

# Diagnostic et analyse des défauts d'un broyeur de cimenterie et l'optimisation de la production : étude de cas

ER-RATBY Mohamed<sup>1</sup>, MABROUKI Mustapha<sup>2</sup>

1. Université Sultan Moulay Slimane, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire Génie Industrie, Béni Mellal.  
mohamed.erratby@gmail.com
2. Université Sultan Moulay Slimane, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire Génie Industrie, Béni Mellal.  
mus\_mabrouki@yahoo.com

## Résumé :

Dans l'industrie, le taux élevé de panne de la machine de production est l'une des perturbations la cadence. Ce problème affecte le profit de l'entreprise où le profit ne peut pas être maximisé en raison de la perte de production et des coûts de maintenance. Dans la plupart des cas, la panne de la machine est causée par une défaillance d'un seul composant ou par des pannes entre les composants. Dans tous ces domaines, l'entretien et la fiabilité de l'équipement sont des stratégies importantes qui peuvent influencer considérablement sur la capacité de l'organisation à être compétitive, Le but de cet article est de démontrer que la gestion de la fonction maintenance n'est pas définie isolément, mais doit être lié avec la fonction de production et étudier l'effet d'amélioration de la fonction maintenance sur le rendement des équipements de production dans une cimenterie dans cet article on va étudier le broyeurs de ciment.

**Mots clefs :** *Optimisation, Maintenance, gestion, production.*

## 1. Introduction

Pour être et demeurer compétitive, une entreprise doit produire toujours mieux (qualité) et au coût le plus bas. Pour minimiser ce coût, on fabrique plus vite et sans interruption des produits sans défaut afin d'atteindre la production maximale par unité de temps. L'automatisation et l'informatique ont permis d'accroître considérablement cette rapidité de production. Cependant, les limitations technologiques des moyens de production ne permettent pas d'augmenter continuellement les cadences. De plus, produire plus sous-entend produire sans ralentissements, ni arrêts. Pour cela, le système de production ne doit subir qu'un nombre minimum de temps de non production. Exceptés les arrêts inévitables dus à la production elle-même (changements de gamme, montées en température, etc.), les machines ne doivent jamais (ou presque) connaître de

défaillances tout en fonctionnant à un régime permettant le rendement maximal. Cet objectif est un des buts de la fonction maintenance d'une entreprise. Il s'agit de maintenir un bien dans un état lui permettant de répondre de façon optimale à sa fonction. L'objectif de toute entreprise industrielle est de gagner des parts de marché et d'arriver à satisfaire un plus grand nombre de consommateurs. L'atteinte de cette cible dans un environnement concurrentiel exige une production de meilleure qualité avec une maîtrise des coûts engendrés.

## 2. Problématique et méthodologie

La dégradation progressive de l'équipement a engendré une chute de débit importante de 220 T/h à 180T/h. C'est suivant cette problématique il est nécessaire d'optimiser la stratégie de maintenance du broyeur afin d'optimiser les performances de broyage de la cimenterie, à savoir le débit de production du ciment produit.

La stratégie d'optimisation a comme principaux objectifs :

- Le diagnostic des causes de chutes de débits au sein de l'atelier de broyage.
- L'analyse des modes de défaillances et de leur effet et criticité (AMDEC) du broyeur.
- Inspection interne du broyeur.

## 3. Le diagnostic des causes de la chute de débit

Le diagnostic des causes de la chute de débit, va s'opérer comme suit: en premier lieu l'élaboration d'un diagramme causes à effets et l'interprétation de ces résultats, en second lieu l'analyse des bilans massique et de séparation, les résultats obtenus de ces analyses vont nous permettre de déterminer les maillons faibles au sein de l'atelier de production du ciment, c'est-à-dire les équipements responsables aussi bien des pertes de matières, que des pertes de débits. Les équipements dont les performances sont les plus faibles, doivent bénéficier

d'une étude fonctionnelle permettant de les décortiquer en sous éléments, afin de proposer des solutions amélioratrices par la suite.

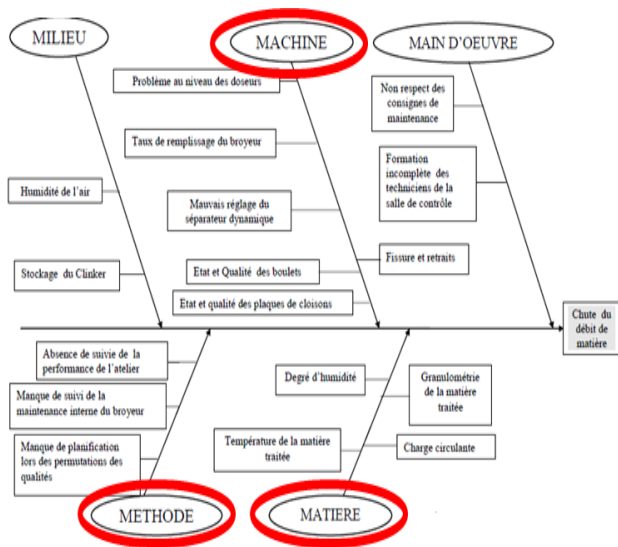


Figure 1 : diagramme causes à effet de chute de débit

Les résultats tirés de l'analyse des causes à effets, nous permettent de dégager un ensemble d'actions à mener, les solutions des problèmes les plus critiques du point de vue impact sur le débit vont être détaillées par la suite.

### 3.1. Le Bilan de matière

Ce bilan permet de connaître le débit de matière dans chaque branche du circuit à partir des prélèvements de matière effectués aux bornes de chaque équipement. Par la méthode des nœuds, on calcule les débits des diverses branches en partant d'un seul débit connu : l'alimentation fraîche à l'entrée du circuit.

| Matière     | Produit Fini | Fine filtre Broyeur | Fine filtre Séparateur dynamique | Rejets séparateur dynamique | Rejets séparateur statique | Alimentation séparateur dynamique | Décharge Broyeur |
|-------------|--------------|---------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------|
| Débit (t/h) | 180          | 109,29              | 70,74                            | 205,5                       | 81,23                      | 276,32                            | 195,08           |

Tableau 1 : Résultats du bilan matière de matière

On constate que le débit du produit fini obtenu par les gaz chargé en poussières à la sortie du séparateur statique est largement supérieur au débit fourni par le séparateur dynamique car la grande quantité de matière sortant du broyeur est en suspension avec les gaz sous l'effet de ventilation.

D'après les résultats obtenus, on distingue clairement que la performance du séparateur dynamique et du broyeur laissent à désirer, puisque les écarts dégagés entre les valeurs obtenues et les valeurs recommandées sont considérables, par la suite on va se focaliser principalement sur le broyeur, dont on va réaliser une étude AMDEC, tandis que Pour déterminer

un réglage optimal du séparateur dynamique on se propose de réaliser plusieurs expériences afin de trouver le réglage optimal du séparateur et d'augmenter le paramètre de qualité à savoir le débit de sortie du ciment de l'unité BK4.

### 3.2. L'analyse des défaillances de leurs effets et leur criticité (AMDEC).

Après l'analyse fonctionnelle interne et externe et après la décomposition du broyeur les réunions avec les chefs de fabrication, de maintenance et de procédé. On a choisi la valeur 12 comme seuil de criticité. Les éléments dont la criticité dépasse 12 sont regroupés par ordre décroissant dans le tableau. C'est sur ces éléments qu'il faut agir en priorité en engageant des actions correctives appropriées

| Élément                              | Criticité | Actions correctives à engagé   |
|--------------------------------------|-----------|--|
| Plaques de blindages releveurs       | 36        | Optimiser le taux de remplissage et la répartition des boulets.<br>Revoir la qualité des éléments. |
| Plaques cloison                      | 36        |  |
| Boulets                              | 24        |  |
| Plaques de blindage classant         | 24        |  |
| Anneau de ventilation                | 16        | Surveillance particulière<br>Maintenance préventive conditionnelle                                 |
| Accouplement grande vitesse          | 12        |  |
| Accouplement petite vitesse          | 12        |  |
| Paliers du broyeur porteurs 1 et 2   | 12        |  |
| Boulons de fixation des plaques      | 12        |  |
| Accouplement petite vitesse couronne | 8         | Amélioration des performances des éléments<br>Maintenance préventive systématique                  |
|                                      | 6         |  |
| Bâti de broyeur                      | 2         | Aucune modification  |

Tableau 3 : classement des éléments par criticité

D'après les résultats obtenus, nous avons bien déterminé les risques de dysfonctionnement de ce système de Broyage en mettant en évidence les points critiques pour proposer des actions de maintenance afin de réduire leur criticité.

On déduit que l'usure des éléments critique (plaques blindages, plaques cloison, boulets, anneau de ventilation) est la cause principale de la majorité des problèmes rencontrés dans ce système

Pour éviter ce genre de problèmes il faut faire un contrôle d'usure systématique pour s'assurer qu'il ne se précipitera jamais ces défaillances qui gênent vraiment le fonctionnement normal de ce système et engendrent des longs arrêts de réparation et de nettoyage.

A la fin de cette étude, on peut dégager avec les recommandations suivantes :

- Il faut respecter les instructions de la maintenance systématique telles que les remplacements des pièces défectueuses selon les périodicités recommandées par le constructeur.

- Etablir des fichiers historiques.
- Refaire l'étude AMDEC systématiquement.
- Former le personnel de service maintenance à l'AMDEC.
- Tenir un stock de sécurité des pièces de rechange

de 1ère nécessité

Pour l'amélioration de la disponibilité de ce système de Broyage, il faut concentrer les actions de maintenance sur les équipements ayant une criticité  $C \geq 12$  en appliquant les

#### Actions suivantes :

- Surveillance périodique
- Maintenance systématique ou conditionnelle

#### Les plans d'actions :

-Plaques de blindage Releveurs et classant :

1- contrôle préventif conditionnel

- Suivi du profil des releveurs : tracé de l'évolution de l'usure,

2- contrôle systématique:

- Contrôle visuel chaque 2 mois.

-Plaques cloison :

- Réparation des rainures
- Contrôle visuel chaque 2 mois.

-anneau de ventilation :

- Changement de grillage de l'anneau.
- Contrôle visuel chaque 2 mois.

### 3.2. Inspection interne du broyeur

D'après l'analyse AMDEC du broyeur, nous avons pu distinguer que les éléments dont le seuil de criticité est intolérable et qui ont eu une influence majeure sur la chute du débit sont les éléments internes du broyeur, à savoir le blindage, la cloison intermédiaire et les charges broyantes. Par voie de conséquence on se propose de réaliser une inspection interne du broyeur, étape importante puisqu'elle donne une évaluation qualitative du fonctionnement du broyeur.

Lors de cette inspection, il faut :

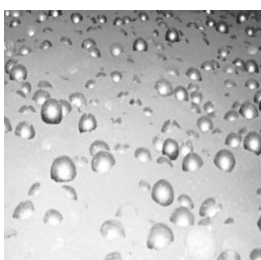
- Prendre des échantillons de la matière.
- Observer les éléments internes du broyeur : blindage, boulets, grilles de ventilation et cloisons (intermédiaire et de sortie) pour chaque compartiment.

Cette opération se fait lors du crash-stop de l'atelier de broyage (tous les équipements, ventilation et alimentation, sont stoppés d'un coup pour conserver les mêmes conditions qui existaient avant l'arrêt).

#### 3.2.1. Niveau de matière/boulets

Il faut évaluer le niveau de la matière dans chaque compartiment. D'après le crash-stop qu'on a fait Pour le compartiment 1 et 2 :

Compartiment 1



Compartiment 2

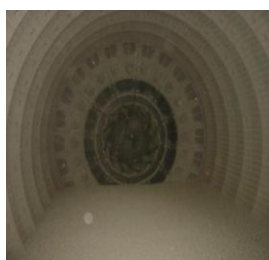


Figure 2 : niveau de la matière et boulets pour compartiment 1 et 2

### 3.2.2. Etats des éléments internes du broyeur

#### ❖ l'état de blindage

Compartiment 1



Compartiment 2



Figure 3 : l'état de blindage pour compartiment 1 et 2

#### ❖ l'état de la cloison

Compartiment 1



Compartiment 2

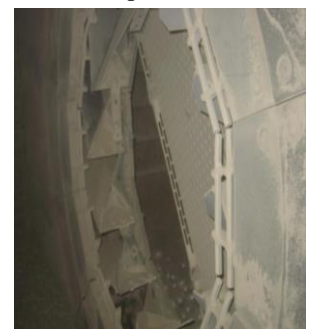


Figure 4 l'état de cloison pour compartiment 1 et 2

-Le niveau de matière est au même niveau des boulets, donc le niveau de matière est bon, mais la plupart des boulets sont déformés.

-D'après cette inspection on a constaté que l'état des blindages est bon sauf pour les deux premières rangées. Il se produit plutôt une usure apparaissant sous forme de stries perpendiculaires à l'axe du compartiment.

- pour la cloison nous avons détecté plusieurs lumières matées, un colmatage estimé à environ 20% dans le premier secteur et 5% dans le second.

-On a constaté aussi que plusieurs boulons de fixation sont cassés ce qui induit que les releveurs concernés percutent leur voisin à chaque rotation du broyeur.

#### 3.2.3. Analyse des résultats des prélèvements de matière

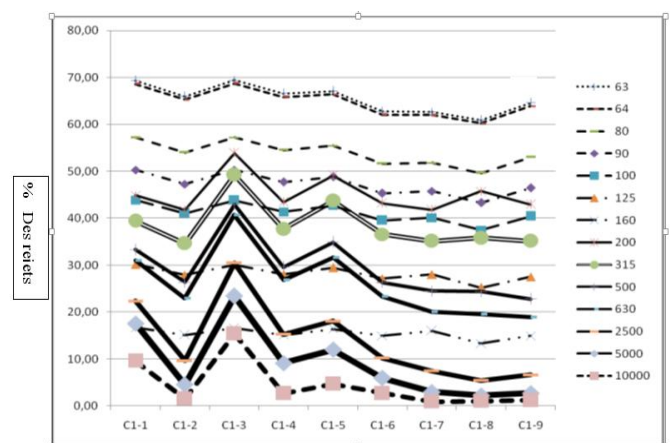


Figure 5 : L'évolution de la granulométrie dans le compartiment 1

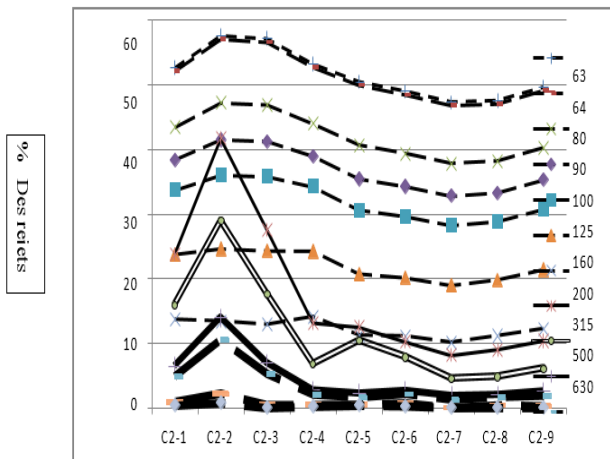


Figure 6 : L'évolution de la granulométrie dans le compartiment 2

Cette courbe montre qu'il y a une mauvaise répartition de la charge broyante dans les compartiments 1 et 2. Car la courbe doit être décroissante donc il faut optimiser la répartition de la charge broyante. (répartition des boulets)

#### 4. conclusion

Après adoption de ces techniques de maintenance et la proposition d'une nouvelle répartition des boulets on a pu augmenter la disponibilité du broyeur et de passer d'un débit de l'ordre de 180T/Heure à un débit de l'ordre de 194T/Heure soit une augmentation de l'ordre de 14T/H, donc on peut facilement déduire que le gain annuel réalisé en adoptant les réglages déterminés ci dessus est de l'ordre de 90.720.000 DH/an.

#### 5. Références :

- [1] Auscultation d'atelier de broyage à boulets: D.JUNIQUE
- [2] AMDEC moyen par M.RIDOUX (techniques de l'ingénieur AG4220)
- [3] Fragmentation par P.BLAZY, J. YVON et J.El-Aïd (techniques de l'ingénieur A5050)
- [4] Conduite des unités de broyage par D. HODOUIN et R. DELVILLAR (techniques de l'ingénieur J3 110)
- [5] Norme Marocaine NM 10.1.004 : relative aux liants hydrauliques.
- [6] Anderson, R.T., Neri, L., (1990): Reliability Centred Maintenance: Management and Engineering Method Elsevier Applied Sciences, London
- [7] Blanchard, B.S., (1992): Logistics Engineering and Management, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- [8] Coetzee, J.L., (2002): An Optimized Instrument for Designing a Maintenance Plan: A Sequel to RCM. PhD thesis, University of Pretoria, South-Africa

- [9] Dekker, R., (1996): Applications of maintenance optimisation models: A review and analysis. Reliability Engineering and System Safety, 52(3):229-240
- [10] b.s.dhillon: Engineering maintenance a modern approach
- [11] an introduction to predictive maintenance
- [12] [Ghosh, D., Roy, S., 2009] "Maintenance optimization using probabilistic cost-benefit analysis", Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 22(4):403-407.
- [13] Vatn, J., Aven, T., 2010: "An approach to maintenance optimisation where safety issues are important", Reliability Engineering & System Safety, Vol. 95, No. 1, pp. 58-63.
- [14] Labib, Ashraf W. (1998): "World-class maintenance using a computerised maintenancemanagement system", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 4 No 1, pp. 66-75.
- [15] Labib, Ashraf W. (2004): "A decision analysis model for maintenance policy selection using a CMMS", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 10 No. 3, pp.191-202.
- [16] Duffuaa SO and Al-Sultan KS (1997) Mathematical programming approaches for the,management of the maintenance planning and scheduling. J of Qual in Maint Eng 3(3): 163-76.
- [17] Dumond EJ (1994) Making best use of performance measures and information. Int J of Oper and Prod Manag 14( 9):16-31.