



Chapitre2 : Mise en situation et proposition des solutions pour minimiser le temps avant et après la purge

2.1. Introduction

Afin de localiser la thématique, ce chapitre comprendra une brève description de l'atelier BK4, une définition des purges, ainsi que les étapes effectuées lors du lancement de purge que nous avons regroupés en trois grandes étapes, temps de réglage, temps de purge et temps d'analyse.

Nous allons tout d'abord traiter le temps de réglage de deux volet : hors incident en utilisant la méthode SMED, cas d'incidents en proposant des solutions. Par la suite donner des recommandations afin de réduire le temps d'analyse.

NB : Nous allons traiter le temps de purge en détail dans le chapitre qui suit.

2.2. Définition de la thématique

2.2.1. Description de l'atelier BK4

2.2.1.1. Broyeur à boulets

Les broyeurs à boulets sont très largement utilisés dans toutes les branches de l'industrie, pour le broyage fin de différents produits. Le broyage est provoqué par des boulets qui se trouvent avec le produit dans un tambour rotatif.

Il est produit par le choc qui résulte de la chute des corps de broyage sur le produit broyé et par le frottement entre le produit et les corps de broyage.

Le tube broyeur à boulets est généralement divisé en deux compartiments, recouverts de plaques de blindage en acier. Dans le premier compartiment, les gros boulets travaillent principalement par compression et choc pour concasser le produit grossier et dans le deuxième, les petits boulets travaillent d'avantage par attrition et cisaillement pour produire des fines.

La taille des corps broyant se situe entre 90 et 20 mm de diamètre.

- **Fonction d'alimentation**

L'alimentation du broyeur se constitue d'un mélange de 3 éléments qui sont le clinker, le calcaire, le gypse et des ajouts selon la qualité, ou bien des refus recyclés du séparateur.

Les débits voulus en pourcentage de chaque constituant, sont délivrés par des doseurs en agissant sur leurs vitesses. Ces doseurs à leur tour sont alimentés à l'aide des trémies et des ponts.

- Fonction de broyage

Le broyage est une opération de fragmentation réalisée en deux compartiments qui se différencient par le type de blindage et la taille des boulets contenues.

Le blindage dans la 1^{ère} chambre est de type releveur, la forme de ces blindages permet d'obtenir la chute en cataracte des boulets qui est nécessaire au broyage du produit grossier et dans la 2^{ème} chambre de type classant il assure le classement des boulets de l'amont vers l'aval dans un ordre décroissant.

Le broyeur dispose d'un système de ventilation qui permet à la fois de Refroidir le ciment, d'entraîner les fines, d'éviter le coating des boulets et des blindages.

La cloison double intermédiaire sert à séparer les charges (C1) et (C2), assurer le passage de la matière broyée du (C1) vers le (C2) par l'intermédiaire des écopés et favoriser la ventilation du broyeur.

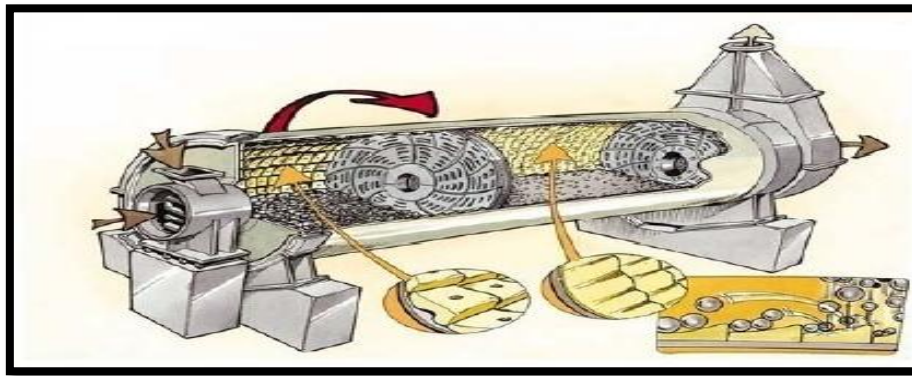


Figure 10 : Broyeur à boulets

2.2.1.2. Filtre

Les gaz et la matière entrent dans le filtre qui contient des manches poreuses dans lesquelles les gaz peuvent passer et la matière ne passe pas, donc la matière s'accumule sur les manches, ce qui va diminuer la pression à l'entrée du filtre et l'augmenter à la sortie.

Donc il y a un système automatique qui donne un signe aux rompes, pour souffler l'air comprimé. Par secouage mécanique, les solides collectés tombent dans une chambre de récupération.

2.2.1.3. Séparateur statique

Le séparateur statique (annexe 2) permet, grâce au flux d'air provenant par le bas de celui-ci, de séparer la matière sortant du broyeur. Le flux d'air chargé de poussières est soulevé entre la sortie du flux gazeux et le cône interne jusqu'à la plaque de couverture du cyclone.

Le flux est alors amené dans le cône interne par les ailettes de guidage de l'anneau qui le met en rotation.

La matière brute dont la finesse ne correspond pas aux spécifications, est extraite grâce à la force centrifuge qui éjecte la matière sur les parois lisses, permettant ainsi à la matière de tomber dans le cône interne puis de quitter le séparateur par la conduite de décharge.

Les fines sont amenées par le flux de gaz et sont extraites par une conduite d'extraction.

2.2.1.4. Séparateur dynamique

La matière entre dans le séparateur au sommet à balayage d'air la séparation est forcée par la force centrifuge et les forces de résistance à l'air, la finesse est réglée par la cage et le flux d'air. Le séparateur dynamique (annexe2) permet une bonne récupération de fines, une bonne efficacité sur les hautes valeurs de Blaine, une finesse réglable et un refroidissement de la matière.

2.2.2. Définition des purges

Les purges correspondent aux matières qui ont été produites durant un régime transitoire entre les produits, ainsi la matière obtenue lors de ces transitions ne correspond plus aux critères d'acceptation pour la production. Les purges seront donc rajoutées au produit fini d'une qualité inférieure et en quantité limitées de manière à ne pas en modifier ces caractéristiques.

Le temps nécessaire de purge correspond à la stabilisation du régime de broyeur soit théoriquement de 45min à 1heure au maximum. Les purges doivent se faire dans le silo purge (N=11). Il est strictement interdit de purger le broyeur dans un autre silo sauf après dérogation avec les responsables BKs et Qualité.

Les conditions de purge sont résumées dans le tableau N°2

Tableau 2: Conditions de purge [2]

De qualité 1 vers qualité 2		Qualité 2			
		CPJ 45	CPJ 55	CPJ 55 PM	CPA 65
Qualité 1	CPJ 45		Avec purge	Avec purge	Avec purge
	CPJ 55	Sans purge		Avec purge	Avec purge
	CPJ 55 PM	Sans purge	Sans purge		Avec purge
	CPA 65	Sans purge	Sans purge	Avec purge	

2.3. Optimisation du temps avant et après la purge

2.3.1. Définition du temps du basculement d'une qualité inférieure vers une qualité supérieure

Pour passer d'une qualité inférieure vers une qualité supérieure il faut purger. La purge est une phase transitoire qui comporte différentes étapes : avant, pendant et après la purge.

Ces étapes se présentent comme suit:

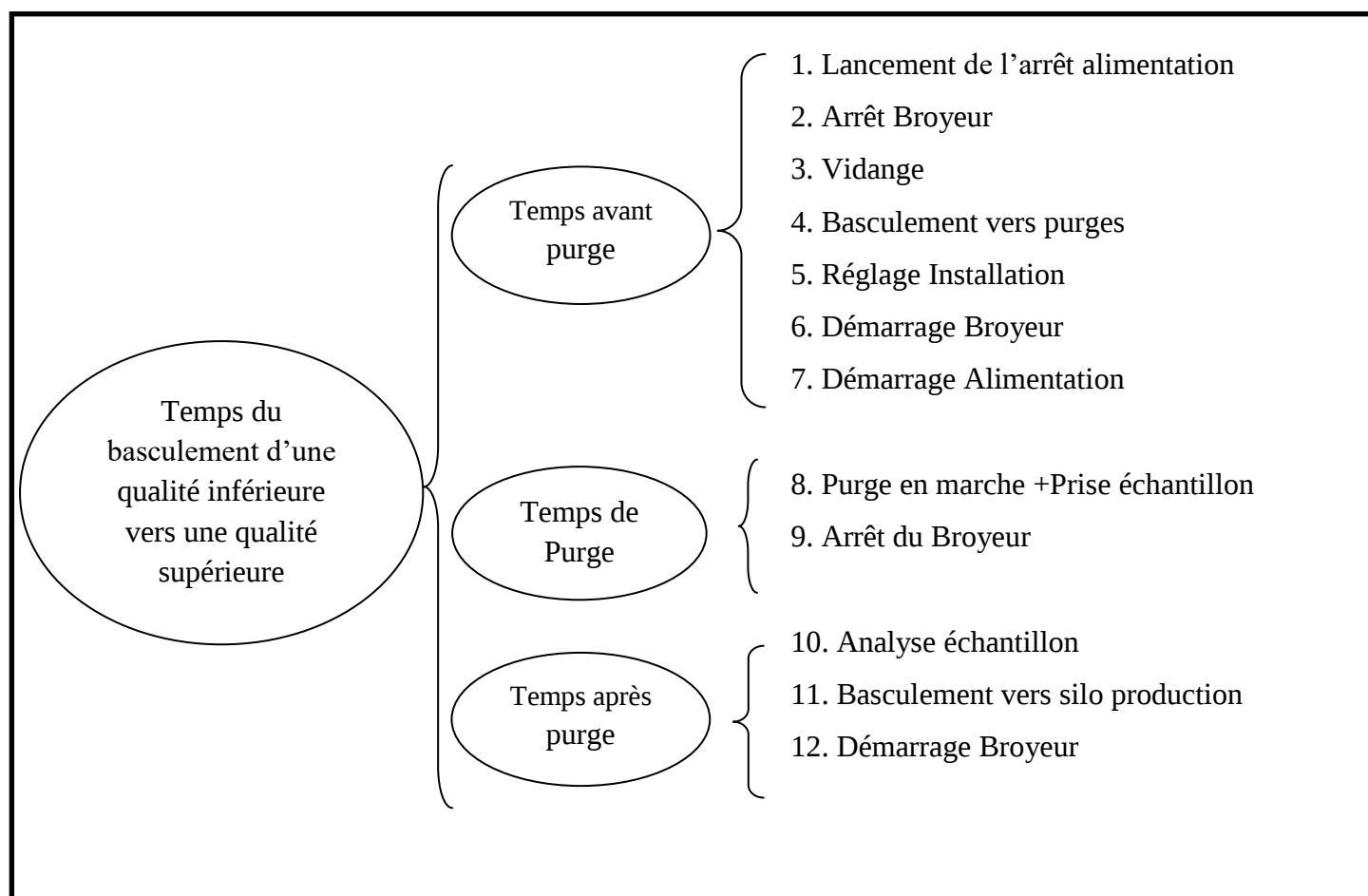


Figure 11: Temps du basculement d'une qualité inférieure vers une qualité

2.3.2. Temps avant le lancement de la purge (temps de réglage)

2.3.2.1. Définition et historique

Le temps de réglage est défini comme le temps de préparation de la purge, où le broyeur est en arrêt. Il dure 12 min dans le cas parfait et peut augmenter à 10 fois plus en présence de problèmes.

La courbe suivante représente la variation du temps « temps de réglage » sur une durée d'un an :

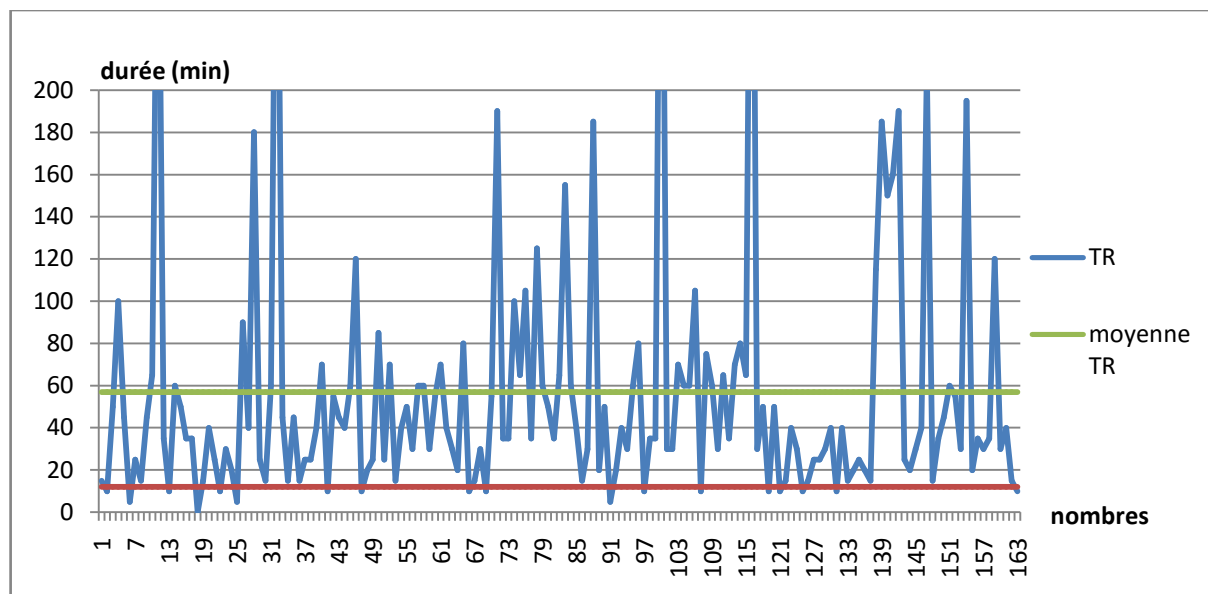


Figure 12 : Historique du temps de réglage par rapport à 12 min durant l'année 2015.

2.3.2.2. Interprétation de l'historique

- Nous remarquons que le temps de réglage connaît de grandes fluctuations et dépasse largement le temps optimum qui est de 12 min, pouvant aller jusqu'à 200 minutes ou plus, ce qui confirme une présence majeure de problèmes.
- Le temps de réglage moyen correspond à TR= 60min.

2.3.2.3. Application de la méthode SMED

○ Définition

SMED = Single Minute Exchange of Die

Soit : Echange d'outil en quelques minutes.

L'acronyme SMED signifie Single Minute Exchange of Die, expression qui même pour un anglophone reste relativement hermétique «Die» est le terme technique anglais désignant une matrice, une empreinte ou un moule. «Exchange» signifie échanger. La méthode SMED est née dans un atelier mécanique, lors de travaux sur des presses dont la lenteur et les péripéties des changements d'outils ont inspiré Shigeo. Pour réduire significativement le temps d'immobilisation des presses – initialement plusieurs heures –, il était nécessaire de réviser drastiquement la manière de procéder.

Afin de ne pas limiter la créativité du groupe de travail et de créer une réelle rupture dans les pratiques, il fallait imposer un objectif de temps très ambitieux. Ainsi, l'idée qu'a voulu promouvoir Shigeo Shingo était qu'un changement doit pouvoir se réaliser en moins de dix minutes, autrement dit se compter avec un seul nombre, d'où l'appellation quelque peu ambiguë de «Single Minute».

La méthode SMED aide à atteindre un gain de temps lors du changement de série en production et ce :

- En séparant les opérations internes (VA) et externes (NVA) ; faisant ressortir ces dernières en les réalisant en temps masqués.
- En réduisant le temps de l'ensemble des opérations de changements d'outils.

○ Application de la méthode

La méthode SMED repose sur quatre points présentés dans la figure suivante

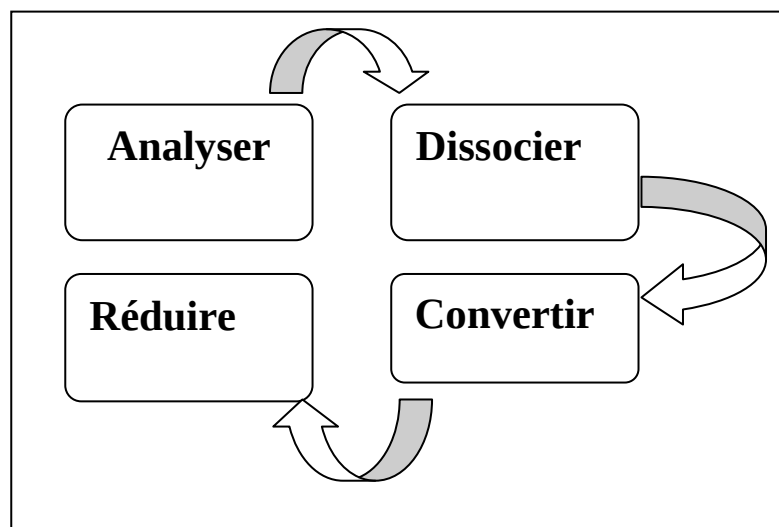


Figure 13 : Organigramme de la méthode SMED

○ Etapes du SMED

Les étapes de la méthode SMED sont représentées dans le tableau suivant :

Etape	Hors arrêt	Durant l'arrêt
Mesurer le temps total		
Déterminer les opérations internes et externes		
Réduire les opérations internes		
Réduire les opérations externes		
Standardiser		

Figure 14 : Etapes de la méthode SMED

1-Mesure du temps total

Les opérations globales sont :

Lancement de l'arrêt alimentation: l'opérateur coupe l'alimentation du broyeur, cela se fait d'une manière instantanée Il suffit de mettre 0 sur toutes les compositions

$$T_{AA}=10s$$

Arrêt Broyeur : l'opérateur arrête le broyeur. Cette opération se fait aussi de manière instantanée mais il faut attendre 1min pour que le broyeur s'arrête.

$$T_{AB} = 1min$$

Vidange : l'opérateur vidange le circuit de séparation de l'atelier broyage (Filtres, séparateurs, conduites...) vers le silo de production et cela se réalise en 9min.

$$T_v=9min$$

Basculement vers purge: l'opérateur sélectionne le silo purge, ouvre les vannes qui permettent le passage du produit vers le silo, ferme les autres vannes pour ne pas avoir des fuites. Le problème c'est que les vannes se bloquent souvent lorsque l'opérateur veut basculer vers les silos de stockage et leur maintenance nécessite beaucoup de temps.

Vu que la matière bouche le fond de la chambre, les instrumentistes doivent à chaque fois démontrer le fond de vanne, nettoyer les corps de vanne « Chambres » et vérifier la pression d'air d'alimentation des corps de vanne ce qui attarde le temps de basculement.

D'après l'annexe 1 il s'est avéré que le problème lié aux vannes prend 70% des causes du retard du temps de réglage et il faut 40 min en moyenne pour y remédier

$$T_{BP}=40\text{min}$$

Réglage Installation: l'opérateur sélectionne la qualité à produire, règle la composition chimique de la qualité à produire et enfin règle tous les débits et vitesses de l'installation. Ces opérations se font à :

$$T_{RI}= 1\text{min}40\text{s}$$

Démarrage Alimentation : l'opérateur lance l'alimentation du broyeur de manière instantanée sauf dans le cas où la trémie Clinker se trouve vide, l'opérateur doit forcément attendre un bout de temps pour son remplissage

D'après l'annexe 1 nous pouvons déduire que le remplissage du Clinker prend 25 % des causes du retards du temps de réglage et peut arriver jusqu'à 100 min .En moyenne le temps de remplissage du clinker est de :

$$T_{DA}= 80\text{min}$$

Puisque le problème du retard de remplissage du clinker arrive très rarement, nous allons le négliger dans l'application de la méthode SMED mais nous allons tout de même le traiter dans la partie réduction des opérations.

Démarrage Broyeur : l'opérateur démarre instantanément le broyeur.

$$T_{DB}= 10\text{s}$$

Donc le temps moyen total est de :

$$T_t= T_{AA}+T_{AB}+T_v+T_{BP}+T_{RI}+ T_{DB}$$

$$T_t=10\text{s}+1\text{min}+9\text{min}+40+1\text{min}40\text{s}+10\text{s}$$

$$T_t= 52 \text{ min}$$

2- Détermination des opérations internes et externes

Les opérations internes et externes de la méthode SMED sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2: Les opérations internes et externes du temps de réglage (SMED)

Opérations internes	Opérations externes
▪ Arrêt broyeur (AB) ▪ Basculement vers purge (BP) ▪ Réglage installation (RI)	▪ Lancement de l'arrêt alimentation (AA) ▪ Vidange du circuit (VC) ▪ Démarrage Broyeur(DB) ▪ Démarrage Alimentation (DA)

Ces opérations vont s'effectuer de la manière suivante :

Broyeur en marche (qualité précédente) : l'opérateur doit lancer l'arrêt de l'alimentation puis vidanger le circuit.

Broyeur en arrêt : l'opérateur doit arrêter le broyeur, basculer vers le silo purge (silo 11) et entrer les réglages de l'installation.

Broyeur en marche (nouvelle qualité) : l'opérateur démarre le broyeur puis l'alimentation.

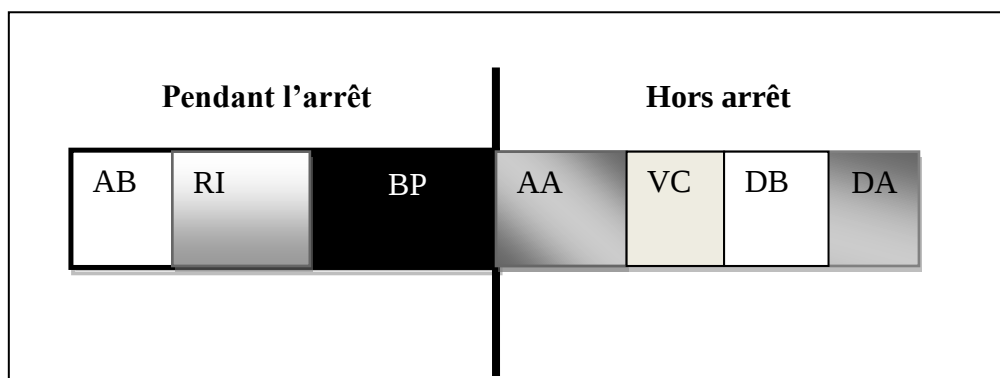


Figure 15 : Opérations internes et externes du temps de réglage

3- Réduire les opérations internes

- **Arrêt broyeur (AB), Réglage installation (RI)**

L'arrêt broyeur (AB) et le réglage installation (RI) ne prennent que $T_{AB} + T_{RI} = 2\text{min}40\text{s}$ du temps total et peuvent être réduits selon la rapidité de l'opérateur.

▪ Basculement vers purge (BP)

Comme nous avons vu dans la première étape du SMED le Basculement vers le silo purge (BP) est lié aux problèmes de vannes. Donc pour réduire le temps de basculement (BP) nous devons pallier le problème des vannes.

Les vannes utilisées dans l'atelier Broyage BK4 sont de types : Marceau Amalric, généralement à opercule coulissant revêtu, commandée par vérin pneumatique.

Leurs utilisation est connue dans les circuits de transport de pulvérulents (ciment, charbon, cendres volantes) et se caractérise par leurs Traitement anticorrosion et anti-adhérent.

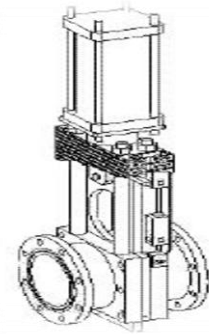


Figure 16 : Vanne Marceau Amalric

Principe de fonctionnement

Cette vanne est constituée d'une opercule (tiroir, guillotine) coulissant dans un corps étroit. L'opercule, en position de fermeture ou d'ouverture ressort du corps. Elle est coupante grâce à un chanfrein d'extrémité. Le polissage de ses faces rend plus facile sa pénétration dans le produit. En fin de fermeture, la partie inférieure de la pelle est plaquée contre le joint, ce qui assure l'étanchéité de la vanne au passage du produit.

Problèmes et Recommandations

- Présence de l'eau sur le circuit d'air d'alimentation des vannes (air humide) ;
- Colmatage de la matière sur le corps inférieur de la vanne (barrettes d'étanchéité) ;
- Le positionnement des fins de courses ;
- Usure des joints d'étanchéité ;
- Usure du corps de la vanne

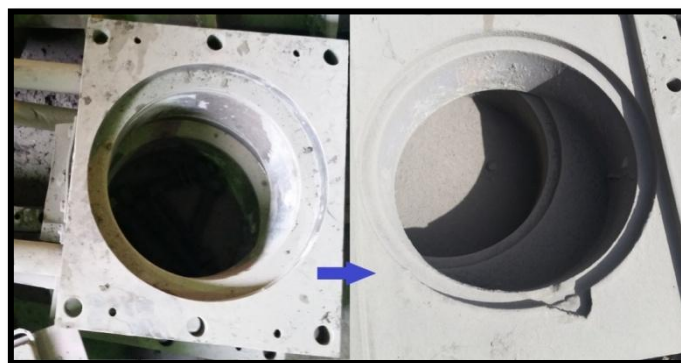


Figure 17 : Corps de vanne attaquée



Figure 18 : Usure des joints d'étanchéités

Le nœud du problème réside dans le coincement de l'opercule au moment de la fermeture ou de l'ouverture due à la présence de l'humidité dans l'air d'alimentation qui en contact avec la matière qui s'agglomère, bouche les barrettes, use les joints d'étanchéité et attaque le corps des vannes

Ce problème apparaît 2 fois sur 3 lors de la préparation de la purge .

Pour ce, nous recommandons de :

- Revoir la fréquence des visites en marche ;
- Revoir la fréquence d'entretien préventif à l'arrêt ;
- Revoir le mode opératoire des gammes préventives à l'arrêt ;
- Revoir le circuit d'air d'alimentation ;
- Améliorer les procédures d'interventions lors de l'apparition du problème ;
- Voir les recommandations des fournisseurs pour l'entretien préventif des vannes ;
- D'autre part nous proposons de faire une mise à niveau des vannes, il faut ramener des pièces de rechange à savoir : l'opercule et les joints d'étanchéité .

Tableau 3: Prix des pièces de rechange d'origine

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
Joint d'étanchéité	U	2×15=30	12471.35	374140.5
Opércule	U	5	64457.36	322286.8
Montant Total en DH/H.T				696427.3
T.V.A (20%)				139285.46
Montant Total en DH/T.T.C				835712.76

Les pièces de rechanges, plus la vérification de l'air d'alimentation vont nous permettre de pallier à 90% au problème. Et avoir un temps de basculement négligeable.

4- Réduire les opérations externes

Lancement de l'arrêt alimentation (AA), Démarrage Broyeur(DB) : Le lancement de l'arrêt alimentation et le démarrage ne prennent que 20s au total et leurs réductions dépendent de la rapidité de l'opérateur.

Vidange du circuit (VC) : Il est certain que la vidange prend 9min du temps total du réglage mais nous ne pouvons pas faire moins, puisqu'il est déduit après plusieurs expériences. Démarrage Alimentation (DA) : L'alimentation du broyeur est instantané sauf dans le cas où la trémie Clinker est vide.

5- Standardiser

En s'attaquant au problème du coincement des vannes, et en gérant le remplissage du Clinker Nous allons avoir :

$$T_t = T_{AA} + T_{AB} + T_v + T_{BP} + T_{RI} + T_{DB}$$

$$T_t = 10s + 1min + 9min + 0 + 1min40s + 10s$$

$$T_t = 12 \text{ min}$$

6- Gestion de remplissage du clinker

Parmi les problèmes responsables du retard du temps du lancement de purge (temps de réglage), nous trouvons le retard de remplissage de la trémie clinker.

D'après l'historique des causes (annexe 1), le retard de remplissage trémie clinker de BK4 dure en moyenne 100 minutes, ce temps est très important et non négligeable pour cela nous avons fait un diagnostic sur la gestion de remplissage du clinker afin de proposer des solutions pour réduire ce problème.

Ce problème est causé soit par les pannes, soit par l'indisponibilité des équipements. Ces deux causes sont étudiées ci-dessous.

Les pannes peuvent être dues à de multiples raisons de nature mécanique telles que :

- Problèmes mécaniques du tapis TH54 (déchirure, coincement, frottement) ;
- HALL du clinker vide (lors d'un arrêt de four) ;
- Problème mécanique de l'élévateur ou bouchage ;
- Problème du transporteur métallique SPB $\frac{1}{2}$.

L'indisponibilité des équipements

Le clinker produit diffère selon le degré de cuisson et de refroidissement et donc du pourcentage de la chaux libre, les différents types du clinker sont classés par catégorie de qualité. Quant au stockage, ces mêmes produits se voient distribués systématiquement dans trois stocks différents.

- Stock 1 : Le Hall 1, dédié à la fabrication de deux types de produits : CPJ35 et CPJ45 ;
- Stock2 : Le Hall 2, est dédié à la fabrication de deux autres types de produits : CPJ55 et CPA65 ;
- Stock 3 : La Trémie secours, ce troisième et dernier stock contient un clinker dédié spécialement à la fabrication du Prise-Mer et les incuits.

Comme il l'est très clairement illustré sur le schéma ci-dessous, il en ressort après son analyse, la présence de deux transporteurs métalliques SPB 1/2 qui alimentent les trémies clinkers des 4 broyeurs représentés par (BK1, BK2, BK3, BK4), le canal en provenance du Hall 1 est lié directement aux deux élévateurs qui alimentent à leur tour ces mêmes transporteurs métalliques SPB 1/2.

Les canaux en provenance du Hall 2 et de la trémie secours passent par la même bande TH54 et ils sont liés aux deux élévateurs qui alimentent à leur tour SPB 1/2.

Ce partage de bande est la cause d'un problème majeur, ce problème sera démontré par une mise en situation faisant office d'exemple.

Mise en situation

Prenons l'exemple de la fabrication de la qualité CPJ55 stockée dans le broyeur BK2, il faudra donc alimenter la trémie clinker correspondante à BK2...

Si dans l'immédiat et dans un besoin urgent, nous sommes contraints lancer la purge du prise-mer dans le broyeur BK4 au même moment, nous sommes dans l'obligation d'attendre le remplissage de la trémie BK2, dans l'attente de la disponibilité de la bande occupée.

Ce dysfonctionnement est malheureusement la cause du retard du lancement de la purge et joue en défaveur de l'ambition primaire de la société qu'est l'optimisation les temps des arrêts.

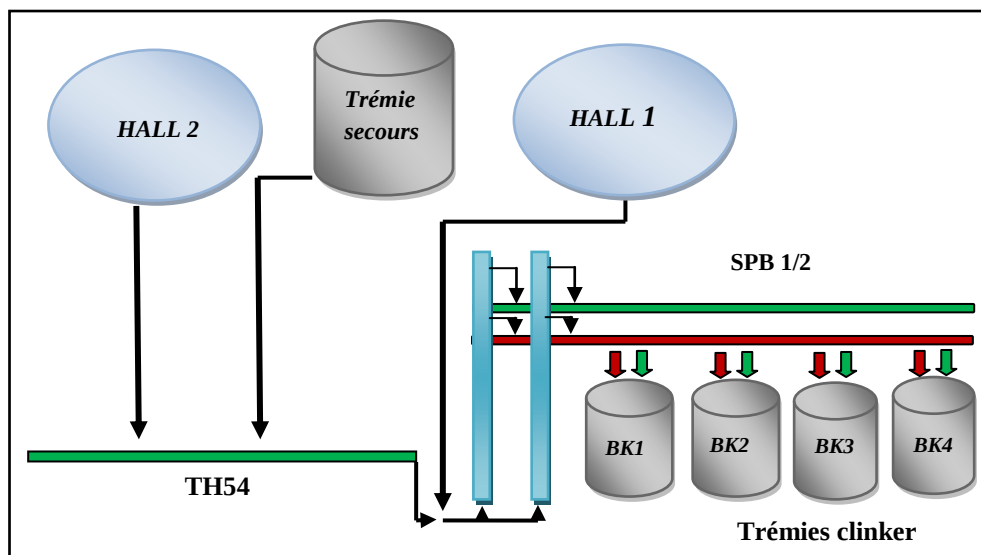


Figure 19 : Schéma de gestion de l'alimentation du clinker

Recommandations

- 1) Dans un premier temps, nous suggérons un renforcement de l'équipe de maintenance, pour assurer le bon fonctionnement du processus de travail.
 - La rénovation dans un cas extrême des matériels utilisés ou seulement l'amélioration de l'entretien des machines, ce point concerne encore une fois les ressources humaines mais aussi des ressources brutes de la société.
- 2) Introduire une deuxième bande dans le processus de fabrication, pour faire en sorte de séparer les canaux du Hall 2 et de la trémie secours, cette réflexion a été obtenue grâce à l'analyse du schéma présenté auparavant, ainsi qu'au cours de l'observation directe du processus.
- 3) Pour bien maîtriser la gestion de remplissage clinker, nous recommandons de réaliser une étude détaillée sur la gestion du stock du clinker.

2.3.3. Temps d'analyse

Le temps d'analyse est la durée entre l'arrêt du broyeur ayant fonctionné durant la purge et le lancement des résultats.

Ce temps est considéré comme une étape essentielle puisqu'il permet de vérifier la conformité du ciment. Le broyeur sera remis en marche au moment où le laboratoire lancera les résultats obtenus qui nous permettront de décider si l'on doit redémarrer le broyeur vers le silo purge ou bien vers le silo de stockage.

Au cours de ce temps il existe plusieurs tâches à exécuter, ainsi qu'un mode opératoire à respecter : Après l'arrêt du broyeur, un prélèvement sera établi et analysé par le service qualité et laboratoire.

Les tests qui sont réalisés pour la qualité CPA 65 sont :

- La fluorescence X pour la détermination du pourcentage de SO₃
- La finesse
- Surface spécifique Blaine
- Le pourcentage de la chaux libre
- Pour les autres qualités on ajoute un dernier test pour déterminer le pourcentage des insolubles.

D'après l'historique de service qualité et laboratoire la durée de cette étape est estimée à une heure au maximum mais dans la plupart des cas, les analyses prennent plus de temps et dépasse le temps envisagé.

L'optimisation de ce temps ne fait pas partie de notre sujet, mais nous avons fait quelques propositions au service concerné afin d'améliorer la procédure suivie, il faut donc :

- Renouveler les modes opératoires d'analyse,
- Etablir une méthode d'échantillonnage automatique au lieu de la méthode manuelle
- Etudier la possibilité d'installer un Kit d'analyses à côté du broyeur BK4 pour minimiser le temps de transport d'échantillon.