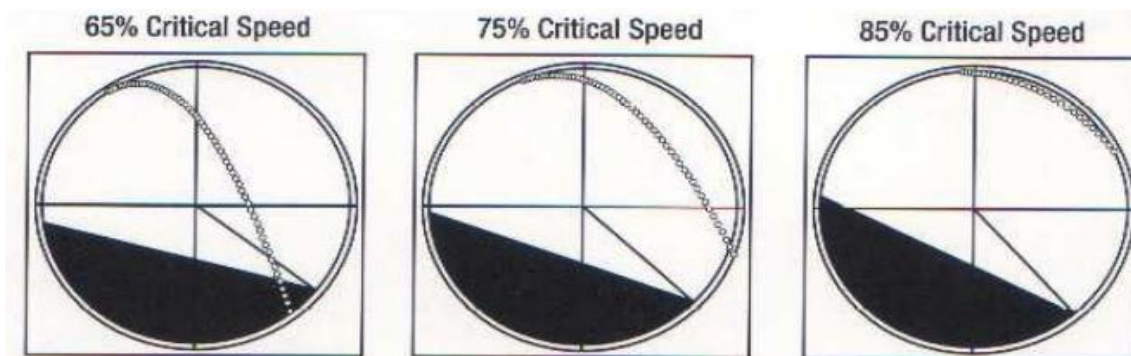


Fig.II.11 Les régimes de fonctionnements des boulets en fonction du N_c

Vitesse critique

En deux mots, la vitesse critique est définie comme étant la vitesse de rotation où les forces centrifuges égalent les forces de gravité à la paroi de la virole du broyeur.

À ce stade-là, les boulets ne tombent plus et restent collés à la virole.

Le boulet de broyage est soumis à deux forces: la force centrifuge F_c et la force de gravité F_g .

► La force centrifuge est donnée par la formule suivante: $F_c = m \cdot \omega^2 \cdot \frac{D_i}{2}$

Où: m est la masse du boulet ; D_i est le diamètre interne du broyeur.

ω est la vitesse angulaire.

► La force gravitationnelle est donnée par la formule suivante: $F_g = m \cdot g$

Où : m est la masse du boulet ; g est la gravité universelle ($9,81 \text{ m/s}^2$).

Le boulet restera contre la paroi si ces deux forces sont en équilibre, cela signifie :

$F_c = F_g \cdot \cos(\theta)$ Où : L'angle θ est représenté sur le croquis ci-dessous:

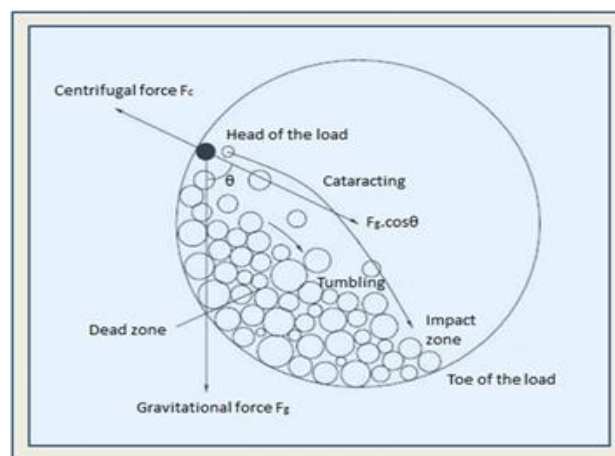


Figure II.12 Représentation des forces qui impactent les boulets

Au sommet du broyeur, θ est égal à 0, ce qui entraîne que $\cos(0) = 1$, alors:

$$F_c = F_g \rightarrow m \cdot \omega^2 \cdot \frac{D_i}{2} = m \cdot g \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{2 \cdot g}{D_i}};$$

$$N_c = \frac{\omega}{2\pi} \rightarrow N_c = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g}{D_i}} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9.81}{D_i}} = \frac{0.705}{\sqrt{D_i}} \text{ Et cela donne en révolutions par}$$

$$\text{minute : } N_c = \frac{42.3}{\sqrt{D_i}} \text{ (tr/min)}$$

Di (m)	Vitesse de rotation (tr/min)	Vitesse critique (tr/min)	vitesse critique (%)
2.4	20.748	27.3	76
2.8	18.96	25.28	75
3.2	17.501	23.65	74
3.6	16.2717	22.29	73
4	15.8625	21.15	75
4.4	15.1275	20.17	75
4.6	14.79	19.72	75
4.8	14.4825	19.31	75
5.2	14.098	18.55	76
5.6	13.585	17.88	76

Tableau.II.4 Vitesse de rotation recommandée

Marche en cascade

Fait référence à un mode de fonctionnement des broyeurs où les corps broyant à l'intérieur du broyeur suivent des trajectoires en cascade. Cela se produit généralement à des vitesses de rotation relativement basses (vitesse de rotation comprise entre 60 et 65% de la vitesse critique). Dans ce mode, les corps broyant s'élèvent le long de la paroi intérieure du broyeur puis retombent, créant ainsi un mouvement en cascade continu.

Marche en cataracte

Obtenue pour une vitesse relativement plus élevée : les corps broyant roulent et retombent les uns sur les autres, en chute libre qui se termine au pied de la charge. Cette marche en cataracte est la plus utilisée. Elle convient au traitement des matériaux durs et produit le maximum de surfaces nouvelles sous l'effet d'actions multiples d'interaction, de cisaillement et d'impact.

- ✓ Lorsque la virole tourne à une vitesse égale à la vitesse critique, les boulets ne tombent plus et restent collés à la virole.

II.3.4 Réduction

Mode de réduction

Comment la matière se broie-t-elle ?

Selon la dimension et la dureté des grains à concasser, le broyage s'obtient, soit par :

► Fragmentation par choc, lors de la chute des boulets, entre les boulets ou contre le blindage.

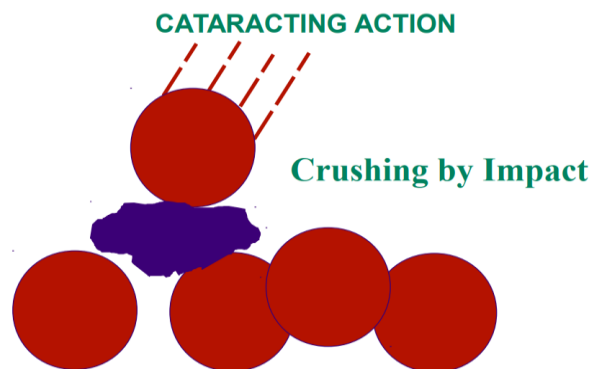


Fig.II.13 Fragmentation par choc

► Soit par écrasement sous la pression de la charge des grains qui ont pu pénétrer à l'intérieur de la charge (poids + force centrifuge).

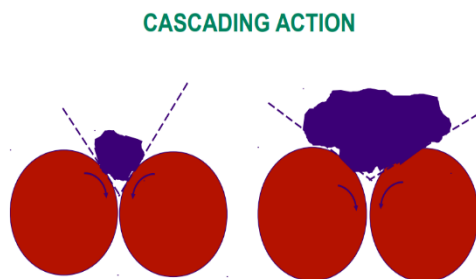


Fig.II.14 Ecrasement

► Soit par cisaillement des grains coincés entre des boulets glissant les uns sur les autres.

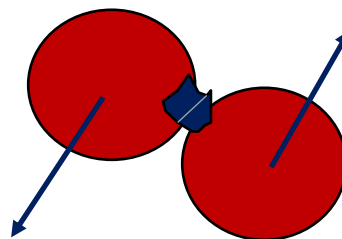


Fig.II.15 Cisaillement

Chambre de préparation

Dans le compartiment de préparation (1^{er} comp) on cherche le cisaillement et pour que les grains puissent être correctement cisailés il faut que la matière soit préparée à une finesse de maximum de **5% de refus sur tamis de 2.5mm**. Et ceci demande un blindage releveur et des boulets de 60 à 90 mm, avec une puissance absorbée de l'ordre de 10 KW/t.

Chambre de finition

Dans le compartiment de finition (2eme comp) on cherche l'attrition et pour maximiser ce dernier c'est-à-dire la production de finesse, il faut que la surface broyante soit la plus élevée possible. Et ceci demande un blindage qui autorise le roulement des boulets, et que le diamètre de ces derniers soit adapté à la taille des particules.

II.4 Post-broyage

La matière broyée sort du broyeur pour entrer dans le processus de séparation. Ce processus vise à séparer les particules fines des particules grossières qui n'ont pas été correctement broyées.

La matière broyée est transportée vers le système de séparation à l'aide d'élévateurs à godets et de transporteurs pneumatiques (Aéroglisteurs).

II.4.1 Elévateurs à godets

Le système des élévateurs à godets est un type d'équipement largement utilisé dans les industries nécessitant le transport vertical de matériaux, qu'ils soient sous forme de granules ou de poudres. Ce système se distingue par son efficacité dans le déplacement de matériaux à travers diverses zones au sein d'une cimenterie, telles que le transport de matières du système de pré-broyage à l'entrée du séparateur. Ils représentent également un moyen de manutention verticale à faible coût énergétique, avec des besoins d'entretien relativement limités, ce qui en fait un choix efficace pour les industries nécessitant ce type de transport.

Types d'élévateurs à godets

Les godets sont fixés soit sur chaînes, soit sur une bande.

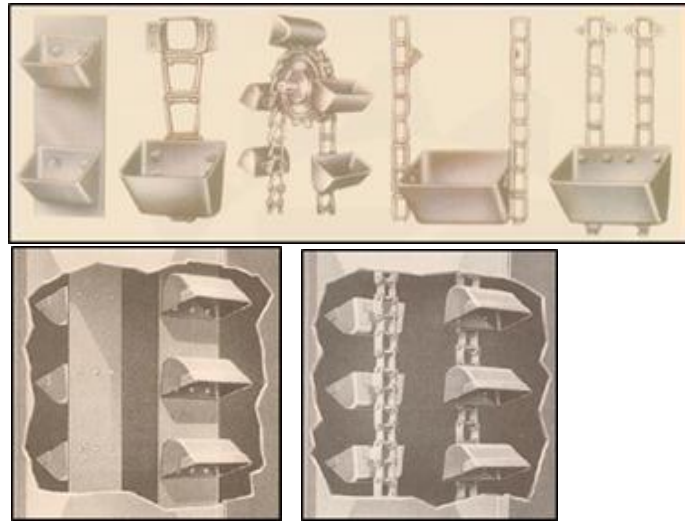


Fig.II.16 Fixation des gode

Élévateur à décharge centrifuge

- C'est le modèle le plus courant.
- La vitesse de déplacement est assez élevée (1,2 à 2 m/s).
- Le chargement est effectué par le dragage du matériau au bas de l'élévateur.
- La distance de séparation entre les godets est de 2 à 3 fois la hauteur du godet.
- Il est vertical et utilisé pour le traitement de matières fines ayant une bonne aptitude à l'écoulement, telles que les grains, le charbon, le sable, le ciment et autres produits secs.
- Des matériaux plus grossiers peuvent également être transportés à condition d'utiliser des godets adaptés.

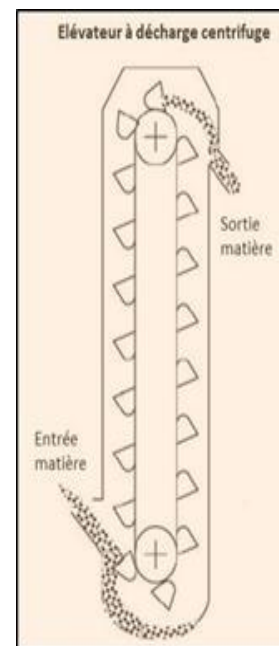


Fig.II.17 Elévateur à décharge centrifuge

Élévateur à décharge positive

- Ce type d'élévateur est similaire au précédent, à l'exception que dans la partie supérieure, les godets sont totalement inversés pour faciliter le déchargement du matériau.
- Les godets sont montés sur deux chaînes.
- Ils sont donc bien adaptés pour des matériaux moins fluides.
- La vitesse de déplacement des godets est également plus lente.

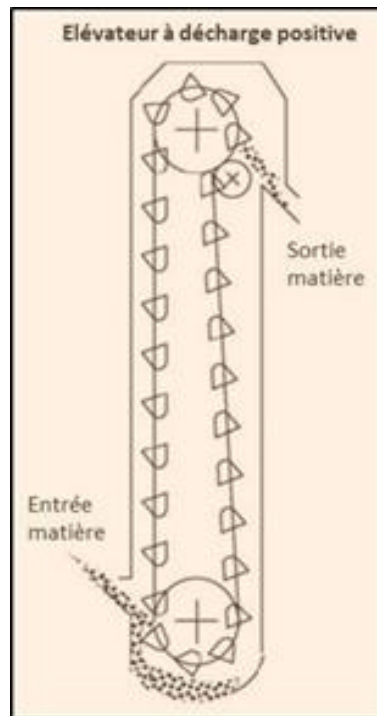


Fig.II.18 Elévateur à décharge positive

Élévateur à décharge continue

- L'élévateur à décharge continue est recommandé pour les matériaux grossiers et fragiles en raison de sa vitesse de déplacement plus basse (0,6 m/s).
- Il est également efficace pour transporter le ciment, la chaux et d'autres matières chimiques sèches.
- De plus, il peut fonctionner en configuration inclinée.

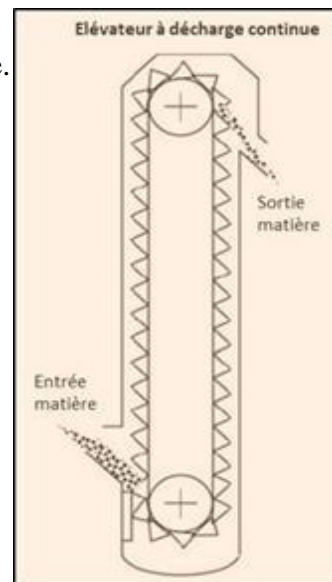


Fig.II.19 Elévateur à décharge continue

Principaux composants du séparateur à godets

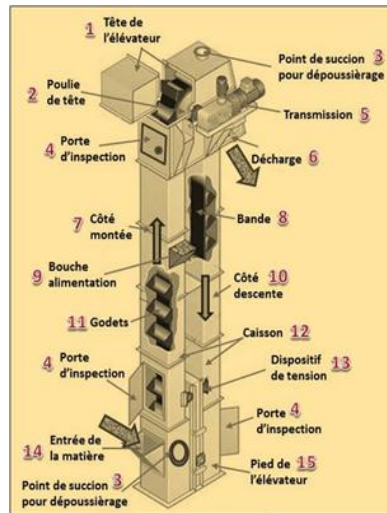


Fig.II.20 Composants du séparateur à godets

Tête de l'élévateur

- La tête de l'élévateur, située dans la partie supérieure, est une structure métallique comprenant le tambour d'entraînement, le frein et la sortie de décharge.
- Le capot de la tête, ou chapeau, doit avoir le profil approprié pour correspondre étroitement au chemin emprunté par la matière lors de la décharge.
- Ce chemin dépend de plusieurs facteurs tels que le type de godet, la vitesse de la bande et le diamètre du tambour d'entraînement.
- Enfin, la tête peut être équipée d'une plateforme tout autour pour faciliter le travail.

Poulie de tête

- La poulie de tête, ou tambour d'entraînement, est responsable de transmettre le mouvement à la bande.
- Elle est généralement fabriquée en fonte ou en plaque d'acier.
- Elle peut présenter une légère conicité (bombée) pour recentrer la bande lorsque les godets le permettent.
- Il est fortement recommandé de la revêtir de caoutchouc pour la protéger de l'usure due à la grande quantité de poussière générée par le système.
- Ce revêtement prévient également l'usure prématurée de la bande et permet une utilisation plus efficace en économisant de l'énergie.
- Il augmente également le coefficient de frottement, ce qui empêche tout glissement possible.
- Le diamètre de la poulie est calculé en fonction de la décharge et de la vitesse pour assurer un fonctionnement efficace.

Points de succion pour le dépoussiérage

-Le schéma ci-dessous donne une idée pour la réalisation des points d'aspiration:

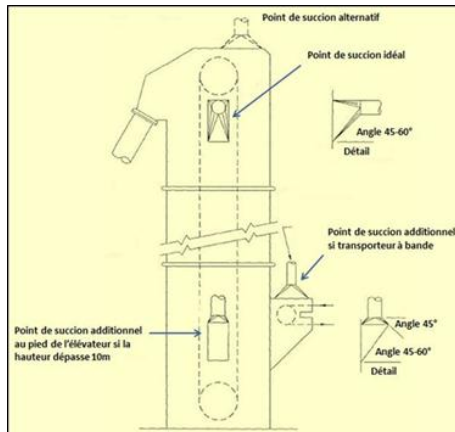


Fig.II.21 points de succion pour le dépoussiérage

Portes d'inspection

- Il y a plusieurs portes d'inspection, notamment au pied et à la tête bien sûr, permettant le contrôle et la maintenance du système.

Groupe de transmission

- Le groupe de transmission est situé au-dessus de l'élévateur et se compose d'un moteur et d'un réducteur qui peuvent être directement connectés à l'arbre du tambour ou par l'intermédiaire d'une transmission par courroie.
- L'ensemble est soutenu par une plate-forme construite à cet effet.

Goulotte de décharge

- Ce dispositif se trouve naturellement dans la partie supérieure et est adapté au type de convoyeur aval, souvent une glissière aérienne.

Côté montée

- Il s'agit du côté où les godets montent remplis de matière.

Bande

- L'élément de traction est constitué par une bande avec une carcasse en nylon/polyester et un revêtement en caoutchouc.
- Pour les élévateurs où la bande est particulièrement sollicitée, il est également utilisé une version avec une carcasse en trame d'acier.
- La largeur de la bande est déterminée en fonction de la largeur des godets.
- Les deux extrémités de la bande sont jointes comme illustré dans le schéma ci-dessous :



Bouches d'alimentation intermédiaires

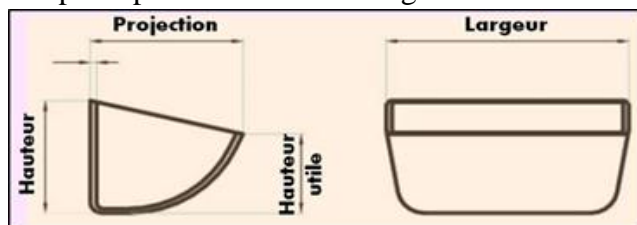
- Les élévateurs à godets installés dans les circuits de broyage de ciment sont très longs et traversent plusieurs étages :
 - ✓ Étage rejets séparateur et sortie cyclone
 - ✓ Étage séparateur
 - ✓ Étage filtre(s)
- À chaque étage, on trouve souvent une bouche d'alimentation.
- Celle-ci sert souvent à introduire les poussières et autres déchets ramassés au sol par le personnel d'entretien.

Côté descente

- Il s'agit du côté où les godets vidés de leur matière redescendent.

Godets

- Les godets sont le composant le plus important de l'élévateur, car ce sont eux qui sont dimensionnés en premier pour atteindre la capacité désirée.
- Les godets ont des formes très différentes en fonction de la matière à transporter.
- Ils sont également fabriqués avec divers matériaux :
 - ✓ Polyéthylène de haute densité
 - ✓ Nylon
 - ✓ Uréthane
 - ✓ Acier soudé
 - ✓ Acier au carbone
 - ✓ Acier inoxydable
 - ✓ Fonte ductile
 - ✓ Aluminium
- Les principales dimensions du godet sont les suivantes :



- La largeur des godets est entre 160 et 2400 mm.
- La fixation des godets sur la bande doit être particulièrement soignée pour éviter l'arrachement.
- Enfin, le pas ou la distance entre godets est également un paramètre important pour déterminer la capacité.

Caisson

-Le caisson métallique de l'élévateur peut être en une ou deux parties suivant le modèle.

Dispositif de tension

-Le dispositif de tension parallèle est du type contrepoids.

-Il garantit un guidage optimum entre la courroie et la poulie de renvoi du pied de l'élévateur.

Entrée de la matière

-La goulotte d'entrée est bien sûr dans la partie inférieure et est adaptée au type de convoyeur en amont, souvent une aéroglossière.

-Le chargement des godets se fait de deux manières différentes:

- ✓ Directement de la goulotte d'entrée pour les matières de grandes dimensions et abrasives (vitesse réduite)
- ✓ Par dragage de la matière dans le fond de l'élévateur pour les matières offrant peu de résistance à l'extraction comme le ciment

Pied de l'élévateur

-C'est à cet endroit que se trouve la poulie de renvoi.

-Cette poulie a généralement un diamètre inférieur à la poulie de transmission supérieure.

-Le pied de l'élévateur doit être pourvu d'amples ouvertures pour le nettoyage.

II.4.2 Aéroglossiers

-Les aéroglossiers sont un moyen de transport bien adapté aux matériaux en poudre.

-On les trouve dans tous les secteurs d'une cimenterie et particulièrement dans les installations de broyage, surtout autour du séparateur.

-C'est un moyen de transport fiable, relativement économique et ayant un potentiel de développement certain.

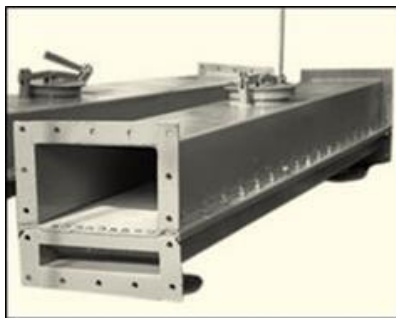


Fig.II.24 Aéroglossier

Historique du système

-Le système de transport par air fluidisé est une solution aux problèmes rencontrés avec les systèmes de transport par gravité.

-En effet, lorsqu'on voulait faire écouler de la matière d'un point A à un point B, on faisait face à l'angle de talus naturel de la matière (angle of repose en anglais).

-L'angle de talus naturel est l'angle obtenu lorsque la matière est en état d'équilibre permanent, c'est-à-dire, lorsque la matière prend naturellement une pente constante par rapport au plan horizontal.

Matière	Angle de talus naturel
Ciment Portland	30°-44°
Ciment aéré	10°-20°
Clinker	25°
Fly ash	42°
Anthracite < 3mm	20°
Calcaire < 3mm	33°

Fig.II.25 Angle de talus naturel pour certaines matières

-Pour résoudre le problème d'écoulement, il fallait donc dessiner des convoyeurs avec une pente supérieure à celle de l'angle de talus naturel de la matière, ce qui compliquait l'implantation.

-C'est pour ce motif qu'ont été inventés les systèmes par fluidisation de matière.

-l'angle de talus naturel du ciment a grandement diminué lorsqu'il est aéré

-Ce phénomène est illustré ci-dessous:

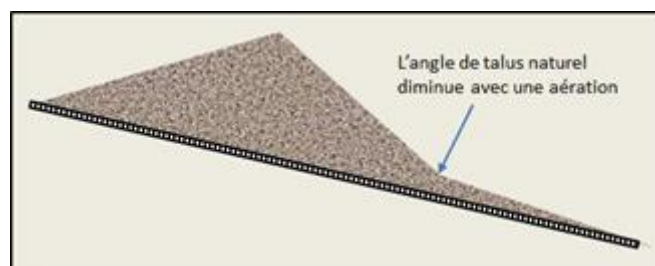


Fig.II.26 Convoyeurs avec une pente supérieure à l'angle de talus naturel

Principe de fonctionnement

-La technique pour réaliser le transport consiste essentiellement à maintenir un état aéré du matériau en vrac, à partir du moment où il est introduit dans l'extrémité supérieure du canal jusqu'à l'endroit où il est déchargé.

-L'aérogليسeur est un caisson métallique divisé en deux parties :

- La partie supérieure où se trouve la matière poudreuse fluidisée.
- La partie inférieure où se trouve l'air avec une pression comprise entre 250 et 500mmH₂O.

-Une membrane en tissu poreux se trouve entre les deux parties du caisson.

-L'air passe à travers un faux-fond ou une membrane constituée d'un matériau poreux approprié (polyester), qui s'étend sur toute la longueur de l'aérogليسeur.

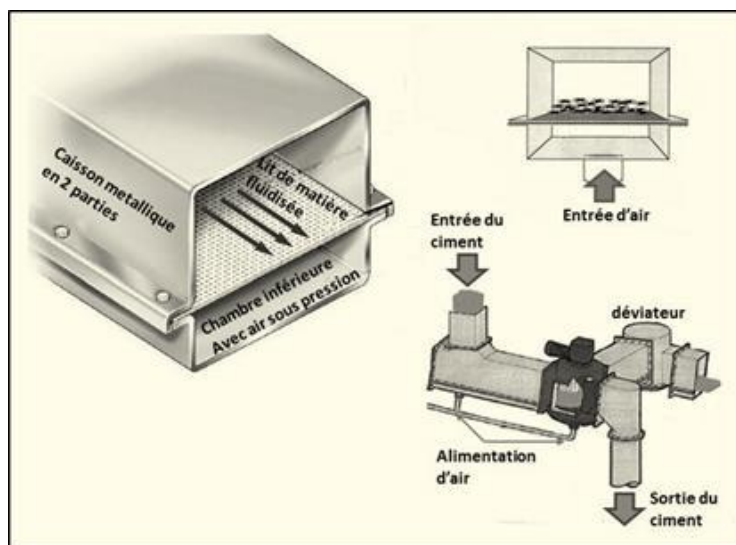


Fig.II.27 Principe de fonctionnement

- L'air de fluidisation, après passage à travers le lit de matière glissant sur la membrane, s'écoule sur la partie supérieure du lit de matière et est évacué à travers une unité de filtration appropriée.
- La matière est maintenue en mouvement par le flux d'air régulier, elle s'écoule librement vers le bas de la pente, même lorsque l'angle d'inclinaison est relativement faible.
- La quantité d'air utilisée est maintenue au minimum nécessaire pour réduire les forces inter-particulaires et les forces de frottement entre particules et surfaces des canaux internes, suffisante pour permettre l'écoulement du matériau.

II.4.3 Système de classification

Les séparateurs sont largement utilisés dans l'industrie du ciment, notamment dans les circuits de broyage. Fondamentalement, les séparateurs servent à distinguer les particules fines des particules grossières.

Les particules fines sont généralement collectées comme produit fini, tandis que les particules grossières sont renvoyées pour un broyage ultérieur. Le défi principal réside dans l'élimination complète des particules fines du flux de particules grossières et vice versa. Un séparateur efficace doit empêcher le surbroyage, évitant ainsi le gaspillage d'énergie.

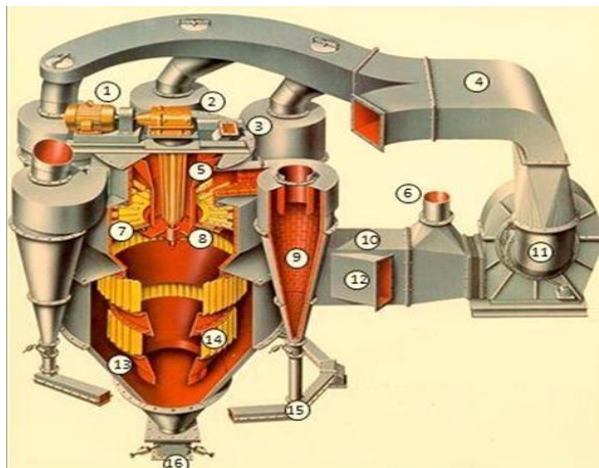


Fig.II.28 Séparateur dynamique

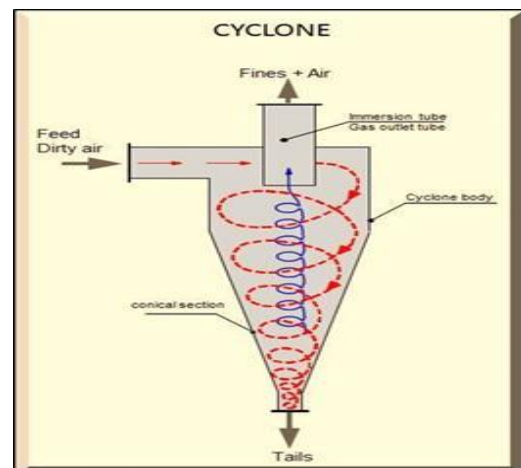


Fig.II.29 Séparateur statique

Il existe principalement deux types de séparateurs : les séparateurs statiques et les séparateurs dynamiques. La principale différence entre eux est que les séparateurs

statiques n'ont pas de pièces mobiles et ne peuvent être ajustés que par des modifications mécaniques.

II.4.4 Séparateurs de seconde génération

- Aussi appelés : séparateurs à cyclones.
- Comme pour la première génération, la matière à classer est dispersée dans la zone de séparation créée par un plateau de distribution.
- Le débit d'air nécessaire à la séparation est produit par un ventilateur externe.
- L'alimentation en matière est réalisée mécaniquement à l'aide de convoyeurs continus appropriés (aérogisseurs).
- Les fines sont dirigées vers des cyclones externes.
- Il y a une entrée d'air frais ainsi qu'une sortie d'air vers un filtre.
- Le ventilateur qui fait circuler l'air est d'une conception plus efficace et a une charge de poussière considérablement réduite.
- Ces séparateurs ont un meilleur rendement de séparation grâce au ventilateur externe et aux cyclones.

Comparaison entre les séparateurs à cyclones et les séparateurs classiques de première génération :

Le diagramme ci-dessous montre la surface spécifique (Blaine) produite pour atteindre un certain pourcentage de résidu sur 30 microns (De Duda Cement Data Book).

Par exemple, pour obtenir 20 % de refus sur 30 μm , un séparateur de type turbo doit produire un ciment de 3200 à 3900 Blaine, tandis qu'un séparateur à cyclones nécessite 3000 à 3600 Blaine.

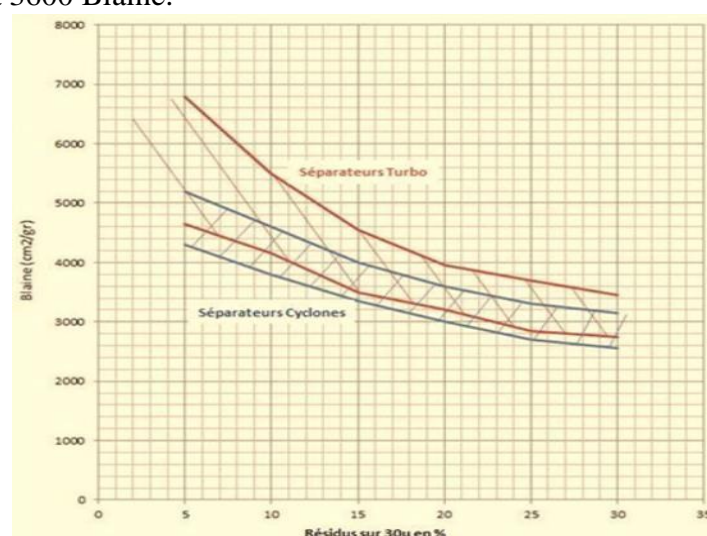


Fig.II.30 Séparateurs à cyclones vs séparateurs classiques de 1^{er} génération

Avantages des séparateurs dynamiques de 2ème génération

- Possibilité de réglages mécaniques.
- Capacité à traiter de très grands débits.
- Flexibilité pour produire des produits de différentes qualités.
- Meilleure efficacité par rapport aux séparateurs classiques.
- Moins de consommation d'énergie.
- Réduction de l'usure des équipements internes, notamment du ventilateur.

Désavantages des séparateurs dynamiques de 2ème génération

- Nécessitent plus d'espace.
- Moins efficaces que les séparateurs à cage.

Principe de fonctionnement du séparateur

- La matière est introduite par la partie supérieure du séparateur.
- Elle tombe sur un plateau de distribution et est dispersée dans l'air circulant.
- Un flux d'air est généré par un ventilateur externe et recyclé, avec une entrée régulée d'air frais.
- L'air est envoyé vers un filtre de dépoussiérage pour maintenir une dépression constante.
- La matière grossière est séparée par aspiration à l'intérieur du corps principal et sort par le fond conique du séparateur.
- Les particules fines sont récupérées par le flux d'air revenant vers la zone de séparation.
- L'air avec une certaine quantité de matière fine retourne vers la zone de séparation.
- Les particules fines sortent par le haut du séparateur et entrent dans les cyclones pour être séparées.
- La matière est récupérée dans les cyclones et sort par leur bas.
- L'air purifié, avec une faible teneur en poussières, est recirculé par le ventilateur.
- La vitesse d'écoulement de l'air dans ce type de séparateur est d'environ 30% de celle des séparateurs conventionnels.

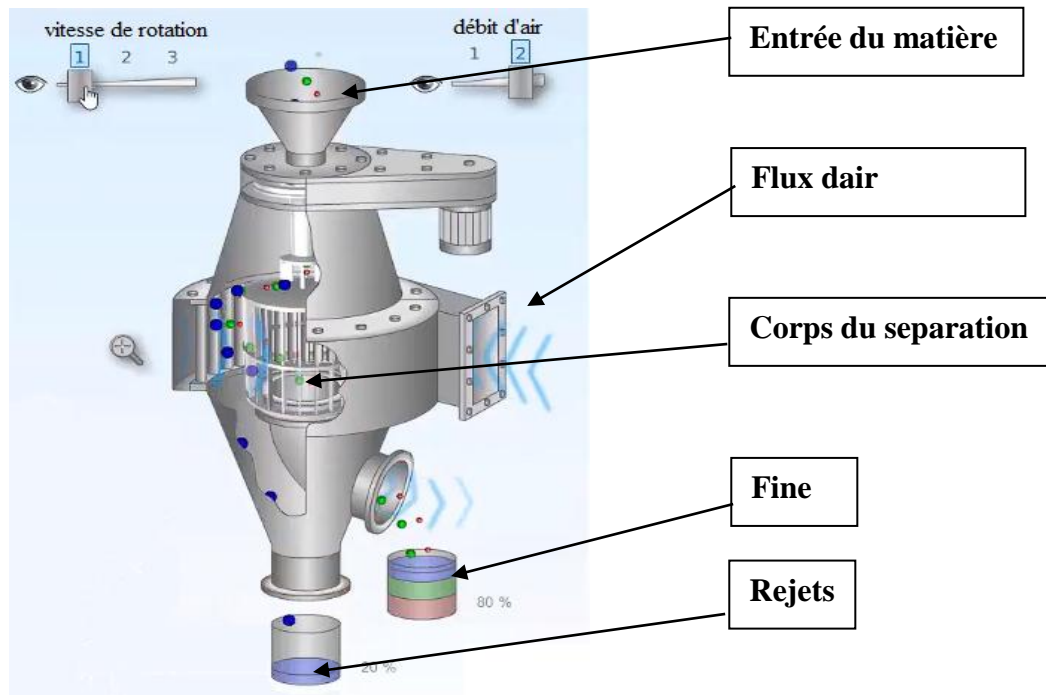


Fig.II.31 Animation du fonctionnement du séparateur

II.4.5 Cyclones

- Dans l'industrie de fabrication de ciment, les cyclones de grande taille sont utilisés fréquemment comme principaux équipements de processus dans de nombreux départements où il faut gérer un grand volume de gaz chargés de poussières.
- Le cyclone est un dispositif mécanique simple, couramment utilisé dans les circuits de broyage pour enlever les particules relativement grossières des gaz.
- Les cyclones sont souvent utilisés comme préfiltres pour éliminer plus de 80 % des particules supérieures à 20 μm de diamètre. Les plus petites particules échappant des cyclones peuvent alors être collectées par des équipements de contrôle plus efficaces, comme les filtres à manches et électrofiltres.
- Les cyclones sont relativement peu coûteux, car ils n'ont pas de pièces mobiles et ils sont faciles à utiliser.
- Le type le plus commun de cyclone est connu sous le nom de cyclone à flux inversé.

Avantage des cyclones

- Faible coût d'investissement
- Capacité à fonctionner à des températures et des pressions élevées
- Faibles exigences de maintenance car ils n'ont pas de pièces mobiles
- Chute de pression constante
- Peut séparer les particules solides et liquides, parfois les deux en même temps.

Désavantage des cyclones

- Faible efficacité surtout pour les très petites particules
- Coûts d'exploitation élevés en cas de forte chute de pression
- Les cyclones sont sujets à une usure prononcée ou à un colmatage si des matières abrasives sont traitées.

Principe d'opération

- La configuration en spirale de l'écoulement des gaz est déterminée par la manière dont le gaz est introduit.
- Le gaz entre par le côté de la paroi du corps du cyclone et tourne plusieurs fois en spirale vers le bas, formant ce qu'on appelle le vortex externe.
- Sous l'effet des forces centrifuges, les particules dans le gaz sont projetées radialement vers l'extérieur, contrecarrant le flux de gaz entrant et se déposant sur la surface intérieure du cyclone.
- À la partie inférieure du cyclone, les gaz changent de direction et montent en spirale vers le haut à travers le centre du tube, formant également un vortex interne.
- Ce mouvement spiralé, connu sous le nom de "vortex interne", transporte les particules fines avec l'air qui sortent du cyclone par le tube d'immersion.

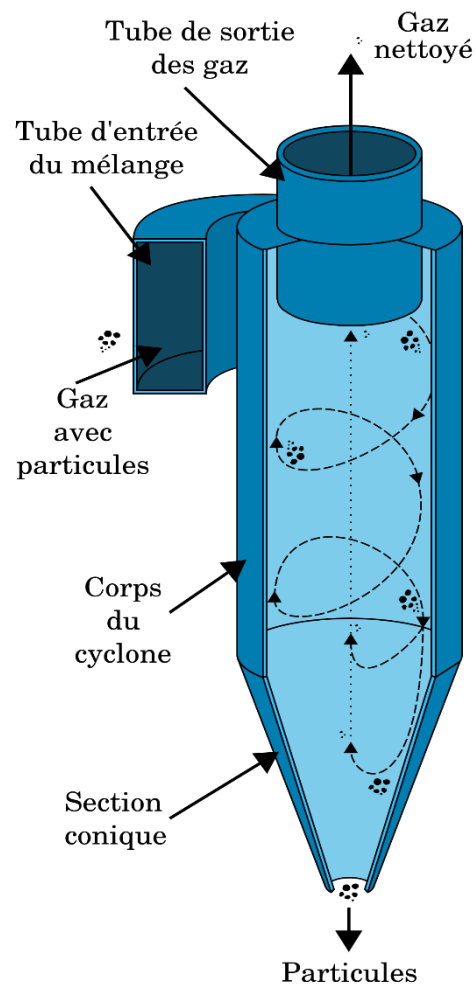


Fig.II.32 Principe de fonctionnement

II.4.6 Filtre à manche

Les filtres à manches sont des dispositifs de dépoussiérage utilisés en milieu industriel. Ils sont composés d'un caisson métallique dans lequel sont disposées des manches ou poches filtrantes qui, lorsque les gaz les traversent, retiennent les poussières.

Composants

Le filtre à manches est principalement constitué de :

- **Caisson métallique** : Un caisson de grande dimension peut être réalisé en plusieurs sections.
- **Médias filtrants** : Les plus utilisés sont les manches cylindriques qui effectuent la filtration.

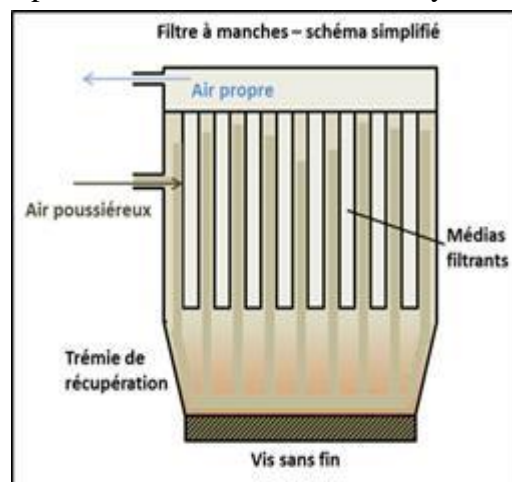


Fig.II.34 Filtre à manche

Trémie de récupération des poussières

Pour collecter les poussières séparées de l'air.

Système d'évacuation des poussières

Le plus souvent une vis sans fin, similaire aux électrofiltres.

Système de nettoyage des médias filtrants

Pour assurer l'efficacité continue de la filtration en enlevant les poussières accumulées sur les médias filtrants.

Il existe trois types de filtres à manches selon leur méthode de nettoyage :

- ✓ Filtres à nettoyage mécanique (shaker)
- ✓ Filtres à nettoyage par courant inverse (reverse-air)
- ✓ Filtres à nettoyage par air pulsé (pulse jet)

La tendance actuelle est à l'utilisation de manches verticales plutôt longues (> 5 m), avec un décolmatage par air pulsé, une captation des poussières côté externe et de

l'air qui circule de bas en haut. Aujourd'hui, les nettoyages par courant inverse et air pulsé sont les plus utilisés dans les cimenteries.

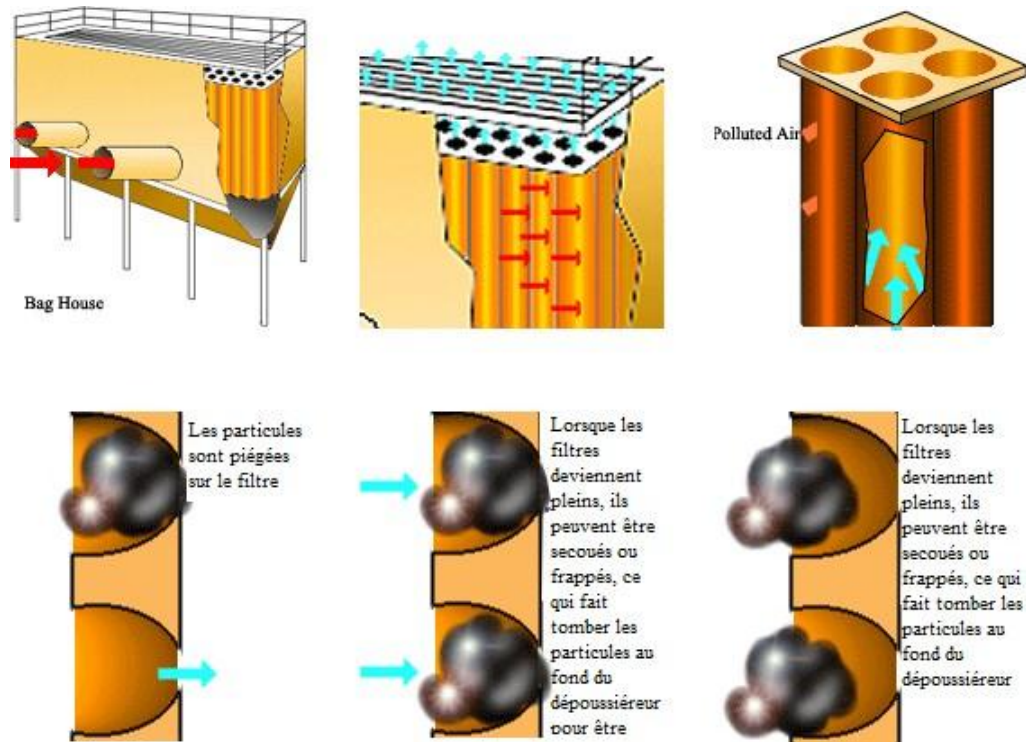


Fig.II.35 Schéma de fonctionnement

Principe de fonctionnement

- Le gaz chargé de poussière entre dans le filtre par la partie supérieure ou inférieure du caisson.
- Les gaz passent à travers les manches de l'extérieur vers l'intérieur (absorption externe) avec une vitesse d'environ 1,5 m/s et sont aspirés par le ventilateur placé en aval du collecteur de poussière.
- Dans un système alternatif, les gaz peuvent également traverser les manches filtrantes de l'intérieur vers l'extérieur (absorption interne).
- Le nombre de manches installées dépend bien sûr du débit de gaz à traiter.
- Avec le temps, il se forme une sorte de gâteau de poussières autour des manches filtrantes.
- Ce gâteau de matière contribue, contrairement à ce que l'on pourrait penser, à améliorer la filtration car il est poreux et seules des particules extra-fines peuvent le traverser.
- La chute de pression à travers la surface du filtre augmente avec l'accumulation des solides retenus et lorsqu'elle atteint une valeur limite, le flux de gaz est interrompu et la manche est nettoyée, envoyant les poussières au fond de la trémie de récupération.
- Afin de maintenir le flux de gaz à traiter durant la phase de nettoyage, le filtre est généralement divisé en plusieurs secteurs, chacun étant nettoyé de manière alternée tandis que les autres restent en fonctionnement.

- Les poussières sont ensuite récupérées par une vis sans fin et dirigées soit vers le produit fini, soit vers l'élévateur à godets pour être à nouveau traitées dans un séparateur.
- De l'autre côté, l'air propre (dépoussiéré) est évacué par une cheminée à l'aide d'un ventilateur de tirage (souvent centrifuge).

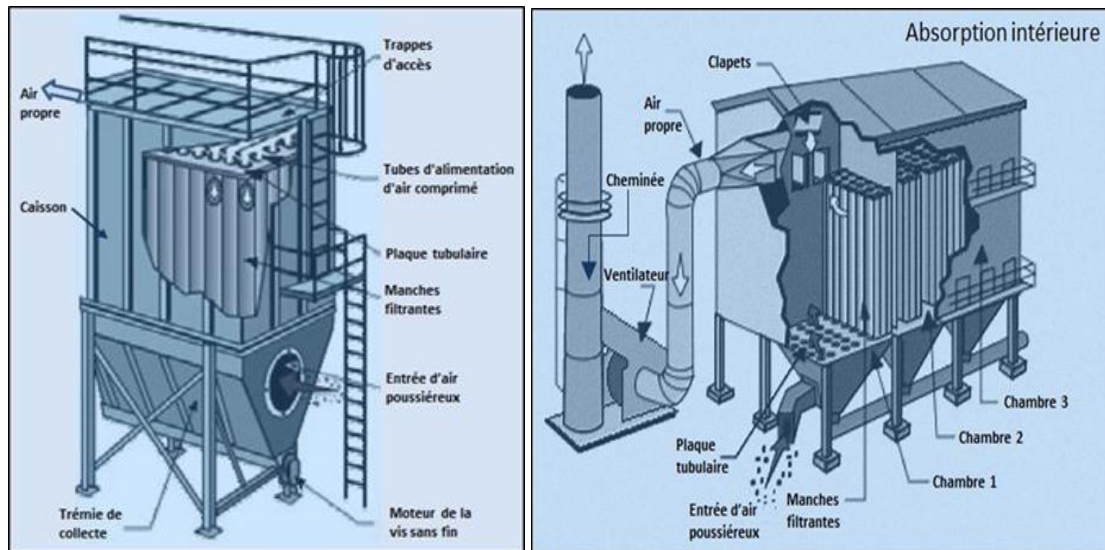


Fig.II.36 Absorption externe et interne d'air poussiéreux

Mécanismes de la filtration

La filtration est réalisée grâce à l'effet combiné de cinq mécanismes :

Gravité

- Applicable uniquement aux particules les plus grossières.

Impact ou force d'inertie

- Les particules solides entraînées par le gaz, en raison de leur masse, ne suivent pas la trajectoire du gaz lorsqu'il contourne un obstacle, mais vont directement frapper l'obstacle lui-même (prédominant pour les particules > 1 micron).

Interception

- Les particules solides suivent la trajectoire du gaz autour de l'obstacle et sont interceptées à une distance inférieure à leur rayon par rapport à l'obstacle (principalement pour les particules entre 0,2 et 1 micron).

Effet brownien

- Les particules très fines, en raison de leur mouvement brownien, peuvent entrer en collision avec d'autres molécules de gaz, s'écarter de leur trajectoire et atteindre l'obstacle (principalement pour les particules $< 0,2$ micron).

Forces électrostatiques

- La présence d'une charge électrostatique sur les particules et sur le filtre peut augmenter la captation de la poussière.

Le schéma ci-dessous est inspiré de Klingspor et Vernon, 1988.

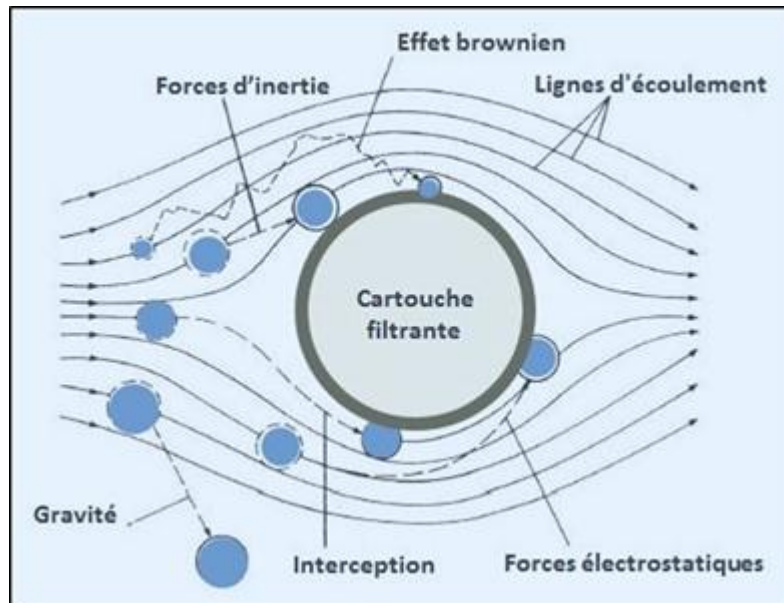


Fig.II.37 Mécanismes de filtration

Méthodes de nettoyage

Il existe trois méthodes pour nettoyer les cartouches filtrantes :

Le système mécanique (shaker)

- Les cartouches sont nettoyées par un mouvement mécanique de secouage pour éliminer la poussière accumulée.

Le système par courant inverse (reverse-air)

- Le flux d'air est inversé à travers les cartouches pour éliminer la poussière accumulée.

Le système par air pulsé (pulse jet)

- Les cartouches sont nettoyées par des impulsions d'air comprimé pour éliminer la poussière accumulée.

Le système mécanique

- Il est réalisé par secouage ou vibration des manches.

- Il existe trois moyens :

- ✓ Chocs mécaniques
- ✓ Oscillation
- ✓ Ondes sonores de basse fréquence

- Ce système est utilisé uniquement pour les manches à absorption interne.

- Il sollicite beaucoup les manches.

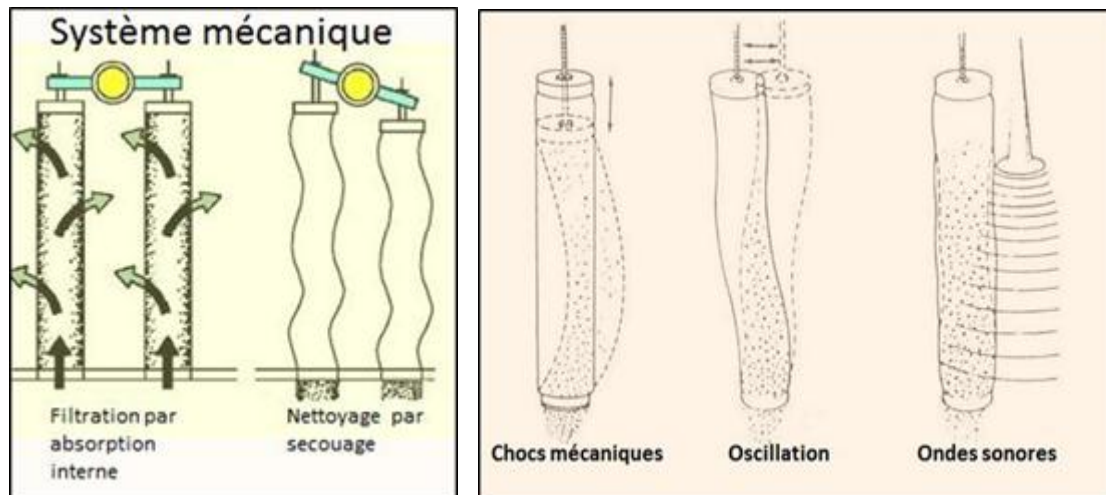


Fig.II.38 Filtration mécanique

Le système par courant inverse

On fait passer un air dépoussiéré dans le sens contraire du fonctionnement normal.

Ce système exige donc l'isolement des manches à décolmater.

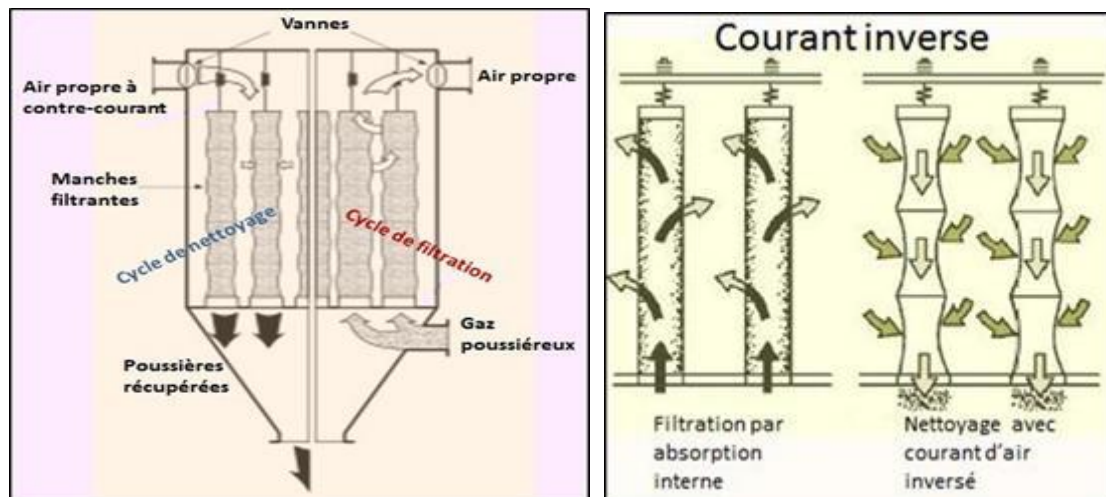


Fig.II.39 Filtration par courant inverse

Le système par air pulsé

- Ce système ne peut être utilisé qu'avec des manches à absorption extérieure.
- Un jet d'air à 6-7 bars est envoyé périodiquement à l'intérieur de chaque manche, ce qui génère une onde de pression qui provoque l'élargissement brusque du tissu filtrant et détache la matière collée.
- Il ne nécessite pas l'isolement des cartouches à être traitées.
- Les cartouches sont peu sollicitées.

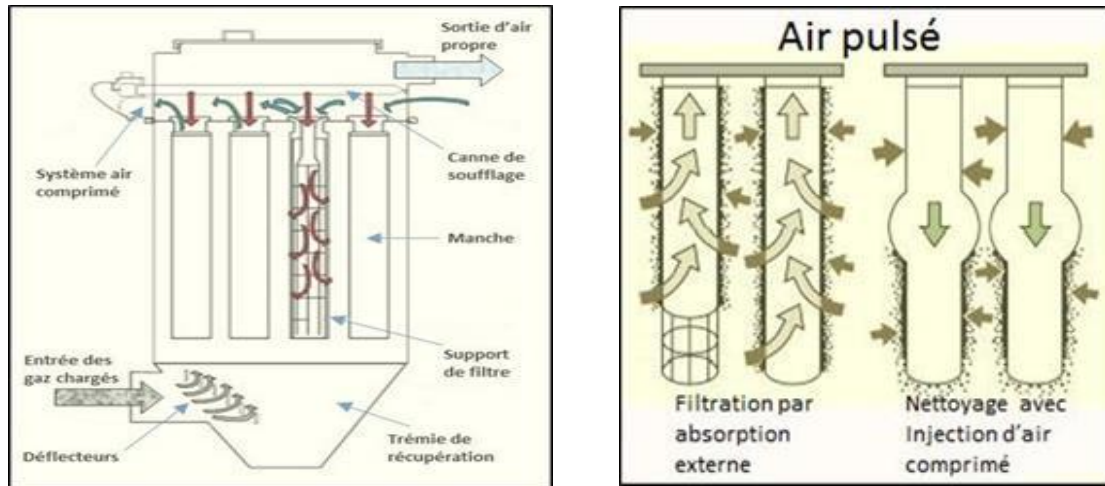


Fig.II.40 Filtration par air pulsé

Avantages et inconvénients des différents systèmes

Le système mécanique

Avantages

- A une faible perte de charge pour des rendements de filtration équivalents.
- Offre un rendement de filtration élevé pour les poussières respirables.
- Peut utiliser des sacs résistants qui peuvent supporter un cycle de nettoyage intensif.

Inconvénients

- A une faible vitesse de filtration (0,45 à 0,6 m/min).
- Ne peut être utilisé à des températures élevées.
- Nécessite un grand espace.
- Requiert un grand nombre de manches filtrantes.
- Comprend de nombreuses pièces mobiles et nécessite un entretien fréquent.
- Le remplacement des sacs nécessite que le personnel entre dans le dépoussiéreur, créant un risque d'exposition à des poussières toxiques.
- Peut entraîner une efficacité de nettoyage réduite en cas de légère pression positive à l'intérieur des sacs.

Le système par courant inverse

Avantages

- A une faible perte de charge pour des rendements de filtration équivalents.
- Offre un rendement de filtration élevé pour les poussières respirables.
- Préféré pour les températures élevées en raison de son action de nettoyage douce.

Inconvénients

- A une faible vitesse de filtration (0,3 à 0,6 m/min).
- Ne dispose d'aucun moyen efficace pour éliminer l'accumulation de poussière

résiduelle.

- Nécessite un nettoyage fréquent pour compenser le nettoyage insuffisant.
- L'air de nettoyage doit être filtré.
- Le remplacement des sacs nécessite que le personnel entre dans le dépoussiéreur, créant un risque d'exposition à des poussières toxiques.

Le système par air pulsé

Avantages

- Peut avoir une vitesse de filtration élevée (1,8 à 3 m/min).
- Offre un rendement très élevé et minimise l'accumulation de poussière résiduelle grâce à un nettoyage agressif.
- A un rendement de filtration élevé pour les poussières respirables.
- Peut effectuer un nettoyage en continu.
- Peut utiliser des manches résistantes qui supportent un cycle de nettoyage intensif.
- Présente une usure des manches plus faible.
- Occupe moins d'espace en raison de la vitesse de filtration plus élevée.
- Certains modèles permettent le remplacement des sacs sans nécessiter l'entrée dans le filtre.

Inconvénients

- Ne peut être utilisé facilement à des températures élevées sauf avec des tissus spéciaux.
- Nécessite de l'air comprimé sec.
- Ne peut être utilisé en cas de taux d'humidité élevé dans les gaz.

II.5 Conclusion

L'atelier de broyage de ciment joue un rôle important dans la production de ciment, transformant le clinker en un produit fini utilisable pour diverses applications de construction.

Ce processus comprend plusieurs étapes importantes telles que le broyage du clinker, l'ajout de matériaux supplémentaires comme le gypse pour réguler le temps de prise, et le contrôle rigoureux de la qualité pour garantir la conformité aux normes de l'industrie.

CHAPITRE III

Usure et son effet sur
l'efficacité du broyage

III.1 Introduction

L'usure se réfère à la détérioration progressive des matériaux causée par des interactions mécaniques, telles que la friction, la corrosion, et l'abrasion. Dans le contexte des équipements de broyage de ciment, l'usure peut se manifester par la dégradation des broyeurs, des plaques de blindage, des médias de broyage (comme les boulets), et d'autres composants critiques.

III.2 Causes et influences de l'usure sur l'atelier de broyage

III.2.1 usures au niveau de broyeur

Causes

Abrasion : Le frottement continu des matériaux abrasifs contre les surfaces des organes de broyeur (blindage, boulets) provoque une érosion mécanique des composants.

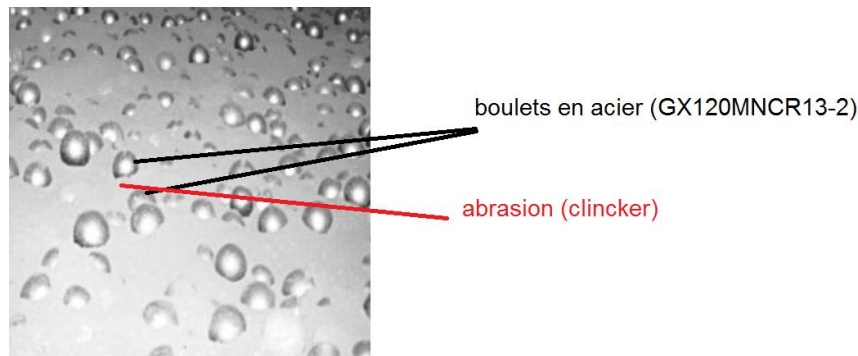


Fig.III.1 Usure abrasif des boulets due au clinker

Impact : Les forces d'impact répétées sur les surfaces des machines, en particulier dans les broyeurs à boulets et les broyeurs à percussion, causent des dommages et de l'usure.

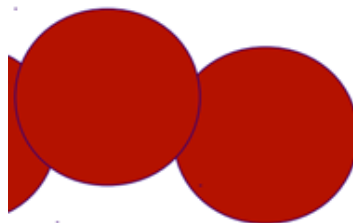


Fig.III.2 impact entre les boulets

Corrosion : le jet d'eau dans le broyeur et les environnements humides ou chimiques peuvent provoquer la corrosion des équipements de broyage, accélérant ainsi leur usure.

Fatigue des matériaux : L'exposition répétée à des charges cycliques peut entraîner des fissures et une dégradation progressive des matériaux des équipements.

Chaleur : La chaleur générée par le frottement peut provoquer des modifications structurelles dans les matériaux des équipements, affectant leur dureté et leur résistance à l'usure.

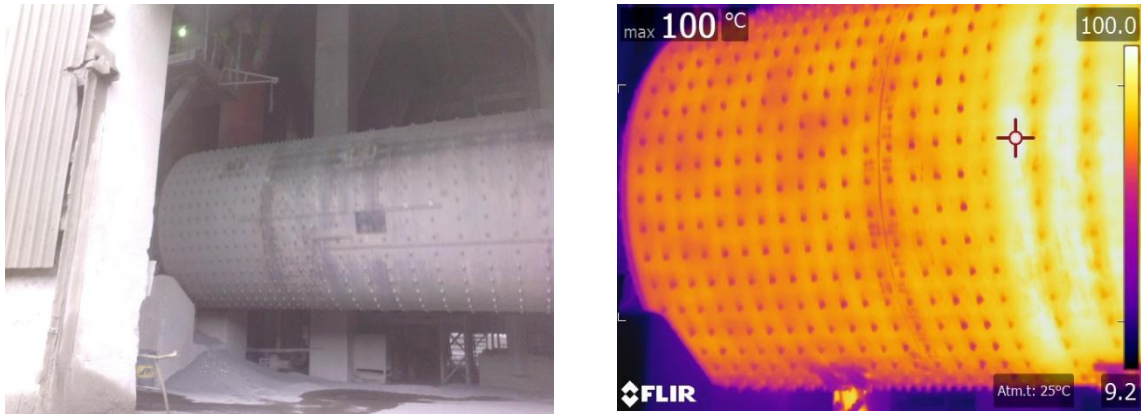


Fig.III.3 Effet d'augmentation de la température

NB : La température augmente dans la zone médiane en raison du frottement des pellets avec la grille intermédiaire

III.2.2 Effets de l'usure sur l'efficacité du broyeur

Diminution de la capacité de broyage

Les blindages du broyeur sont conçus pour protéger le cylindre du broyeur et pour aider à la levée et à la chute des corps broyant. Lorsque ces blindages s'usent, leur capacité à soulever les corps broyant diminue, ce qui réduit l'efficacité du broyage.

Les corps broyant (comme les billes en acier) perdent de leur masse et de leur forme optimale, ce qui réduit leur capacité à fragmenter les particules de clinker de manière efficace.

Augmentation de la consommation d'énergie

L'usure entraîne des irrégularités et des aspérités sur les surfaces de broyage, augmentant la résistance au mouvement des matériaux à broyer. Cette résistance accrue nécessite une plus grande consommation d'énergie pour maintenir la même capacité de broyage.

En raison de l'usure, le broyeur peut nécessiter plus de temps et d'énergie pour atteindre la granulométrie souhaitée des matériaux broyés.

Qualité du produit fini

L'usure peut entraîner des variations dans la taille des particules du produit fini, affectant ainsi la qualité du ciment. Une granulométrie plus hétérogène peut nuire aux propriétés du ciment, telles que sa résistance et sa maniabilité.

L'usure des composants métalliques peut introduire des particules métalliques dans le ciment, compromettant ainsi sa pureté et ses propriétés chimiques.

Coûts de maintenance et temps d'arrêt

Les composants usés doivent être remplacés plus fréquemment, augmentant ainsi les coûts de maintenance.

Les interruptions de production pour la maintenance et le remplacement des pièces usées peuvent réduire la disponibilité du broyeur et diminuer la production globale.

III.3 Usures au niveau de pompe à vis

III.3.1 Construction

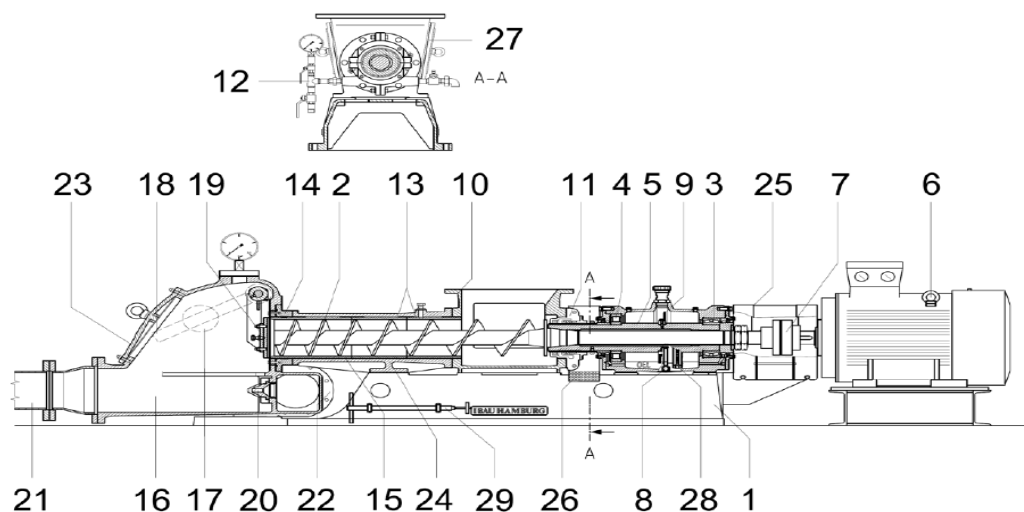


Fig. III.4 Schéma de la pompe à vis

Position	Désignation
1	Cadre
2	Vis transporteuse
3	Palier fixe
4	Palier libre
5	Douille d'arbre
6	Moteur
7	Accouplement
8	Indicateur de niveau d'huile
9	Palette à huile
10	Carter d'entrée
11	Presse-étoupe
12	Conduite d'air de barrage
13	Douilles d'usure
14	Cône
15	Douille d'usure cylindrique
16	Chambre de sortie
17	Contrepoids
18	Levier de clapet
19	Clapet anti-retour
20	Buses
21	Tuyauterie de transport
22	Fausse bride
23	Couvercle d'inspection
24	tube de vis sans fin
25	Protection d'accouplement
26	Couvercle de protection de douille d'arbre
27	Couvercle d'inspection
28	Thermomètre
29	Extracteur d'aile finale

Tableau.III.1 Eléments de la pompe à vis

III.3.2 Description du fonctionnement

Le principal composant de la pompe à vis est une vis sans fin à rotation rapide, sa vitesse de rotation va de 750 à 1000 tr/min pour un fonctionnement 50 Hz et de 900 à 1200 tr/min pour un fonctionnement 60 Hz.

Cette vis sans fin à rotation rapide sert à refouler le produit en continu, de la chambre d'admission de produit hors pression jusqu'à dans la chambre de sortie sous pression et dans la conduite de refoulement en aval. La vis sans fin et le produit, combinés à la douille annulaire d'usure et au clapet anti-retour, assurent l'étanchéité entre les deux chambres.

Lors du fonctionnement, le produit refoulé en continu entraîne l'ouverture du clapet anti-retour avant de parvenir dans la chambre de sortie

Il est ensuite mêlé à l'air comprimé par le biais des buses et transféré à la tuyauterie de transport.

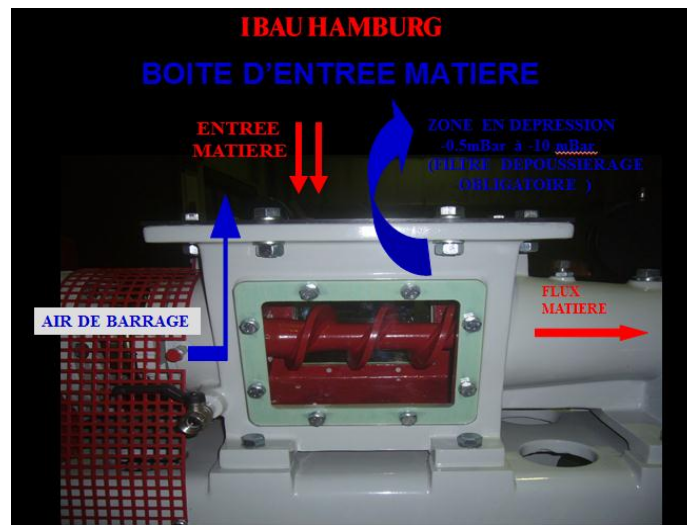


Fig.III.5 Boîte d'entrée matière

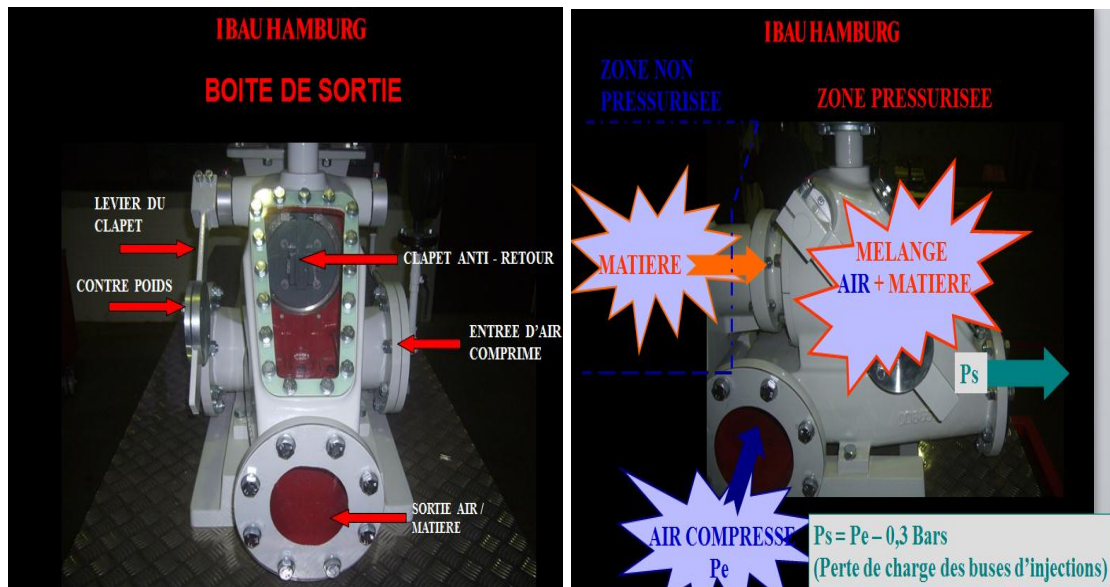


Fig.III.6 Boîte d sortie matière

III.3.3 cause d'usure de la pompe

L'usure d'une pompe à vis de ciment peut être causée par plusieurs facteurs. Voici les principaux:

Abrasion : Les particules de ciment sont abrasives et peuvent user les surfaces internes de la pompe, y compris la vis et le corps de la pompe. L'usure abrasive est souvent accentuée par la dureté des particules de ciment.

Corrosion : Les composants de la pompe peuvent être soumis à la corrosion, surtout s'ils sont exposés à de l'eau ou à des environnements chimiques agressifs. La combinaison de l'abrasion et de la corrosion peut accélérer l'usure.

Fatigue des matériaux: La répétition des charges cycliques sur la pompe à vis peut provoquer une fatigue des matériaux, entraînant des fissures et, éventuellement, une rupture des composants.

Mauvais alignement: Un alignement incorrect de la pompe peut provoquer des forces déséquilibrées, ce qui entraîne une usure prématurée des roulements et des joints.

Lubrification insuffisante: Une lubrification inadéquate des composants mobiles de la pompe peut entraîner une friction excessive, augmentant ainsi l'usure.

Contaminants: La présence de contaminants dans le ciment ou dans le fluide pompé peut également contribuer à l'usure. Des particules étrangères peuvent provoquer des dommages aux surfaces de contact et aux roulements.

Température élevée: Des températures de fonctionnement élevées peuvent entraîner la dégradation des matériaux, affecter les propriétés de lubrification et accélérer l'usure.

Observation une élévation de température due à la forte pression qui concentre le matériau cimentaire, qui est poussé par la vis d'un côté et le clapet de dosage de l'autre côté.



Fig.III.7 Température à la sortie de la pompe à vis

III.4 Effets de l'usure sur l'efficacité des pompes à vis de ciment

III.4.1 Diminution de la capacité de transport

Usure des vis : La vis (ou hélice) de la pompe, étant en contact constant avec le ciment abrasif, s'use avec le temps. Cette usure réduit la capacité de la vis à transporter efficacement le matériau.

Érosion des surfaces internes : Les surfaces internes du tube de la pompe peuvent également s'user, ce qui augmente l'espace entre la vis et le tube, réduisant ainsi l'efficacité du transport.

III.4.2 Réduction de l'efficacité de dosage

Précision de dosage diminuée : Une vis usée ne transporte pas le ciment de manière uniforme, ce qui peut entraîner des variations dans les quantités dosées. Cela affecte la précision du dosage et par conséquent, la qualité du mélange de ciment.

III.4.3 Augmentation de la consommation d'énergie

Frottement accru : L'usure augmente la rugosité des surfaces en contact, ce qui accroît le frottement et nécessite plus de puissance pour faire tourner la vis, augmentant ainsi la consommation d'énergie.

Efficacité mécanique réduite : La détérioration des surfaces en contact réduit l'efficacité mécanique de la pompe, nécessitant plus d'effort pour transporter le même volume de ciment.

III.4.4 Maintenance et coûts opérationnels accrus

Remplacements fréquents : Les composants usés, comme les vis et les tubes, doivent être remplacés régulièrement, ce qui augmente les coûts de maintenance.

Temps d'arrêt : Les interruptions nécessaires pour effectuer la maintenance et les remplacements réduisent la disponibilité de la pompe et augmentent les coûts opérationnels.

III.4.5 Qualité du produit fini

Contamination : L'usure des composants métalliques peut introduire des particules de métal dans le ciment, compromettant la pureté et la qualité du produit final.

III.5 Usures au niveau de séparateur

III.5.1 Conceptions

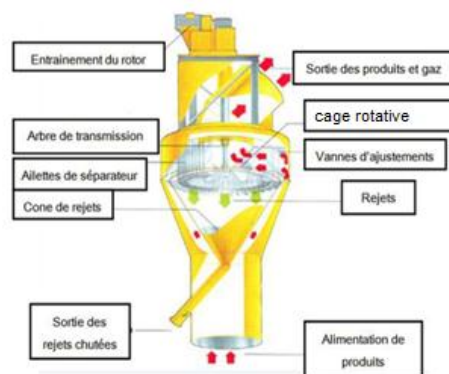


Fig.III.8 Schéma de séparateur

III.5.2 Principe de fonctionnement

Introduction du Mélange

Le mélange de ciment broyé (ciment fini et particules grossières) est introduit dans le séparateur.

Flux d'Air

Un flux d'air est créé à l'intérieur du séparateur par un ventilateur. Ce flux d'air joue un rôle crucial dans la séparation des particules.

Séparation des Particules

Les particules de ciment sont entraînées par le flux d'air vers le haut du séparateur. En fonction de leur taille et de leur poids, les particules réagissent différemment au flux d'air :

- ✓ Les particules fines, plus légères, sont entraînées par le flux d'air vers le haut et sortent du séparateur avec l'air.
- ✓ Les particules grossières, plus lourdes, tombent vers le bas du séparateur sous l'effet de la gravité et de leur inertie.

Collecte des Particules

Les particules fines sont collectées par des cyclones ou des filtres et sont envoyées vers les silos de stockage comme produit fini. Les particules grossières retournent au broyeur pour être re-broyées jusqu'à atteindre la finesse désirée.

III.5.3 Types d'usure

L'usure au niveau d'un séparateur de ciment peut être attribuée à plusieurs facteurs. Voici les principales causes :

- 1. Abrasion des particules de ciment :** Le ciment est composé de particules fines et abrasives qui peuvent user les surfaces internes du séparateur, y compris les pales, les conduits et les parois.
- 2. Erosion due à la vitesse élevée de l'air :** Dans un séparateur de ciment, les gaz transportant les particules de ciment se déplacent à grande vitesse. Cette vitesse élevée peut provoquer l'érosion des surfaces exposées, surtout dans les zones où les gaz changent de direction brusquement.
- 3. Impact des grosses particules :** Parfois, des particules de ciment plus grosses peuvent entrer dans le séparateur et frapper les surfaces internes avec une force suffisante pour provoquer l'usure par impact.

4. Corrosion : Si le ciment ou les gaz contiennent des substances corrosives, cela peut entraîner une dégradation chimique des matériaux du séparateur, en plus de l'usure mécanique.

5. Fatigue des matériaux : Les vibrations et les variations de charge dans le séparateur peuvent provoquer une fatigue des matériaux, ce qui peut conduire à des fissures et à une usure prématurée.

6. Contaminants : La présence de contaminants, tels que des particules métalliques ou d'autres débris, peut également contribuer à l'usure en causant des dommages mécaniques supplémentaires.

7. Température élevée : Les températures élevées peuvent modifier les propriétés des matériaux utilisés dans le séparateur, rendant certaines zones plus susceptibles à l'usure et à l'érosion.

8. Mauvais entretien : Un entretien insuffisant peut entraîner une accumulation de dépôts et de matériaux indésirables à l'intérieur du séparateur, ce qui peut provoquer une usure accélérée.

III.6 Effets de l'usure sur l'efficacité des séparateurs de ciment

III.6.1 Diminution de la précision de la separation

Usure des palettes et des rotors : Les palettes et les rotors du séparateur s'usent au fil du temps, ce qui réduit leur capacité à générer des flux d'air précis nécessaires pour une séparation efficace des particules. Cette usure entraîne une diminution de la précision de la séparation, avec plus de particules fines retournant au broyeur et des particules grossières passant dans le produit final.

Érosion des surfaces internes : L'érosion des surfaces internes du séparateur, telles que les conduits et les parois, modifie les caractéristiques de flux d'air, réduisant ainsi l'efficacité de la séparation.

III.6.2 Augmentation de la consommation d'énergie

Résistance accrue : L'usure crée des irrégularités et des aspérités sur les surfaces internes, augmentant la résistance au flux d'air. Cela nécessite plus d'énergie pour maintenir le même débit d'air et le même niveau de séparation.

Efficacité aérodynamique réduite : La détérioration des composants du séparateur diminue son efficacité aérodynamique, nécessitant plus d'effort pour atteindre les mêmes performances de séparation.

III.6.3 Impact sur la qualité du produit fini

Granulométrie non uniforme : Un séparateur usé ne peut pas classer correctement les particules de ciment, ce qui entraîne une granulométrie non uniforme du produit final. Cela peut affecter les propriétés mécaniques et de maniabilité du ciment.

Contamination : L'usure des composants métalliques peut introduire des particules métalliques dans le ciment, compromettant sa pureté et ses propriétés chimiques.

III.6.4 Coûts de maintenance et temps d'arrêt

Remplacements fréquents : Les composants usés du séparateur doivent être remplacés régulièrement, ce qui augmente les coûts de maintenance.

Temps d'arrêt : Les interruptions nécessaires pour effectuer la maintenance et les remplacements réduisent la disponibilité du séparateur et, par conséquent, diminuent l'efficacité globale du circuit de broyage.

III.7 Conclusion

L'usure est principalement causée par le frottement et l'impact des particules de clinker et des corps broyant (billes, cylindres) contre les surfaces des équipements. Elle affecte divers composants du broyeur tel que les blindages, les séparateurs, les broyeurs eux-mêmes et les équipements de transport.

Plusieurs facteurs contribuent à l'usure, notamment la dureté et la taille des matériaux broyés, la vitesse de rotation du broyeur, la conception des équipements et les conditions de fonctionnement (humidité, température, etc.).

L'usure excessive peut entraîner une diminution de l'efficacité du broyage, une augmentation de la consommation d'énergie, des interruptions de production pour maintenance et remplacement des pièces usées, et par conséquent, une hausse des coûts d'exploitation.

CHAPITRE IV

Diagnostic de l'usure et
l'optimisation l'opération de
broyage

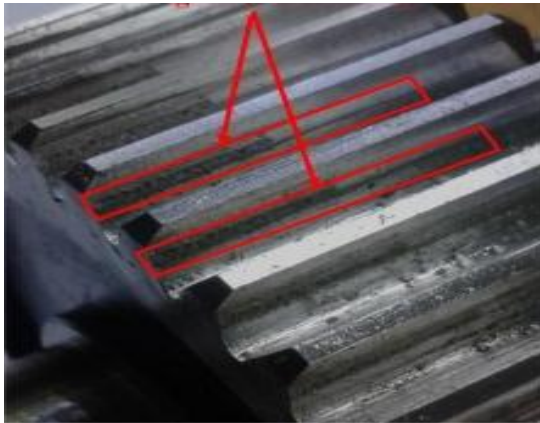
IV.1 Introduction

Le diagnostic de l'usure, que ce soit pour des pièces mécaniques, des équipements industriels, ou même des composants électroniques, nécessite une évaluation attentive et méthodique.

IV.2 Procédure de diagnostic

IV.2.1 Inspection Visuelle

Examiner les pièces pour détecter des signes visibles d'usure, tels que des fissures, des éclats, des déformations, des abrasions ou de la corrosion.



*Fig.IV.1 Présence d'usure adhésive
(Pignon de réducteur de séparateur)*



*Fig.IV.2 Présence d'usure abrasive
(Nés de vis de pompe transporteuse)*

IV.2.2 Contrôle par appareils de mesure

Vérification des Tolérances

Mesurer les dimensions des composants et comparer avec les spécifications d'origine pour détecter toute déviation.

Au niveau des boulets de broyage



*Fig.IV.3 Mesure des boulets de broyage 50 mm
Avant le fonctionnement*



*Fig.IV.4 Mesure des boulets après 4 mois
de fonctionnement*

Et pour optimiser l'efficacité de broyage cela nécessite un remplacement complet des boulets.

Au niveau de pompe à vis

Après l'inspection, il a été constaté qu'il y avait un changement dans les dimensions de la vis de la pompe en raison d'usure abrasive.

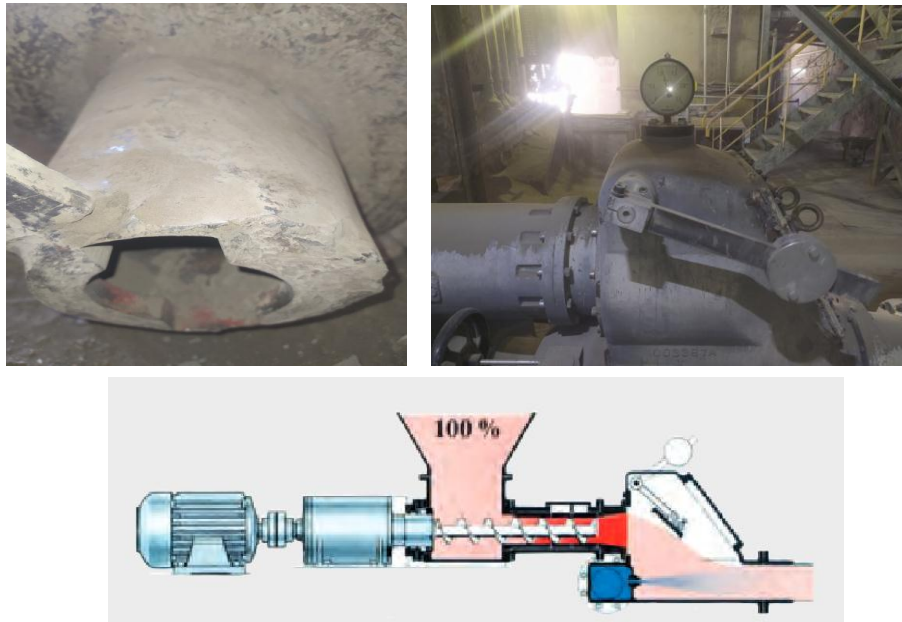


Fig.IV.5 Pompe à vis

Pour optimiser la performance d'une pompe à vis affectée par une usure avec un jeu TS inférieur à 10 mm et $ge/gs = 12.6$ et 12.8 mm par rapport a seuil, on peut envisager l'utilisation de revêtements spécifiques comme le Densit.

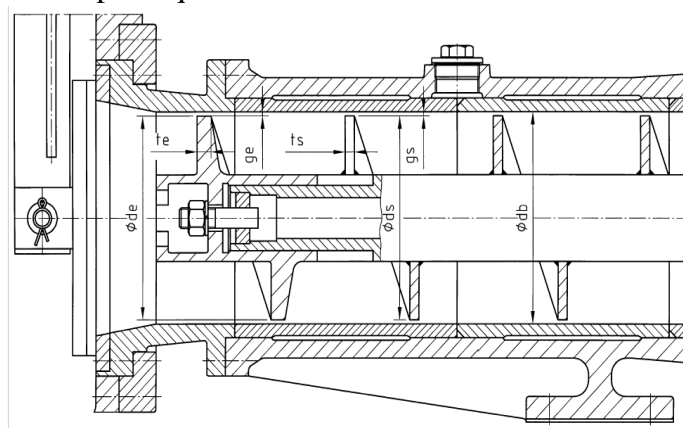


Fig.IV.6 Schéma au-dessus d'une pompe à vis

	Cote de fabrication		Nés de vis					Vis transporteuse
	de/ds mm	db mm	ge/gs	tec	ted	tes	tesa	TS
Pompe à vis				Font dur	densit	acier	Acier bliné	
Model								
300	302.5-303.5	308-308.5	10-12 mm	8-10 mm	18-19 mm	9-10 mm	15-16 mm	10-11 mm

Tableau.IV.1 Plan des jeux de fonctionnement référentiel

Le densit est un revêtement est connu pour offrir une protection supérieure contre l'usure, même à des températures élevées allant jusqu'à 400 °C.

PROPRIÉTÉS	NORME	DENSIT® WEARFLEX 2000
Densité - kg/m ³ (lb/ft ³)	EN 1015-6	2900 (181)
Résistance à la compression - MPa	EN 12190	160
Résistance à la flexion - MPa	EN 196-1	20
Module d'élasticité dynamique - MPa	EN	70-80 10 ³
Retrait de coulée - vol. %		0.2
Conductivité thermique - W/m°C		1.5
Coeff. de dilatation thermique - 1/°C (1/°F)	EN 1770	10x10 ⁻⁶ (5.6x10 ⁻⁶)
Capacité thermique - KJ/kg°C		0.9-1.0
Température maximale de service - °C (°F)		400 (750)
Résistance à l'abrasion - cm ³ /50cm ²	DIN 52108	0.5-1.0
Résistance à l'érosion - min/cm ³		130
Composition chimique - % CaO	EN 196-10	18
% SiO ₂		25
% Al ₂ O ₃ + TiO ₂		55
% Fe ₂ O ₃		<0.2
% Cr ⁶⁺		<0.0002
Taille du sac - kg		25
Poids du sac - kg		1250

Tableau.IV.2 Tableau montrant les propriétés physiques de la matière et sa composition chimique

L'opération d'optimisation de la pompe

1. Préparation des Surfaces

Nettoyage et Décapage : Nettoyer soigneusement les surfaces usées pour éliminer toute saleté, graisse ou résidus. Utiliser des solvants appropriés si nécessaire.

Décapage Mécanique : Si nécessaire, utiliser des méthodes mécaniques comme le sablage pour préparer la surface, assurant une meilleure adhérence du revêtement.

2. Application du Revêtement Densit

Choix du Produit : Sélectionner le type de revêtement Densit le plus adapté aux conditions de fonctionnement de la pompe (par exemple, Densit WearSpray, Densit WearFlex, etc.).

Application : Suivre les instructions spécifiques du fabricant pour l'application du revêtement :

Mélange : Préparer le mélange de Densit conformément aux spécifications du fabricant.

Application : Appliquer le revêtement uniformément sur les surfaces usées à l'aide des outils appropriés (brosse, rouleau, pulvérisateur).

Épaisseur du Revêtement : Veiller à appliquer le revêtement à une épaisseur uniforme 5,5 mm assurant une protection adéquate sans affecter le fonctionnement de la pompe.



Fig.IV.7 Application du Revêtement Densit

Séchage et Durcissement

Conditions de Séchage : Laisser le revêtement sécher selon les recommandations du fabricant, en tenant compte des conditions environnementales (température, humidité).

Analyse des Performances

Évaluer le fonctionnement de l'équipement pour identifier toute diminution de performance qui pourrait indiquer une usure.

Tests Non Destructifs (TND)

Utiliser des techniques telles que l'ultrason, la radiographie, la thermographie, ou les courants de Foucault pour détecter des défauts internes sans endommager les pièces.

Dans cas de cimenterie de SOUR ELGHOZLANE utiliser contrôle par ultrason.

A-Matériel utilisé

- Appareil à ultrasons type impulsion-écho, détecteur de défauts marque. (Kraût Kramer USM 36)
- Palpeur droit émetteur/récepteur fréquence 4 Mhz.
- Palpeur miniature à angle 45° fréquence 4 Mhz dimensions (8 x 9) mm.
- Couplant : Huile

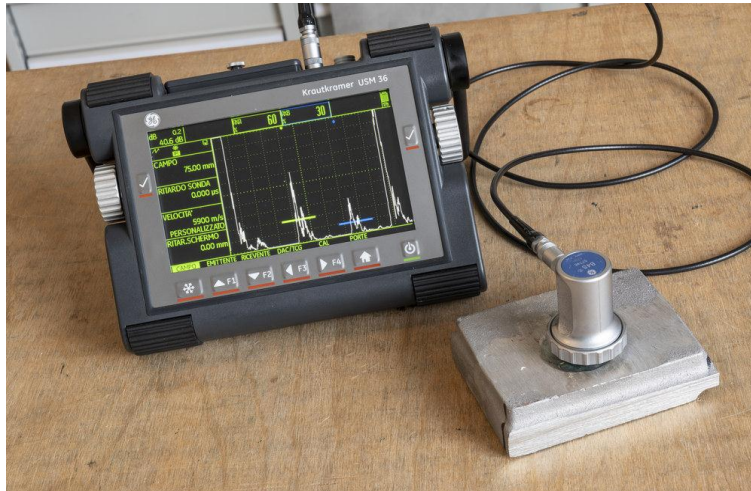


Fig.IV.8 Appareil à ultrasons marque Krautkramer USM 36 avec Palpeur droit

B- champs d'expertise

Zones d'exploration et plan de sondage (tourillon de broyeur)

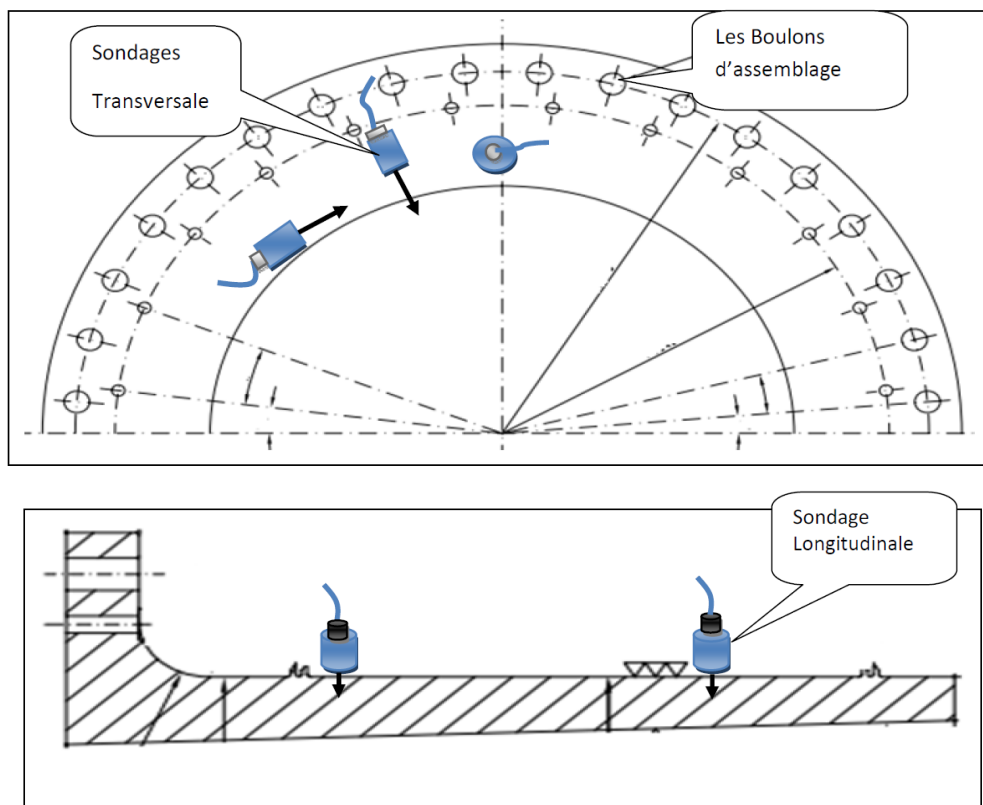


Fig.IV.9 Zone d'exploration

C-Technique d'inspection

1- Objet : Le contrôle par ultrason sera effectué sur la partie entrée et sortie du broyeur Ciment Z1 et Z2 a fin de détecte s'il y a lieu d'éventuels anomalies ou fissures.

2- Nettoyage : Nettoyage la surface d'inspections (tourillons) par une brousse métallique et chiffon.

3- Inspection visuelle

Inspection externe : comportant un contrôle visuelle est opère après nettoyage des endroits avec un brosse métallique et chiffon.

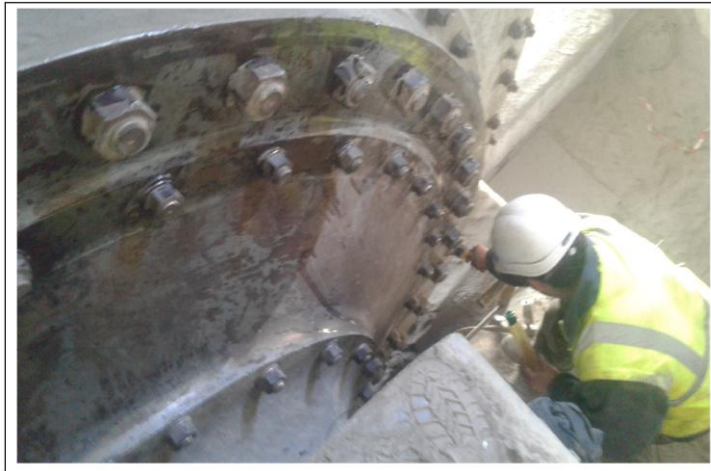


Fig.IV.10 Inspection externe

4- Inspection par ultrason

- Recherche des défauts sur tourillon :
- Balayage sur la surface au moyen d'ondes transversales (palpeur à angle de 45°).
- Balayage sur la surface au moyen d'ondes longitudinales (palpeur E/R).
- Balayage transversal par mouvement en lacets et orbital de 10° par rapport au plan.
- Balayage sur toute la largeur de la bride par transmission d'ondes entre les boulons de serrage.

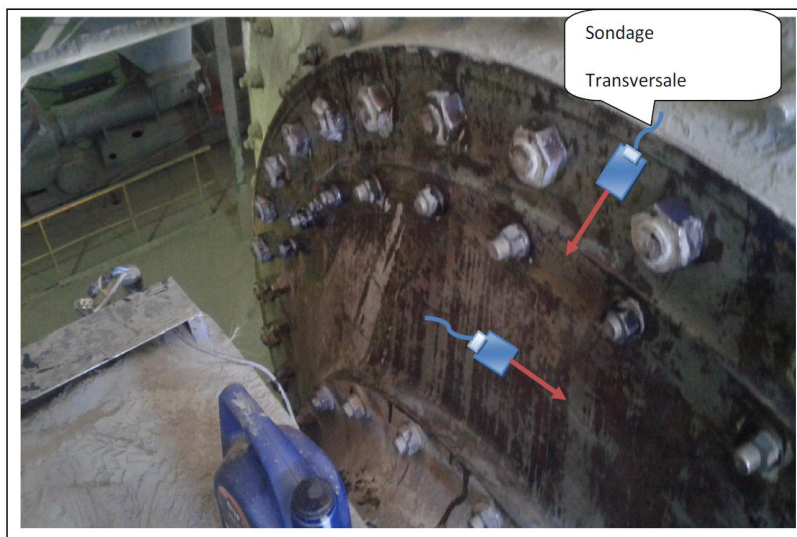


Fig.IV.11 Inspection ultrason sur tourillon

- Recherche des défauts sur la fusée du tourillon :
- Balayage sur la surface au moyen d'ondes longitudinales (palpeur E/R).

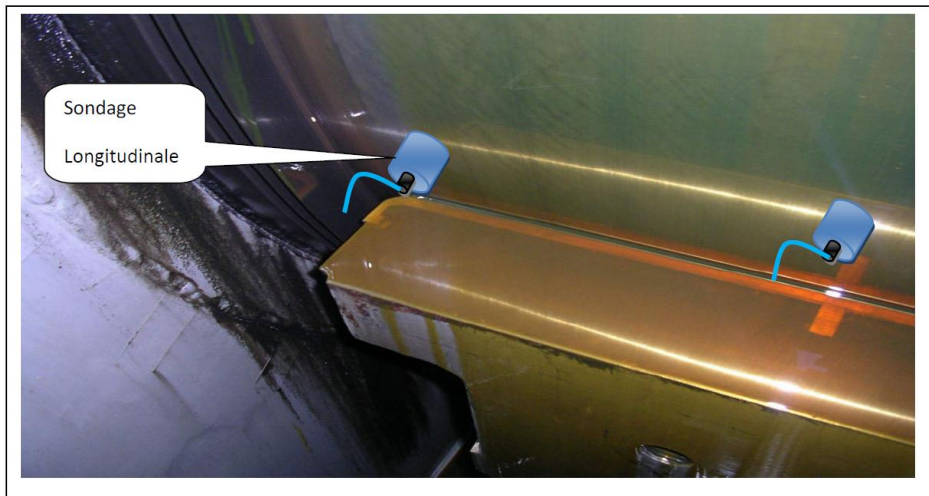


Fig.IV.12 Inspection ultrason sur la fusée du tourillon

5- Conclusion

A l'issue de cette expertise sur la recherche des anomalies et des fissures, et sur la base des résultats obtenus, nous constatons aucune anomalie ou fissure susceptible d'être évoquée sur les équipements suivants :

TOURILLONS	Étendu du Contrôle	Gain dB	Résultat
Tourillon fond d'entrée du broyeur ciment Z1	100 %	70	C
Tourillon fond de sortie du broyeur ciment Z1	100 %	70	C
Tourillon fond d'entrée du broyeur ciment Z1	100 %	70	C
Tourillon fond de sortie du broyeur ciment Z2	100 %	70	C

Légende : **C: Conforme** **NC : Non Conforme** **R : à réparer**

Tableau.IV.2 du résulta

Analyse des Fluides

Analyser les lubrifiants, les huiles ou autres fluides pour détecter des contaminants ou des particules métalliques qui indiquent l'usure des composants internes.

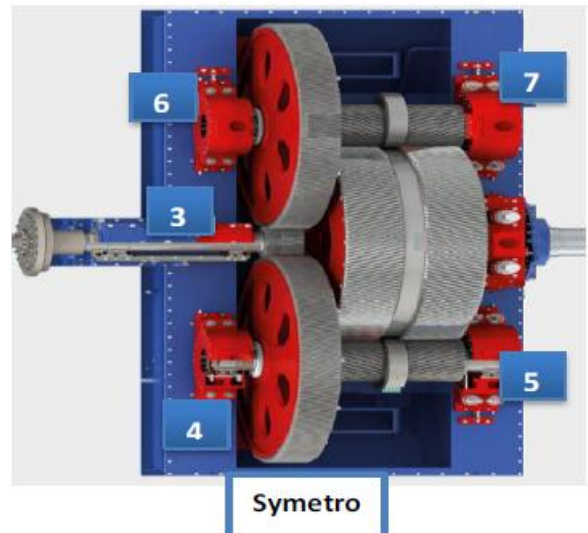


Fig.IV.13 Réducteur du broyeur dont l'huile a été analysée

COMPTAGE DES PARTICULES

Le relevé des débris d'usure :

ISO 4406 (1999)		NAS 1638		NAVAIR 01-1A-17	
Part/1 ml		Part/100 ml	12	Part/100 ml	>6
>4um(c): 117 387.4	24	5-15um 6-14um(c): 2 061 642	12	5-10um 6-10um(c): 1 988 648	>6
>6um(c): 20 897.3	22	15-25um 14-21um(c): 19 290	9	10-25um 10-21um(c): 92 284	>6
>14um(c): 280.9	15	25-50um 21-38um(c): 8 642	11	25-50um 21-38um(c): 8 642	>6
		50-100um 38-70um(c):	00	50-100um 38-70um(c):	0
		>100um >70um(c): 154	10	>100um >70um(c): 154	>6

Méthode diamètre max	(Part/ml)	Max(um)	Mean(um)	20-25um	25-50um	50-100um	>100um
Coupon d'usure grave	32.4	78.5	47.4	1.5	15.4	15.4	0.0
Fatigue due à l'usure	49.4	51.6	30.6	23.1	24.7	1.5	0.0
Usure par glissement	75.6	118.7	28.4	44.8	26.2	3.1	1.5
Usure non Métallique	81.8	76.6	34.5	23.1	54.0	4.6	0.0
Usure Non Classé	10.8	28.2	24.7	4.6	6.2	0.0	0.0

L'eau libre (ppm): **2474.15**

Représentation par image les particules due à l'usure

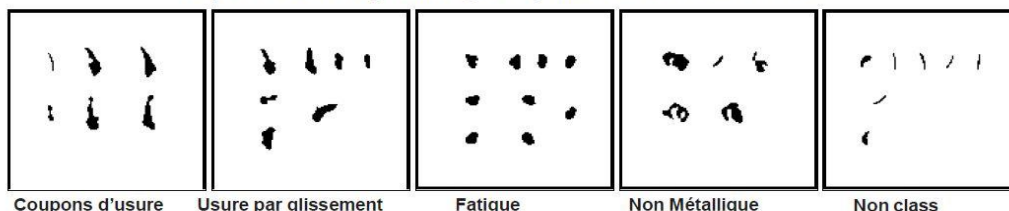


Fig.IV.14 Analyse des fluides (huile)

Tendances - Toutes données

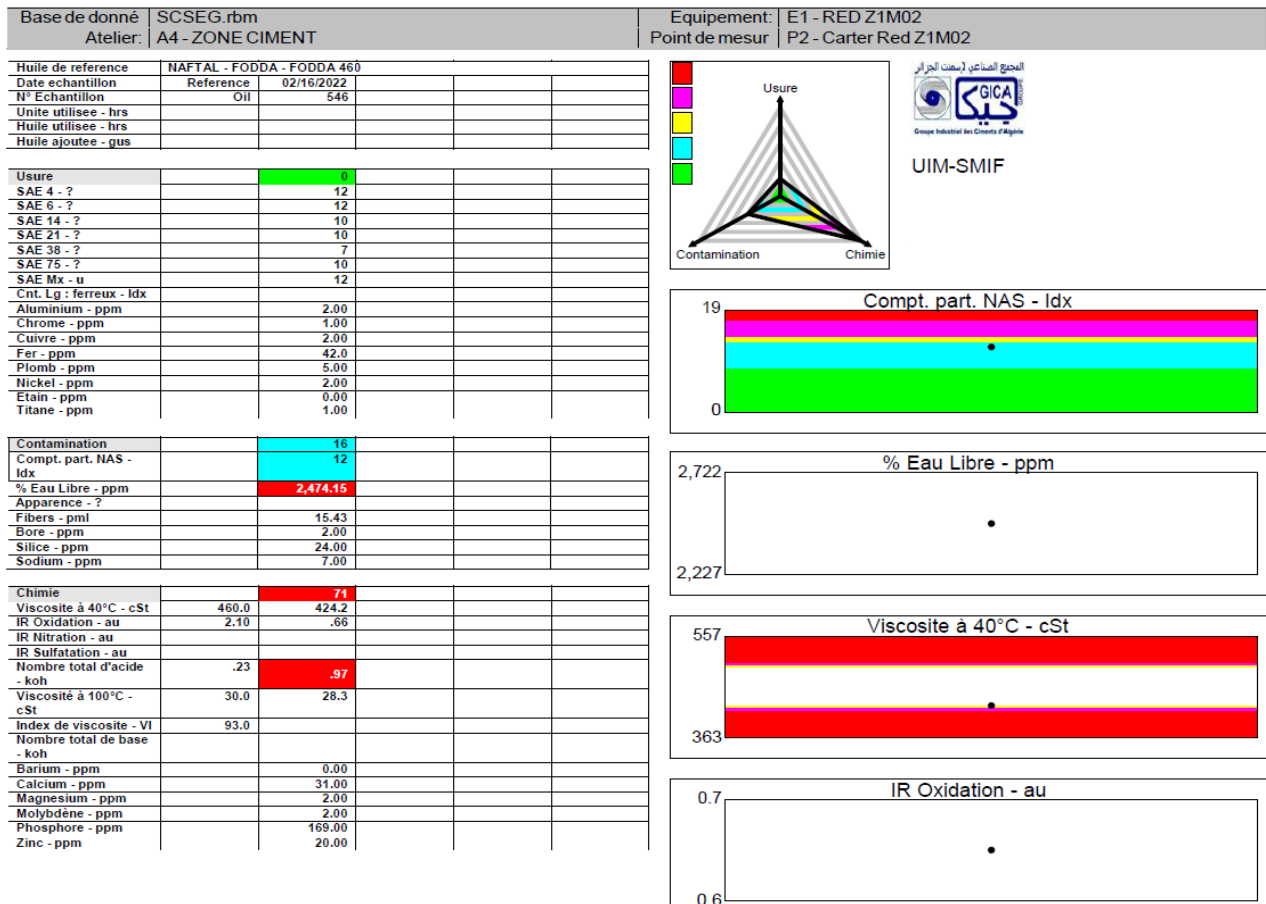


Fig.IV.15 Analyse des fluides (huile)

a-Analyse

Les analyses effectuées sur cet échantillon montrent :

L'existence d'une quantité de l'eau libre qui dépasse le seuil de danger (<1000 ppm).

Une valeur d'acidité jugée au seuil de danger.

Une faible valeur de viscosité qui est à la limite admissible.

Tous ces facteurs peuvent entraîner un risque d'usure corrosive.

b- Recommandation

Pour assurer le bon fonctionnement de cet équipement nous vous conseillons de localiser et éliminer la source d'infiltration d'eau, une opération de vidange est très recommandée selon les directives du constructeur.

Vibration et Bruit

Utiliser des capteurs de vibration et des microphones pour détecter des anomalies dans les vibrations ou les bruits de l'équipement.

a-matériels utilise

- ✓ L'accéléromètre marque: VIBROPORT 80

Sont détaillés ci-après les éléments de commande du VIBROPORT 80.



Fig. 1 Face avant du VP-80

- | | |
|------------------------------------|---|
| [1] Touches de saisie (fire-keys) | [5] Bouton Marche / Arrêt |
| [2] Voyants de contrôle (4 x LEDs) | [6] Touches de flèches de direction (à gauche, à droite, en haut, en bas) |
| [3] Affichage (écran) | [7] Panneau de touches alphanumériques |
| [4] Touches de fonctions (1 à 6) | |

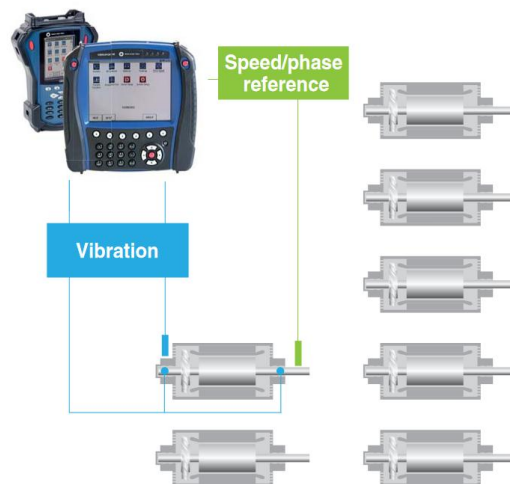


Fig.IV.16 Accéléromètre

b-Opération de mesure sur l'équipement (VENTILATEUR DE TIRAGE Z1S03)

Les points énumérés de 01 à 08 sur le schéma cinématique du ventilateur sont les points de prélèvement des mesures de vibrations

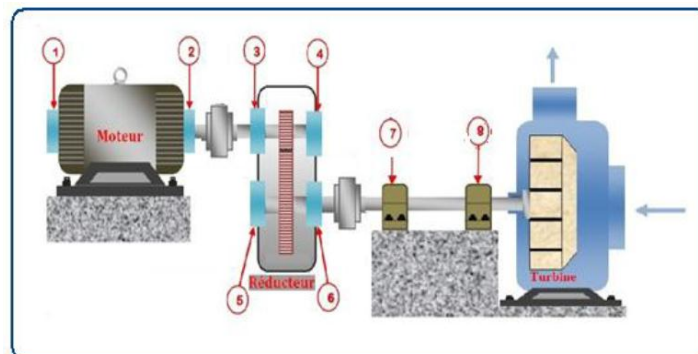
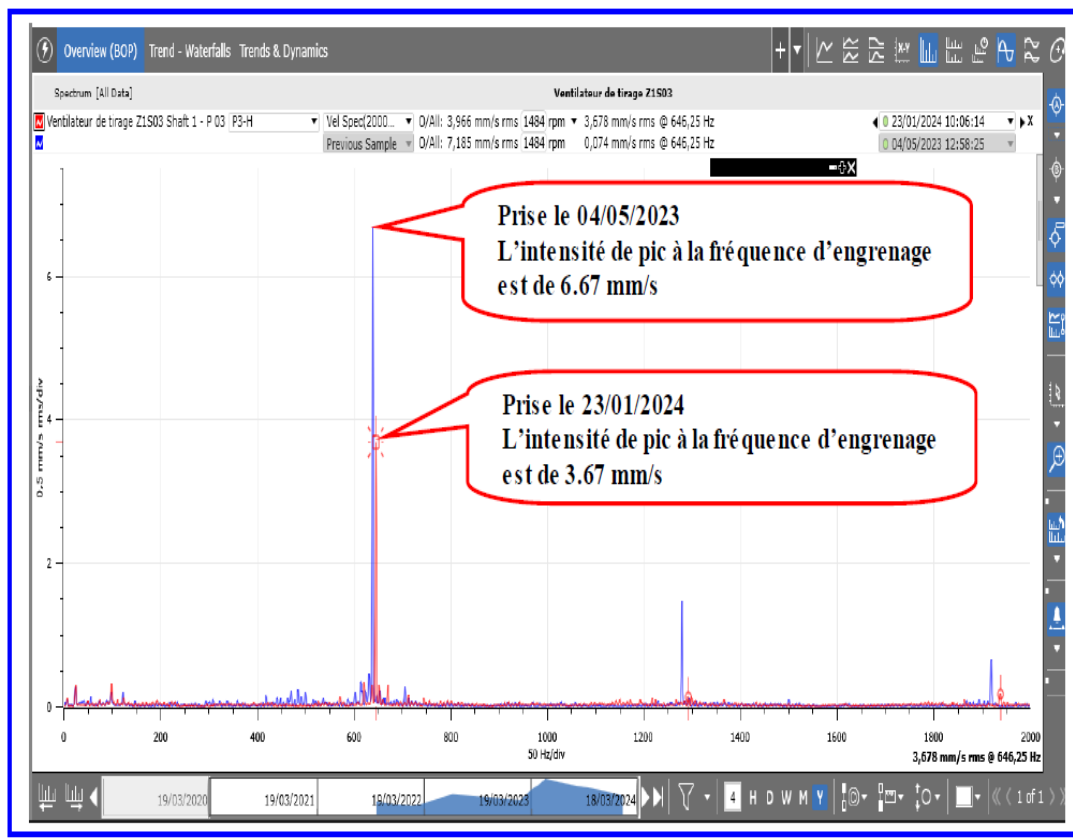


Fig.IV.17 Schéma cinématique

c-Tableau des niveaux vibratoires de la machine en vitesse et en accélération

Sev.	Point	Date	Mes-1 (mm/s) RMS	Mes (mm/s) RMS	Diagnostic	Mes-1 (mm/s) RMS	Mes (g) RMS	Diagnostic
Moteur	P1-H	23 JAN 2024	1,386 mm/s	1,224 mm/s	BON	0,422 g	0,433 g	BON
	P1-V	23 JAN 2024	1,069 mm/s	0,912 mm/s	BON	0,655 g	0,297 g	BON
	P2-H	23 JAN 2024	1,265 mm/s	1,022 mm/s	BON	1,872 g	1,719 g	BON
	P2-V	23 JAN 2024	1,774 mm/s	1,002 mm/s	BON	2,414 g	2,540 g	ALARME
	P2-A	23 JAN 2024	2,002 mm/s	1,912 mm/s	BON	1,955 g	1,330 g	BON
Réducteur	P3-H	23 JAN 2024	1,205 mm/s	3,966 mm/s	BON	3,360g	1,779 g	BON
	P3-V	23 JAN 2024	6,245 mm/s	4,372 mm/s	ALARME	3,452g	2,034 g	ALARME
	P3-A	23 JAN 2024	5,166 mm/s	3,395 mm/s	ALARME	2,899g	1,508 g	BON
	P4-H	23 JAN 2024	2,277 mm/s	2,760 mm/s	BON	2,505g	1,650 g	BON
	P4-V	23 JAN 2024	4,332 mm/s	2,562 mm/s	BON	2,488g	1,493 g	BON
	P5-H	23 JAN 2024	2,253 mm/s	2,073 mm/s	BON	1,370 g	0,908 g	BON
	P5-V	23 JAN 2024	4,051 mm/s	4,690 mm/s	ALARME	1,764 g	2,012 g	ALARME
	P6-H	23 JAN 2024	3,940 mm/s	2,419 mm/s	BON	1,898 g	1,059 g	BON
	P6-V	23 JAN 2024	2,724 mm/s	2,852 mm/s	BON	1,379 g	1,493 g	BON
Turbine	P6-A	23 JAN 2024	2,512 mm/s	4,343 mm/s	ALARME	2,426 g	2,026 g	ALARME
	P7-H	23 JAN 2024	0,527 mm/s	0,378 mm/s	BON	0,864g	0,653 g	BON
	P7-V	23 JAN 2024	0,352 mm/s	0,507 mm/s	BON	0,783g	0,547 g	BON
	P7-A	23 JAN 2024	0,340 mm/s	0,572 mm/s	BON	0,336g	0,501 g	BON
	P8-H	23 JAN 2024	1,270 mm/s	1,216 mm/s	BON	0,545g	0,977 g	BON
	P8-V	23 JAN 2024	0,597 mm/s	0,669 mm/s	BON	0,765 g	0,659 g	BON
	P8-A	23 JAN 2024	0,290 mm/s	0,947 mm/s	BON	0,257g	0,301 g	BON

Image spectrale linéaire superposé prise sur le palier N°03 du réducteur, illustre diminution l'intensité de défaut d'engrenage à cause de présence des particules d'usure et de diminuer la viscosité dans l'huile.



d-Résultats d'analyse

Stabilité des niveaux vibratoires en accélération et en vitesse sur les paliers de moteur ou il est **bon**, sur le réducteur ou ils sont au seuil d'**alarme** toujours et sur les deux paliers du turbine il est **bon** faisant référence aux normes vibratoires des machines tournantes.

e-optimisation

Recommander de procéder aux actions suivant :

- Vérifie le système de refroidissement du réducteur (température sur le réducteur très élève).
- vidange d'huile et changement filtre pour éliminer les particules d'usure.

IV.3 Conclusion

Le diagnostic révèle que l'équipement souffre d'une usure significative qui affecte sa performance et sa durabilité.

Des actions correctives immédiates et des mesures préventives sont nécessaires pour garantir un fonctionnement optimal et prolonger la durée de vie de l'équipement.

En prenant en compte ces recommandations, l'équipement pourra retrouver un niveau de performance acceptable et minimiser les risques d'usure future.

Conclusion générale

L'usure des équipements dans une usine de ciment est un défi majeur qui impacte la productivité, la qualité du produit et les coûts de maintenance.

Les environnements de production de ciment sont extrêmement abrasifs et corrosifs, ce qui entraîne une dégradation rapide des machines et des infrastructures.

Les principales causes d'usure incluent la nature abrasive des matières premières comme le clinker, les conditions de température élevée, et l'exposition à des substances chimiques agressives.

Pour atténuer ces effets, il est crucial de mettre en œuvre des stratégies de gestion de l'usure, telles que l'utilisation de matériaux de revêtement résistants à l'abrasion, la maintenance préventive, et la surveillance continue de l'état des équipements.

En fin de compte, une approche proactive et bien planifiée de la gestion de l'usure permet non seulement de prolonger la durée de vie des équipements mais aussi de réduire les coûts d'exploitation, d'améliorer l'efficacité de la production et d'assurer la sécurité des travailleurs.

BIBLIOGRAPHIE

CHAPITRE I

- **Cimenterie S.E.G : Documentation de service de formation**
- **Fragmentation (Technique de l'ingénieur)**
- **Four industrielle (Technique de l'ingénieur)**

CHAPITRE II

- **Documents de (Cement grinding office)**

CHAPITRE III et CHAPITRE IV

- **Les bilans des analyses : (Ultrason, vibration, l'état des fluides, thermographie)**



Detectia

Université BOUIRA

ID: 1lk94q-73483

Rapport d'analyse de la similarité textuelle

- Nom du document: **memoire fedala-baghdali.pdf**
- Soumis par: **MOULAI Salah eddine**
- Faculté: -
- Date de soumission: **2024-07-04**



Taux global de similarité

- 28.6% Similarité Forte
- 0.0% Similarité Proche
- 0.0% Exclu manuellement



Nombre de sources

- 32 sources internet
- 0 sources Thèses-Algérie
- 0 sources dépôtprivé
- 143 sources exclues



Passages surlignés

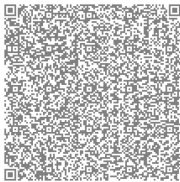
- 13569 mots
- 104600 caractères

Ce document est un rapport d'analyse et de détection de similarité textuelle qui peut fournir des preuves pour l'établissement d'un rapport de plagiat. Il revient à l'examinateur, l'encadrant ou bien au comité déontologique de l'université ou de l'école d'émettre un avis quant au statut de plagiat du document analysé.

⊖ Certaines sources **ont été manuellement exclues de ce rapport d'analyse par le propriétaire du document**, et ne sont en conséquent pas prises en compte dans les scores globaux du rapport. Ces sources sont listées dans la section **"Sources Exclues"** de ce document.

Taille minimale des passages: 15 mots.

Signature d'intégrité



Sources identifiées

Cette section fournit une liste des principales sources à partir desquelles une similarité textuelle a été détectée avec le document analysé. Ces sources peuvent provenir d'internet, la base Thèses-Algérie, ou bien des bases de données propriétaires.

● Les scores de similarité individuels pour chaque source sont fournis. Les sources sont classées par ordre décroissant de similarité globale.

● Vous pouvez cliquer sur le lien (🔗) d'une source pour la consulter en ligne.

Origine	Détails	Résultats
Fichier web	REACTEUR OSIRIS 🔗 https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/01/002/1002951.pdf ... Au niveau 0,00 dans la zone Sud, IE trémies permettent l'accès au gros matériel ... Lee poulie» -- renvoi eont fixées sur on chariot aupperté par lea minas rails que le convoyeur. Ce ...	Sim. globale: 12.0% ● Sim. forte: 12.0% ● Sim. proche: 0%
Fichier web	Le caoutchouc durci 🔗 https://core.ac.uk/download/pdf/50563501.pdf ... (température maximum dans la décharge des accumulateurs). ... La deuxième catégorie est obtenue par broyage de déchets de ... La poudre la plus grossière tombe dans le voisinage de l'...	Sim. globale: 9.5% ● Sim. forte: 9.5% ● Sim. proche: 0%
Fichier web	Impact du traitement et de la valorisation des boues de... 🔗 https://toubkal.imist.ma/handle/123456789/25272 ... m'ont permis d'avancer correctement. Merci pour tout. ... It emanates its importance from its use in several processes, ... characteristics that make their separation from phosphoric acid very ...	Sim. globale: 8.2% ● Sim. forte: 8.2% ● Sim. proche: 0%
Fichier web	Analyse Énergétique de la Cimenterie de Sour El Ghzlane 🔗 https://repository.enp.edu.dz/jspui/bitstream/123456789/1166/1/AYADI.Ahmed_ELHAFIA.Malik-Hakim.pdf 9 Broyeur à boulets de l'atelier broyage cru de la SCSEG ... traitement thermique, un matériau « cru » en un semi-produit désigné sous le nom de clinker.120 pages	Sim. globale: 8.2% ● Sim. forte: 8.2% ● Sim. proche: 0%
Fichier web	cemento_fr.pdf 🔗 http://www.cprac.org/docs/cemento_fr.pdf Feb 3, 2010 — matières premières, des additifs du ciment ou du charbon. ... Pendant la fabrication du ciment, les matières premières (calcaire et argile).278 pages	Sim. globale: 6.4% ● Sim. forte: 6.4% ● Sim. proche: 0%
Fichier web	Modélisation et dimensionnement d'un procédé de dépôt physique... 🔗 https://theses.hal.science/tel-03886371/ ... du matériau à déposer, qui finissent par impacter la surface à ... de chaleur entre le jet de plasma et les particules de poudre ... , ii) du traitement thermique de la poudre, iii) de l'écoulement ...	Sim. globale: 6.2% ● Sim. forte: 6.2% ● Sim. proche: 0%

Fichier web	<p>Ms.Gm.Belabed.pdf</p> <p>http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/15194/1/Ms.Gm.Belabed.pdf</p> <p>Dec 15, 2019 — Le taux usure des cloisons intermédiaires dépend du type de matière à broyer et est provoquée ... frottement entre les boulets, la matière broyée ...116 pages</p>	<p>Sim. globale: 6.1%</p> <p>● Sim. forte: 6.1%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web	<p>OPTIMISATION DES PERFORMANCES HYDRO-BIO-MECANQUES D'UNE...</p> <p>https://theses.hal.science/tel-01564082/</p> <p>... Impact du broyage et du compactage sur la granulométrie..... Figure 110 : Volume de liquide collecté dans les lysimètres ... présente, ne doit pas dépasser une valeur seuil afin de ...</p>	<p>Sim. globale: 6.1%</p> <p>● Sim. forte: 6.1%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web	<p>Nd'ordre: 2190</p> <p>https://core.ac.uk/download/pdf/78383606.pdf</p> <p>... 4 : Evolution des modes et des fractions volumiques des sous ... orientés vers des broyeurs dont les corps broyants sont mis ... Les corps broyants sont des boulets en acier d'un diamètre ...</p>	<p>Sim. globale: 5.9%</p> <p>● Sim. forte: 5.9%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web	<p>Thème</p> <p>https://www.univ-bejaia.dz/jspui/bitstream/123456789/12285/1/Etude de l'influence d'efficacité...</p> <p>Ce sont des broyeurs utilisant des galets de roche comme corps broyant, de silex, de ... corps broyants sur l'efficacité de broyage de minerai de phosphate ...</p>	<p>Sim. globale: 5.6%</p> <p>● Sim. forte: 5.6%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Page web	<p>Chapitre 82-La transformation et le travail des métaux</p> <p>https://www.ilocis.org/fr/documents/IL0082.htm</p> <p>... Pour commencer, on alimente un four d'agglomération en ... du coke dans les broyeurs à boulets engendre des niveaux ... du minerai, à l'intérieur du broyeur. L'amalgame extrait de l'...</p>	<p>Sim. globale: 5.4%</p> <p>● Sim. forte: 5.4%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web	<p>Prévision de la production et consommation future d'une...</p> <p>http://dspace.univ-tebessa.dz:8080/xmlui/handle/123456789/3309</p> <p>... broyage du clinker : Le broyage du clinker s'effectue à l'aide d'un broyeur à deux compartiments à commande centrale travaillant en circuit fermé avec un séparateur ... relativement ...</p>	<p>Sim. globale: 5.3%</p> <p>● Sim. forte: 5.3%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web	<p>UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA</p> <p>https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/4744/1/32-660-94-1.pdf</p> <p>Celles-ci ne sont entraînées que si la vitesse du flux d'air est suffisamment élevée; ... 5 le séparateur des particules de ciment. 2.2.3 Le filtre à manches. Le ...127 pages</p>	<p>Sim. globale: 5.2%</p> <p>● Sim. forte: 5.2%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web	<p>Etat de l'art sur les bétons à base de recyclât: Perspectives...</p> <p>https://dspace.univ-quelma.dz/jspui/handle/123456789/4169</p> <p>... de verre et des fillers calcaires, dans le domaine de la ... Consommation du laitier granulé par la cimenterie de Hadjar ... produit de la transformation du minerai de fer en fonte brute. Le ...</p>	<p>Sim. globale: 5.2%</p> <p>● Sim. forte: 5.2%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web	<p>Ce document est le fruit d'un long ...</p> <p>http://docnum.univ-lorraine.fr/public/INPL/2005_SIMON_X.pdf</p> <p>by X SIMON · Cited by 2 — forme de particules élémentaires, alors la redéposition des poussières sur les manches ... débit de filtration proche sur l'ensemble des manches. Dès lors ...</p>	<p>Sim. globale: 5.2%</p> <p>● Sim. forte: 5.2%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>

Fichier web	<p>Étude expérimentale d'un béton à hautes performances recyclé à...</p> <p>http://dspace.univ-tiaret.dz/handle/123456789/4691</p> <p>... vides du squelette des particules entre les composants. Des ... ou siliceuse) obtenue par broyage et/ou sélection, dont les ... réducteurs d'eau, soit les superplastifiants hauts réducteurs d'...</p>	<p>Sim. globale: 5.2%</p> <p>Sim. forte: 5.2%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web	<p>Etude des modes d'action d'agents de mouture sur le ...</p> <p>https://core.ac.uk/download/pdf/52623769.pdf</p> <p>by E Romilliat · Cited by 17 — L'utilisation de Mi et de F permet de produire beaucoup de fines particules centrées sur 1,5 µm en fin de broyage (figure III-14d). Dès 5 ...137 pages</p>	<p>Sim. globale: 5.0%</p> <p>Sim. forte: 5.0%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Page web	<p>Chapitre 63-Les métaux: propriétés chimiques et toxicité</p> <p>https://www.ilocis.org/fr/documents/IL0063.htm</p> <p>... premières pour la fusion d'abrasifs, de réfractaires et de ... apparaître des cicatrices plus pâles pouvant atteindre 6 mm ... abrasions cutanées, si bénignes soient-elles, devraient être ...</p>	<p>Sim. globale: 4.9%</p> <p>Sim. forte: 4.9%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web	<p>Génie des procédés</p> <p>https://qunt.de/images/download/Cat_5_french.pdf</p> <p>F débit volumétrique, PD pression différentielle, T température. Caractéristiques d'écoulement dans un cyclone gaz: 1 entrée du gaz brut, 2 matière solide.113 pages</p>	<p>Sim. globale: 4.9%</p> <p>Sim. forte: 4.9%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web	<p>PREPARATION MECANIQUE DES MINERAIS</p> <p>http://dspace.univ-usto.dz/handle/123456789/519</p> <p>... procédés sont relativement complexes, il convient, néanmoins... Le broyage s'effectue par des corps broyants en chute libre ... vitesses élevées, la plupart de la charge cataracte à vitesse ...</p>	<p>Sim. globale: 4.9%</p> <p>Sim. forte: 4.9%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web	<p>Etude de l'impacte de l'usure sur la longévité des pièces</p> <p>http://dspace.univ-tebessa.dz:8080/jspui/handle/123456789/3103</p> <p>... impacts répétés entre les boulets et les plaques de blindage ... préétablit dans le broyeur a cru, après le broyage, le broyé ... la société de la part dinar et facilitant. Le renouvellement des ...</p>	<p>Sim. globale: 4.7%</p> <p>Sim. forte: 4.7%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web	<p>Mémoire de master</p> <p>https://dspace.univ-quelma.dz/jspui/bitstream/123456789/14747/1/SELLAQUI_CHAREF_EDDINE_F1.pdf</p> <p>Broyage du clinker et d'additifs pour obtenir le ciment. 1.5.1. Extraction des matières premières. Le calcaire et l'argile sont extraits de carrières situées à ...112 pages</p>	<p>Sim. globale: 4.6%</p> <p>Sim. forte: 4.6%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web	<p>Chapitre I Généralités sur la fragmentation ...</p> <p>http://dspace.univ-tiaret.dz/bitstream/123456789/4375/1/TH.M.GM.FR.2021.26.pdf</p> <p>by Y BAKLOUCH · 2021 — Le matériau entre dans le concasseur et tombe dans la première chambre, où il est préparé par concassage et broyage, puis broyé le plus fin possible dans la ...95 pages</p>	<p>Sim. globale: 4.5%</p> <p>Sim. forte: 4.5%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>

Fichier web	<p>Techniques de tri des déchets</p> <p>https://lmd.sahla-dz.com/packoafa/2023/07/SAHLA-DZ.COM-Les-cours-de-module-Techniques-de-tri-des-...</p> <p>... de la taille des particules par collision avec le matériau d'... Le séparateur aéraulique peut être aussi utilisé pour la ... et extrait les matériaux infusibles comme les débris de faïence, ...</p>	<p>Sim. globale: 4.5%</p> <p>● Sim. forte: 4.5%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web	<p>Etude du mode de fabrication du ciment et effet des matières...</p> <p>http://dspace.univ-chlef.dz/handle/123456789/711</p> <p>... se compose d'une introduction générale, de six chapitres et ... comparative du processus de fabrication de la cimenterie de l'... four rotatif, du mélange calcaire à 80% et argile à 20% qu'on ...</p>	<p>Sim. globale: 4.5%</p> <p>● Sim. forte: 4.5%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Page web	<p>Sélection et calcul des paramètres du broyeur à boulets</p> <p>https://www.ixscmachine.com/fr/nouveau/calcul-de-la-selection-des-parametres-dun-broyeur-a-boulets/</p> <p>... paramètres d'un broyeur à boulets à partir de la puissance, de la vitesse de rotation, de la quantité de boulets d'acier, du taux de remplissage, etc.</p>	<p>Sim. globale: 4.4%</p> <p>● Sim. forte: 4.4%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web	<p>PFE : Auscultation d'atelier de Broyage ciment BK4</p> <p>https://memoirepfe.fst-usmba.ac.ma/download/1881/pdf/1881.pdf</p> <p>Jun 22, 2012 — ... broyeur cru), après le broyage le coke broyé est transporté vers un filtre qui alimente les trémies d'alimentation des deux four en coke. Le ...93 pages</p>	<p>Sim. globale: 4.4%</p> <p>● Sim. forte: 4.4%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web	<p>Etude phénoménologique des surfaces antagonistes (palier...</p> <p>https://www.ummto.dz/dspace/bitstream/handle/ummto/1221/These_d'Etat_ARBAOUI.pdf?sequence=1</p> <p>... des paramètres de rugosité mesurés sur les surfaces des pistes ... à une augmentation du frottement et de l'usure avec toutes ses ... sévère l'accroît. En d'autres termes, c'est la période de ...</p>	<p>Sim. globale: 4.4%</p> <p>● Sim. forte: 4.4%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web	<p>Détermination des causes de la rupture du tirant du broyeur cru</p> <p>https://memoirepfe.fst-usmba.ac.ma/download/1684/pdf/1684.pdf</p> <p>... ; huit cyclones, quatre par colonne ces cyclones sont reliés entre ... Ci-dessous le diagramme de GANTT représentant la ... en totalité ou partiellement vers le séparateur à haut rendement. ...</p>	<p>Sim. globale: 4.4%</p> <p>● Sim. forte: 4.4%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web	<p>Département génie chimique</p> <p>https://repository.enp.edu.dz/jspui/bitstream/123456789/5408/1/ZIDANI.Mustapha.pdf</p> <p>8,50/5,12. 102,1 φ. -. = B. Z. (26). Avec B (mm) diamètre des boulets. Cette ... 1,83 3,05 2,90 1,73 23,1 70,7 5 847 13,1 15,0 16,8. 84. 90. 94. 1,68. 2,13 3,35 ...</p>	<p>Sim. globale: 4.2%</p> <p>● Sim. forte: 4.2%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web	<p>Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts</p> <p>https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-58609-FR.pdf</p> <p>vapeur des composés peu volatils et de les extraire en phase gazeuse. Une partie des composés organiques peut être détruite même à de basses températures (Cf.403 pages</p>	<p>Sim. globale: 4.1%</p> <p>● Sim. forte: 4.1%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>

Fichier web	Guide de l'état de l'art sur les silos	Sim. globale: 4.0%
	https://aida.ineris.fr/sites/aida/files/guides/silos-Guide.pdf ... aux travaux, l'absence de point chaud résiduel. ... d'une sucrerie, ruptures de roulements de palier d'élévateur, dont l'un ... , explosion de poussières notamment) qui doit être distincte de la ...	<div><div>● Sim. forte: 4.0%</div><div>● Sim. proche: 0%</div></div>

X Sources exclues

Cette section fournit une liste des sources que l'examineur a manuellement exclu du rapport d'analyse final à partir de la liste globale des sources identifiées.

● Ces sources exclues sont listées à titre informatif uniquement dans cette section, les passages qui y sont associés ne sont pas surlignés dans le texte de la section ci-après, et ne sont pas reflétés dans les scores globaux du rapport.

Origine	Détails	Résultats
Fichier web (exclu)	Guide des https://www.evolis.org/medias/files/3706_FICHIER_O.pdf Les matériaux progressent pour répondre aux exigences toujours plus pointues des applications, la simulation numérique et les nouvelles techniques de ...146 pages	Sim. globale: 4.0% ● Sim. forte: 4.0% ● Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	Développement de nouveaux matériaux d'électrodes pour la... https://theses.hal.science/tel-00923169/ ... établir une valeur de chargement seuil en dessous de laquelle ... sur les performances est ensuite évalué par comparaison ... diminution des coûts, même en envisageant une production ...	Sim. globale: 4.0% ● Sim. forte: 4.0% ● Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	Etude de l'indice de BOND d'un broyeur à boulet. ... https://repository.enp.edu.dz/jspui/bitstream/123456789/4589/1/BAHLAT.Abdenacer_AZIL.Allaeddine.pdf Ainsi, toute amélioration du processus de broyage, si minime soit-elle, a un effet significatif sur l'efficacité et la productivité du procédé de broyage compte ...102 pages	Sim. globale: 3.9% ● Sim. forte: 3.9% ● Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	Comportement à la fatigue et à l'usure des biocéramiques... https://theses.hal.science/tel-03624481/ ... faible usure, les particules nanométriques de type métal et ... était en cause, ni le ciment, mais les débris métalliques dus aux ... traité ou consolidé à des températures élevées [56]. Etant ...	Sim. globale: 3.9% ● Sim. forte: 3.9% ● Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	Gestion des déchets et effluents liquides de la cimenterie ... http://dspace.univ-bouira.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/9537/1/Gestion des déchets et... Sep 23, 2020 — qui déversent dans 2 silos en tôle qui sont équipés d'appareils de chargement. ... maximal de chargement en vrac des camions est de 2 x 200 tonnes ...75 pages	Sim. globale: 3.9% ● Sim. forte: 3.9% ● Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	Mécanosynthèse et matériaux de construction: optimisation et... https://theses.hal.science/tel-02949614/ ... environmental impact of the clinker manufacturing process ... Analyse de la structure des pâtes par thermogravimétrie 'introduire un procédé de broyage à très haute énergie dans ...	Sim. globale: 3.9% ● Sim. forte: 3.9% ● Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE LIMOGES 149 Figure 74 : Evolution du coût par pièce en ... Le broyage s'effectue en partie par le choc de la masse des ... • quand la densité de grains arrivant à la surface permet de former ...	Sim. globale: 3.9% ● Sim. forte: 3.9% ● Sim. proche: 0%

Effet de la substitution du sable de rivière par du sable de...

<http://thesis.univ-biskra.dz/id/eprint/4730>

Sim. globale: 3.9%

Fichier web (exclu)

... Cette analyse assure fortement la rentabilité d'utilisation du ... Front de carbonatation - carbonatation déterminé par ... La plus haute manifestation de l'ordre à long terme dans la ...

Sim. forte: 3.9%

Sim. proche: 0%

Broyage ultrafin de carbonates naturels

<https://theses.hal.science/tel-00844549/file/19920915-Clerc-L-OCR.pdf>

Sim. globale: 3.8%

Fichier web (exclu)

by L Clerc · 1992 · Cited by 7 — que l'énergie de déformation stockée durant le broyage augmente avec la diminution ... vitesse de rotation du broyeur sur l'efficacité de broyage.

Sim. forte: 3.8%

Sim. proche: 0%

Etude d'un convoyeur à bande pour le transport du minerai ...

https://dspace.univ-quelma.dz/jspui/bitstream/123456789/11607/1/DAFFRI_SARRA_F1_Génie...

Sim. globale: 3.8%

Fichier web (exclu)

by S DAFFRI · 2021 — La recherche actuelle sur le contrôle de la vitesse pour les convoyeurs à bande se concentre principalement sur le calcul et la prédiction des ...78 pages

Sim. forte: 3.8%

Sim. proche: 0%

Calcul des pertes de charge d'un système de dépoussiérage...

<https://semaphore.uqar.ca/id/eprint/2002/>

Sim. globale: 3.8%

Fichier web (exclu)

... des locaux, nous allons voir la nécessité de mettre en place le ... ensuite à travers les manches filtrantes. Les poussières s'... La ligne 3 est composé de : - Une gaine circulaire avec un ...

Sim. forte: 3.8%

Sim. proche: 0%

Memento Technique 2017 : Conception et dimensionnement ...

https://itsep.fr/wp-content/uploads/2018/11/Memento_technique_2017_Astee.pdf

Sim. globale: 3.8%

Fichier web (exclu)

La conjugaison entre la loi de Montana et l'évolution des surfaces contribuant au ruissellement conduit ainsi à ... § III.6 et annexe D - VII.4.3.2);275 pages

Sim. forte: 3.8%

Sim. proche: 0%

Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la...

<https://theses.hal.science/tel-00779032/>

Sim. globale: 3.8%

Fichier web (exclu)

... à plus ou moins long terme, où elles devront être remplacées... plus limité et l'on procède le plus souvent au remplacement ... ou une fuite apparente nécessitant une intervention sur le ...

Sim. forte: 3.8%

Sim. proche: 0%

Détection de la fin de la compaction des anodes par le son

<https://constellation.uqac.ca/id/eprint/4229/>

Sim. globale: 3.7%

Fichier web (exclu)

... au préalable en présence d'un courant de forte intensité suivant l... technologie pour le broyage des particules, le préchauffage ... pour l'usure des dentures des engrenages, voire peut-être ...

Sim. forte: 3.7%

Sim. proche: 0%

Influence des processus de chargement et de transport sur la...

<http://dspace.univ-tebessa.dz:8080/xmlui/handle/123456789/3652>

Sim. globale: 3.7%

Fichier web (exclu)

... s effectue par la méthode de foration et tir à l'explosif . Pour l'année ... Il est établi que la qualité de l'abattage a une influence ... la méthode dite ripage et refolement à l'aide d'un bulldozer. ...

Sim. forte: 3.7%

Sim. proche: 0%

Fichier web (exclu)	<p>Prédiction des émissions polluantes issues d'un four...</p> <p>http://dspace.univ-chlef.dz/handle/123456789/152</p> <p>... Broyage des matières premières pour procédés en voie ... extraits est relativement homogène, des systèmes plus ... paramètres du séparateur utilisé pour trier le produit à la sortie du ...</p>	<p>Sim. globale: 3.7%</p> <p>● Sim. forte: 3.7%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Page web (exclu)	<p>Chapitre 93-Le bâtiment et les travaux publics</p> <p>https://www.ilocis.org/fr/documents/IL0093.htm</p> <p>... par un matériau qui absorbe et réfléchit le bruit, en partie tout ... compétente; leur teneur dépend des données individuelles d'... fixe comme un atelier ou une fabrique. Dans un lieu de ...</p>	<p>Sim. globale: 3.6%</p> <p>● Sim. forte: 3.6%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Étude des effets du diamètre de la tête porte-outils et de la...</p> <p>https://corpus.ulaval.ca/entities/publication/153a56f8-7864-4af3-8bbf-7574ad5fb737</p> <p>... de la tête porte-outils aurait le potentiel de diminuer la consommation d'énergie. Dans ce contexte, l'... détérioration de la qualité de surface à mesure que l'angle du fil augmente de 0° ...</p>	<p>Sim. globale: 3.6%</p> <p>● Sim. forte: 3.6%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Impact des interactions microorganismes-matrice cimentaire sur...</p> <p>https://theses.hal.science/tel-04170562/</p> <p>... des pâtes cimentaires à base de ciment CEM I résulte d'une ... Cette accumulation de métabolites délétères pour le matériau... base du matériau cimentaire étudié se trouve sur l'extrémité ...</p>	<p>Sim. globale: 3.6%</p> <p>● Sim. forte: 3.6%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Faculté des sciences et des sciences Appliquées</p> <p>http://dspace.univ-bouira.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/11329/1/analyse_energetique da...</p> <p>... 2 Répartition des refroidisseurs en France et en Europe del'... le premier chapitre, l'organisme GICA et la SCSEG où notre ... dit refroidisseur planétaires, il est monté sur le four entre la ...</p>	<p>Sim. globale: 3.6%</p> <p>● Sim. forte: 3.6%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Caractérisation et valorisation des clinkers incuits</p> <p>http://dspace.univ-tebessa.dz:8080/jspui/handle/123456789/5168</p> <p>... Le processus de concassage et transports des ajouts vers le ... Le gypse est le minéral qui permet de fabriquer le plâtre. Il ... Les concasseurs à marteaux à double rotor sont en fait des ...</p>	<p>Sim. globale: 3.6%</p> <p>● Sim. forte: 3.6%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Caractérisation et valorisation des matériaux argileux de la...</p> <p>https://orbi.uliege.be/handle/2268/123418</p> <p>... j'ai été recruté comme assistant puis promu au grade de Chef ... retrait à la cuisson de 9 à 12% pour de températures allant de ... organiques et ne contiennent pas des éléments tels que le ...</p>	<p>Sim. globale: 3.5%</p> <p>● Sim. forte: 3.5%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Chapitre 84</p> <p>...</p> <p>Jan 1, 2024 — 5) Les moulins et broyeurs spéciaux servant à transformer en farines ... subissent un feutrage progressif sous l'effet de la pres- sion et de ...205 pages</p>	<p>Sim. globale: 3.5%</p> <p>● Sim. forte: 3.5%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>

Fichier web (exclu)	<p>Nouvelle méthode de génération de gammes de fabrication...</p> <p>https://theses.hal.science/tel-00283158/</p> <p>... On introduit par la suite des défauts d'usure et de montage ... est plus lourdes, ce qui engendre un frottement accru lors du ... de coupe sur la rugosité et la consommation d'énergie lors de l'...</p>	<p>Sim. globale: 3.5%</p> <p>● Sim. forte: 3.5%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Etude et développement de structures fibreuses nontissées...</p> <p>https://theses.hal.science/tel-00474263/</p> <p>... majorité à des mélanges de fibres grossières d'un diamètre de l'... et d'impaction jouent un rôle prépondérant. Cette plage de ... peuvent être ré-entraînées par le flux d'air pour des vitesses ...</p>	<p>Sim. globale: 3.5%</p> <p>● Sim. forte: 3.5%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Contrôle et réglage de la vitesse du convoyeur à bande ...</p> <p>https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2018/10/Hamaizi-Nora.pdf</p> <p>by MH Nora — état d'équilibre permanent ; C'est à dire, lorsque la matière prend naturellement une pente constante par rapport au plan horizontal. souvent notée angle Δ.86 pages</p>	<p>Sim. globale: 3.5%</p> <p>● Sim. forte: 3.5%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Etude, analyse et synthèse d'un convoyeur A BANDES (...</p> <p>http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/13108/1/Ms.GM.Chekkaf+Ghezouani.pdf</p> <p>Jun 24, 2018 — autour du séparateur.C'est un moyen de transport fiable, relativement économique et a un potentiel de développement certain [3]. Ci dessous ...81 pages</p>	<p>Sim. globale: 3.5%</p> <p>● Sim. forte: 3.5%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Optimization of dynamic behavior of assembled structures based...</p> <p>https://theses.hal.science/tel-01539041/</p> <p>... le comportement des grains dans un broyeur à boulets. ... $\omega = 2\pi v/60$ est la vitesse de rotation angulaire du tambour, R est le rayon du tambour, g l'accélération de gravité et v la vitesse ...</p>	<p>Sim. globale: 3.4%</p> <p>● Sim. forte: 3.4%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Etude des performance hydrodynamique dans un séparateur de...</p> <p>https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/18355</p> <p>... Procédés de séparation électrostatique et électro filtres..... est relativement facile, cette opération devient beaucoup plus ... par centrifugation dans les cyclones et les hydro cyclones. ...</p>	<p>Sim. globale: 3.4%</p> <p>● Sim. forte: 3.4%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>" Tartaglia, Zigzag & Flips": les particules denses à haut...</p> <p>https://hal.science/tel-01083862/</p> <p>... $\phi = \pi/2$ que la vitesse de l'écoulement est maximale. Remarquons aussi la présence de deux points de stagnation (défini ... nova Scienza les trajectoires des boulets de canon (cf. figure ...</p>	<p>Sim. globale: 3.4%</p> <p>● Sim. forte: 3.4%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES</p> <p>https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/16241/1/memoire-fin-detud-3.pdf</p> <p>Le calcaire est acheminé vers le concasseur avec ATM (Alimentation Tablier Métallique). ... CHAPITRE 5 : CONCEPTION ET SIMULATION DE ROTOR DE CONCASSEUR FCB.106 pages</p>	<p>Sim. globale: 3.4%</p> <p>● Sim. forte: 3.4%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>

Conception d'une chaine technologique de tri des déchets...

Sim. globale: 3.3%

Fichier web (exclu)

<http://dspace.univ-tebessa.dz:8080/xmlui/handle/123456789/3204>

... Principe de base d'un séparateur de déchet par tri optique. 54 Figure II.38 : convoyeur à ... Le recyclage mécanique : la transformation des déchets par des machines destinées pour les ...

Sim. forte: 3.3%

Sim. proche: 0%

Etude de l'influence du concassage du gravier roulé sur les...

Sim. globale: 3.3%

Fichier web (exclu)

<https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/25262>

... - Le laitier expansé ou bouleté Le laitier de coulée subit un ... est couverte par un blindage résistant à l'usure (mâchoire mobile), ... sont en grande partie déterminées par sa teneur en silice (...)

Sim. forte: 3.3%

Sim. proche: 0%

Etude et exploitation des charges électriques dans les...

Sim. globale: 3.3%

Fichier web (exclu)

<https://dspace.univ-quelma.dz/xmlui/handle/123456789/6136>

... expérimentale d'un séparateur électrostatique dans le but de ... puissent surmonter les forces mécaniques et gravitationnelles et ... industrielles à grande échelle pour la génération d'ozone ...

Sim. forte: 3.3%

Sim. proche: 0%

Chapitre 101-Les services publics et gouvernementaux

Sim. globale: 3.2%

Page web (exclu)

<https://www.ilocis.org/fr/documents/ilo101.htm>

... traitées, l'exposition aux poussières pose parfois plus de ... procéder à des contrôles plus fréquents des véhicules. Pour ... L'exposition à ces très fortes concentrations peut entraîner la ...

Sim. forte: 3.2%

Sim. proche: 0%

Identification et évaluation des impacts liés à l'industrie...

Sim. globale: 3.2%

Fichier web (exclu)

<https://dspace.ummto.dz/items/2b798279-403c-4c24-91e4-eb18bf54bc4a>

... broyées et à récupérer les fines contenues dans les gaz. • ... procédé, le calcaire et l'argile sont broyés finement et mélangés avec l'... Ces matériaux sont extraits par détonation, et ils sont ...

Sim. forte: 3.2%

Sim. proche: 0%

CIMENT ET CIMENTERIES EN ALGERIE: PRODUCTION ET NORMALISATION

Sim. globale: 3.2%

Fichier web (exclu)

<https://dspace.univ-quelma.dz/jspui/handle/123456789/3067>

... Le ciment Portland artificiel, le CPA, résulte du broyage du ... De cette stabilité dépend la régularité des propriétés du ... de ciment, le gypse opère comme régulateur du temps de prise du ...

Sim. forte: 3.2%

Sim. proche: 0%

Etude du comportement thermique des Ciments lors du...

Sim. globale: 3.2%

Fichier web (exclu)

<https://dspace.usthb.dz/bitstream/handle/123456789/7961/TH9319.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

... étude expérimentale ; > Le cinquième chapitre est consacré au traitement, à l'analyse et à l'... ouvert par abattage à l'explosif ou à la pelle mécanique ou encore par ripage au bulldozer. ...

Sim. forte: 3.2%

Sim. proche: 0%

IMPACT FINESSE DE CIMENT SUR LE TEMPS DE PRISE ET LE...

Sim. globale: 3.2%

Fichier web (exclu)

http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/21813/1/NARIMENE_TEBINA.pdf

... un ciment (clinker OPC+gypse) avec le pourcentage en SO₃ ... comme SiO₂ noté S, Al₂O₃ noté A, ou Fe₂O₃ noté F, en ... de la magnésie MgO, des sulfates, des sulfures, des alcalis K₂O et ...

Sim. forte: 3.2%

Sim. proche: 0%

Fichier web (exclu)	<p>Carrières, poussières et environnement</p> <p>http://upchaux.fr/wp-content/uploads/2017/01/carrieres-poussieres-et-environnement.pdf</p> <p>Une partie des poussières, les particules secondaires, se forme dans l'air par réaction chimique à partir de polluants précurseurs comme les oxydes de soufre, ...87 pages</p>	<p>Sim. globale: 3.2%</p> <p>● Sim. forte: 3.2%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Mémoire de Master Optimisation de la vidange de trémie ...</p> <p>https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/13178/1/memoire_fini_pour_fac.pdf</p> <p>d'extraction, de concassage, de transport et de stockage des matières premières utilisées pour produire le ciment Portland. Il existe quatre matériaux: le ...114 pages</p>	<p>Sim. globale: 3.2%</p> <p>● Sim. forte: 3.2%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>APPLICATION D'ANALYSE DU CYCLE DE VIE (ACV) ...</p> <p>http://eprints.univ-batna2.dz/755/1/hygh_Mouna_BOUHIDEL.pdf</p> <p>by M BOUHIDEL · 2009 · Cited by 3 — Stockage et broyage des matières premières : L'utilisation de halls de stockage dépend des conditions climatiques et de la quantité de matière fine (farine ou ...128 pages</p>	<p>Sim. globale: 3.1%</p> <p>● Sim. forte: 3.1%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Traitement thermique.pdf</p> <p>https://www.univ-biskra.dz/enseignant/bensaada/Traitement thermique.pdf</p> <p>Cet ouvrage traite les fondements technologiques des traitements thermiques des aciers ainsi que leurs classifications, leurs désignations et leurs utilisations ...169 pages</p>	<p>Sim. globale: 3.1%</p> <p>● Sim. forte: 3.1%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Amélioration de la maintenance d'une pompe centrifuge type...</p> <p>https://dspace.ummto.dz/items/25784507-dd8a-43a7-9915-88af24ca6662</p> <p>... Les particules liquides pénètrent dans la roue (Figure 9) par ... par des vis. La roue est en acier de nuance (Z6 CND 18- 12 M) ... premier lieu et de maintenir notre pompe hors l'état d'usure. ...</p>	<p>Sim. globale: 3.1%</p> <p>● Sim. forte: 3.1%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Impacts de la qualité du système d'isolation sur la condition...</p> <p>https://constellation.uqac.ca/id/eprint/3733/</p> <p>... These unexpected failures cause major disruptions of ... et les coûts associés à leur réparation ou à leur remplacement, lorsqu'... de puissance et par conséquent, de proposer des solutions ...</p>	<p>Sim. globale: 3.1%</p> <p>● Sim. forte: 3.1%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Projet de fin d'études</p> <p>https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/26661/1/Mémoire pdf.pdf</p> <p>L'opération de concassage joue un rôle essentiel dans le domaine de la cimenterie en permettant la réduction de la taille des matières premières. Ce processus ...71 pages</p>	<p>Sim. globale: 3.1%</p> <p>● Sim. forte: 3.1%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Performances et durabilité du béton à base de granulats...</p> <p>https://dspace.usthb.dz/bitstream/handle/123456789/1285/TH4896.pdf?sequence=4&isAllowed=y</p> <p>... Le type de pollution des granulats recyclés n'a pas d'effet significatif sur la porosité du ... Dans ce chapitre, nous présentons les différents déchets dans le génie civil ainsi que l'activité du ...</p>	<p>Sim. globale: 3.1%</p> <p>● Sim. forte: 3.1%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Intensification par détente instantanée contrôlée (DIC) de la...</p> <p>https://theses.hal.science/tel-02009832/</p> <p>... à une intensification des processus de séchage par flux d'air tout en ... assurant ainsi une sévérité nettement inférieure à celle des ... de l'eau (la teneur en humidité subit une diminution ΔW ...</p>	<p>Sim. globale: 3.1%</p> <p>● Sim. forte: 3.1%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>

Fichier web (exclu)	<p>Mémoire</p> <p>https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/25508/1/Mémoire finale. 2023.pdf</p> <p>L'étude expérimentale a permet de préparer un ciment minéralisé en remplaçant une certaine proportion de clinker par l'ajout du calcaire à différents ...66 pages</p>	<p>Sim. globale: 3.0%</p> <p>● Sim. forte: 3.0%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Estimation de l'usure abrasive des boulets de broyage par ...</p> <p>http://dspace.univ-tiaret.dz/bitstream/123456789/4175/1/TH.M.GM.FR.2020.55.pdf</p> <p>by M BOUSSAID · 2020 — par abrasion et par impact) ayant un impact sur la durée de vie du produit. L'usure des boulets de broyage dépend à la fois du taux de remplissage, du ...68 pages</p>	<p>Sim. globale: 3.0%</p> <p>● Sim. forte: 3.0%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>UNIVERSITE CLERMONT AUVERGNE</p> <p>https://www.researchgate.net/profile/Amina-...</p> <p>... L'exposition aux PBDEs par ingestion des poussières a fait l'... Néanmoins, l'absorption résiduelle autour de 300 nm rend ... de vitesse comprises entre 0,10 et 26 h-1, et des rendements ...</p>	<p>Sim. globale: 3.0%</p> <p>● Sim. forte: 3.0%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>MÉMOIRE DE MAGISTER</p> <p>http://e-biblio.univ-mosta.dz/bitstream/handle/123456789/1307/CD19.pdf?sequence=1</p> <p>... fins, etant donné que les grossiers transportés s'... On distingue deux types d'écoulement tels que l'écoulement canalisé ... d'un outil (benne, godet) directement sur les matériaux a draguer. ...</p>	<p>Sim. globale: 3.0%</p> <p>● Sim. forte: 3.0%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Etude expérimentale et numérique de séparateurs gaz- ...</p> <p>https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01749504/file/INPL_2011_HREIZ_R.pdf</p> <p>Mar 29, 2018 — ... 5.14 que le débit d'air nécessaire pour déclencher le LCO croît avec ... Dans le cas de certains séparateurs cyclones comme les hydroclones, l' ...</p>	<p>Sim. globale: 2.9%</p> <p>● Sim. forte: 2.9%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Gestion des risques liés au transport des matières dangereuses</p> <p>https://theses.hal.science/tel-01543081/</p> <p>... ont créé un besoin constant pour le transport de marchandises. ... mobilité de grande quantité de marchandises. Ce mode de ... Enfin, nous avons employé les architectures dirigées par les ...</p>	<p>Sim. globale: 2.9%</p> <p>● Sim. forte: 2.9%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Impact de l'opération de cuisson du plantain sur la...</p> <p>https://theses.hal.science/tel-01397423/</p> <p>... des conditions de cuisson et qui résultent de processus de transport ... Pour y parvenir, l'effet combiné de la température (T) et de la ... intermédiaires (75 – 80 C) permettraient d'obtenir des ...</p>	<p>Sim. globale: 2.9%</p> <p>● Sim. forte: 2.9%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Application de la maintenance préventive (ou prédictive) des...</p> <p>https://dspace.univ-temouchent.edu.dz/handle/123456789/4336</p> <p>... ce sujet important et pour sa disponibilité dans le suivi de ce ... des équipements, réduire les coûts de maintenance, et ... and failures before they cause problems. The study emphasizes ...</p>	<p>Sim. globale: 2.9%</p> <p>● Sim. forte: 2.9%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>[DOC][DOC] De la fibre végétale à la fibre textile</p> <p>http://bloodylife.free.fr/thesepourmmemarion.doc</p> <p>... fruits, ce qui constitue un double inconvénient : elles freinent la ... pluviale, par exemple, le rendement peut varier de 0 à 150 ... mécanisée et à rendements plus faibles dans des pays en ...</p>	<p>Sim. globale: 2.8%</p> <p>● Sim. forte: 2.8%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>

Les bases de traitement des déchets solides

Sim. globale: 2.8%

Fichier web (exclu)

<http://dspace.univ-usto.dz/handle/123456789/319>

... dans le futur car des changements permanents se ... Voie la plus répandue, idéal pour faibles contaminations Très ... déchets, désignée généralement sous le nom de teneur en cendres. ...

Sim. forte: 2.8%

Sim. proche: 0%

Téléchargez le guide pratique

Sim. globale: 2.8%

Fichier web (exclu)

https://www.holcim.be/sites/belgium/files/documents/guide_pratique-fr.pdf

Toutefois un dosage trop élevé peut augmenter la sensibilité du béton vis-à-vis de la ségrégation et du ressuage en cas de variations de teneur en eau ...

Sim. forte: 2.8%

Sim. proche: 0%

Etude bibliographique sur le suivi des risques engendrés par...

Sim. globale: 2.8%

Fichier web (exclu)

<http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-51312-FR.pdf>

... ciment est insuffisante (inférieure à 1,9 cm) et que la prise du ...) agencés en hélice, à 45° les uns des autres et travaillant en ... constant dans la paroi et les lignes de flux y sont parallèles. ...

Sim. forte: 2.8%

Sim. proche: 0%

Chapitre I : Les bétons 1. Définition

Sim. globale: 2.8%

Fichier web (exclu)

<https://old-moodle.univ-tissemsilt.dz/pluginfile.php/15943/course/overviewfiles/Cours MDC...>

Pour permettre une mise en œuvre correcte du béton, il est important que la taille des plus gros granulats. Dmax ne s'oppose pas au déplacement des grains entre ...

Sim. forte: 2.8%

Sim. proche: 0%

Etude d'un système automatique d'un filtre à manche de ...

Sim. globale: 2.7%

Fichier web (exclu)

<http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/1163/3/BenHamzaMahdi.pdf>

by M Ben Hamza — Ce travail réalisé au sein de l'usine Biskria cimenterie présente l'étude de la machine (filtre à manche) qu'Il pénètre dans l'air pollué et le filtre ...72 pages

Sim. forte: 2.7%

Sim. proche: 0%

Optimisation des propriétés des bétons projetés par voie sèche

Sim. globale: 2.7%

Fichier web (exclu)

<https://hal.science/tel-01528798/>

... indirectement par un dosage en ciment suffisant voire excessif, a ... L'objectif de ce chapitre est d'étudier le rebond de manière ... De plus, les fibres peuvent accélérer l'usure du matériel de ...

Sim. forte: 2.7%

Sim. proche: 0%

Etude de l'influence de l'hydratation des laitiers sur les...

Sim. globale: 2.7%

Fichier web (exclu)

<https://theses.hal.science/tel-01697851/>

... anhydres du clinker (C3S, C2S, C3A et C4AF) et des principaux ... L'évolution du coefficient de diffusion effectif à l'hélium et à l'... Les résultats montrent une diminution du coefficient de ...

Sim. forte: 2.7%

Sim. proche: 0%

Influence de la qualité de l'eau de gâchage sur la résistance...

Sim. globale: 2.7%

Fichier web (exclu)

<https://dspace.univ-adrar.edu.dz/jspui/handle/123456789/7845>

... masse volumique absolue de sable concassé 5. Tableau N... Le béton lourd est fabriqué lourd tels que les minerais de fer ,... la pâte reste plus ou moins malléable voire plastique, mais au ...

Sim. forte: 2.7%

Sim. proche: 0%

Efficacité et durabilité des revêtements en polymères pour la...

Sim. globale: 2.7%

Fichier web (exclu)

<https://theses.hal.science/tel-04621811/>

... Dans ce chapitre, seront présentés la conception et la mise en ... L'enchevêtrement des CSH et de la Portlandite donne de la ... ciment Portland par de la fumée de silice ou du métakaolin (...)

Sim. forte: 2.7%

Sim. proche: 0%

Fichier web (exclu)	<p>Optimisation l'indice de cétane de diesel produit a la...</p> <p>https://dspace.univ-adrar.edu.dz/jspui/handle/123456789/5888</p> <p>... retient à l'aide du séparateur cyclone .Le brûlage du coke est ... Ils sont des composés d'une phase active dispersée sous ... Zone de séparation située en haut du RISER sert comme ...</p>	<p>Sim. globale: 2.6%</p> <p>Sim. forte: 2.6%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Valorisation des sédiments de dragage dans l'industrie cimentaire</p> <p>https://theses.hal.science/tel-03905227/</p> <p>... raw material for the cement industry and as binders for ... En conclusion, les polluants et particules fines minérales etles ... le broyage en circuit fermé où les particules insuffisamment ...</p>	<p>Sim. globale: 2.6%</p> <p>Sim. forte: 2.6%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>(PDF) ETUDE ET ANALYSE DE LA MAINTENANCE DES ...</p> <p>...</p> <p>Nov 24, 2021 — ETUDE ET ANALYSE DE LA MAINTENANCE DES EQUIPEMENTS DE FORAGE Résumé Introduction ... niveau de la station TP 127. 27. Chapitre 2 OUTILS DE LA ...</p>	<p>Sim. globale: 2.6%</p> <p>Sim. forte: 2.6%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Etude AMDEC D'un Broyeur a Boulets Type Unidan</p> <p>https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2019/05/ABID-KHALED.pdf</p> <p>II-2 - Description De L'opération De Broyage.....27. II-2 ... 60. 11.4. 2 eme chambre. 60. 14.6. 50. 8.4. 40. 16.8. 30. 69.5. 25. 45.7. Tableau ...90 pages</p>	<p>Sim. globale: 2.6%</p> <p>Sim. forte: 2.6%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>ANIMATION DE L'AUTOMATISATION D'UN STACKER PAR L'AUTOMATE...</p> <p>http://dspace.univ-setif.dz:8888/jspui/bitstream/123456789/750/h/2367.zip</p> <p>... et acheminées vers des trémies de dosage via des bandes transporteuses. Le broyage du ... 2% de minéral de fer ce fait en circuit fermé dans trois broyeurs à boulets de 125t/h chacun. ...</p>	<p>Sim. globale: 2.6%</p> <p>Sim. forte: 2.6%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Évaluation des limites d'un digesteur biogaz pour une...</p> <p>https://theses.hal.science/tel-01704573/</p> <p>... que ça se passerait bien même dans les moments où ça ... ; comme mentionné précédemment, la plupart des réacteurs sont menés en régime stable. Le passage à un régime flexible doit ...</p>	<p>Sim. globale: 2.6%</p> <p>Sim. forte: 2.6%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>LA Réhabilitation du murail byzantin de Tébessa-ALGERIE</p> <p>http://dspace.univ-tebessa.dz:8080/xmlui/handle/123456789/6532</p> <p>... Quel sont les méthodes et les technique Appropriés pour ... a des normes qu'il ne faut pas les dépasser (Le sablage fin ... ♦ Décapage de la terre végétale ces travaux consistent à enlever ...</p>	<p>Sim. globale: 2.6%</p> <p>Sim. forte: 2.6%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Ingénierie de la solution IP-RAN</p> <p>https://memoirepfe.fst-usmba.ac.ma/download/1984/pdf/1984.pdf</p> <p>... Créé en 1950, la société des ciments artificiels de Meknès ... d'obtenir une granulométrie moins grossière. Cette étape est ... Le séparateur joue un rôle important dans le fonctionnement ...</p>	<p>Sim. globale: 2.6%</p> <p>Sim. forte: 2.6%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>description de l'équipement de convoyeur a bande</p> <p>https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/22491/1/MEMOIRE_TIGHZA_LOTMANI_M2...</p> <p>Le but de cette étude est de placer une bande transporteuse pour la matière première du point A au point B au lieu de la transporter avec des camions, et c'est ...86 pages</p>	<p>Sim. globale: 2.5%</p> <p>Sim. forte: 2.5%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>

Fichier web (exclu)	<p>Contribution à l'identification d'un modèle pour la tour de...</p> <p> https://www.ummo.dz/dspace/bitstream/ummo/7462/1/HamitoucheBelaid_HamitoucheSofiane.pdf</p> <p>... Le ciment est une fine poudre qui, mélangée à des granulats... implique, d'une part, le broyage des matières premières ... Du fait que l'élaboration d'une stratégie de contrôle adéquate pour ...</p>	<p>Sim. globale: 2.5%</p> <p> Sim. forte: 2.5%</p> <p> Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Etude des performances des bétons de poudres réactives fibrés</p> <p> http://thesis.univ-biskra.dz/id/eprint/4281</p> <p>... et la volonté de faire le déplacement pour examiner ce travail. ... Trois additions minérales : laitier granulé, poudre de quartz et ... On distingue cinq formes de retrait : - Le retrait de séchage ...</p>	<p>Sim. globale: 2.5%</p> <p> Sim. forte: 2.5%</p> <p> Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Dimensionnement et conception d'un broyeur à lames pour ...</p> <p> https://repository.enp.edu.dz/jspui/bitstream/123456789/1058/1/MAHFOUD.Mouna.pdf</p> <p>Le broyeur peut parfois être considéré un véritable moyen de production, notamment dans les cas suivants : - Lorsque les déchets de fabrication sont réutilisés ...161 pages</p>	<p>Sim. globale: 2.5%</p> <p> Sim. forte: 2.5%</p> <p> Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Thème Influence de la température du clinker et du tuf ...</p> <p> https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/4054/1/Untitled.pdf</p> <p>I.1.2 Cuisson du clinker. La cuisson est le processus de transformation de la farine crue en clinker, par un apport thermique suffisant, pour obtenir des ...38 pages</p>	<p>Sim. globale: 2.4%</p> <p> Sim. forte: 2.4%</p> <p> Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Analyse et caractérisation des constituants du ciment cas de...</p> <p> http://dspace.univ-tebessa.dz:8080/xmlui/handle/123456789/3852</p> <p>... sont broyées et forment une farine crue qui alimente le four. ... et l'ensachage atteint fréquemment 100 tonnes par heure, les ... Le ciment livré en vrac est transporté par camion-citerne. ...</p>	<p>Sim. globale: 2.4%</p> <p> Sim. forte: 2.4%</p> <p> Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>transport au niveau de la mine de l'Ouenza Optimisation de...</p> <p> http://dspace.univ-tebessa.dz:8080/xmlui/handle/123456789/3648</p> <p>... des moyens appropriés (Bulldozer, Brise-roche, explosif,...etc.) pour ... L'abattage à l'explosif est pratiqué dans les milieux rocheux ... Ce qui demande les ripages (déplacements latéraux et ...</p>	<p>Sim. globale: 2.4%</p> <p> Sim. forte: 2.4%</p> <p> Sim. proche: 0%</p>
Page web (exclu)	<p>Défauts courants et solutions de l'élévateur à godets</p> <p> http://www.conveyorpulleylagging.com/info/common-faults-and-solutions-of-bucket-...</p> <p>Jan 4, 2021 — En utilisation quotidienne, les défauts courants du coupleur hydraulique sont: la quantité de remplissage d'huile ne répond pas aux exigences, ...</p>	<p>Sim. globale: 2.3%</p> <p> Sim. forte: 2.3%</p> <p> Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>200 7. CLASSIFICATION DES ACIERS ET DES FONTES</p> <p> https://www.univ-biskra.dz/enseignant/bensaada/7 classification des aciers et des fontes 34...</p> <p>Ce sont des aciers austénitiques à haute teneur en manganèse, de ... La résistance optimale à haute température pour les aciers à haute teneur en chrome,34 pages</p>	<p>Sim. globale: 2.3%</p> <p> Sim. forte: 2.3%</p> <p> Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>ETUDE DE COMPORTEMENT PHYSIQUE ET MECANIQUE DU MORTIER ET...</p> <p> https://dspace.univ-bba.dz/handle/123456789/802</p> <p>... chaux (CaO), de la silice (SiO2) et de l'alumine (Al2O3). Le ... 2,5 % de MgO, 0,3 % de C2rO3, 1% MnO2, 9 % de Na2O et 0,... C3FH6 après substitution de Fe2O3 suivant la réaction C4AF+...</p>	<p>Sim. globale: 2.3%</p> <p> Sim. forte: 2.3%</p> <p> Sim. proche: 0%</p>

Fichier web (exclu)	<p>Contribution et l'amélioration des caractéristiques...</p> <p>https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/19915</p> <p>... - 60 à 80 mm pour les matériaux granulaires concassés non ... de béton de ciment de 15 à 40 cm d'épaisseur qui sert de ... eau et d'inertie à de nombreux agents chimiques lui ont valu un ...</p>	<p>Sim. globale: 2.3%</p> <p>Sim. forte: 2.3%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>EFFETS DES HAUTES TEMPÉRATURES SUR LE COMPORTEMENT DU BÉTON DE...</p> <p>http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/18025/1/LHAM_HIRECHE.pdf</p> <p>... macroscopiques du substrat et affecte le comportement global du ... peut varier selon le rapport E/C, le dosage en ciment et en ... Pour Kanéma le module d'élasticité diminue de manière ...</p>	<p>Sim. globale: 2.3%</p> <p>Sim. forte: 2.3%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Elaboration d'un ciment à faible te neur en sulfure pour les...</p> <p>http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/21758/1/Saidi_Dounia.pdf</p> <p>... un mélange de calcaire (CaCO₃) environ de 80% et d'argile (... naturels qui sont extraits de carrières puis concassés, ... , les matières premières doivent être séchées et broyées très ...</p>	<p>Sim. globale: 2.2%</p> <p>Sim. forte: 2.2%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Méthodes de surveillance d'une turbopompe WE 41 de la centrale...</p> <p>https://www.ummto.dz/dspace/bitstream/ummto/3520/1/Slimani_Said_Mouloudj_Mourad.pdf</p> <p>... III-4-5-2- Les Principales méthodes de détection suivant les ... Figure IV-4: Choix des grandeurs physiques à mesurer en fonction ... Figure V-10 a : Les fréquences des deux composantes à ...</p>	<p>Sim. globale: 2.2%</p> <p>Sim. forte: 2.2%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Carbonatation de bétons adjuvantés à base de ressources...</p> <p>https://theses.hal.science/tel-00797822/</p> <p>... 48 Figure 2.15: Détermination du dosage de saturation et de la réduction d'eau pour un ... superplastifiant par les C3A et C4AF purs est plus importante que par du C3S et du C2S purs. ...</p>	<p>Sim. globale: 2.2%</p> <p>Sim. forte: 2.2%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Programmation et commande d'une Pompe Flux à l'aide d'un...</p> <p>http://archives.univ-biskra.dz/handle/123456789/11143</p> <p>... Dans l'atelier du broyage cru 4 trémies d'alimentation des ... par des transporteurs à partir des halls d'homogénéisation par l'... Le clinker est acheminé vers des trémies de stockage et les ...</p>	<p>Sim. globale: 2.1%</p> <p>Sim. forte: 2.1%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Analyse de fonctionnement et élaboration d'un plan de...</p> <p>https://www.ummto.dz/dspace/bitstream/ummto/3764/1/Sebaoui_Marzouk_Seddar_Rafik.pdf</p> <p>... Nous remercions aussi tous le personnel de L'ERENAV en particulier Mr.SADOUDI.R qui nous a ... Nous sommes aussi reconnaissants à tous les enseignants qui ont contribué à notre ...</p>	<p>Sim. globale: 2.1%</p> <p>Sim. forte: 2.1%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Faisabilité de la valorisation des BHpM comme piègeur de...</p> <p>https://theses.hal.science/tel-00788091/</p> <p>...) pour m avoir permis de réaliser mes travaux de recherche au sein ... partie de mes recherches au sein du laboratoire SPIN. ... VI initial) tandis que les capacités de lixiviation des HDL dans ...</p>	<p>Sim. globale: 2.1%</p> <p>Sim. forte: 2.1%</p> <p>Sim. proche: 0%</p>

Fichier web (exclu)	Implantation de la démarche TPM au niveau de l'atelier de... https://memoirepfe.fst-usmba.ac.ma/download/2898/pdf/2898.pdf ... Pièce maîtresse de la cimenterie, le four est un tube en acier, ... L'atelier de broyage comprend le broyeur, le séparateur (qui ... relativement courte et remplie de boulets de gros diamètre. ...	Sim. globale: 2.1% ● Sim. forte: 2.1% ● Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	Étude comparative entre un ciment à composition classique http://dspace.univ-tebessa.dz:8080/jspui/handle/123456789/5139 ... 'étude et la comparaison des propriétés chimiques et des propriétés physico-mécaniques des ... Les calcaires sont des ajouts à caractère inerte et non hydrauliques. Ils peuvent améliorer ...	Sim. globale: 2.0% ● Sim. forte: 2.0% ● Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	Maintenance des réducteurs de vitesse à l'entreprise somiphos... http://dspace.univ-tebessa.dz:8080/jspui/handle/123456789/5124 ... Caractéristique technique des réducteurs à arbres parallèles ... phosphate par l'intermédiaire de somiphos DJEBEL EL ONK. ... d'utilisation défini précédemment constitue alors l'indicateur ...	Sim. globale: 2.0% ● Sim. forte: 2.0% ● Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	Etude d'un système automatisé de l'ensacheuse rotative de... http://archives.univ-biskra.dz/handle/123456789/11174 ... Et sa fabrication se diffère et se distingue en cinq zones ... à temps critique et nécessitant une importante capacité de ... et granulés. Il Ya 4 modèles de machines rotatives du ciment et d'...	Sim. globale: 2.0% ● Sim. forte: 2.0% ● Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	Influence de l'utilisation des combustibles de substitution... https://orbi.uliege.be/handle/2268/114261 ... En effet, un seul et même silo pourra contenir différents types ... , pouvant devenir une farine grossière. Le tuffeau est présent ... finesse et renvoie au broyeur la partie insuffisamment broyée...	Sim. globale: 2.0% ● Sim. forte: 2.0% ● Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	Localisation des défauts dans les structures par Ultrasons https://dspace.univ-quelma.dz/jspui/bitstream/123456789/788/1/Localisation des défauts dans les... by M ZEDDAM · 2015 — Son principe repose sur la propagation des ondes ultrasonores dans le matériau pour détecter et localiser les défauts éventuels de plus petites dimensions. La ...59 pages	Sim. globale: 1.9% ● Sim. forte: 1.9% ● Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	Contribution à l'étude de la formulation et du procédé de... https://theses.hal.science/tel-01017510/ ... La production de matériaux (extraction des matières premières, ... gazeuses du processus de fabrication du ciment est estimé à ... A partir des études précédentes, il apparaît que le ...	Sim. globale: 1.9% ● Sim. forte: 1.9% ● Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	Analyse fonctionnel et supervision d'un processus «moulins de... http://thesis.essa-tlemcen.dz/handle/STDB_UNAM/141 ... , la vitesse de rotation des élévateurs à godets à grand débit, ... à un système de contre poids. La séparation du produit doit ... (DIF) sont en parallèle et peuvent être activées ou désactivées ...	Sim. globale: 1.9% ● Sim. forte: 1.9% ● Sim. proche: 0%

Fichier web (exclu)	<p>Projet AT12 PAVATEX Optimisation du mélangeur et de la presse...</p> <p>https://upcommons.upc.edu/handle/2117/100148</p> <p>... aux hautes températures, une faible absorption d'eau, une ... broyage de quelques particules lors du contact avec la paroi. ... Ceci est un plan à deux niveaux, il exige la réalisation de 2 ...</p>	<p>Sim. globale: 1.9%</p> <p>● Sim. forte: 1.9%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>CHAPITRE 1 Généralités sur les Broyeurs</p> <p>https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2022/02/BELABED-Noui.pdf</p> <p>La rotation du broyeur provoque le brassage du matériau à traiter avec les boulets. Le broyage peut s'effectuer en voie sèche avec des boulets. La nature et ...96 pages</p>	<p>Sim. globale: 1.8%</p> <p>● Sim. forte: 1.8%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Diagnostic et analyse des défauts d'un broyeur de ...</p> <p>...</p> <p>by ERR Mohamed — Figure 3 : l'état de blindage pour compartiment 1 et 2. Figure ... [1] Auscultation d'atelier de broyage à boulets: D.JUNIQUE. [2] AMDEC ...4 pages</p>	<p>Sim. globale: 1.7%</p> <p>● Sim. forte: 1.7%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Produits fabriqués</p> <p>http://chm.pops.int/Portals/0/Repository/BATBEPWK2/UNEP-POPS-BATBEPWK.2-REL-CS05.French.PDF</p> <p>Les matières traitées sont transportées vers l'usine par deux convoyeurs à ... Le stockage se fait par type de ciment dans des silos prévus à cet effet ...37 pages</p>	<p>Sim. globale: 1.7%</p> <p>● Sim. forte: 1.7%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Etude d'un mortier ordinaire par l'incorporation d'une argile...</p> <p>http://dspace.univ-tiaret.dz/handle/123456789/13316</p> <p>... De 1200 à 1450C, des réactions physicochimiques ... basse du four, doivent être refroidis rapidement en y soufflant de l'... des silicates calciques des clinkers entre 1250 et 1450C, avec un ...</p>	<p>Sim. globale: 1.6%</p> <p>● Sim. forte: 1.6%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>8. FROTTEMENT ET LUBRIFICATION 133</p> <p>https://www.univ-biskra.dz/enseignant/bensaada/8_Frottement_et_lubrification_23_pages.pdf</p> <p>Le coefficient de frottement est plus grand au démarrage qu'en marche, ensuite il reste sensiblement constant, puis il diminue quand la vitesse augmente. Il ...23 pages</p>	<p>Sim. globale: 1.5%</p> <p>● Sim. forte: 1.5%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Impact des Alcalis sur les Performances de Ciment</p> <p>http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/17779/1/Akacha_imane.pdf</p> <p>... Les fillers calcaires sont des produits secs, très fins, issus du broyage, ... Dans lequel les matières premières subissent des ... Agitation manuel du mélange pour homogénéiser. • Mettre le ...</p>	<p>Sim. globale: 1.5%</p> <p>● Sim. forte: 1.5%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Mémoire de Master</p> <p>https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2018/05/DOGHMANE-ILYES.pdf</p> <p>... Un nouvel équipement économisant le temps de forage, s'... le calcul mécanique du Top Drive (les efforts, le frottement, ... de6 équation différentielles à coefficients fonctions périodique du ...</p>	<p>Sim. globale: 1.5%</p> <p>● Sim. forte: 1.5%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Etude de fonctionnement de l'entraînement électrique d'une...</p> <p>https://ummtto.dz/dspace/bitstream/handle/ummtto/1571/Quartel_Bachir.pdf?sequence=1&isAllowed=y</p> <p>... On appelle hayon élévateur, une plate-forme élévatrice fixée à l'arrière d'un véhicule de ... de réducteur figure (I.11), est constitué d'un arbre de faible vitesse et deux tambours disposés ...</p>	<p>Sim. globale: 1.5%</p> <p>● Sim. forte: 1.5%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>

Page web (exclu)	Ciment https://fr.wikipedia.org/wiki/Ciment Fabrication · l'extraction ; · l'homogénéisation ; · le séchage et le broyage ; · la cuisson ; · le refroidissement ; · le broyage.	Sim. globale: 1.4% ● Sim. forte: 1.4% ● Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	Proposition d'un logigramme de la section des conducteurs http://dspace.univ-tebessa.dz:8080/jspui/handle/123456789/2982 ... transformation HTA/BTA est raccordé à deux câbles par un ... le four rotatif pour y être cuit à une température d'environ 1450. ... des étapes de fabrication du ciment figure 2.1 ci-dessous : ...	Sim. globale: 1.4% ● Sim. forte: 1.4% ● Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	Le kilogramme, la constante de Planck et le soulèvement de... https://www.researchgate.net/profile/Michel-Van-... ... Le logiciel d'acquisition de données ajuste par la méthode ... à assurer une vitesse constante v à l'endroit de la pesée, où l'on ... Le nombre d'ions collectés est proportionnel au courant ...	Sim. globale: 1.3% ● Sim. forte: 1.3% ● Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	Annexe 18 - Fiches techniques des dépoussiéreurs.pdf https://www.oise.gouv.fr/content/download/30818/203246/file/Annexe 18 - Fiches techniques des... Les gaz traversent les manches filtrantes de l'extérieur vers l'intérieur et abandonnent les ... 5-1- Manches filtrantes : Accéder sur la tête du ...66 pages	Sim. globale: 1.2% ● Sim. forte: 1.2% ● Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	Analyse Granulométrique https://ft.univ-tlemcen.dz/assets/uploads/pdf/departement/gc/tp/analyse_granulometrique.pdf PRINCIPE DE L'ESSAI: L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes. Les ...16 pages	Sim. globale: 1.2% ● Sim. forte: 1.2% ● Sim. proche: 0%
Page web (exclu)	Refroidisseurs à ballonnets Fours de cimenterie https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/energies-th4/chaudieres-et-fours-... C'est vers la fin des années 1960 qu'ils ont été réactualisés et développés en alternative aux refroidisseurs à grilles comme système de refroidissement sur les ...	Sim. globale: 1.1% ● Sim. forte: 1.1% ● Sim. proche: 0%
Page web (exclu)	Fatigue (matériau) https://fr.wikipedia.org/wiki/Fatigue_(matériau) ... matériau. Ces dernières peuvent entraîner la formation de fissures et éventuellement la rupture de la structure. La fatigue est notamment caractérisée par ...	Sim. globale: 1.1% ● Sim. forte: 1.1% ● Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	MATERIAUX DE CONSTRUCTION 01 https://www.univ-chlef.dz/FGCA/wp-content/uploads/2020/11/Matériaux-de-Construction-L2-GC-... Les propriétés principales des matériaux peuvent être divisées en plusieurs groupes tels ... - Un sable grossier S1 de module de finesse MF1. - Un sable fin S 2 ...50 pages	Sim. globale: 1.1% ● Sim. forte: 1.1% ● Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	7 Usure et proprietes des materiaux 28 pages.pdf https://www.univ-biskra.dz/enseignant/bensaada/7 Usure et proprietes des materiaux 28 pages.pdf f dépend des propriétés des matériaux, des paramètres mécaniques et des conditions chimiques dans le contact, formation de particules d'usure, changement de la ...29 pages	Sim. globale: 1.1% ● Sim. forte: 1.1% ● Sim. proche: 0%

Page web (exclu)	<p>SikaGrind®-180 MY Additifs pour l'industrie du ciment</p> <p>https://dza.sika.com/fr/construction/additifs-pour-l-industrieduciment/sikagrind-180-my.html</p> <p>Amélioration des propriétés de broyage du broyeur à ciment grâce à une faible accumulation de matière sur les boulets de broyage et les moulins; Rendement ...</p>	<p>Sim. globale: 0.9%</p> <p>● Sim. forte: 0.9%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Page web (exclu)	<p>Traitement des émissions de particules en suspension</p> <p>https://condorchem.com/fr/traitement-emissions-poussieres-aerosols/</p> <p>Les cyclones sont des dispositifs qui utilisent la force centrifuge pour séparer les particules les plus lourdes du flux d'air. Les particules sont dirigées ...</p>	<p>Sim. globale: 0.8%</p> <p>● Sim. forte: 0.8%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>SikaGrind®-1589</p> <p>https://dza.sika.com/dam/dms/dz01/0/sikagrind-1589.pdf</p> <p>SikaGrind®-1589 est un additif liquide pour broyage du ciment, développé pour augmenter le taux de production du ciment et sa résistance initiale. DOMAINES D ...2 pages</p>	<p>Sim. globale: 0.8%</p> <p>● Sim. forte: 0.8%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>CHAPITRE 5 BROYAGE – SUITE- 5.5. Circuits de ...</p> <p>https://elearning-deprecated.univ-annaba.dz/mod/resource/view.php?id=19803</p> <p>BROYAGE – SUITE-. Dr.CHAIB A. Page 5. Avec : Vp : taux de remplissage du broyeur (fraction du volume du broyeur occupée par les corps broyants), variant entre 0 ...</p>	<p>Sim. globale: 0.8%</p> <p>● Sim. forte: 0.8%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Etude et réalisation d'un distillateur solaire avec stockage...</p> <p>https://www.ummto.dz/dspace/bitstream/handle/ummto/13394/Messaoudene_Souad.pdf?sequence=1</p> <p>... milliards d'années dont le cycle de vie est donné par la figure 1... A cause du problème d'accumulation rapide des sels dans ... des deux ouvertures (8) réalisées dans la cloison isolée vers ...</p>	<p>Sim. globale: 0.8%</p> <p>● Sim. forte: 0.8%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>silos-annexe C.pdf</p> <p>https://aida.ineris.fr/sites/aida/files/guides/silos-annexe_C.pdf</p> <p>La tendance aujourd'hui est à l'utilisation de manches verticales plutôt longues (> 5 m), avec un décolmatage par air pulsé, une captation des poussières côté ...11 pages</p>	<p>Sim. globale: 0.7%</p> <p>● Sim. forte: 0.7%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Le trou noir</p> <p>http://scharlier.free.fr/gemini/docs/trounoir.pdf</p> <p>... Un fragment peut toutefois s'en échapper en suivant une ... savions pas exactement si le blindage, le système de pilotage ... était expulsé du trou noir tel un boulet de canon. A quelques ...</p>	<p>Sim. globale: 0.7%</p> <p>● Sim. forte: 0.7%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Page web (exclu)	<p>SikaGrind®-160 MY Additifs pour l'industrie du ciment</p> <p>https://dza.sika.com/fr/construction/additifs-pour-l-industrieduciment/sikagrind-160-my.html</p> <p>... matière sur les boulets de broyage et les revêtements de broyeur; Efficacité accrue du séparateur grâce à une meilleure dispersion des particules de ciment ...</p>	<p>Sim. globale: 0.6%</p> <p>● Sim. forte: 0.6%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Le Guide de l'air comprimé</p> <p>https://energypedia.info/images/7/7c/Le_Guide_de_l'air_comprimé.pdf</p> <p>Pour une compression à 7 bar dans un compresseur industriel moderne, il faut environ 6,5 kW/m³/min de puissance. Une hausse ou une baisse de pression de 1 bar ...</p>	<p>Sim. globale: 0.6%</p> <p>● Sim. forte: 0.6%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>

Fichier web (exclu)	<p>Techniques de la haute tension</p> <p>https://eddirasa.com/wp-content/uploads/univ/science-technique/cours-...</p> <p>... détachent de l'atome et se déplacent avec le champ. Par contre dans ... Le déplacement brusque des ions par le champ superficiel ... Séparateur électrostatique Un mélange de particules ...</p>	<p>Sim. globale: 0.6%</p> <p>● Sim. forte: 0.6%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Page web (exclu)	<p>Mesure de la densité dans un circuit de broyage</p> <p>https://rhosonics.com/fr/insight/blog/mesure-de-la-densite-dans-le-circuit-de-broyage/</p> <p>Jun 2, 2022 — Dans la plupart des sites, un broyeur à boulets est utilisé pour le broyage, afin de produire des particules fines, et un (hydro) cyclone est ...</p>	<p>Sim. globale: 0.4%</p> <p>● Sim. forte: 0.4%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Page web (exclu)	<p>Fours de cimenterie - Ateliers de cuisson du clinker</p> <p>https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/energies-th4/chaudieres-et-fours-...</p> <p>Jul 10, 2000 — Dans une approche systématique, on dira que la fonction de l'atelier de cuisson consiste à transformer, par traitement thermique, un matériau « ...</p>	<p>Sim. globale: 0.4%</p> <p>● Sim. forte: 0.4%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Page web (exclu)	<p>Composition et fabrication des ciments courants</p> <p>https://www.infociments.fr/ciments/fabrication-et-proprietes-des-ciments</p> <p>Les différentes étapes de la fabrication sont : 1. Extraction et ... est la technique majoritairement employée en France (55 % de fours en voie sèche ...</p>	<p>Sim. globale: 0.3%</p> <p>● Sim. forte: 0.3%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Page web (exclu)	<p>Broyeur à boulets batch</p> <p>https://www.lessine.com/fr/solutions/broyage/broyeur-boulets-batch</p> <p>Principe de fonctionnement. Processus. Des boulets sont placés avec le produit dans un tambour rotatif. Le broyage résulte du frottement et du choc créés ...</p>	<p>Sim. globale: 0.3%</p> <p>● Sim. forte: 0.3%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Page web (exclu)	<p>Intermédiaire</p> <p>https://www.magotteaux.com/fr/products/intermediaire/</p> <p>... broyeur. Magotteaux a mis au point différents types de cloisons de séparation intermédiaires pour répondre à tous les besoins spécifiques, incluant des cloisons ...</p>	<p>Sim. globale: 0.3%</p> <p>● Sim. forte: 0.3%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Page web (exclu)	<p>Fabrication du ciment Portland : le process</p> <p>https://www.infociments.fr/ciments/fabrication-du-ciment-le-process</p> <p>Produire du ciment : le procédé décomposé en 12 étapes clés. La carrière de cimenterie; La pré-homogénéisation des matières premières; Le broyage du cru ...</p>	<p>Sim. globale: 0.3%</p> <p>● Sim. forte: 0.3%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>Du prélèvement au dosage: réflexions sur les problèmes posés...</p> <p>https://revues.cirad.fr/index.php/cahiers-agricultures/article/view/30409</p> <p>... broyeurs à couteaux et des broyeurs à billes, ces derniers permettant, selon nous, une meilleure adaptabilité des conditions de broyage (... d'essai (PE) est suffisante (50 mg), le broyage ...</p>	<p>Sim. globale: 0.2%</p> <p>● Sim. forte: 0.2%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>
Fichier web (exclu)	<p>La pré-homogénéisation des matières premières</p> <p>https://www.infociments.fr/ciments/fabrication-du-ciment-le-process/la-pre-homogeneisation-des-...</p> <p>Les roches extraites de la carrière sont concassées et acheminées jusqu'à la cimenterie, puis stockées dans le hall de pré-homogénéisation.</p>	<p>Sim. globale: 0.2%</p> <p>● Sim. forte: 0.2%</p> <p>● Sim. proche: 0%</p>

Page web (exclu)	Usure des surfaces https://fr.wikipedia.org/wiki/Usure_des_surfaces Causes. Les principaux facteurs d'usure sont : la nature des matériaux en contact ; les conditions de fonctionnement (pression, température, lubrification, ...	Sim. globale: 0.1% Sim. forte: 0.1% Sim. proche: 0%
Page web (exclu)	Les Étapes de La Fabrication Du Ciment: Présenté Par https://fr.scribd.com/document/495836811/Lestapesdelafabricationduciment -La matière tombe sur un plateau de distribution et est dispersée dans l'air circulant. - Le flux d'air est généré par un ventilateur externe et recyclé. Il ...	Sim. globale: 0.1% Sim. forte: 0.1% Sim. proche: 0%
Page web (exclu)	Angle de talus naturel https://fr.wikipedia.org/wiki/Angle_de_talus_naturel L'angle de talus naturel est l'angle que fait la pente du tas de matière empilée non tassée et l'horizontale. Il est caractéristique du matériau en œuvre.	Sim. globale: 0.1% Sim. forte: 0.1% Sim. proche: 0%
Page web (exclu)	Cloison de séparation d'un broyeur cylindrique à boulets https://data.epo.org/publication-server/rest/v1.0/publication-... Jan 17, 1990 — Elle concerne plus particulièrement une cloison de séparation entre deux compartiments successifs ou d'un compartiment finisseur. [0002] Dans la ...	Sim. globale: 0.1% Sim. forte: 0.1% Sim. proche: 0%
Page web (exclu)	Quelle est la fonction d'un pré-séparateur ? - Obera https://obera.fr/conseils/quelle-est-la-fonction-dun-pre-separateur/ L'utilisation d'un séparateur à impact réduit la vitesse des particules qui se trouvent dans le flux d'air de telle sorte qu'elles ne sont plus transportées par ...	Sim. globale: 0.1% Sim. forte: 0.1% Sim. proche: 0%
Page web (exclu)	Transfert mécanique - Elévateur à godets https://www.palamaticprocess.fr/machines-industrielles/eleveur-godet Pour une manutention verticale, le transfert mécanique vertical des produits en vrac. Les élévateurs à godets assurent le déplacement vers un point en hauteur ...	Sim. globale: 0.1% Sim. forte: 0.1% Sim. proche: 0%
Fichier web (exclu)	01 - Pompe A Vis PDF https://www.scribd.com/document/678906691/01-Pompe-a-vis La position du contrepois sur le levier du clapet anti-retour peut être réglée. ... 10 18 - 19 9 - 10 15 - 16 10 - 11. Remarque : les valeurs indiquées ci ...	Sim. globale: 0.1% Sim. forte: 0.1% Sim. proche: 0%



Texte analysé

Cette section rapporte le texte original extrait du document analysé, avec les passages similaires surlignés. Ces passages ont été identifiés comme tels à partir des sources listées dans la section précédente.

● Similarité forte ● Similarité proche ● Exclu par l'utilisateur

CHAPITRE I

Processus de fabrication du ciment

I.1 Introduction

Dans le processus traditionnel de fabrication du ciment dans les installations de

cimenterie, une formule classique est suivie :

le mélange initial est composé de 80 % de calcaire et 20 % d'argile. Du minerai de fer et du sable sont ajoutées pour améliorer les

propriétés mécaniques et chimiques du ciment. Le minerai de fer augmente la résistance et la

force maximale, tandis que le sable améliore la malléabilité et la flexibilité. Le calcaire et l'argile sont extraits

d'une carrière proche de l'usine sous forme de blocs, puis ils sont concassés pour atteindre

une épaisseur de 25 mm. Le sable et le minerai de fer sont achetés et transportés à l'usine par camion. Les matières premières concassées

sont acheminées vers

la salle de stockage en même temps que le sable et le minerai de fer.

Toutes ces matières subissent ensuite une pré-homogénéisation avant d'entrer dans le processus de broyage.

Les matières sont ensuite transportées vers un broyeur à boulets pour obtenir un matériau fin - la matière crue - et les homogénéiser avant d'entrer dans le processus de cuisson. Ces éléments subissent un broyage fin, puis sont soumis à une cuisson à très haute température dans un four rotatif.

Le processus de cuisson des matières premières est essentiel pour la formation du

clinker. Les matières subissent plusieurs transformations physico-chimiques dans l'atelier

de cuisson, aboutissant à la formation du clinker. Le clinker est ensuite broyé, et des

composants supplémentaires sont ajoutés pour ajuster les propriétés de prise et les performances mécaniques du ciment, influençant ainsi directement les caractéristiques du

béton utilisé en construction.

Dans ce chapitre, nous allons examiner comment le

ciment est fabriqué au sein de

CS-SEG.

1

CHAPITRE I

Processus de

fabrication du ciment

I.2 Processus de fabrication du ciment

Fig.I.1 Les différentes étapes de la fabrication du ciment de la voie sèche

Le processus de fabrication du ciment comprend plusieurs étapes:

Extraction des matières premières: Le calcaire, l'argile et d'autres matériaux sont extraits

des carrières et des mines.

Préparation de la farine crue: Les matières premières sont concassées,

broyées et

mélangées pour obtenir un mélange homogène appelé "farine crue".

Cuisson: La farine crue est introduite dans un four rotatif à des températures extrêmement élevées (environ 1450°C). Pendant ce processus, la farine crue subit des réactions physico-chimiques pour former le clinker.

Refroidissement du clinker: Le clinker est refroidi rapidement pour stabiliser sa structure.

Broyage du clinker: Le clinker refroidi est broyé avec du gypse et éventuellement d'autres

additifs pour former le ciment final.

Emballage et expédition: Le ciment est ensaché ou stocké en vrac puis expédié aux distributeurs ou directement aux clients.

I.2.1 Extraction du matériau

Les matières premières essentielles, à savoir le calcaire et l'argile, sont sélectionnées et extraites

des carrières voisines de la

cimenterie. Cette extraction se fait par diverses

méthodes, telles que l'abattage à l'explosif, l'utilisation de pelles mécaniques ou le ripage au

bulldozer. Ces techniques sont choisies non seulement pour leur efficacité, mais aussi pour

2

CHAPITRE I

Processus de

fabrication du ciment

minimiser les frais de transport.

Fig.I.2 Extraction

du calcaire au niveau d'une carrière

I.2.2 Préparation de la farine crue

La préparation de la farine crue est importante pour garantir la qualité

du ciment,

c'est pourquoi cette étape se caractérise par

un contrôle technique de haute

précision. De

la fragmentation des matières premières jusqu'à l'obtention de la farine crue.

I.2.2.1 Concassage de calcaire et de

l'argile

Le concasseur joue un rôle

dans la réduction du volume des

matières premières afin

de faciliter leur stockage. La matière

est amenée par

des camions de 30 à 50 tonnes à la
trémie d'alimentation de l'atelier de concassage. Au fond de la trémie, la

matière se
dépose sur un grand tablier métallique (de 2,5 m de largeur) qui alimente le
concasseur de
type EV200.300 avec un cylindre d'avancement. En effet, c'est cette dernière qui
3

CHAPITRE I fabrication du ciment

Processus de

achemine la matière vers le rotor à marteaux qui est entraîné par un moteur de grande
puissance. Le concasseur concasse et réduit la pierre jusqu'à une épaisseur de 25 mm.
I.2.2.2 Concassage des ajouts

L'atelier de concassage des ajouts est
prévu pour le concassage de minerai de fer et

gypse (c'est un concasseur a
marteaux

a deux rotors). Les deux concasseurs
capable de
concasse des blocs de 600 mm réduire

à 25 mm.

I.2.2.3 Pré-homogénéisation

La pré-homogénéisation se faisant transversalement à l'aide d'un pont gratteur
pour
le calcaire, et latéralement à

l'aide d'un racleur à portique pour
l'argile, le minerai de fer et
le sable.

Les matières premières sont acheminées au stockage

à l'aide d'une flèche mobile pour
décharger ces deux tas de matières premières, un pont gratteur équipé d'une chaîne à
palette gratteuse est utilisé pour faire tomber la matière en avalanches et la
ramener vers

la trémie. Chaque trémie a une capacité de 250 m³.

Le gypse est stocké séparément dans une salle de reprise des ajouts, avec du
calcaire

pur sous forme d'une pyramide formée par un tas de 1750 tonnes.

Fig.I.3 pré-homogénéisation des

matières premières

4

CHAPITRE I Processus de fabrication du ciment

I.2.3 Broyage et homogénéisation de la farine crue

Les matières premières sont acheminées individuellement par des transporteurs à
bande vers les trémies respectives de l'atelier de broyage des matières premières. Les
trémies jouent un rôle dans le stockage et la régulation du dosage des matières
premières

avant leur broyage.

Les matières sont extraites des trémies et mélangées avec un dosage précis sur
des

transporteurs à bande peseuse. Il existe 2 lignes d'extraction, chacune alimentant un
broyeur via des transporteurs à bande en caoutchouc.

Les broyeurs, de type broyeur à boulets et disposés horizontalement, assument
un

double rôle :

I.2.3.1

Séchage

Ils sont chargés de réduire l'humidité des matières premières, de sorte

qu'elles
atteignent une teneur en eau

nettement inférieure à 1 % à la sortie.

Cette opération de

séchage est réalisée par une partie des fumées extraites du four, qui pénètrent dans

les

broyeurs en

même temps que les matières premières.

I.2.3.2 Broyage

Les matières premières sont extraites des trémies au moyen d'extracteurs

qui les

déversent sur des transporteurs à bandes peseuses. Deux lignes d'extraction par silo alimentent chacune un broyeur via des transporteurs à bande à marche réversible pour

le

tarage d'équipements.

Les matières premières extraites, telles que le calcaire, l'argile, le minerai de fer et le

sable, sont mélangées intimement dans les broyeurs. Le broyage

produit une farine à une

capacité de 2*140 t/h. L'unité de mesure devient la "bleime", indiquant que la matière est fine.

La farine produite est amenée par un élévateur d'une capacité maximale de 420 t/h.

Les gros granulés récupérés dans les séparateurs statiques sont réintroduits à l'entrée du

broyeur, où ils subissent un écrasement sous l'effet de la rotation des galets.

Environ 90%

du produit fini, appelé farine, est récupéré dans les séparateurs, tandis que les 10% restants sont récupérés dans les filtres à

manches.

5

CHAPITRE I

Processus de fabrication

du ciment

Fig.I.5 Broyeur à boulets de l'atelier broyage cru de la SCSEG.

I.2.4 Ateliers de cuisson du clinker

Dans

une approche systématique, la fonction

de

l'atelier de cuisson consiste à

transformer, par traitement thermique, un matériau "cru" en un semi-produit désigné sous

le nom de clinker.

L'atelier de cuisson

se compose principalement d'un

préchauffeur, d'un four rotatif et d'un refroidisseur.

Fig.I.6

Atelier de cuisson

6

CHAPITRE I

Processus de

fabrication du ciment

I.2.4.1 Préchauffage à cyclone

L'échangeur à cyclones se distingue par sa conception novatrice, caractérisée par plusieurs niveaux de cyclones (4 étages). Ce choix initial de 4 étage a été minutieusement sélectionné lors des premières phases de développement du procédé par voie sèche, car il représentait un équilibre optimal entre l'investissement initial et les coûts opérationnels, prenant en compte la disponibilité abondante et peu coûteuse de l'énergie thermique à cette époque.

La figure ci-dessous illustre un échangeur à 4 niveaux de conception ancienne, témoignant de l'évolution constante des technologies dans ce domaine.

Fig.I.7 Ligne d'un préchauffeur à 4

étages de cyclones.

7

CHAPITRE I fabrication du ciment

Processus de

I.2.4.2

Four rotatif

Le four rotatif est de type "UNAX" avec une capacité de 3000 tonnes par jour, et la température à l'intérieur du four doit atteindre 1450 °C.

Le four rotatif est un dispositif essentiel utilisé dans le processus de transformation des matières premières en clinker de ciment. Il se compose d'un long tube cylindrique soutenu par trois supports. Incliné à 3° par rapport à l'horizontale, cela permet aux matières de se déplacer progressivement vers l'extrémité basse et évite leur accumulation, ce qui pourrait entraver le mouvement des matériaux, ainsi qu'une distribution optimale de la chaleur sur les matières.

À l'extrémité haute du four, les matières premières préalablement chauffées sont

introduites, tandis que la flamme de chauffe est placée à l'autre extrémité basse. Avec le déplacement progressif des matières premières du haut vers le bas du four, elles sont exposées à une vague de chaleur qui permet à la matière de subir plusieurs transformations physico-chimiques pour produire finalement de petites boulettes noires (le clinker). Les transformations se manifestent dans l'ordre suivant :

la décarbonatation à des températures de 700 à 1050 degrés, puis la clinkérisation à des températures de 1200

à 1450 degrés. Ensuite, nous passons à l'étape de refroidissement.
Fig.I.8 four

rotatif de SCSEG.

8

CHAPITRE I Processus de fabrication du ciment

I.2.4.3 Refroidisseur à ballonnet

Les refroidisseurs à ballonnets, également connus sous le nom de refroidisseurs planétaires, ont fait leur apparition dans les années 1920 sur les fours longs, s'appuyant technologiquement sur les refroidisseurs rotatifs. C'est vers la fin des années 1960 qu'ils ont été réinventés et développés comme une alternative aux refroidisseurs à grilles, pour servir de système de refroidissement sur les fours courts équipés de préchauffeurs à cyclones.

Fig.I.9 Refroidisseur à ballonnets

ou planétaire (FLS).

Effectivement, la rotation du four induit la chute du clinker au niveau de la virole de

décharge dans les conduites des ballonnets, puis son cheminement à travers ces derniers

jusqu'à

la sortie.

L'intégration d'un refroidisseur à ballonnets dans une ligne de cuisson offre de

nombreuses simplifications à la fois sur le plan mécanique et sur le plan du procédé, à

condition que la capacité du four reste dans des valeurs moyennes ($< 2\,500\text{ t/j}$).

Les observations et les mesures effectuées suggèrent que grâce à la trempe :

- Le clinker sera plus facile à broyer.
- La décomposition ou la rétrogradation du C3S (silicate tricalcique) sera empêchée.
- L'évolution du C2S α (silicate bicalcique α) en C2S γ inerte sera réduite.
- Les effets négatifs du MgO seront diminués.
- La prise rapide des clinkers riches en C3A (aluminate tricalcique) sera

empêchée.

9

CHAPITRE I Processus de fabrication du ciment

I.2.5 Broyage et stockage du ciment

I.2.5.1 Atelier du broyage ciment

Le clinker est acheminé vers l'atelier de broyage de ciment à l'aide de transporteur à

bande. L'atelier d'alimentation se compose de quatre

trémies, chacune dotée de deux sorties pour alimenter simultanément les deux broyeurs à ciment. Deux trémies sont dédiées au clinker, une au gypse et une aux matières ajoutées telles que le calcaire ou autres.

Sous chaque trémie d'alimentation se trouve un doseur

permettant de réguler le dosage afin d'obtenir la composition de ciment. Pour chaque ligne, les doseurs déversent leur contenu sur un transporteur à bande situé sous les trémies. Un transporteur incliné connecté ensuite alimente le broyeur. Les broyeurs à

boulets sont équipés d'un système de ventilation et d'un

système d'injection d'eau afin de maintenir la température interne du broyeur en dessous de 115°C. Les broyeurs fonctionnent en circuit fermé, avec l'ajout d'un

additif pour éviter l'agglomération.

Chaque broyeur est composé de deux chambres séparées par un cloison intermédiaire, où la charge de boulets diffère entre la

première chambre - la chambre de concassage - et la deuxième chambre - la chambre de préparation et de finition - avec chaque chambre

équipée d'un blindage approprié permettant un

chargement efficace des charge des boulets. Le mouvement des boulets à l'intérieur du broyeur est

caractérisé par
un mouvement en cataracte qui permet un

broyage efficace du clinker.

Après le processus de broyage, la matière est dirigée vers un

système de séparation.

Le séparateur dynamique sépare et renvoie la matière grosse vers le broyeur et envoie la matière fine au séparateur fixe pour séparer la matière fine de l'air, renvoyant l'air au système de ventilation et le matériau

fin aux silos de stockage.

10

CHAPITRE I Processus de fabrication du ciment

Le processus de broyage et de séparation se déroule en circuit

fermé. L'objectif du système de séparation est de garantir l'efficacité du système

de broyage.

I.2.5.2 Stockage et expédition

Le ciment est extrait des silos, et est amené par des transporteurs à vis soit aux ateliers

d'ensachages soit à la station de chargement en vrac des camions.

I.2.5.2.1 Ateliers d'ensachages

Il y a 5 ateliers d'ensachage où les ensacheuses sont du type RU-12. L'ensachage se fait

dans des sacs de 50 kg avec un débit maximal de 5 x 100 tonnes/h [4]. Après leurs

ensachages, les sacs de ciment sont transportés à l'installation de chargement de camions.

I.3.5.2.1 Chargement en vrac

Le ciment est amené à 2 élévateurs qui alimentent 2 aéroglisseurs qui déversent dans 2 silos en tôle qui sont équipés d'appareils de chargement [3]. Le débit maximal de chargement en vrac des camions est de 2 x 200 tonnes /h.

Fig.I.12 Expédition en

vrac

Fig.I.13 Expédition en sac

11

CHAPITRE I

Processus de fabrication du ciment

I.4 Conclusion

Après l'étude du processus de fabrication du ciment, il

apparaît comme un processus industriel complexe comprenant plusieurs étapes clés. Le processus commence par l'extraction des matières premières des mines et leur traitement pour garantir leur qualité et leur adéquation à l'utilisation. Ensuite, les matières premières traitées sont mélangées pour produire un mélange homogène. Ensuite, l'étape suivante implique le broyage des matières premières pour les transformer en une poudre fine. Ensuite, la poudre est cuite dans un four rotatif à des températures élevées. Cette étape vise à former les composés chimiques nécessaires à la formation du clinker. Ensuite, le clinker formé est broyé avec l'ajout de matériaux auxiliaires tels que le gypse

pour contrôler le temps de prise et
prévenir la formation de grumeaux de ciment.
Enfin,

le ciment final est obtenu et utilisé
dans l'industrie

du béton et de la construction.
Ce processus illustre la complexité et la singularité de

l'industrie du ciment, ainsi que les

efforts déployés pour garantir la
qualité du produit final et le respect des normes de
sécurité et environnementales.
12

CHAPITRE I Processus de fabrication du ciment 13

Description de ligne de broyage II.1 Introduction 15

Description de ligne de broyage II.2 Processus de pré-broyage II.2.1

Matières

Pour l’obtention d’un ciment répandant aux normes, aux exigences de qualité et aux besoins économique de la

société, 03 matières sont utilisées à savoir le clinker, le calcaireet le gypse. Le clinker qui présente une proportion élevée (79%) dans le mélange

par rapport au calcaire et au gypse vue qu’il présente les principaux minéraux nécessaires à l’hydratation du ciment en pourcentages voulus.

Caractéristiques

Composition chimique

	/	SiO2	AL2O3	Fe2O3	CaO	MgO	K2O	Na2O	CaOlibre
S03	%	21.57	5.29	3.58	65.82	1.87	0.65	0.05	0.00

0.55

Composition Minéralogique

	/	C3S	C2S	C3A	C4AF
	%	61.77	15.57	7.97	

10.88

- Coefficient de saturation en chaux 95,46
- Module silicique 2,53
- Module alumino-ferrique 1,39
- Densité 1,2 à 1,3 kg/l

Le calcaire est présent dans le mélange comme un ajout inerte, car il ne possède pas de propriétés hydrauliques. Son ajout est de l'ordre de 16%, visant à développer certaines propriétés du ciment et à augmenter la production. Le gypse, quant à lui, est ajouté en faible proportion (5%) dans le but de régler l'une des propriétés essentielles du ciment, qui est

le temps de prise.

16

Description de ligne

de broyage

II.2.2 Extraction des matières

Les matières premières utilisées dans la fabrication du ciment sont extraites des silos

de stockage (U1L03, U1L02, U1L01) et transportées vers les trémies d'alimentation (Z1L01, Z1L02, Z1L03, Z1L04) par des transporteurs à bond. Il y a quatre trémies d'alimentation : deux pour le clinker, un pour le gypse et un pour l'additif.

Fig.II.1 Extraction des matériaux et leur transport vers les trémies d'alimentation

II.2.3 Doseur

Il faut un doseur pour chaque trémie. Un doseur est installé sous chaque trémie d'alimentation. Ce doseur est équipé d'un capteur de charge, ce qui permet de mesurer la masse de chaque matériau entrant dans la fabrication du ciment afin de garantir la production d'un ciment conforme aux normes.

Fig.II.2 Fonctionnement du doseur

17

Description de
ligne de broyage

Fonctionnement du doseur est comme suit :

1. Alimentation en matière

Le processus commence dans la trémie

où la matière est stockée. Elle est
dirigée de la
trémie vers la zone de

chargement.

2. Contrôle du flux

- La matière se déplace sur un transporteur à bande actionné par une poulie d'entraînement.

- La vitesse de la bande est surveillée par un capteur de vitesse.

3. Mesure

- Lorsque la matière passe au-dessus du transporteur, son poids est mesuré par

des

capteurs de charge placés sous la plaque de pesée.

- Les données de poids

masse de la matière sur la bande à tout moment.

4. Contrôle centralisé

- Les données

sont collectées pour déterminer la

envoyées à l'unité de contrôle du

de poids et la vitesse de la bande sont

- L'unité

moteur qui les analyse.

de la bande en fonction de la quantité de matière nécessaire, assurant ainsi un

de contrôle du moteur ajuste la vitesse

5. Transport et déchargement

-

flux constant et précis.

transportée vers la zone de déchargement.

Après la zone de mesure, la matière est

-

Enfin, les données sont envoyées à la

console de contrôle centralisée qui supervise l'ensemble du processus et garantit le respect des normes définies.

Après avoir déterminé les proportions des matériaux, elles sont finalement acheminées vers le

broyeur via des transporteurs à bandes.

18

Description de ligne	
de broyage	
II.3 Broyage	
II.3.1	

Description de broyeur

Désignation : Broyeur à boulets de type "TIRAX UNIDAN R1M01".

Origine : Danemark.

Fiche

technique du broyeur à boulets :	
Fournisseur : FLSMIDTH / Danemark.	
Système de broyage : circuit fermé.	
Débit : 140	

tonnes par heure.

Longueur de la virole : 12,60 mètres.

Diamètre intérieur : 4,00 mètres.

Poids : 889 000 kilogrammes.

Vitesse de broyeur : 15,86 tours par minute.

Nombre de compartiments : 2.

Blindage : releveur (1er chambre) ; classant ondulée (2em chambre).

Corps broyant nécessaires : 265 tonnes (charge normale).

La charge des boulets : 90 à 60 mm (1er chambre) ; 60 à 17 mm (2em chambre)

Remplissage : 27% à 33% (1er chambre) ; 25% à 33% (2em chambre)

Figure II.3 Broyeur à boulets de type "TIRAX UNIDAN R1M01"

Description de

ligne de broyage

II.3.2

Equipements internes du broyeur

II.3.2.1 Blindage du broyeur

Le rôle principal du blindage du broyeur est évidemment de protéger la virole de l'usure excessive et des fissures possibles. Comme les broyeurs à ciment sont composés de un à plusieurs compartiments, la conception (profil) du blindage diffère parce que l'objectif est différent.

- Les blindages sont principalement fabriqués à

partir d'aciers à haute teneur en

chrome.

- La durée de vie des blindages dépend en grande partie du matériau à broyer.
- L'ajout d'additifs tels que la pouzzolane ou le laitier peut accroître l'usure.

Ces matières sont généralement abrasives et souvent humides, ce qui entraîne une augmentation du taux d'usure en raison de la corrosion.

1. Blindages d'entrée

Les

blindages d'entrée sont des composants

essentiels des broyeurs, contribuant à

protéger la virole de la tête du broyeur contre les chocs et l'usure. Cette protection revêt

une

importance critique car cette partie du

broyeur est susceptible de se fissurer à long terme en cas d'usure excessive.

Leur conception et leur choix de matériaux sont déterminés par divers facteurs opérationnels et environnementaux pour assurer un

fonctionnement efficace et durable du broyeur.

La conception des revêtements d'entrée dépend

de plusieurs paramètres, notamment :
d'entrée.

- Type de matière broyée
- Température des gaz (dans le cas

Fig.II.4 Blindage

	d'un broyeur airswept)
- Vitesse de rotation du broyeur	
- Diamètre maximum des boulets de broyage	
- Degré de remplissage en boulets	
	20

	Description de
ligne de broyage	
- Type de blindage releveur	

utilisé

Les blindages d'entrée sont généralement fabriqués à partir d'acier à haute teneur en manganèse, d'acier à haute teneur en chrome ou d'acier martensitique. Ces matériaux offrent une résistance à l'abrasion et une durabilité nécessaires pour résister aux conditions

	sévères de broyage.
2. Blindages de relevage pour le premier compartiment	
Blindage de relevage dans un broyeur à	

boulets fait référence à un type de revêtement utilisé dans la première chambre du broyeur.

Ce type de revêtement est placé pour soulever les matériaux et améliorer le processus de broyage. Lorsque les boules entrent en collision avec les matériaux dans la première chambre, le revêtement de levage soulève les matériaux pour améliorer leur mouvement et leur flux à l'intérieur du broyeur, facilitant ainsi le processus de broyage et augmentant son efficacité.

Fig.II.5 Effet de relevage.

- Ce type de blindage vise à améliorer l'effet de relevage de la charge de boulets.
- Avec un effet de relevage suffisant, l'impact du boulet sera assez puissant pour briser les grosses particules de matière.

21

Description de

ligne de broyage

- Les corps broyant ne doivent pas non plus être relevés excessivement, afin d'éviter l'usure des blindages et la casse des boulets.

Fig.II.6 Blindage de relevage.

3. Blindages de compartiments de finition

Le blindage ondulé est un type de revêtement utilisé dans les broyeurs à boulets et autres types de

broyeurs pour protéger les parois

internes de la corrosion et de l'usure, tout en améliorant également le mouvement de broyage à l'intérieur du broyeur.

Le blindage ondulé se caractérise par un design ondulé qui aide à

améliorer la

répartition de la charge et le flux de broyage à l'intérieur du broyeur, ce qui conduit à une augmentation de l'efficacité de broyage et à une réduction de la consommation d'énergie.

Fig.II.7 Blindage ondulé

22

Description de

ligne de broyage

II.3.2.2 Cloisons

Les cloisons sont des ensembles mécaniques conçus pour séparer les différents compartiments d'un broyeur à boulets.

Bien que leur fonction principale soit la séparation, les cloisons peuvent également

remplir d'autres rôles, tels que

l'optimisation

de la ventilation dans le broyeur ou le contrôle du niveau de matière dans la chambre en amont, et servir de tamis pour retenir les grains qui n'ont pas été suffisamment broyés ainsi que les corps broyant.

4. Cloisons intermédiaire non- réglable

- La cloison

double est généralement utilisée pour les plus grands broyeurs (> 2,8 m).

- Elle est constituée d'un châssis en acier monté sur des segments périphériques fixés sur

la virole.

- À l'intérieur de la structure en acier, la cloison est équipée de releveurs en acier pour le

transport de la matière.

- Ce type de cloison est évidemment plus rigide que la cloison simple et permet également un écoulement plus efficace du matériau grâce à l'action des releveurs centraux, droits ou courbés.

- La partie centrale est équipée d'un tamis central permettant un passage suffisant de l'air

à travers le broyeur. Lorsque le broyeur est en marche, la matière concassée de la première chambre passe à travers les grilles et se dirige vers les releveurs centraux de la

cloison. Les releveurs transportent la matière vers le centre où un

cône décharge la

matière dans la deuxième chambre.

- La largeur de la cloison est généralement de 500 mm et est fixée sur la

virole forée DIN

de préférence.

- Avec cette cloison, il n'y a

pas de contrôle du niveau de matière de

la chambre en

amont.

- La largeur des fentes des grilles varie de 6, 8 à 10 mm ou plus en fonction de la nature

de la matière à broyer et des exigences en matière de ventilation.

23

Description de

ligne de broyage

Fig.II.8 Cloison double classique.

Le processus de transfert de

matériau à travers

les cloisons est comme suit :

1. Les matériaux remplissent les espaces entre les plaques perforées et les plaques aveugles dans les cloisons.

2. Les matériaux sont soulevés

par la rotation du broyeur.

3. La gravité fait chuter les matériaux à travers le moyeu central et les dirige vers la

chambre suivante.

Figure II.9 Transfert

de matériau à travers la cloison

24

Description de

ligne de broyage

2. Cloisons de sortie

Ces cloisons sont toujours placées à la sortie

du broyeur. Les cloisons de sortie sont conçues de manière similaire aux cloisons doubles, à l'exception qu'elles ne disposent pas de plaques arrière. Ces cloisons ne sont pas ajustables car les plus petits boulets des compartiments de finition ont une meilleure rétention et retiennent donc mieux les matériaux.

Lorsque le broyeur est en marche, les matériaux sortent de la deuxième chambre, passent à travers les ouvertures des grilles et sont captés par les élévateurs. Ensuite, les matériaux tombent sur un cône au centre où ils sont dirigés vers la sortie du broyeur via le tourillon à vis.

Les ouvertures des grilles doivent être plus grandes que celles de la cloison intermédiaire dans le cas d'un broyeur à deux chambres. Par exemple, si les ouvertures de la

cloison intermédiaire ont une largeur

de 6 mm, les ouvertures de la cloison de sortie

doivent impérativement avoir une

largeur de 8 mm pour éviter l'accumulation de matériaux non broyés

à la fin de la deuxième chambre.

Fig.II.10 Cloison de sortie. [9]

25

Description de	
ligne de broyage	
3. Durée de vie des cloisons	
- Le taux d'usure des cloisons intermédiaires dépend du type de matière à broyer et est causé par des impacts significatifs.	
- Pour les cloisons de sortie, l'usure est provoquée par des forces de frottement entre les	
boulets, la matière broyée et les grilles.	
- Les grilles de la cloison intermédiaire sont le point délicat du broyeur d'un point de vue	
de l'usure.	
Ci-dessous, quelques chiffres :	
Durée de vie des grilles	
Cloisons intermédiaire	Cloisons de
sortie	
Broyeur à ciment	8000-12000 h

12000-18000 h

Tableau.II.3 Durée de vie des grilles de cloisons.

II.3.2.3 Système d’injection d’eau

II.3.2.3.1 Introduction

Les broyeurs à boulets sont connus pour générer une chaleur importante pendant leur fonctionnement, entraînant une augmentation progressive de la température à l'intérieur du broyeur. Il est largement reconnu que cette température ne doit pas dépasser un seuil critique, généralement évalué entre 105 et 110 °C.

Dans l'ensemble, ces problèmes

peuvent entraîner une baisse significative de la performance de l'installation de broyage, une diminution de la production et des coûts supplémentaires liés à la

maintenance. Pour éviter ces problèmes, il est courant de ventiler le broyeur. Cependant, dans certains cas, la ventilation seule peut ne pas être suffisante, et d'autres mesures doivent être prises, telles que l'injection d'eau.

Description

de ligne de broyage

Fig.II.11 Illustration du phénomène d'augmentation de température et de l'effet engendré

par l'injection d'eau. [9]

En général, l'eau est injectée

dans la deuxième chambre du broyeur à

ciment, où la température est la plus élevée.

Si la température du clinker

dépasse 100°C, il est recommandé d'injecter une partie dans la chambre 1. Dans ce cas, il est généralement accepté qu'un tiers de la quantité totale soit injecté dans la chambre 1 pour deux tiers dans la chambre 2.

II.3.2.3.2 Circuit d'injection d'eau

Le système d'injection d'eau est muni d'un régulateur qui s'active automatiquement. Il entre en action lorsque la température du ciment à la sortie du broyeur dépasse un seuil prédéterminé.

Si la température ne nécessite pas l'ajout d'eau, le système d'air du broyeur reste opérationnel. Cela signifie que dès que le broyeur démarre, le système d'air pour le nettoyage de l'injection d'eau doit être en marche. Comme mentionné précédemment, l'injection commence dans la deuxième chambre.

27

Description

de ligne de broyage

Fig.II.12 Système d'injection d'eau. [9]

La buse de pulvérisation d'eau doit

être entourée par des tubes, avec de l'air généré par un ventilateur en constante diffusion pour maintenir la buse toujours propre. Les pressions de travail pour l'air et l'eau sont les suivantes : pour l'air comprimé, de 5 à 6 bar, pour l'air du ventilateur, de 40 à 60 mbar, et pour l'eau, de 3 à 10 bar (la pression correcte étant de 5 bar).

Fig.II.13 La buse de sortie côté deuxième chambre

28

Description de

ligne de broyage

II.3.3 Fonctionnement

Les corps broyant sont

équipements internes des broyeurs, tant en termes d'efficacité que de

des éléments très importants des

résistance à l'usure.

du broyeur dépend directement de sa vitesse de rotation, laquelle est liée à la vitesse

Le mouvement des boulets à l'intérieur

critique.

Les broyeurs

modernes ont une vitesse de rotation comprise entre 70 et 75% de la vitesse critique.
Leurs modes de

marche est comme suit :

Fig.II.14 Les régimes de fonctionnements des boulets en fonction du N_c

II.3.3.1 Energie consommée

La consommation énergétique (en kWh) requise par l'arbre moteur

pour actionner l'appareil à vide est évaluée par tonne de matériau broyé, pour les broyeurs

à boulets (N_b) en utilisant des formules définies, avec Φ exprimé en mètres :

0.1

$$N_b = 4.879 \cdot \Phi^{0.3} \cdot (3.2 - 3 \cdot V_P) \cdot f \cdot \left(\frac{1 - \left(\frac{29 - 10 \cdot f}{29} \right)^{+2}}{29 - 10 \cdot f} \right)$$

Avec :

- V_P : le taux de remplissage du broyeur (fraction du volume du broyeur occupée par les corps broyant), variant entre 0,40 et 0,50 pour les broyeurs à boulets.

- f : la fraction de la vitesse critique N_c à laquelle tourne le broyeur, fonction du diamètre

inter-blindage du broyeur (0,64 à 0,76 pour les broyeurs à

barres).

29

Description

de ligne de broyage

-Z est un coefficient prenant en compte la taille des boulets

pour les broyeurs dont le diamètre inter-blindage est supérieur à 3,3 m, calculé selon la relation suivante, avec Φ en mètres :

$$Z = 1.102 \cdot \left[\frac{B - 12.5 \cdot \Phi}{50.8} \right] ; \text{ Avec } B \text{ (mm) diamètre des boulets.}$$

II.3.3.2 Vitesse

critique

En deux mots, la vitesse critique est définie comme étant la vitesse de rotation où les forces centrifuges égalent les forces de gravité à la paroi de la virole du broyeur. À ce stade-là, les

boulets ne tombent plus et restent collés à la

virole.

Le boulet de broyage est soumis à deux forces: la force centrifuge F_c et la force de gravité F_g .

Di

► La force centrifuge est donnée par la formule suivante: $F_c = m \cdot \omega^2$.

2

Où: m est la masse

du boulet ; Di est le diamètre interne du broyeur.

ω est la vitesse angulaire.

► La

force gravitationnelle est donnée par

la formule suivante: $F_g = m \cdot g$

Où : m est la

masse du boulet ; g est la gravité

universelle (9,81

m/s²).

Le boulet restera contre la paroi si ces deux forces sont en équilibre, cela signifie :

$F_c = F_g \cdot \cos(\theta)$ Où : L'angle θ est représenté sur

le croquis ci-dessous.

Figure II.15 Représentation des forces qui impactent les boulets.

Au sommet du broyeur, θ est égal à 0,

ce qui entraîne que $\cos(0) = 1$, alors:

30

ligne

Description de

de broyage

Di 2.

$F_c = F_g \cdot \cos(\theta)$; $\omega = \sqrt{\frac{g}{r}}$;

$\frac{g}{r} = \omega^2$; $\omega = \sqrt{\frac{g}{r}}$;

$$N = \frac{\omega}{2\pi} \quad N = 1$$

$$\sqrt{2.981} = 1.726$$

0.705 Et cela donne en révolutions

par

$$N_c = \frac{42.3}{\sqrt{D_i}} \quad (tr/min)$$

II.3.3.3 Marche en cascade

Fait référence à un mode de fonctionnement des broyeurs où les corps broyant à l'intérieur du broyeur suivent des trajectoires en cascade. Cela

se produit généralement à des vitesses de rotation relativement basses (vitesse de rotation comprise entre 60 et 65% de la vitesse critique). Dans ce

mode, les corps broyant s'élèvent le long de la paroi intérieure du broyeur puis retombent, créant ainsi un mouvement en cascade

continu.

II.3.3.4 Marche en cataracte

-Obtenue pour une vitesse relativement plus élevée

Les corps broyant roulent et retombent les uns sur les autres, en chute libre. Cette marche en cataracte est la plus utilisée. Elle convient au traitement des matériaux durs et produit le maximum de surfaces nouvelles sous l'effet d'actions

multiples d'interaction,

de cisaillement et d'impact.

2

Lorsque la virole tourne à une vitesse égale à la vitesse critique, les boulets ne tombent plus et restent collés à la virole.

31

Description de ligne			
de broyage			
Di (m)	Vitesse de rotation (tr/min)	Vitesse critique (tr/min)	vitesse critique (%)
2.4	20.748	27.3	76
2.8			
			18.96
25.28	75		
3.2	17.501	23.65	74
3.6	16.2717	22.29	73
4	15.8625	21.15	75
4.4	15.1275	20.17	75
4.6	14.79	19.72	75
4.8	14.4825	19.31	75
5.2	14.098	18.55	76
5.6	13.585	17.88	76

Tableau.II.4 Vitesse de rotation recommandée

II.3.4 Réduction

II.3.4.1 Chambre de préparation

Dans le compartiment de préparation on cherche le cisaillement et pour que les grains puissent être correctement cisailés il faut que la matière

soit préparée à une finesse de maximum de 5% de refus sur tamis de 2.5mm. Et ceci demande un blindage releveur et des boulets de 60 à 90 mm, avec une puissance absorbée de l'ordre de

10 KW/t.

II.3.4.2 Chambre de finition

Dans le compartiment de finition on cherche l'attrition et pour maximiser ce dernier c'est-à-dire la production de finesse, il faut que la surface broyante soit la plus élevée possible et la matière soit

préparée à une finesse de maximum de

10-20% de refus sur tamis de 90 μm . Et ceci demande un

blindage ondulée qui autorise le

roulement

des boulets, et

que le diamètre de ces derniers soit adapté à la taille des particules (Les boulets ont des diamètres de 60 à 15mm).

32

Description de ligne

de broyage

II.3.4.3 Mode de réduction

Comment

la matière se broie-t-elle ?

Selon la dimension et la dureté des grains à concasser, le broyage s'obtient, soit par :
 ► Fragmentation par choc, lors de la chute des boulets, entre les boulets ou contre le blindage.

Fig.II.16 Fragmentation par choc

► Soit par écrasement

grains qui ont pu pénétrer à l'intérieur de la charge (poids sous la pression de la charge des

+ force centrifuge).

Fig.II.17 Ecrasement

► Soit par cisaillement des grains coincés entre des boulets glissant les uns sur les autres.

Fig.II.18 Cisaillement

33

Description de ligne de broyage

II.4 Post-broyage

La matière broyée sort du broyeur pour entrer dans le processus de séparation. Ce processus vise à séparer les particules fines des particules grossières qui n'ont pas été correctement broyées.

La matière broyée est transportée vers le système de séparation à l'aide d'élévateurs à godets et de transporteurs pneumatiques (Aéroglisseurs).

II.4.1 Elévateurs à godets

Le système des élévateurs à godets est un type d'équipement largement utilisé dans les industries nécessitant le transport vertical de matériaux, qu'ils soient sous forme de granules ou de poudres. Ce système se distingue par son efficacité dans le déplacement de matériaux à travers diverses zones au sein d'une cimenterie, telles que le transport de matières du système de pré-broyage à l'entrée du séparateur. Ils représentent également un moyen de manutention verticale à faible coût énergétique, avec des besoins d'entretien relativement limités, ce qui en fait un choix efficace pour les industries nécessitant ce type de transport.

II.4.1.1 Types d'élévateurs à godets

Les godets sont fixés soit sur chaines, soit sur une bande.

19fghjfgj

34

Description de ligne

de broyage

1. Élévateur à décharge centrifuge

20fgjfgj

- C'est le modèle le plus courant.
- La vitesse de déplacement est assez élevée (1,2 à 2 m/s).
- Le chargement est effectué par le dragage du matériau au bas

de l'élévateur.

- La distance de séparation entre les godets est de 2 à 3

fois

la hauteur du godet.

- Il est vertical et utilisé pour le traitement de matières fines ayant

une bonne aptitude à l'écoulement,

telles que les

grains, le charbon, le sable, le ciment et autres produits secs.

- Des

matériaux plus grossiers peuvent

également être

transportés à condition d'utiliser des godets adaptés.

2. Élévateur à décharge positive

21ghf

- Ce type d'élévateur est similaire au précédent, à l'exception que dans la partie supérieure, les godets sont totalement inversés pour faciliter le déchargement du matériau.
- Les godets sont montés sur deux chaînes.
- Ils sont donc bien adaptés pour des matériaux moins fluides.
- La

vitesse de déplacement des godets est également plus lente.

35

Description de ligne de broyage

3. Élévateur à décharge continue 22

- L'élévateur à décharge continue est recommandé pour les matières plus grossières ainsi que pour les matériaux fragiles.
- Sa vitesse de déplacement est moins élevée (0,6 m/s).
- Il peut également être utilisé de manière efficace pour le transport du ciment, de la chaux et d'autres matières chimiques sèches.
- Enfin, il peut fonctionner en configuration inclinée.

II.4.1.2 Principaux composants d'élévateur à godets
Schéma montrant les principaux composants

23

36

Description de ligne de broyage

1. Tête de l'élévateur

- La tête de l'élévateur, située dans

la partie supérieure, est une structure métallique qui abrite

la sortie de décharge.

- Le capot de la

le tambour d'entraînement, le frein et

tête, ou chapeau, doit avoir le profil approprié pour correspondre aussi précisément que possible au chemin suivi par la matière lors de la décharge.

- Ce chemin est influencé par plusieurs facteurs tels que le type

de godet, la vitesse de la bande et le diamètre du tambour d'entraînement.

- De plus, la tête

peut être équipée d'une plateforme tout autour pour faciliter les opérations de maintenance.

2. Poulie de tête

- La poulie de tête, ou tambour d'entraînement, est responsable de transmettre le mouvement à la bande.
- Habituellement fabriquée en fonte ou en plaque d'acier, elle peut présenter une légère biconicité (bombée) pour recentrer la bande lorsque les godets le permettent.
- Il est fortement

recommandé de la revêtir de caoutchouc pour la protéger contre l'usure due à la grande

quantité de poussière générée par le système.

- Ce revêtement prévient également l'usure prématurée de la bande et améliore l'efficacité en économisant de l'énergie.
- Il augmente

également le coefficient de frottement, réduisant ainsi les risques de glissement.

- Le diamètre de la poulie est calculé en fonction de la charge et de la vitesse pour garantir un fonctionnement optimal.

37

Description de

ligne de broyage

3. Points de succion pour le dépoussiérage

Le schéma ci-dessous donne une idée pour la réalisation des points d'aspiration :

24

Les valeurs suivantes sont généralement admises pour l'air nécessaire et pour dimensionner le filtre :

25

4. Portes d'inspection

- Il y en a plusieurs, dont au pied et à la tête évidemment, pour permettre le contrôle et l'entretien du système.

5. Groupe de transmission

- Le groupe de transmission est situé au-dessus de l'élévateur et est constitué d'un moteur

et d'un réducteur qui peuvent être reliés directement à l'arbre du tambour ou par l'intermédiaire d'une transmission à courroie.

- L'ensemble est supporté par une plate-forme construite à cet effet.

6. Goulotte de décharge

- Ce dispositif est bien sûr situé dans la partie supérieure et est adapté au type de convoyeur en aval, souvent un aéroglisseur.

38

Description de ligne

de broyage

7. Côté montée

- Il s'agit du côté où les godets montent remplis de matière.

8. Bande

- L'élément de traction est constitué par une bande avec une carcasse en nylon/polyester et un revêtement en caoutchouc.

- Pour les élévateurs pour lesquels la bande est particulièrement sollicitée, il est

également utilisé une version de carcasse faite

en trame d'acier.

- La largeur de la bande est déterminée en fonction de la largeur des godets.
- Les deux extrémités de la bande sont jointes

comme sur l'illustration ci-dessous :

26

9. Bouches d'alimentation intermédiaires

- Les élévateurs à godets installés dans des circuits de broyage de ciment sont très longs et traversent plusieurs étages :
 - étage rejets séparateur et sortie cyclone
 - étage séparateur
 - étage filtre(s)
- À chaque étage, on trouve souvent une bouche d'alimentation.
- Celle-ci sert souvent à introduire les poussières et autres déchets ramassés au sol par le personnel d'entretien.

10. Côté descente

- Il s'agit du côté où les godets vidés de leur matière redescendent.

39

Description de

ligne de broyage

11. Godets

- Les godets sont le composant le plus important de l'élévateur puisque ce sont eux qui sont dimensionnés en premier pour atteindre la capacité désirée.
- Les godets ont des formes bien différentes en fonction de la matière à transporter. Ils sont également fabriqués avec des matériaux divers :
 - Polyéthylène de haute densité
 - Nylon
 - Uréthane
 - Acier soudé
 - Acier au carbone
 - Acier inoxydable
 - Fonte ductile
 - Aluminium
- Les principales mensurations du godet sont les suivantes :
 - La largeur des godets est entre 160 et 2400 mm.

La fixation des godets sur la bande doit être particulièrement soignée pour éviter l'arrachement.

Enfin, le pas ou la distance entre godets est également un paramètre important pour déterminer la capacité.

12. Caisson

- Le caisson métallique de l'élévateur peut être en une ou deux parties suivant le modèle.

13. Dispositif de tension

- Le dispositif de tension parallèle est du type contrepoids.
- Il garantit un guidage optimum entre la courroie

et la poulie de renvoi du pied de

l'élévateur.

14. Entrée de la matière

- La goulotte d'entrée

est bien sûr située dans la partie

inférieure et est adaptée au type de
convoyeur en amont, souvent un aéroglisser.

40

Description de ligne de broyage

- Le chargement des godets se fait de deux manières différentes :

Directement de

la goulotte d'entrée pour les matières

de grandes dimensions et
abrasives (vitesse réduite)

Par dragage

de la matière dans le fond de

l'élévateur pour les matières offrant peu

de résistance

à l'extraction comme le ciment

15. Pied de l'élévateur

- C'est à cet endroit que se trouve la poulie de renvoi.
- Cette poulie a généralement un diamètre inférieur à la poulie de transmission supérieure.
- Le pied de l'élévateur doit être pourvu de larges ouvertures pour le nettoyage.

II.4.2 Aéroglisteurs

II.4.2.1 Introduction

- Les aéroglisteurs sont un moyen de transport bien adapté aux matériaux en poudre.
- On les trouve dans tous les secteurs d'une cimenterie et particulièrement dans les installations de broyage, surtout autour du séparateur.
- C'est un moyen de transport fiable, relativement économique et ayant un potentiel de développement certain.

27

41

Description de

ligne de broyage

II.4.2.2 Historique du système

- Le système de transport par air fluidisé est une solution aux problèmes rencontrés avec les systèmes de transport par gravité.
- En effet, lorsqu'on voulait faire écouler de la matière d'un point A à un point B, on faisait face à l'angle de talus naturel de la matière (angle of repose en anglais).
- L'angle de talus naturel est l'angle obtenu lorsque la matière est en état d'équilibre permanent, c'est-à-dire, lorsque la matière prend naturellement une pente constante par rapport au plan horizontal.

Fig.II.28. Angle de talus naturel pour certaines matières

- Pour résoudre le problème d'écoulement, il fallait donc

dessiner des convoyeurs avec

une pente supérieure à celle de l'angle de talus naturel de

la matière, ce qui compliquait

l'implantation.

- C'est pour ce motif qu'ont été inventés les systèmes par fluidisation de matière.
- l'angle de talus naturel du ciment a grandement diminué lorsqu'il est aéré

-Ce phénomène est illustré ci-dessous:

42

Description

de ligne de broyage

29. Convoyeurs avec une pente supérieure de l'angle de talus naturel de la matière

II.4.2.3 Principe de fonctionnement

- La technique pour réaliser

le transport consiste essentiellement à

maintenir un état aéré

du matériau en vrac, à partir du moment où il est introduit dans l'extrémité supérieure du

canal jusqu'à l'endroit où il est déchargé.

- L'aéroglisser est un caisson métallique divisé

en deux parties :

? La partie supérieure où se trouve la matière poudreuse fluidisée.

? La partie

inférieure où se trouve l'air avec une

pression comprise entre 250 et 500

mmH2O.

- Une membrane en tissu poreux se trouve entre les deux parties du caisson.

- L'air passe à travers un faux-fond ou une membrane constituée d'un matériau poreux approprié (polyester), qui s'étend sur toute

la longueur de l'aéroglisser.

30

43

Description de

ligne de broyage

- L'air de fluidisation,

après passage à travers le lit de

matière glissant sur la membrane,

s'écoule sur la partie supérieure du lit de matière et est évacué à travers une unité de filtration appropriée.

- La matière est maintenue en mouvement par le flux d'air régulier, elle s'écoule librement

vers le bas de la pente, même lorsque l'angle d'inclinaison est relativement faible.

- La quantité d'air utilisée est maintenue au minimum nécessaire pour réduire les forces inter-particulaires et les forces de frottement entre particules et surfaces des canaux internes, suffisante pour permettre l'écoulement du matériau.

II.4.2.4 Éléments de dimensionnement

- La littérature technique sur les aéroglisteurs est assez rare.
- Très peu d'informations sont disponibles quant au dimensionnement de ces systèmes.

P

- Une formule empirique pour trouver la largeur de l'aéroglisteur est : $I = 793 \cdot \sqrt{P}$

ρ

Où :

- I est la largeur en mm
- P est la capacité en t/h
- ρ est la densité de la matière en kg/m³.

Cette formule pas vraiment satisfaisante.

- Les fournisseurs d'aéroglisteurs donnent généralement les dimensions (largeur, hauteur) du caisson en fonction de la capacité demandée en volume (m³/h). Il faut donc faire attention à la densité à prendre en considération lors du choix.

- Concernant la longueur, il n'y a pas de limitation.

- L'inclinaison des aéroglisteurs est entre 2° et 13° dépendant du type de matière à déplacer.

- Plus la matière est fluide, moins l'aéroglisteur sera incliné.

44

Description de ligne

de broyage

- Comme déjà mentionné plus haut, la pression dans le caisson se situe entre 250 et 500 mmH₂O ou mbar.

- La quantité d'air nécessaire varie entre 2 et 3 m³/m².h (on parle de la section transversale du caisson).

- Les constructeurs font des essais sur place pour déterminer les paramètres de fonctionnement : débit, quantité d'air nécessaire.

31

45

Description de ligne

de broyage

III.5 Système de classification

Les séparateurs sont largement utilisés dans l'industrie du ciment, notamment dans les

circuits de broyage. Fondamentalement, les séparateurs servent à distinguer les particules fines des particules grossières.

Les particules fines sont généralement collectées comme produit fini,

tandis que les particules grossières sont renvoyées pour un broyage ultérieur. Le défi principal réside dans l'élimination complète des particules fines du flux de particules grossières et vice versa. Un séparateur efficace doit empêcher le surbroyage, évitant ainsi le gaspillage d'énergie.

Il existe principalement deux

types de séparateurs : les séparateurs statiques et les séparateurs dynamiques. La principale différence entre eux

est que les séparateurs statiques n'ont pas de pièces mobiles et ne peuvent être ajustés que par des modifications mécaniques.

Fig.II.32 Séparateur dynamique (Cyclone)

Fig.II.33 Séparateur statique

46

Description de

ligne de broyage

II.5.1 Séparateurs de seconde génération

II.5.1.1 Introduction

- Aussi appelés : séparateurs à cyclones.
- Comme pour la première génération, la matière à classifier est dispersée dans la zone de séparation créée par un plateau de distribution.
- Le débit d'air nécessaire à la séparation est produit par un ventilateur externe.
- L'alimentation en matière est réalisée mécaniquement à l'aide de convoyeurs continus appropriés (aéroglisteurs).
- Les fines sont dirigées vers des cyclones externes.
- Il y a une entrée d'air frais ainsi qu'une sortie d'air vers un filtre.
- Le ventilateur qui fait circuler l'air est d'une conception plus efficace et a une charge de poussière considérablement réduite.
- Ces séparateurs ont un meilleur rendement de séparation grâce au ventilateur externe et aux cyclones.

☐ Comparaison entre les séparateurs à cyclones et les séparateurs classiques de première génération :

Le diagramme ci-dessous montre la surface spécifique (Blaine) produite pour atteindre un certain pourcentage de résidu sur 30 microns (De Duda Cement Data Book).

Par exemple, pour obtenir 20 % de refus sur 30 μm , un séparateur de type turbo doit produire un ciment de 3200 à 3900 Blaine, tandis qu'un séparateur à cyclones nécessite 3000 à 3600 Blaine.

47

Description de ligne

de broyage

Fig.II.34 Séparateurs à cyclones vs séparateurs

classiques de 1er génération

1. Avantages des séparateurs dynamiques de 2ème génération

- Possibilité de réglages mécaniques.
- Capacité à traiter de très grands

débits.

- Flexibilité pour produire des produits de différentes qualités.
- Meilleure efficacité par rapport aux séparateurs classiques.

- Moins de consommation d'énergie.
-

Réduction de l'usure des équipements

internes, notamment du ventilateur.

2. Désavantages des séparateurs dynamiques de

2ème génération

- Nécessitent plus d'espace.
- Moins efficaces que les séparateurs à cage.

48

Description de

ligne de broyage

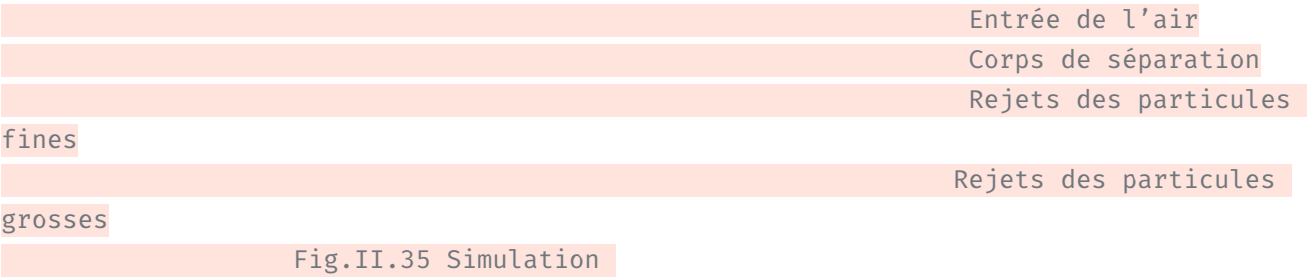
II.5.1.2 Principe de fonctionnement du séparateur

- La matière est introduite par la partie supérieure du séparateur.
- Elle tombe sur un plateau de distribution et est dispersée dans l'air circulant.
- Un flux d'air est généré par un ventilateur externe et recyclé, avec une entrée régulée d'air frais.
- L'air est envoyé vers un filtre de dépoussiérage pour maintenir une dépression constante.
- La matière grossière est séparée par aspiration à l'intérieur du corps principal et sort par le fond conique du séparateur.
- Les particules fines sont récupérées par le flux d'air revenant vers la zone de séparation.
- L'air avec une certaine quantité de matière fine retourne vers la zone de séparation.
- Les particules fines sortent par le haut du séparateur et entrent dans les cyclones pour être séparées.
- La matière est récupérée dans les cyclones et sort par leur bas.
- L'air purifié, avec une faible teneur en poussières, est recirculé par le ventilateur.
- La vitesse

d'écoulement de l'air dans ce type de

séparateur est d'environ 30% de celle des séparateurs conventionnels.

Entrée de la matière



du fonctionnement du séparateur
49

Description

de ligne de broyage

II.5.2 Cyclones

II.5.2.1 Introduction

- Dans l'industrie de fabrication de ciment,

les cyclones de grande taille sont utilisés fréquemment comme principaux équipements de processus dans de nombreux départements où il faut gérer un grand volume de gaz chargés de poussières.

- Le cyclone est un dispositif mécanique simple, couramment utilisé

dans les circuits de broyage pour enlever les particules relativement grossières des gaz.

- Les

cyclones sont souvent utilisés comme préfiltres pour éliminer plus

de 80 % des

particules supérieures à 20 µm de diamètre. Les plus petites particules échappant

des

cyclones peuvent alors être collectées par des équipements de contrôle plus efficaces, comme les filtres à manches et électrofiltres.

- Les cyclones sont relativement peu coûteux, car ils n'ont pas de pièces mobiles et ils sont faciles à utiliser.
- Le type le plus commun de cyclone est connu sous le nom de cyclone à flux inversé.

1. Avantage

des cyclones

- Faible coût d'investissement
- Capacité à fonctionner à des températures et des pressions élevées
- Faibles exigences de

maintenance car ils n'ont pas de pièces

mobiles

- Chute de pression constante
- Peut séparer les particules solides et liquides, parfois les deux en même temps

2. Désavantage des cyclones

- Faible efficacité surtout pour les très petites particules
- Coûts d'exploitation élevés en cas de forte chute de pression
- Les cyclones sont sujets à une usure prononcée ou à un colmatage si des matières abrasives sont traitées

50

Description

de ligne de broyage

II.5.2.2 Principe d'opération

- La configuration en spirale de l'écoulement des

gaz

est créée par la manière dont le gaz est introduit.

- Le gaz pénètre sur le côté de la paroi du corps du cyclone et tourne un certain nombre de fois en spirale vers le bas, appelé vortex externe.
- Les particules dans le gaz sont soumises à des forces centrifuges qui les déplacent radialement vers l'extérieur, contre le flux entrant de gaz et vers la surface intérieure du cyclone.
- Lorsque les gaz atteignent la partie inférieure du cyclone, ils changent de direction et s'élèvent vers le haut du centre du tube, également en effet de spirale.
- Cet effet de spirale est également appelé "vortex interne" et les particules fines sont transportées avec l'air et sortent du cyclone à travers le tube d'immersion.
- Les particules grossières se trouvant vers l'extérieur sont entraînées vers le bas par le tourbillon extérieur et sortent du cyclone.
- Il a été démontré que la force de gravité a peu d'effet sur le fonctionnement du cyclone.

Fig.II.36 Principe de

fonctionnement

Fig.II.37 Schémas sur le côté droit

51

Description de

ligne de broyage

II.6 Filtre à manche

II.6.1 Définition

Les filtres à manches sont des dispositifs de dépoussiérage utilisés en milieu industriel.

Ils sont composés d'un caisson métallique dans lequel sont disposées des manches ou

poches filtrantes qui, lorsque les gaz

les traversent, retiennent les poussières.

II.6.2 Composants

Le filtre à manches est

principalement constitué de :

1. Caisson métallique : Un caisson de grande dimension pouvant être réalisé en plusieurs

sections.

2. Médias filtrants : Les plus utilisés sont les manches cylindriques qui effectuent la filtration.

3. Trémie de récupération des poussières :
Pour collecter les poussières séparées de l'air.

38

4. Système d'évacuation des poussières : Le plus souvent une vis sans fin, similaire aux électrofiltres.

5. Système de nettoyage des médias

filtrants : Pour assurer l'efficacité continue de la filtration en

enlevant les poussières accumulées sur les médias filtrants.

Il existe trois types de filtres à manches selon leur méthode de nettoyage :

- Filtres à nettoyage mécanique (shaker)
- Filtres à nettoyage par courant inverse (reverse-air)
- Filtres à nettoyage par air pulsé (pulse jet)

La tendance actuelle est à l'utilisation de manches verticales plutôt longues (> 5 m), avec un décolmatage par air pulsé, une captation des poussières côté externe et de l'air qui circule de bas en haut.

Aujourd'hui, les nettoyages par courant

inverse et air pulsé sont les plus utilisés dans les cimenteries.

52

Description de

ligne de broyage

Fig.II.39 Schéma de fonctionnement

II.6.3 Principe de fonctionnement

- Le gaz chargé de poussière entre dans le

inférieure du
caisson. filtre par la partie supérieure ou

- Les gaz passent à travers les manches de l'extérieur vers l'intérieur (absorption extérieure) avec une vitesse de l'ordre de 1,5 m/s et sont aspirés par le ventilateur placé en aval du collecteur de poussière.
- Dans un système alternatif, les gaz peuvent aussi traverser les manches filtrantes de l'intérieur vers l'extérieur (absorption intérieure).
- Le nombre de manches installées dépend bien sûr du débit de gaz à traiter.
- Avec le temps, il se

forme une sorte de gâteau de poussières
autour des manches
filtrantes.

- Ce gâteau de matière contribue, contrairement

à ce qu'on peut penser, à améliorer la
filtration car il est poreux et seules des particules extra-fines

peuvent le traverser.

53

Description de
ligne de broyage

- La chute de pression à travers la surface

du filtre augmente avec le dépôt des
solides
retenus et quand elle atteint une valeur limite, le courant de gaz est interrompu et la
manche est nettoyée, envoyant les poussières au fond de la trémie de récupération.

- Afin d'éviter d'arrêter le

flux de gaz à traiter au cours de la phase de nettoyage de l'ensemble, le

filtre est habituellement réalisé en plusieurs secteurs, dont chacun est soumis à la phase de nettoyage en rotation tandis que les autres sont en phase de fonctionnement.

- Les poussières sont ensuite récupérées dans une vis sans fin et sont envoyées soit vers le produit fini, soit vers l'élévateur à godets pour être traitées à nouveau dans un séparateur.
- De l'autre côté, l'air propre (dépoussiéré) sort par une cheminée à l'aide d'un ventilateur de tirage (souvent centrifuge).

Fig.II.40 Absorption externe et interne d'air

poussiéreux

54

Description de ligne

de broyage

II.6.4 Mécanismes de la filtration

La filtration est effectuée par l'effet

conjugué de cinq mécanismes :

1. Gravité :
 - Uniquement applicable aux particules les plus grossières.
2. Impact ou force d'inertie :
 - Les particules solides entraînées par le gaz, en raison de leur masse, ne suivent pas la trajectoire du gaz lorsqu'il suit une courbe pour éviter un obstacle mais vont sur lui-même (prédominant pour les particules > 1 micron).
3. Interception :
 - Les particules solides suivant la trajectoire du gaz autour de l'obstacle et situées à une distance inférieure à leur rayon par rapport à l'obstacle sont interceptées

(principalement les particules entre 0,2 et 1 micron).

4. Effet brownien :

- Les très fines particules, en raison de leur mouvement brownien, peuvent entrer en collision avec d'autres molécules de gaz, s'écarter de leur trajectoire et toucher l'obstacle

(principalement pour les particules $< 0,2$ micron).

5. Forces électrostatiques :

- La présence d'une charge électrostatique sur les particules et le filtre peut augmenter

la capture de la poussière.

Le dessin ci-dessous est inspiré de Klingspor et Vernon,

1988

Fig.II.41 Mécanismes de filtration

55

Description de

ligne de broyage

II.6.5 Méthodes de nettoyage

Il y a

trois méthodes pour nettoyer les

cartouches filtrantes :

Le système mécanique (shaker) :

- Les cartouches sont nettoyées par un mouvement mécanique de secouage pour éliminer la poussière accumulée.

Le système par courant inverse (reverse-air) :

- Le flux d'air est inversé à travers les cartouches pour éliminer la poussière accumulée.

Le système par air pulsé (pulse jet) :

- Les cartouches sont nettoyées par des impulsions d'air comprimé pour éliminer la poussière accumulée.

II.6.5.1 Le système mécanique

- Il est réalisé par secouage ou vibration des manches.

- Il existe trois moyens :

□ Chocs mécaniques

□ Oscillation

□ Ondes sonores de basse fréquence

- Il est seulement utilisé pour les manches à absorption interne.

- C'est un système qui sollicite beaucoup les manches.

42

56

Description de ligne

de broyage

II.6.5.2 Le système par courant inverse

- On fait passer un air dépoussiéré dans le sens contraire du fonctionnement normal.
- Ce système exige donc l'isolement des manches à décolmater.

43

57

Description de

ligne de broyage

II.6.5.3 Le système par air pulsé

- Ce système ne peut être utilisé qu'avec des manches à absorption extérieure.
- Un jet d'air à 6-7 bars est envoyé périodiquement à l'intérieur de chaque manche, ce qui génère une onde de pression qui provoque l'élargissement brusque du tissu filtrant et détache la matière collée.
- Il ne nécessite pas l'isolement des cartouches à être traitées.
- Les cartouches sont peu sollicitées.

44

II.6.5.4 Avantages et inconvénient

1. Le système mécanique

Avantage:

- A une faible perte de charge pour des rendements de filtration équivalents.
- A un rendement de filtration élevé

pour les poussières respirables.

- Peut utiliser des sacs résistants qui peuvent supporter le cycle de nettoyage renforcé.
- Simple à utiliser.

Inconvénient :

- A une faible vitesse de filtration (0,45 à 0,6 m/min).
- Ne peut être utilisé à des températures élevées.
- Nécessite un grand espace.
- A besoin d'un grand nombre

de manches filtrantes.

58

Description de

ligne de broyage

- Est composé de nombreuses pièces

mobiles et nécessite un entretien

fréquent.

- Le personnel doit entrer dans le dépoussiéreur afin de remplacer les sacs, créant un risque non négligeable d'exposition à des poussières toxiques.
- Peut entraîner une efficacité de nettoyage réduite si une légère pression positive existe à l'intérieur des sacs.

2. Le système par

courant inverse

Avantage:

- A une faible perte de charge pour des rendements de filtration équivalents.
- A un rendement de

filtration élevé pour les poussières

respirables.

- Est préféré pour des températures élevées grâce à l'action de nettoyage en douceur.

Inconvénient :

- A une faible vitesse de filtration (0,3 à 0,6 m/min).
- N'a aucun moyen efficace pour éliminer l'accumulation de poussière résiduelle.
- Nécessite un nettoyage fréquent pour pallier au nettoyage faible.
- L'air de nettoyage doit être filtré.
- Le personnel doit entrer dans le dépoussiéreur afin de remplacer les sacs, créant un risque non négligeable d'exposition à des poussières toxiques.

3. Le système par air pulsé

Avantage:

- Peut avoir une vitesse de filtration élevée (1,8 à 3 m/min).
- A un très bon rendement et un minimum d'accumulation de poussière résiduelle grâce à

un nettoyage agressif.

- A un rendement de filtration élevé pour les poussières respirables.
- Peut nettoyer en continu.
- Peut utiliser des manches résistantes qui peuvent supporter un cycle de nettoyage renforcé.
- A une usure de manche plus faible.
- A une taille moindre à cause de la vitesse de filtration plus élevée.
- Certains modèles permettent le changement de sac sans entrer dans le filtre.

59

Description de ligne

de broyage

Inconvenient:

- Ne peut être utilisé facilement à des températures élevées sauf avec des tissus spéciaux.
- Exige l'utilisation d'air comprimé sec.
- Ne peut être utilisé en cas de taux d'humidité élevé dans les gaz.

II.7 Conclusion

60

CHAPITRE III

Usure et son effet sur

l'efficacité du broyage

III.1 Introduction

L'usure se réfère à la détérioration progressive des matériaux causée par des interactions

mécaniques, telles que la friction, la corrosion, et l'abrasion. Dans le contexte des

équipements de

broyage de ciment, l'usure peut se manifester par la dégradation des broyeurs, des plaques de blindage,

des médias de broyage (comme les boulets), et d'autres composants critiques.

III.2

Causes et influences de l'usure sur

l'atelier de broyage

III.2.1 usures au niveau de broyeur

III.2.1.1 Causes

1. Abrasion : Le frottement continu des matériaux abrasifs contre les surfaces des organes de

broyeur (blindage ; boulets) provoque une érosion mécanique des composants.
2. Impact : Les forces d'impact

répétées sur les surfaces des machines,
en particulier dans les
broyeurs à boulets et les broyeurs à percussion, causent des dommages et de
l'usure.

3. Corrosion : le jet d'eau dans
le broyeur et les environnements humides ou chimiques peuvent
provoquer la corrosion des équipements de broyage, accélérant ainsi leur
usure.

4. Fatigue des matériaux : L'exposition répétée à

des charges cycliques peut entraîner
des fissures
et une dégradation progressive des matériaux des équipements.
5. Chaleur : La

chaleur générée par le frottement peut
provoquer des modifications structurelles
dans les matériaux des équipements, affectant leur dureté et leur résistance à
l'usure.

61

CHAPITRE III

Usure et son effet sur

l'efficacité du broyage

La température augmente dans la zone médiane en raison du frottement des pellets
avec la grille
intermédiaire

III.2.2 Effets de l'usure sur l'efficacité

du broyeur de ciment

III.2.2.1 Diminution de la capacité de broyage

Les blindages du broyeur

Les blindages du broyeur sont conçus pour protéger le cylindre du broyeur et pour aider à la levée et à la chute des corps broyant. Lorsque ces blindages s'usent, leur capacité à soulever les corps broyant diminue, ce qui réduit l'efficacité du broyage.

Les corps broyant (comme les billes en acier) perdent de leur masse et de leur forme optimale, ce qui réduit leur capacité à fragmenter les particules de clinker de manière efficace.

III.2.2.2 Augmentation

de la consommation d'énergie

L'usure entraîne des irrégularités et des aspérités sur les surfaces de broyage, augmentant la résistance au mouvement

des matériaux à broyer. Cette résistance accrue nécessite une plus grande consommation d'énergie pour maintenir la même capacité de broyage. En raison de l'usure, le broyeur peut nécessiter plus de temps et d'énergie pour atteindre la granulométrie souhaitée des matériaux broyés.

62

CHAPITRE III

Usure et son effet sur

l'efficacité du broyage

III.2.2.3 Qualité du produit fini

L'usure peut entraîner des variations dans la taille des particules du produit fini, affectant ainsi la qualité du ciment. Une granulométrie plus hétérogène peut nuire aux propriétés du ciment, telles que sa résistance et sa maniabilité.

L'usure des composants métalliques peut introduire des particules métalliques dans le ciment, compromettant ainsi sa pureté et ses propriétés chimiques.

III.2.2.4 Coûts de maintenance et temps d'arrêt

Les composants usés doivent être remplacés plus fréquemment, augmentant

ainsi les coûts de

maintenance.

Les interruptions de production pour la maintenance et le remplacement des pièces usées

peuvent

réduire la disponibilité du broyeur et diminuer la production globale.

III.3 Usures au niveau de pompe à vis

III.3.1 Construction

63

CHAPITRE III
du broyage

Usure et son effet sur l'efficacité

Position	Désignation
1	Cadre
2	Vis transporteuse
3	Palier fixe
4	Palier libre
5	Douille d'arbre
6	Moteur
7	Accouplement
8	Indicateur de niveau d'huile
9	Palette à huile
10	Carter d'entrée
11	Presse-étoupe
12	Conduite d'air de barrage
13	Douilles d'usure
14	Cône
15	Douille d'usure cylindrique
16	Chambre de sortie
17	Contrepoids
18	Levier de clapet
19	Clapet anti-retour
20	Buses
21	Tuyauterie de transport
22	Fausse bride
23	Couvercle d'inspection
24	tube de vis sans fin

25	Protection d'accouplement
26	Couvercle de protection de douille d'arbre
27	Couvercle d'inspection
28	Thermomètre
29	Extracteur d'aile finale

64

CHAPITRE III

Usure et son effet sur

l'efficacité du broyage

III.3.2 Description du fonctionnement

Le principal composant de la pompe à vis est une vis sans fin à rotation rapide, sa vitesse de rotation

va de 750 à 1000 tr/min pour un fonctionnement 50 Hz et de 900 à 1200 tr/min pour un fonctionnement

60 Hz.

Cette vis sans fin à rotation rapide sert à refouler le produit en continu, de la chambre d'admission

de produit

hors pression jusque dans la chambre de
sortie sous pression et dans la conduite de
refoulement en aval.

La vis sans fin et le produit, combinés
à la douille annulaire d'usure et au clapet
anti-retour, assurent l'étanchéité entre les deux chambres.

Lors du fonctionnement, le produit refoulé en continu entraîne l'ouverture du
clapet anti-retour

avant de parvenir dans la chambre de sortie

Il est ensuite mêlé à l'air comprimé par le biais des buses et transféré à la
tuyauterie de transport.

Boîte d'entrée matière

65

CHAPITRE III

Usure et son effet sur l'efficacité du broyage

boîte d'sortie matière

66

CHAPITRE III

Usure et son effet sur

l'efficacité du broyage

III.3.3 cause d'usure de la pompe

L'usure d'une pompe à vis de ciment peut être causée par plusieurs facteurs. Voici les principaux :

▮ Abrasion : Les particules de ciment sont abrasives

et peuvent user les surfaces internes

de la

pompe, y compris la vis et le corps de la

pompe. L'usure abrasive

est souvent accentuée par la

dureté des particules de ciment.

▮ Corrosion : Les composants de la pompe peuvent être soumis à la

corrosion, surtout s'ils sont

exposés à

de l'eau ou à des environnements

chimiques agressifs. La combinaison de l'abrasion et

de la corrosion peut accélérer

l'usure.

▮ Fatigue des matériaux : La répétition des charges cycliques sur la pompe à vis peut provoquer

une fatigue des matériaux, entraînant des fissures et, éventuellement, une rupture des composants.

▮ Mauvais alignement : Un alignement incorrect de la pompe peut provoquer des forces

déséquilibrées, ce qui entraîne une usure prématurée

des roulements et des joints.

⌚ Lubrification insuffisante : Une lubrification inadéquate des composants mobiles de la

pompe

peut entraîner une friction excessive, augmentant ainsi l'usure.

⌚ Contaminants : La présence de contaminants dans le ciment ou dans le fluide pompé peut

également contribuer à l'usure. Des particules étrangères peuvent provoquer des dommages aux

surfaces de contact et aux roulements.

⌚ Température élevée : Des températures de fonctionnement élevées peuvent entraîner la

dégradation des matériaux, affecter les propriétés de lubrification et accélérer l'usure.

67

CHAPITRE III

Usure et son effet sur

l'efficacité du broyage

Observation une élévation de température due à la forte pression qui concentre le matériau

cimentaire, qui est poussé par la vis d'un côté

et le clapet de dosage de l'autre côté.

III.4 Effets de l'usure sur l'efficacité des pompes à vis de ciment

III.4.1 Diminution de la capacité de transport

Usure des vis : La vis (ou hélice) de la

pompe, étant en contact constant avec

le ciment abrasif, s'use

avec le temps. Cette usure réduit la capacité de la vis à transporter efficacement le matériau.

Érosion des surfaces internes : Les surfaces internes du tube de la pompe peuvent également s'user,

ce qui augmente l'espace entre la vis et le tube, réduisant ainsi l'efficacité du

transport.

III.4.2 Réduction de l'efficacité de dosage

Précision de dosage diminuée : Une vis usée ne transporte pas le ciment de manière uniforme, ce

qui peut entraîner des variations dans les quantités dosées. Cela affecte la précision du dosage et, par

conséquent, la qualité du mélange de ciment.

68

CHAPITRE III

Usure et son effet sur

l'efficacité du broyage

III.4.3 Augmentation de la consommation d'énergie

Frottement accru : L'usure augmente la rugosité des surfaces en contact, ce qui accroît le frottement

et nécessite plus de puissance pour faire tourner la vis, augmentant ainsi la consommation d'énergie.

Efficacité mécanique réduite : La détérioration des surfaces en contact réduit l'efficacité mécanique

de la pompe, nécessitant plus d'effort pour transporter le même volume de ciment.

III.4.4 Maintenance et coûts opérationnels accrus

Remplacements fréquents : Les composants usés, comme les vis et les tubes, doivent être remplacés

régulièrement, ce qui augmente les coûts de maintenance.

Temps d'arrêt : Les interruptions nécessaires pour effectuer la

maintenance et les remplacements

réduisent la disponibilité de la pompe et augmentent les coûts opérationnels.

III.4.5 Qualité du produit fini

Contamination : L'usure des composants métalliques peut introduire des particules de métal dans le

ciment, compromettant la pureté et la qualité du produit final.

III.5 Usures au niveau de séparateur

III.5.1 Conceptions

69

CHAPITRE III

Usure et son effet sur

l'efficacité du broyage

III.5.2 Principe de fonctionnement

Introduction du Mélange

Le mélange de ciment broyé (ciment fini et particules grossières) est introduit dans le séparateur.

Flux d'Air

Un flux d'air est créé à l'intérieur du séparateur par un ventilateur. Ce flux d'air joue

un rôle crucial

dans la séparation des particules.

Séparation des Particules

Les particules de ciment sont entraînées par le flux d'air vers le haut du séparateur. En fonction de

leur taille et de leur poids, les particules réagissent différemment

au flux d'air :

▢ Les particules fines, plus légères, sont entraînées par le flux d'air vers le haut et sortent du

séparateur avec l'air.

▢ Les particules grossières, plus lourdes, tombent vers le bas du séparateur sous l'effet de la gravité

et de leur inertie.

Collecte des Particules

Les particules fines sont collectées par des cyclones ou des filtres et sont envoyées

vers les silos de

stockage comme produit fini. Les particules grossières retournent au broyeur pour

être re-broyées

jusqu'à atteindre la finesse désirée.

III.5.3 Types d'usure

L'usure au niveau d'un séparateur de ciment peut être attribuée à plusieurs facteurs. Voici

les principales causes :

1. Abrasion des particules de ciment : Le ciment est composé de particules

user

fines et abrasives qui peuvent

les surfaces internes du séparateur, y compris les pales, les conduits et les parois.

2.

Erosion due à la vitesse élevée

de l'air : Dans un séparateur de ciment, les gaz transportant les particules de ciment se

déplacent à grande vitesse. Cette vitesse élevée peut provoquer l'érosion des surfaces exposées, surtout dans les zones où

les gaz changent de direction brusquement.

3. Impact des grosses particules : Parfois, des particules de ciment plus grosses

peuvent entrer dans le séparateur et frapper les surfaces internes avec une force suffisante pour provoquer l'usure par impact.

4. Corrosion : Si le ciment ou les gaz contiennent des substances corrosives, cela peut entraîner une dégradation chimique des matériaux du séparateur, en plus de l'usure mécanique.

CHAPITRE III l'efficacité du broyage

Usure et son effet sur

5. Fatigue des matériaux : Les vibrations et les variations de charge dans le séparateur peuvent

provoquer une fatigue des matériaux, ce qui peut conduire à des fissures et à une usure prématurée.

6. Contaminants : La présence de contaminants, tels que des particules métalliques ou d'autres débris,

peut également contribuer à l'usure en causant des dommages mécaniques supplémentaires.

7. Température élevée : Les températures élevées peuvent modifier les propriétés des matériaux utilisés

dans le séparateur, rendant certaines zones plus susceptibles à l'usure et à l'érosion.

8. Mauvais entretien : Un entretien insuffisant peut entraîner une accumulation de dépôts et de matériaux

indésirables à l'intérieur du séparateur, ce qui peut provoquer une

usure accélérée.

III.6 Effets de l'usure sur l'efficacité des séparateurs de ciment

III.6.1 Diminution de la précision de la séparation

Usure des palettes et des rotors : Les palettes et les

rotors du séparateur s'usent au fil du temps, ce qui

réduit leur capacité à générer des flux d'air précis nécessaires pour une séparation efficace

des particules.

Cette usure entraîne une diminution de la précision de la séparation, avec plus de particules fines

retournant au broyeur et des particules

grossières passant dans le produit final.

Érosion des surfaces internes : L'érosion des surfaces internes du séparateur, telles que les conduits et les parois, modifie les caractéristiques de flux d'air, réduisant ainsi l'efficacité de la séparation.

III.6.2 Augmentation de la consommation d'énergie

Résistance accrue : L'usure crée des irrégularités et des aspérités sur les surfaces internes, augmentant la résistance au flux d'air. Cela nécessite plus d'énergie pour maintenir le même débit d'air et le même niveau de séparation.

Efficacité aérodynamique réduite : La détérioration des composants du séparateur diminue son efficacité aérodynamique, nécessitant plus d'effort pour atteindre les mêmes performances de séparation.

III.6.3 Impact sur la qualité du produit fini

Granulométrie non uniforme : Un séparateur usé ne peut pas classer correctement les particules de

ciment, ce qui entraîne une granulométrie non uniforme du produit final.

Cela peut affecter les propriétés mécaniques et de maniabilité du ciment.

Contamination : L'usure des composants métalliques peut introduire des particules métalliques dans le ciment, compromettant sa pureté et ses propriétés chimiques.

71

CHAPITRE III

Usure et son effet sur

l'efficacité du broyage

III.6.4 Coûts de maintenance et temps d'arrêt

Remplacements fréquents : Les composants usés du séparateur doivent être remplacés régulièrement, ce qui augmente les coûts de maintenance.

Temps d'arrêt : Les interruptions nécessaires pour effectuer la maintenance et les remplacements

réduisent la disponibilité du séparateur et, par conséquent, diminuent l'efficacité globale du circuit de broyage.

III.7 Conclusion

L'usure est principalement causée par le frottement et l'impact

des particules de clinker et des corps
broyant (billes, cylindres) contre les surfaces des équipements.

Elle affecte divers

composants du
broyeur tel que les blindages, les séparateurs, les broyeurs eux-mêmes et les
équipements de transport.

Plusieurs

facteurs contribuent à

l'usure, notamment la dureté et la
taille des matériaux broyés, la
vitesse de rotation du broyeur, la conception des équipements et les conditions de
fonctionnement
(humidité, température,

etc.).

L'usure excessive peut entraîner une

diminution de l'efficacité du broyage,
une augmentation de la
consommation d'énergie, des interruptions de production pour maintenance et
remplacement des pièces

usées, et par conséquent, une hausse
des coûts d'exploitation.

CHAPITRE IV Diagnostic de l'usure et l'optimisation l'opération de broyage

IV.1 Introduction Le diagnostic

de l'usure, que ce soit pour des pièces mécaniques, des équipements industriels, ou même des

composants électroniques, nécessite une évaluation attentive et méthodique.

IV.2 Procédure de diagnostic IV.2.1 Inspection Visuelle Examiner les pièces

pour détecter des signes visibles d'usure, tels que des fissures, des éclats, des déformations, des abrasions ou de la corrosion.

Fig.IV.1 Présence d'usure adhésive abrasive

(Pignon de réducteur de séparateur transporteuse)

Fig.IV.2Présence d'usure

(Nés de vis de pompe

IV.2.2 Contrôle par appareils de mesure

IV.2.2.1 Vérification des Tolérances

Mesurer les dimensions des composants et comparer avec les spécifications d'origine pour

détecter toute

déviatiion.

a-au niveau des boulets de broyage

Fig.IV.3 Mesure des boulets de broyage 50 mm

Fig.IV.4 Mesure des boulets

Avant le fonctionnement
 après 4 mois

de fonctionnement
 (Broyeur de ciment)
 73

CHAPITRE IV
 Diagnostique de l'usure et l'optimisation
 l'opération de broyage
 Et pour optimiser l'efficacité de broyage cela nécessite

un remplacement complet des boulets.

b- au niveau de pompe à vis
 Après l'inspection, il a été constaté qu'il y avait un changement dans les dimensions de la vis de la pompe en raison d'usure abrasive.

Fig.IV.5 Pompe à vis

Pour optimiser la performance d'une pompe à vis affectée par une usure avec un jeu TS inférieur à 10 mm et ge/gs = 7 et 6,4 mm par rapport a seuil, on peut envisager l'utilisation de revêtements spécifiques comme le Densit.

Fig.IV.6 Schéma au-dessus d'une pompe à vis
 Nés de vis

Cote de fabrication						
Vis transporteuse						
Pompe à vis	de/ds mm	db mm	ge/gs	tec	ted	tes
tesa	TS					
Model				Font dur		

			densit	acier	Acier blindé	
	302.5-303.5	308-308.5	10-12 mm	8-10 mm	18-19 mm	9-10
mm	15-16 mm	10-11 mm				
	300					

Tableau.IV.1 Plan des jeux de fonctionnement

référentiel

74

CHAPITRE IV Diagnostic de l'usure et l'optimisation l'opération de

broyage

Le densit est un revêtement est connu pour offrir une protection supérieure contre l'usure, même à des températures élevées allant jusqu'à 400 °C.

Tableau.IV.2 Tableau montrant les propriétés physiques de la matière et sa composition chimique

b-1 L'opération d'optimisation de la pompe

1. Préparation des Surfaces

Nettoyage et Décapage : Nettoyer soigneusement les surfaces usées pour éliminer toute saleté, graisse ou

résidus. Utiliser des solvants appropriés si nécessaire.

Décapage Mécanique : Si nécessaire, utiliser des méthodes mécaniques comme le sablage pour préparer la

surface, assurant une meilleure adhérence du revêtement.

2. Application du Revêtement Densit

Choix du Produit : Sélectionner le type de revêtement Densit le plus adapté aux conditions de fonctionnement

de la pompe (par exemple, Densit WearSpray, Densit WearFlex, etc.).

Application : Suivre les instructions spécifiques du fabricant pour l'application du revêtement :

Mélange : Préparer le mélange de Densit conformément aux spécifications du fabricant.

75

CHAPITRE IV Diagnostic de l'usure et l'optimisation l'opération de broyage

Application : Appliquer le revêtement uniformément sur les surfaces usées à l'aide des outils appropriés

(brosse, rouleau, pulvérisateur).

Épaisseur du Revêtement : Veiller à appliquer le revêtement à une épaisseur uniforme 5,5 mm assurant une

protection adéquate sans affecter le fonctionnement de la pompe.

Fig.IV.1 Application du Revêtement Densit

Séchage et Durcissement

Conditions de Séchage : Laisser le revêtement sécher selon les recommandations du fabricant, en tenant

compte des conditions environnementales (température, humidité).

IV.2.2.2 Analyse des Performances

Évaluer le fonctionnement de l'équipement pour identifier toute diminution de performance qui pourrait

indiquer une usure.

IV.2.2.3 Tests Non Destructifs (TND)

Utiliser des techniques telles que l'ultrason, la radiographie, la thermographie, ou les courants de Foucault

pour détecter des défauts internes sans endommager les pièces.

Dans cas de cimenterie de SOUR ELGHOZLANE utiliser contrôle par ultrason.

A-Matériel utilisé

- Appareil à ultrasons type impulsion-écho, détecteur de défauts marque. (Kraùtkramer USM 36)
- Palpeur droit émetteur/récepteur fréquence 4 Mhz.
- Palpeur miniature à angle 45° fréquence 4 Mhz dimensions (8 x 9) mm.
- Couplant : Huile

76

CHAPITRE IV Diagnostic de l'usure et l'optimisation l'opération de broyage

Fig.IV.1 Appareil à ultrasons marque Kraùtkramer USM 36 avec Palpeur droit

B- champs d'expertise

Zones d'exploration et plan

de sondage (tourillon de broyeur)

77

CHAPITRE IV Diagnostic de l'usure et l'optimisation l'opération de

broyage

C-Technique d'inspection

1- Objet : Le contrôle par ultrason sera effectué sur la partie entrée et sortie du broyeur Ciment Z1 et Z2 a fin de

détecte s'il y a lieu d'éventuels anomalies ou fissures.

2- Nettoyage : Nettoyage la surface d'inspections (tourillons) par une brousse métallique et chiffon.

3- Inspection visuelle

Inspection externe : comportant un contrôle visuelle est opère après nettoyage des endroits avec un brosse métallique et chiffon.

Fig.IV.1 Inspection externe

- 4- Inspection par ultrason
- Recherche des défauts sur tourillon :
 - Balayage sur la surface au moyen d’ondes transversales (palpeur à angle de 45°).
 - Balayage sur la surface au moyen d’ondes longitudinales (palpeur E/R).
 - Balayage transversal par mouvement en lacets et orbital de 10° par rapport au plan.
 - Balayage sur toute la largeur de la bride par transmission d’ondes entre les boulons de serrage.

(Voir photo)

78

CHAPITRE IV

Diagnostic de l’usure et l’optimisation l’opération de broyage

- Recherche des défauts sur la fusée du tourillon :
 - Balayage sur la surface au moyen d’ondes longitudinales (palpeur E/R).

(Voir photo)

5-

Conclusion

A l’issue de cette expertise sur la recherche des anomalies et des fissures, et sur la base des résultats obtenus,

nous constatons aucune anomalie ou fissure susceptible d’être évoquée sur les équipements suivants :

TOURILLONS		Étendu du Contrôle
Gain dB	Résultat	
70	Tourillon fond d’entrée du broyeur ciment Z1	100 %
	C	
70	Tourillon fond de sortie du broyeur ciment Z1	100 %
	C	
70	Tourillon fond d’entrée du broyeur ciment Z1	100 %
	C	

Tourillon fond de sortie du broyeur ciment Z2 100 %
 70 C
 Légende : C: Conforme NC : Non Conforme R :
 à réparer
 79

CHAPITRE IV Diagnostic de l'usure et l'optimisation l'opération de broyage

IV.2.2.4 Analyse des Fluides

Analyser les lubrifiants, les huiles ou autres fluides pour détecter des contaminants ou des particules métalliques qui indiquent l'usure des composants internes.

Fig.IV.1 Réducteur du broyeur dont l'huile a été analysée
 80

CHAPITRE IV Diagnostic de l'usure et l'optimisation l'opération de broyage

a-Analyse

Les analyses effectuées sur cet échantillon montrent :
 L'existence d'une quantité de l'eau libre qui dépasse le seuil de danger (<1000 ppm).

Une valeur d'acidité jugée au seuil de danger.

Une faible valeur de viscosité qui est à la limite admissible.

Tous ces facteurs peuvent entraîner un risque d'usure corrosive.

b- Recommandation

Pour assurer le bon fonctionnement de cet équipement nous vous conseillons de localiser et éliminer la source d'infiltration d'eau, une opération de vidange est très recommandée selon les directives du constructeur.

81

CHAPITRE IV Diagnostic de l'usure et l'optimisation

l'opération de broyage

IV.2.2.5 Vibration et Bruit

Utiliser des capteurs de vibration et des microphones pour détecter des anomalies dans les

vibrations ou les

bruits de l'équipement.

a-matériels utilise

2 L'accéléromètre marque: VIBROPORT 80

82

CHAPITRE IV

Diagnostic de l'usure et

l'optimisation l'opération de broyage

b-Opération de mesure sur l'équipement (VENTILATEUR DE TIRAGE Z1S03)

Les points énumérés de

01 à 08 sur le schéma cinématique du

ventilateur

sont les points de prélèvement

des mesures de vibrations

Fig.IV.1 Schéma cinématique

c-Tableau des niveaux vibratoires de la

machine en vitesse et en accélération

83

CHAPITRE IV

Diagnostic de l'usure et l'optimisation

l'opération de broyage

Image spectrale linéaire superposé prise sur le palier N°03 du réducteur, illustre diminution

l'intensité de

défaut d'engrenage à cause de présence des particules d'usure et de diminuer la

viscosité dans l'huile.

d-Résultats d'analyse

Stabilité des niveaux vibratoires en accélération et en vitesse sur les paliers de moteur ou il est bon, sur le réducteur ou ils sont au seuil d'alarme toujours et sur les deux paliers du turbine il est bon faisant référence aux normes vibratoires des machines tournantes.

e-optimisation

Recommander de procéder aux actions suivant :

- Vérifie le système de refroidissement du réducteur (température sur le réducteur très élève).
- vidange d'huile et changement filtre pour éliminer les particules d'usure.

84

CHAPITRE IV

Diagnostic de l'usure et l'optimisation l'opération

de broyage

IV.3 Conclusion

Le diagnostic révèle que l'équipement souffre d'une usure significative qui affecte sa performance et sa durabilité.

Des actions correctives immédiates et des mesures préventives sont nécessaires pour garantir un fonctionnement optimal et prolonger la durée de vie de l'équipement.

En prenant en compte ces recommandations, l'équipement pourra retrouver un niveau de performance acceptable et minimiser les risques d'usure future.

85