

REPUBLIQUE DU SENEGAL

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR



Gm. 0517

ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE

CENTRE DE THIES

DEPARTEMENT GENIE MECANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR DE CONCEPTION

Titre : CHOIX D'UNE POLITIQUE DE MAINTENANCE :
A.M.D.E.C ET APPLICATIONS

Auteur : Astou Guindo DANSOKO

Directeur interne : Dr. Ngor SARR

Professeur à l'Ecole Polytechnique de Thiès

Directeur externe : M. Abdoulaye DIENG

Chef service Bureau Technique

Année Universitaire : 2007/2008

Choix d'une politique de maintenance : A.M.D.E.C et applications

Le but de cette étude est de réaliser l'étude A.M.D.E.C (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité) des équipements de l'atelier ciment de la SO.CO.CIM Industries. Elle permet de mieux appréhender les risques de défaillances, et ainsi de les éviter en mettant en place une maintenance préventive plus efficace et un diagnostic de pannes plus rapide.

Ce projet entre dans le cadre de l'amélioration de la gestion de la maintenance des équipements qui constituent le secteur ciment. Sur demande de l'entreprise, l'analyse ne porte que sur les équipements de la ligne de production de BK5 dudit secteur.

Ainsi, l'étude comporte trois phases : la première porte sur la détection et le recensement de toutes les défaillances possibles au sein d'un système ou sous système, la deuxième sur la cotation de ces défaillances suivant des critères et des cotes définies dans une grille, et la troisième phase sur la consignation des résultats obtenus dans un tableau de synthèse où ils sont analysés et interprétés pour sortir les actions correctives et préventives qui s'imposent.

Par ailleurs, l'étude a révélé que les équipements dans leur majorité ne présentent pas de sévérité extrême. Ce qui manque souvent, c'est la capacité d'anticipation ou de détection à coup sûr des anomalies.

Mots-clés :

A.M.D.E.C - défaillances - détection - cotation - sévérité

J'

aimerais exprimer ma gratitude à :

M. Abdoulaye DIENG, Responsable du Bureau Technique de la SO.CO.CIM qui n'a ménagé aucun effort pour la bonne conduite de cette étude ;

M. Mactar SYLLA, Chef de Département Entretien Mécanique ;

M. Magaye GAYE, Adjoint Chef de Département Entretien Mécanique pour la confiance qu'ils ont eue en ma personne en me confiant cette étude.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit de M. Ngor SARR, Professeur à l'Ecole Polytechnique de Thiès pour la qualité de l'encadrement ;

M. Moussa NGOM, Stagiaire au Bureau Technique pour son dévouement et la qualité de la collecte des données relatives à l'analyse.

Je ne saurais terminer mes remerciements sans nommer :

M. Alioune NDIAYE dont le sens du social est inégalable ;

M. Tidjane SECK, Régulation et Mesures ;

M. Boubacar NGOM, Atelier Fabrication Mécanique ;

L'ensemble du personnel du Département Mécanique qui m'ont vraiment facilité l'insertion et soutenu sur tous les plans.

@ la Direction des Ressources Humaines de la SO.CO.CIM.

À tous ceux qui ont cru en moi ;

À mes petits- frères et petites sœurs ;

À elle.

LISTE DES ABBREVIATIONS ET SYMBOLES

A.M.D.E.C : Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité

QS : Quality System

ISO : International Organization for Standardization

AIAG : Automotive Industry Action Group

ASQC: American Society Quality Group

F : Fréquence, valeur de la fréquence

G : Gravité, valeur de la Gravité

D : Détection, valeur de la Détection

C : Criticité, valeur de la Criticité

α : entier

γ : entier

β : entier

AFNOR : Association Française de Normalisation

Pp : perte de production

Co : coût

GV : grande vitesse

PV : petite vitesse

M.T.B.F : Mean Time Between Failure (Temps Moyen de Bon Fonctionnement)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau III.1 : exemple de grille de cotation.....	16
Tableau IV.1 : Grille de cotation.....	23
Tableau IV.2 : analyse et cotation du poulie-courroie de l'extracteur Clinker.....	27
Tableau IV.3: analyse et cotation du réducteur de l'extracteur Clinker	28
Tableau IV.4 : analyse et cotation des tourteaux de l'extracteur Clinker	29
Tableau IV.5 : analyse et cotation du tablier métallique de l'extracteur Clinker	30
Tableau IV.6 : analyse et cotation du système de tension de l'extracteur Clinker	31
Tableau IV.7 : synthèse et actions à entreprendre sur l'extracteur Clinker.....	32
Tableau IV.8 : synthèse et actions à entreprendre sur le transporteur à bande 127N.....	37
Tableau IV.9 : synthèse et actions à entreprendre sur le doseur Clinker BK5.....	43
Tableau IV.10 : synthèse et actions à entreprendre sur le broyeur BK5.....	50
Tableau IV.11 : synthèse et actions à entreprendre sur le séparateur dynamique Sepol BK5.....	59
Tableau IV.12 : synthèse et actions à entreprendre sur le ventilateur de tirage Sepol BK5....	65
Tableau IV.13 : synthèse et actions à entreprendre sur l'élévateur 315N.....	69
Tableau IV.14 : synthèse et actions à entreprendre sur la pompe PETERS.....	74
Tableau IV.15 : analyse et cotation du coupleur du transporteur à bande 127N.....	81
Tableau IV.16 : analyse et cotation du réducteur du transporteur à bande 127N.....	82
Tableau IV.17 : analyse et cotation du tambour de commande du transporteur à bande 127N.....	83
Tableau IV.18 : analyse et cotation du tambour de renvoi du transporteur à bande 127N	84
Tableau IV.19 : analyse et cotation du tambour de contrainte du transporteur à bande 127N.....	85
Tableau IV.20 : analyse et cotation de la bande du transporteur 127N.....	86
Tableau IV.21 : analyse et cotation du système de tension du transporteur à bande 127N.....	87
Tableau IV.22 : analyse et cotation du réducteur du doseur Clinker BK5.....	88
Tableau IV.23 : analyse et cotation du tambour de commande du doseur Clinker BK5.....	89
Tableau IV.24 : analyse et cotation du tambour de renvoi du doseur Clinker BK5.....	90
Tableau IV.25 : analyse et cotation de la bande du doseur Clinker BK5.....	91
Tableau IV.26 : analyse et cotation de l'accouplement GV du broyeur BK5.....	92
Tableau IV.27 : analyse et cotation du réducteur du broyeur BK5.....	93
Tableau IV.28 : analyse et cotation de l'accouplement PV du broyeur BK5.....	94

LISTE DES TABLEAUX

Tableau IV.29 : analyse et cotation de l'allonge du broyeur BK5.....	95
Tableau IV.30 : analyse et cotation du pignon arbré du broyeur BK5.....	96
Tableau IV.31 : analyse et cotation de la couronne du broyeur BK5.....	97
Tableau IV.32 : analyse et cotation du palier porteur broyeur BK5.....	98
Tableau IV.33 : analyse et cotation du broyeur BK5.....	99
Tableau IV.34 : analyse et cotation du broyeur BK5 suite.....	100
Tableau IV.35 : analyse et cotation du système de lubrification du réducteur BK5.....	101
Tableau IV.36 : analyse et cotation du système de refroidissement de l'huile réducteur BK5.....	102
Tableau IV.37 : analyse et cotation du système de refroidissement de l'eau.....	103
Tableau IV.38 : analyse et cotation du système de graissage de la couronne et du pignon arbré.....	104
Tableau IV.39 : analyse et cotation du palier porteur du broyeur BK5.....	105
Tableau IV.40 : analyse et cotation du groupe de virage du broyeur BK5.....	106
Tableau IV.41 : analyse et cotation du réducteur BK5.....	107
Tableau IV.42 : analyse et cotation de l'accouplement	108
Tableau IV.43 : analyse et cotation de l'arbre de commande.....	109
Tableau IV.44 : analyse et cotation de la chambre de sélection.....	110
Tableau IV.45 : analyse et cotation du système de refroidissement du réducteur.....	111
Tableau IV.46 : analyse et cotation de l'accouplement du ventilateur de tirage Sepol BK5.....	112
Tableau IV.47 : analyse et cotation de l'arbre de commande du ventilateur de tirage Sepol.....	113
Tableau IV.48 : analyse et cotation du ventilateur de tirage Sepol BK5.....	114
Tableau IV.49 : analyse et cotation du servo moteur.....	115
Tableau IV.50 : analyse et cotation du coupleur de l'élévateur 315N.....	116
Tableau IV.51 : analyse et cotation du réducteur de l'élévateur 315N.....	117
Tableau IV.52 : analyse et cotation de l'accouplement de l'élévateur 315N.....	118
Tableau IV.53 : analyse et cotation du tourteaux de commande de l'élévateur 315N.....	119
Tableau IV.54 : analyse et cotation de la chaîne de l'élévateur 315N.....	120
Tableau IV.55 : analyse et cotation du tourteau de renvoi de l'élévateur 315N.....	121
Tableau IV.56 : analyse et cotation de l'accouplement coté pompe PETERS.....	122
Tableau IV.57 : analyse et cotation du contre arbre coté moteur.....	123

LISTE DES TABLEAUX

Tableau IV.58 : analyse et cotation du poulie-courroie.....	124
Tableau IV.59 : analyse et cotation de l'accouplement coté moteur.....	125
Tableau IV.60 : analyse et cotation du contre-arbre coté pompe.....	126
Tableau IV.61 : analyse et cotation de la pompe PETERS.....	127

LISTE DES FIGURES ET DES PHOTOS

Figure II.1 : Organigramme du Département Entretien Mécanique.....	6
Figure II.2 : De l'entretien à la maintenance.....	9
Figure III.1 : Diagramme d'Ishikawa.....	15
Photo IV.1: Extracteur Clinker.....	26
Figure IV.1 : Décomposition fonctionnelle de l'extracteur Clinker.....	27
Photo IV.2: Transporteur à bande 127N.....	35
Figure IV.2 : Décomposition fonctionnelle du transporteur à bande 127N.....	36
Photo IV.3: Doseur Clinker BK5.....	41
Figure IV.3 : Décomposition fonctionnelle du doseur Clinker BK5.....	42
Photo IV.4: Broyeur BK5.....	45
Figure IV.4 : Décomposition fonctionnelle du BK5.....	46
Figure IV.5 : Décomposition fonctionnelle du BK5 suite.....	47
Figure IV.6 : Décomposition fonctionnelle du BK5 suite.....	48
Figure IV.7: Décomposition fonctionnelle du BK5 suite et fin.....	49
Photo IV.5: Séparateur dynamique Sepol BK5.....	56
Figure IV.8: Décomposition fonctionnelle du Séparateur dynamique Sepol BK5.....	57
Figure IV.9: Décomposition fonctionnelle du Séparateur dynamique Sepol BK5.....	58
Photo IV.6 : Ventilateur de tirage Sepol BK5.....	63
Figure IV.10: Décomposition fonctionnelle du ventilateur de tirage Sepol BK5.....	62
Photo IV.7 : Élévateur 315N.....	67
Figure IV.11: Décomposition fonctionnelle Élévateur 315N.....	68
Photo IV.8: Pompe PETERS.....	72
Figure IV.12: Décomposition fonctionnelle Pompe PETERS.....	73

INTRODUCTION GENERALE :

Le ciment est devenu de nos jours une denrée rare et très convoitée. Un arrêt fortuit de quelques minutes a comme conséquence une perte importante de production. C'est pourquoi la maîtrise des systèmes de production a toujours constitué le souci majeur des industriels. Ceci passe incontestablement par une maîtrise de ces équipements.

Ainsi, face à une gestion parfois non rationnelle, plutôt intuitive et/ou par phénomène d'apprentissage, le Département d'Entretien Mécanique de la SO.CO.CIM Industries, en particulier le Bureau Technique a voulu rompre avec cette manière de gérer la maintenance de son parc machine. Une solution a été d'opter pour un outil puissant de qualité qui nous permettrait d'avoir une photographie des équipements pour assurer dans les meilleures conditions leur maintenance. La solution retenue a été de réaliser l'Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et leur Criticité (A.M.D.E.C) d'un de leurs ateliers. Ainsi, l'objectif de cette étude sera dans un premier temps, de déterminer le niveau de criticité des sous-ensembles des équipements du parc machine. Dans un deuxième temps, nous les hiérarchiserons afin de dresser les actions préventives et parfois mêmes correctives qui s'imposent.

Pour se faire, l'étude sera subdivisée en trois parties. Dans la première partie, nous allons diagnostiquer les manquements de cette fonction maintenance dans l'entreprise et tenterons d'expliquer les raisons de ce choix porté sur l'A.M.D.E.C. Ensuite, nous présenterons la méthode A.M.D.E.C. Enfin, nous l'appliquerons sur certains équipements du secteur ciment de ladite Société.

Chapitre I : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

Introduction :

Le ciment est un liant hydraulique qui, au contact avec de l'eau se durcit et dégage de la chaleur. Le ciment artificiel est inventé par LOUIS VICAT en 1817

Cette première découverte de VICAT est à l'origine du développement prodigieux du ciment qui a marqué une ère nouvelle qui s'est prolongée jusqu'aux temps modernes.

Aujourd'hui, la fabrication du ciment se fait à partir de calcaire et de différentes matières ajoutées pour permettre au mélange de devenir hydraulique après cuisson. Etant donné que les teneurs en calcium, en silice, en alumine, en fer sont très différentes d'un gisement à l'autre et variant à l'intérieur d'un même gisement, des appareils modernes et automatiques analysent en permanence la teneur des matières premières et le mélange homogénéisé fait. Les proportions de celles-ci sont calculées pour obtenir le caractère d'hydraulicité définitivement établi par LOUIS VICAT.

Dans ce chapitre, nous aurons à dresser l'historique de la première cimenterie du Sénégal en passant par son organisation et ses perspectives dans le contexte actuel.

I°) Historique :

La SOCOCIM Industries est une cimenterie qui se trouve dans la région de Dakar plus précisément dans le département de Rufisque. Elle est située dans la commune d'arrondissement de l'Est de la ville de Rufisque près du quartier de Colobane Gouye Mouride.

La SOCOCIM Industries a été créée en 1948 par Monsieur André LINDENMEYER, suite à un voyage d'études qu'il a effectué au Sénégal. Elle est née suite à la faillite de la Société des Ciments du Sénégal qui disparut prématurément.

A sa création, la société était constituée par un capital de trente millions de francs CFA (30 000 000 FCFA). L'objectif fixé au départ par ses membres fondateurs était d'implanter une cimenterie avec une production de quarante mille (40 000) tonnes par année.

Quelques temps après, le Conseil d'Administration de la société décida de porter la production à soixante mille (60 000) tonnes par année. Il fallait en conséquence augmenter le capital en raison de l'évolution économique du Sénégal notamment l'accroissement des coûts dû à une tendance fortement inflationniste. Ainsi :

-le 28 mai 1948 correspond à la mise à feu du four 1 ;

-le 03 mars 1953 le four 2 est mis en fonction ;

-le 03 septembre 1970 le four 3 était allumé et les fours 1 et 2 mis en réserve.

Suite à l'évolution du marché, les fours 1 et 2 sont remis en activité et la production avait atteint ainsi quatre cent mille (400 000) tonnes par année.

En Septembre 1978, la SOCOCIM Industries devient une industrie lourde et les intérêts des étrangers passent entre les mains des nationaux ; la cimenterie exerce dorénavant son activité sous la raison sociale de SOCOCIM Industries avec un accroissement moyen annuel de production de 1.69%. Entre 1983 et 1990, l'accroissement moyen annuel de production est passé à environ 1.8%.

Parmi les événements qui ont marqué l'histoire de l'entreprise, nous avons la privatisation et la possession de la SOCOCIM par le groupe international du nom de VICAT.

En effet, en 1998, la SOCOCIM Industries a été saisie par l'Etat du Sénégal. L'industrie Rufisque de ciment a ainsi connu des périodes mouvementées et a obtenu un soutien constant des travailleurs et des notables des communes de Rufisque et Bargny. C'est ainsi que le Sen Indus qui était créé par Monsieur Pierre CREMIEUX, Directeur Général de l'époque racheta la société à l'Etat sénégalais.

Cette époque a démarré avec une gestion particulière car pour la première fois au Sénégal, le personnel était détenteur de 50% des actions (40% pour les cadres et 10% pour le personnel subalterne) et était représenté au niveau du Conseil d'Administration.

En 2000, SOCOCIM Industries est rachetée par un groupe français du nom de VICAT qui devient du même coup l'actionnaire majoritaire.

A ce jour, le personnel n'a plus d'actions dans la société. Elles ont été vendues à Monsieur Pierre CREMIEUX qui quelques mois avant sa mort les avait revendues au groupe VICAT.

Par ailleurs, depuis l'arrivée du groupe VICAT au sein de la société, d'importants changements ont été notés :

- le redoublement de la capacité de production en clinker;
- l'installation de nouvelles stations de broyage de ciment;
- la mise en place d'un nouvel atelier d'expédition du ciment;
- l'aménagement d'un parking de poids lourds;
- la diversification du système de sous-traitance.

Des changements ont été également effectués dans le sens d'une amélioration des conditions de vie du personnel à savoir :

- la création de primes de production et l'augmentation des salaires;
- la revalorisation de la subvention de l'IPM et la caisse d'entraide;
- l'établissement de primes de départ à la retraite pour tous les agents.

II°) Organisation et fonctionnement:

La SOCOCIM Industries est régie par des textes législatifs et réglementaires. Comme toutes les grandes entreprises, elle n'a pas voulu s'écarter des règles et normes de la législation du travail. Les statuts et le règlement intérieur organisent et régissent le fonctionnement de la société. Ce sont des textes de base qui sont flexibles, mais la culture organisationnelle de l'entreprise exige leur respect et leur conformité dans leur application.

La société a une autonomie de gestion au niveau interne mais elle dépend d'une autorité hiérarchique externe à l'usine.

La SOCOCIM Industries est une entreprise privée. Elle est composée comme suit :

- une Direction Générale ;
- une Direction de l'Exploitation et de la Technologie ;
- une Direction des ressources humaines ;
- une Direction administrative et financière ;
- un service informatique ;
- un service administratif ;
- un service de fabrication et ensachage ;
- un service bâtiment ;
- un service de sécurité ;
- un service mécanique générale ;
- un service d'électricité ;
- un service commercial ;
- un service magasin ;
- un atelier de réparation moteur ;
- un atelier de mesure et de régulation ;
- un atelier térolab (soudure) ;
- un atelier manutention ;
- un atelier machine.

III°) Perspectives :

A ce jour, l'objectif de l'industrie est d'augmenter sa production pour mieux faire face à cette demande en ciment qui jusqu'à présent n'a atteint l'équilibre. C'est ainsi qu'ils ont comme perspectives de terminer les grands travaux de génie civil qui sont en cours afin de :

- Lancer le broyeur BK6 qui aura à amener la production de 8000 tonnes par jour à 10000 tonnes. Il permettra aussi de diminuer le goulot d'étranglement au niveau du secteur ciment.
- Mettre à feu le Four 5 ;
- Démarrer l'atelier d'ensachage 6 ;
- Mettre en service le Silo Clinker.

Conclusion :

Comme toutes les entreprises, la SO.CO.CIM Industries a connu des moments difficiles. Sa position et son expérience dans le secteur du ciment font qu'elle occupe la plus grande part du marché sénégalais. Son produit est très convoité par les pays de la sous-région. Avec la nouvelle ligne, BK6, la société ambitionnera d'équilibrer la balance de l'offre et de la demande.

Chapitre II : PRESENTATION DU DEPARTEMENT D'ENTRETIEN MECANIQUE

Introduction :

Comme dans toutes les grandes entreprises industrielles, le Département Entretien Mécanique est un département à part entière dans l'organigramme de l'entreprise. Il est chargé de tous les problèmes liés à la maintenance pour ne pas dire entretien vu le caractère évolutif du concept. Il a ainsi comme devoir d'assurer la disponibilité des équipements, leur maintenabilité et leur fiabilité pour la bonne marche de la production. Cependant cette fonction clé, la maintenance, connaît des insuffisances dans sa gestion au niveau de ce Département.

Ainsi, avant d'évoquer les principaux problèmes liés à la gestion de la maintenance dans ce secteur, nous allons d'abord présenter l'organigramme puis les généralités sur cette fonction importante de l'entreprise: la maintenance.

1°) Organigramme :

Il est divisé en sous services comme le montre l'organigramme suivant :

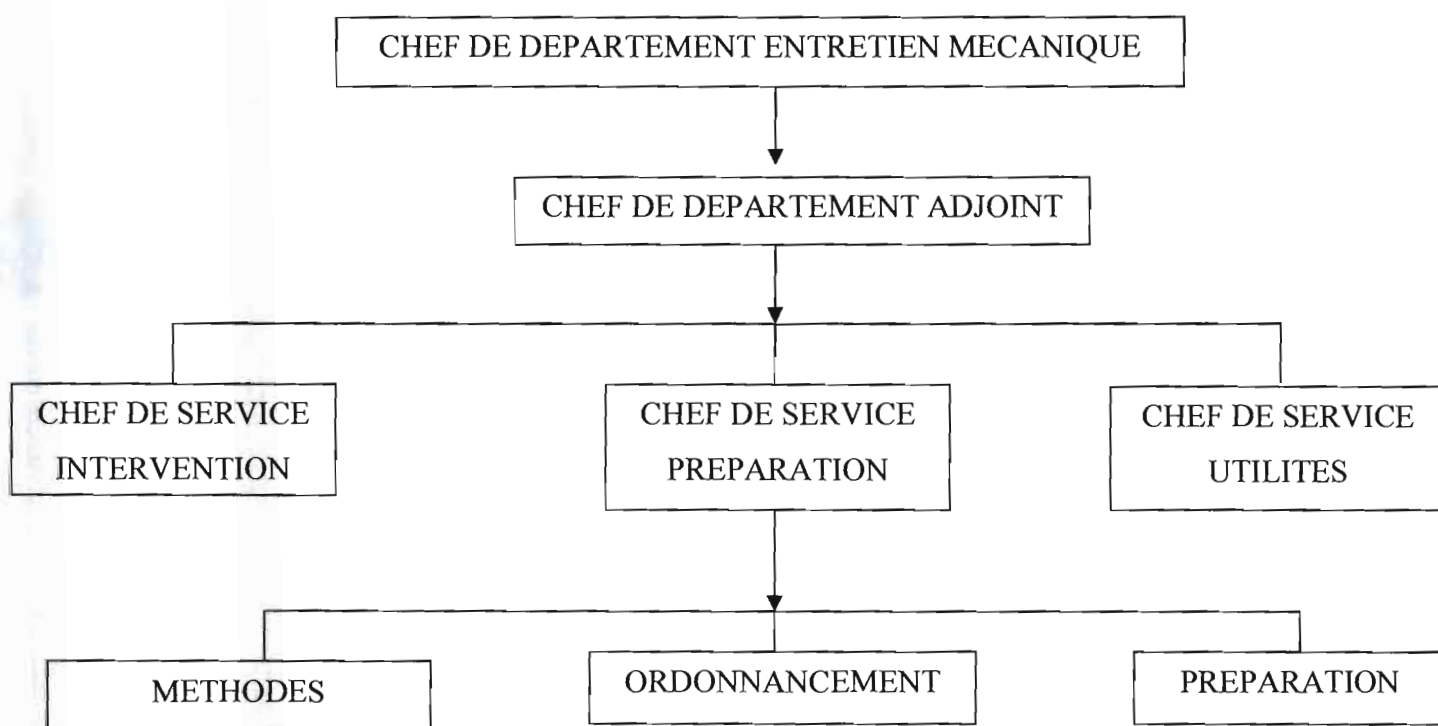


Figure II.1 : Organigramme du Département Entretien Mécanique

Description de l'organigramme:

A la tête du département nous avons un Chef de Département qui chapeaute tous les services du département d'entretien mécanique. Il coordonne toutes les activités, dresse la politique générale de chaque service.

Son adjoint assure l'intérim lorsque le Chef de Département est absent. Il gère entre autres tout ce qui est machines outils.

Le service Préparation a pour rôle de préparer les arrêts en affectant les ressources humaines qui s'imposent pour le type d'intervention, d'émettre tout ce qui est travaux et de les recevoir après exécution. Il est chargé du suivi des travaux et de leur bonne exécution dans les délais et dans les conditions les plus optimales. Il prévoit des arrêts en collaboration avec la production. Son rôle est aussi de dresser les méthodes à utiliser lors des interventions et l'ordonnancement c'est-à-dire l'agencement des actions à suivre (chemin critique, diagramme de Gantt) pour rentrer dans les délais. Il a comme autres missions d'assurer la disponibilité des équipements et des pièces de rechanges.

Le service d'Intervention comme son nom l'indique intervient lors des pannes et des arrêts. Il a pour rôle de remettre en marche l'équipement après une défaillance programmée ou redoutée. Il a en son sein le service d'Entretien qui est chargé d'entreprendre les premiers niveaux de maintenance c'est-à-dire les niveaux 2, 3 et 4. le premier niveau est réservé aux visiteurs et le cinquième au constructeur.

Enfin, le service d'Utilités qui gère tout ce qui est hydraulique, pneumatique, du graissage des équipements et de leur lubrification. Il est chargé aussi de la disponibilité de tout ce qui est pompe, filtre, vérins, compresseurs bref tout ce qui participe à la bonne marche des équipements.

II°) Généralités sur la maintenance :

II-1°) Historique et évolution de la maintenance :

Le terme « maintenance » a son origine dans le vocabulaire militaire, dans le sens « maintien des unités de combat, de l'effectif et du matériel à un niveau constant ».

Il est évident que les unités qui nous intéressent ici sont les unités de production, et le combat est avant tout économique.

L'AFNOR (NF X 60-010) définit la maintenance comme étant « l'ensemble des actions permettant de maintenir et de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ».

Cette définition AFNOR « oublie » l'aspect économique, lacune comblée dans le document d'introduction X 60-000 : « bien maintenir, c'est assurer ces opérations au coût global optimal ».

La première définition recouvre deux termes importants :

Rétablir : il consiste à ramener un système dans ses conditions de fonctionnement les plus optimales après un défaut.

Maintenir : il consiste à effectuer des opérations (dépannage, réparation, graissage, contrôle, etc.) qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la production avec efficacité et qualité. Maintenir c'est maîtriser le matériel.

Il faut noter que le mot maintenance a connu une évolution vers les années 50 aux U.S.A. En France on parlait à cette époque d'entretien. Progressivement, une attitude plus positive vis-à-vis de la défaillance voit le jour. Il faut tirer une leçon de l'apparition d'une panne pour mieux réagir face aux aléas de fonctionnement.

Le terme « maintenance » se substitue à celui « d'entretien » qui signifie alors « maintenance corrective ».

Entretenir, c'est dépanner, réparer pour assurer le fonctionnement de l'outil de production : entretenir c'est subir le matériel.

Comme le décrit la fig. II.2, au début nous avions des industries de type manufacturière ou le travail était presque manuel là, les ouvriers n'avaient pas une longueur d'avance sur les pannes ils attendaient que la panne survienne pour remettre en l'état l'équipement défaillant: il subissait les pannes donc faisait de l'entretien.

De nos jours, les systèmes de production sont plus complexes de par leur niveau d'automatisme. Les industriels ont développé des attitudes plus positives faces aux pannes. Ils tirent des éducations des défaillances pour essayer de les anticiper ou même de les supprimer : ils maîtrisent l'équipement donc pratiquent de la maintenance.

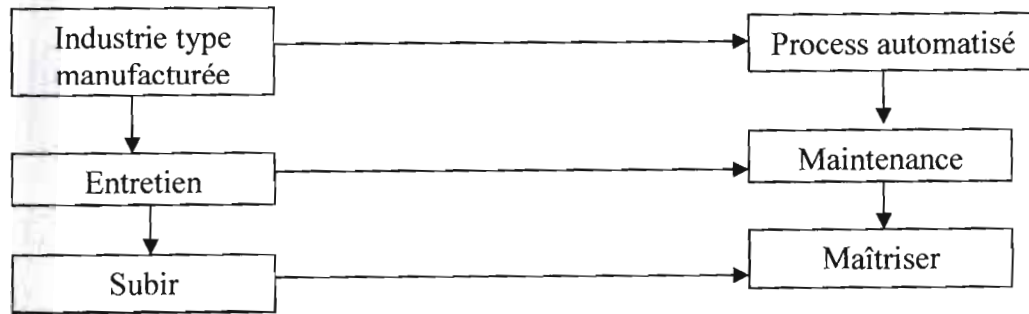


Figure II.2 : de l'Entretien à la Maintenance

Extrait de HENG, Jean « pratique de la maintenance préventive »

II-2°) Les différents types de maintenance :

Il existe deux types de maintenance : la maintenance préventive et la maintenance corrective.

Maintenance corrective ou curative :

Elle s'applique à l'équipement après une panne. Cela ne veut pas dire forcément qu'elle n'a pas été pensée. En effet, des méthodes de dépannage rapide peuvent être appliquées.

Maintenance préventive :

Elle vise à diminuer la probabilité de défaillance d'un système. Pour cela elle s'appuie sur la maintenance préventive systématique et la maintenance préventive conditionnelle.

II-2-1°) La maintenance préventive systématique :

II-2-1-1°) Visites systématiques :

Les visites sont effectuées selon un échéancier établi suivant le temps. A chaque visite, on détermine l'état de l'organe qui sera exprimé soit par une valeur de mesure (épaisseur, température, etc.), soit par une appréciation visuelle. Elles peuvent se faire à l'arrêt comme en marche.

II-2-1-2°) Remplacements systématiques :

Suivant un échéancier défini, on remplace systématiquement un organe, un composant ou un ensemble complet (il s'agit d'un échange standard).

II-2-2°) La maintenance conditionnelle :

D'après l'AFNOR, il s'agit de la « maintenance subordonnée à un type d'événement prédéterminé (autodiagnostic ; information d'un capteur, etc.). » Elle permet d'assurer le suivi

continu du matériel en service, et la décision d'intervention est prise lorsqu'il y'a une évidence expérimentale de défaut imminent ou d'un seuil de dégradation prédéterminé.

III°) La maintenance à la SO.CO.CIM :

Le service Préparation communément appelé Bureau Technique a pour rôle de préparer les arrêts, d'apporter d'éventuelles modifications sur la conception des équipements, gérer tout ce qui est demande et réception de travail. Le service a comme autre rôle d'assurer l'ordonnancement des activités lors des arrêts programmés. Il est chargé du suivi des travaux et de leurs bonnes exécutions. Il doit aussi assurer la disponibilité des équipements et des pièces stratégiques.

En outre, il y'a le service Utilités qui gère tout ce qui est hydraulique, pneumatique, lubrification et graissage.

III-1°) DIAGNOSTIC

Le diagnostic de la situation de la maintenance dans ce service portera sur l'énumération des forces et des faiblesses de cette fonction. Ainsi, nous procéderons à une étude critique de tout ce qui concourt à l'émergence de la gestion de la maintenance et de tout ce qui la freine.

III-1-1°) FORCES :

- Sur le plan Méthode :

L'inventaire des équipements, la réception des travaux, la collecte et la prise en compte des demandes de travail et l'établissement d'arrêts cycliques donnent apparemment satisfaction mais il n'y a pas d'indicateurs pour l'évaluer ;

Il faut aussi noter que des progrès sont entrain d'être faits au niveau de l'archivage et du classement de la documentation technique.

Des inventaires de stock sont fréquemment faits pour vérifier la disponibilité des pièces de rechange ;

Actuellement le Bureau Technique exige le retour d'information à chaque fin de travaux sur site pour un historique évolutif en vu de mettre à jour les supports d'ordonnancement, et de méthodes.

- Sur le plan Préparation :

L'évaluation des temps d'intervention, la détermination des moyens matériels et la prise en compte de la disponibilité des équipements ont connu des avancées depuis l'établissement du planning de maintenance de 2002.

La préparation des interventions et la distribution des travaux se fait en collaboration avec les chefs de secteurs pour cerner toutes les tâches et faire appel aux ressources humaines qu'il faut.

La supervision des travaux se fait avec un personnel expérimenté.

- Sur la gestion des stocks :

Le Département a assimilé le principe d'approvisionnement. Toutes les machines et leurs pièces stratégiques sont codifiées et informatisées. L'adaptation des méthodes de réapprovisionnement est satisfaisante mais il faut noter qu'il n'y a pas d'indicateurs pour son évaluation.

III-1-2°) FAIBLESSES

Il est apparu certes que, la gestion du parc machine présente des avancées considérables dans la mise en place d'une maintenance structurée et capable de faire face à tous les scénari. Toutefois, dans ces mêmes rubriques il existe des insuffisances qui peuvent du jour au lendemain déstabiliser le parc machine, les agents et les dirigeants.

- Sur le plan de la Méthode :

Le bureau Technique ne dispose pas des documents techniques de toutes les machines afin de déterminer les pièces stratégiques.

Le personnel de la maintenance toutes ses actions préventives sur une intuition expérimentale. Il en résulte qu'ils ne font pas de la maintenance proprement dite mais de l'entretien.

En effet, le Bureau Technique souffre de documentation technique. Il ne dispose pas de plan de maintenance conditionnelle. Les visiteurs ne disposent pas d'une planification des visites.

Il ne dispose non plus d'assez d'outils scientifiques pour évaluer la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité des équipements. L'utilisation de la M.T.B.F est restreinte à certains équipements.

Le Département n'a pas une politique de maintenance structurée et stabilisée.

- Sur le plan Préparation :

Les délais sont parfois non maîtrisés ce qui entraînent une indisponibilité de l'équipement.

Conclusion :

La maintenance n'est pas toujours le fait d'être à mesure de remettre en marche un équipement défaillant mais c'est maîtriser ces équipements au point de dresser leur planning de maintenance. Cette fonction doit être un moyen d'optimisation des arrêts et de réduction des pertes de production. Elle doit être basée sur des choix appuyés sur la rationalité et non l'intuition. Ainsi nous allons porter notre étude sur le secteur ciment.

En quoi l'A.M.D.E.C peut aider à la gestion de la maintenance ?

Suite à ces manquements constatés dans la gestion préventive des défaillances des équipements de l'entreprise, le Département Mécanique a opté pour une politique de maintenance rationnelle d'estimation de la situation des équipements de la société: A.M.D.E.C. Elle permet de définir le type de maintenance préventive à mettre en œuvre pour un équipement donné et ses pièces stratégiques à mettre en stock en se basant sur des éléments comme la fréquence d'apparition des défaillances et leur gravité. Cette politique lui permettra de diminuer les taux de pannes et de réparations. Les actions entreprises seront logiques et le volume du travail réduit.

Chapitre III : PRESENTATION DE LA METHODE A.M.D.E.C

Introduction :

Dans le souci d'améliorer la qualité et la fiabilité des produits des services et des systèmes, un outil puissant de la qualité, l'A.M.D.E.C (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et leur Criticité), a été mis au point.

En effet, il nous permet d'identifier, d'évaluer et de maîtriser les risques en mettant en œuvre des méthodes de prévention rigoureuses.

Ce chapitre aura donc à présenter les principes généraux de l'A.M.D.E.C en passant par son historique, sa méthodologie sans oublier ses avantages et ses inconvénients.

I°) Historique de l'A.M.D.E.C : [1]

L'A.M.D.E.C a été développée par l'armée américaine le 09 novembre 1949 sous la référence de MIL-P- 1629 « Procédures pour l'Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et leurs Criticités ».

En effet, cette méthode a été mise au point pour permettre à l'armée de mesurer la fiabilité d'un équipement ou d'un système. Les défauts étaient classés en fonction de leurs impacts sur le personnel et la réussite des missions.

En 1988, un groupe de travail dont un membre, CHRYSLER, a développé le QS9000, équivalent d'ISO 9000 dans l'industrie automobile, pour standardiser les systèmes qualité des fournisseurs.

Les fournisseurs doivent utiliser l'A.M.D.E.C, qui fait partie intégrante de la Planification de la Qualité du Procédé et dans le développement de leurs plans de contrôle.

En février 1993, l'Automotive Industry Action Group (AIAG) et l'American Society for Quality Control (ASQC) émettent les normes relatives à l'A.M.D.E.C. Ces normes consignées dans un manuel ont été approuvées et soutenues par trois constructeurs automobiles. Ce manuel fournit les principes généraux de préparation de l'A.M.D.E.C.

II°) La théorie de l'A.M.D.E.C : [2]

La méthode est basée sur une étude critique d'un système, d'un produit ou même d'un service. C'est une étude pluridisciplinaire devant regrouper des experts dans le domaine où l'étude se fait. Ainsi le choix et le nombre des membres de ce groupe de travail devront répondre à quelques critères. L'étude A.M.D.E.C comporte deux aspects :

Un aspect qualitatif et un aspect quantitatif :

L'aspect qualitatif :

C'est l'étape où les objectifs sont définis et où nous mettons en œuvre notre capacité d'analyse et d'anticipation sur des événements redoutés.

Cette partie se subdivise en quatre(04) étapes :

Première étape :

C'est là où la décomposition et l'analyse fonctionnelle de l'équipement est faite. Par décomposition fonctionnelle nous entendons la description externe et interne de l'équipement. Par analyse nous comprendrons la définition de la fonction des ensembles et sous-ensembles qui constituent l'objet étudié.

Ces deux étapes sont préparées et définies par l'animateur et le pilote du groupe.

L'animateur : c'est le garant de la méthode A.M.D.E.C. Il n'est pas forcément spécialiste du domaine, mais doit au moins être parfaitement familiarisé avec le vocabulaire de la profession. Son rôle est de dérouler la procédure de l'A.M.D.E.C, et d'animer le travail de groupe ;

Le pilote : c'est le garant de l'analyse. Spécialiste du domaine, il connaît parfaitement le sujet traité. Il est capable de mettre les notes d'évaluation et de trancher les conflits.

Les étapes suivantes devront se faire avec l'appui de quelques acteurs concernés par la maintenance de l'équipement. L'A.M.D.E.C est avant tout fondée sur un groupe de travail.

Les outils de ce groupe de travail seront :

- L'expérience dans ce domaine des participants ;
- La décomposition du système ;
- Les critères de décision pour prescrire des recommandations ;
- L'utilisation d'une procédure.

Deuxième étape :

Dans cette étape, nous procéderons au recensement des différents modes de défaillances du système. Par modes de défaillances nous attendront la façon par laquelle un système peut échouer dans l'accomplissement de sa fonction de base. Elle consiste à se poser la question « **Que peut-il arriver à notre système ?** »

Troisième étape :

Elle consiste à rechercher les causes c'est-à-dire les anomalies susceptibles de conduire à un mode de défaillance. Elle revient à se demander : « **Pourquoi cette défaillance est-elle arrivée?** » Plusieurs outils sont utilisés pour déterminer l'ensemble des causes d'une défaillance. La méthode utilisée dans ce rapport est celle des 5M ou d'ISHIKAWA ou d'ARETES DE POISSON [3]:

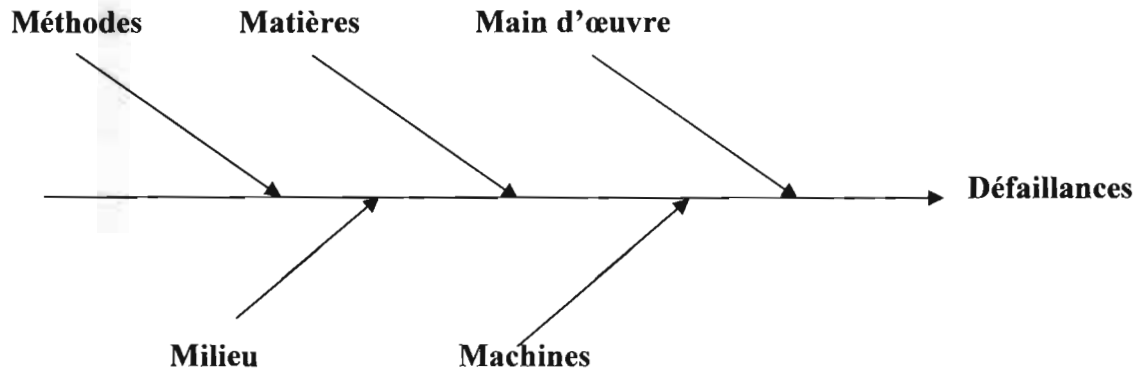


Figure III.1 : diagramme d'Ishikawa

- **Milieu :**
Quel est l'impact de l'environnement dans l'apparition de la défaillance ;
- **Méthodes :**
Les méthodes parfois prescrites par le constructeur sont-elles suivies lors des interventions ?
- **Machine :**
Le moyen d'intervention est-elle en adéquation avec la prescription du fournisseur ;
- **Main d'œuvre :**
Les ressources humaines ont-elles les qualifications requises pour entretenir, suivre l'équipement ;
- **Matières :**
Elle consiste à se demander si le matériau utilisé répond à l'exigence des sollicitations.

Quatrième étape :

Elle permet d'indiquer les effets de ces défaillances c'est-à-dire les conséquences de cette défaillance sur le système. Nous nous poserons la question « **Quelles peuvent être les conséquences de cette défaillance ?** » Elles se déduisent des causes.

L'aspect quantitatif :

Dans cette partie, nous chercherons à quantifier l'impact de ces défaillances sur le système ou sur un sous-système. Elle peut être décomposée en deux étapes. Pour cela, un certain nombre de critères d'analyse ont été définis à savoir :

La fréquence ou l'occurrence :

Elle donne la périodicité de l'apparition de la défaillance notée F ou O c'est-à-dire « **Combien de fois la défaillance se manifeste t-elle ?** » Cette donnée devrait être fournie par l'historique des interventions sur l'équipement.

La gravité : c'est l'impact que cette défaillance a sur la production, la satisfaction du client etc. Elle se note G. C'est à ce stade que nous nous demanderons en fonction de l'étude et du type d'A.M.D.E.C : « **la qualité est-elle bonne ?, Quelle est la production perdue ?, Quelle est la durée de l'intervention?, Quels sont les coûts directs et indirects engendrés par cette défaillance ?** »

La détection : c'est la capacité de déceler la défaillance notée D. La question que nous nous poserons sera « **Quelle est la protection mise en place pour détecter la défaillance ?** ».

C'est ainsi qu'une grille de cotation est nécessaire pour apprécier la valeur de chacun de ces critères d'analyse. Les critères sont souvent cotés de 1 à 10 mais jamais au-delà de 10. Le choix de la cote max dépend du niveau de détails que le groupe et de surcroît le décideur s'est fixé.

Tableau III.1 : exemple de grille de cotation

NIVEAU OU COTATION	1	2	3	4
FREQUENCE	Très faible taux d'apparition moins d'une défaillance par an	Faible taux d'apparition $3\text{mois} \leq f \leq 6\text{mois}$	Taux d'apparition moyen $1\text{semaine} \leq f \leq 3\text{mois}$	Taux d'apparition régulier Plusieurs défaillances par semaine
GRAVITE	Durée d'intervention $D \leq 10\text{mn}$	Durée d'intervention $10\text{mn} \leq D \leq 30\text{mn}$	Durée d'intervention $30\text{mn} \leq D \leq 45\text{mn}$	Durée d'intervention $D > 45\text{mn}$
DETECTION	Visuelle à coup sûr	Visuelle après action de l'opérateur	Difficilement décelable	Détection impossible

Il faut noter que la grille est à contextualiser en fonction du type d'entreprise et des objectifs que nous nous sommes fixés.

Après avoir coté ces différents critères nous passerons au calcul de la Criticité notée(C) appelée aussi Sévérité (S) ou Indice de Priorités Risques (IPR) ou Niveau Priorités Risques(NPR). Elle est donnée par la relation:

$$C = F^{\alpha} * G^{\beta} * D^{\gamma}$$

Où α , β , γ sont des coefficients à choisir avec le plus grand soin. Leurs choix demandent une bonne maîtrise des équipements c'est-à-dire disposer d'une bonne historique des interventions effectuées sur l'équipement et des objectifs que nous voulons atteindre car l'exagération de l'un par rapport à l'autre a des impacts considérables sur la sévérité et les solutions qui seront mises en place.

Une fois que la sévérité est calculée nous passons à l'hierarchisation de ces criticités.

La toute dernière étape consistera à mettre ces résultats sous forme de tableau de synthèse où nous les récapitulerons tous pour une meilleure exploitation de l'analyse.

Au delà d'un certain seuil, souvent 25% (par défaut) de la criticité maximum possible, des actions correctives sont adoptées avant de dégager la ou les actions préventives qui s'imposent. Pour les valeurs situées en deçà de ce seuil, nous énoncerons les actions de prévention nécessaire pour augmenter la disponibilité des équipements.

Lors de l'analyse, il sera tenu compte de la composition de la criticité. Nous ne nous focaliserons pas sur la valeur globale de la sévérité mais une analyse critique sera faite sur chaque critère de cotation.

Avantages :

L'A.M.D.E.C présente plusieurs avantages :

- Elle est utilisable dans beaucoup de secteurs ;
- Elle permet une bonne maîtrise des risques car permettant de mener des actions préventives ;
- Elle permet aussi de mettre en commun les expériences des uns et des autres pour sortir les solutions les meilleures.

Inconvénients :

Bien que puissante dans l'analyse de la qualité d'un système, elle présente quelques inconvénients :

- Coûts souvent élevés en début d'application ;
- Ne permet pas parfois de prendre en compte la combinaison de plusieurs défaillances ;
- Parfois difficile à animer car regroupant des responsables de secteurs qui ont souvent du mal à respecter les séances de travail ;
- Nécessité d'un brainstorming.

II-1°) les types d'A.M.D.E.C :

Il existe cinq (05) types d'A.M.D.E.C :

A.M.D.E.C produit : elle permet d'étudier en détail la phase de conception d'un produit ou d'un projet.

A.M.D.E.C processus :

Elle permet l'analyse des opérations de production pour améliorer la qualité de fabrication du produit.

A.M.D.E.C système ou moyen de production :

C'est une étude permettant d'analyser la conception et/ou l'exploitation des équipements de production pour améliorer leur maintenabilité, leur fiabilité et leur disponibilité et parfois même leur sécurité.

A.M.D.E.C sécurité :

Elle a pour objectifs d'analyser les défaillances et les risques prévisionnels sur un équipement afin d'améliorer sa sécurité et sa fiabilité.

A.M.D.E.C service ou organisation :

C'est une étude qui s'applique aux différents niveaux de processus principaux de l'entreprise : du premier niveau qui englobe les processus de gestion, d'information, de production, de gestion du personnel et le processus marketing jusqu'au dernier niveau.

Il faut noter que la procédure décrite au II°) est identique à tous les types d'A.M.D.E.C. La seule différence pourrait se situer sur les objectifs et la composition du groupe. Par exemple dans une A.M.D.E.C produit le groupe peut être composé :

- D'un Technicien de Qualité comme animateur ;
- D'un Concepteur comme pilote ;
- D'un membre du Service d'Après-vente comme représentant du futur client;
- D'un membre du Service Industrialisation comme le client aval.

Alors que dans l'A.M.D.E.C process on peut avoir cette composition suivante :

- Un Technicien qualité comme animateur ;
- Un technicien méthode comme pilote ;
- Un concepteur comme représentant du client final ;
- Un membre de la fabrication comme client aval.

Conclusion :

Bien que simple, la méthode A.M.D.E.C s'accompagne d'une lourdeur et la réalisation exige un travail souvent important et fastidieux. Cependant, l'A.M.D.E.C fournit une autre vision du système, des supports de réflexion, de décision, d'amélioration et d'anticipation sur les défaillances intempestives.

Chapitre IV : APPLICATIONS

I°) Présentation du secteur :

L'objet de notre étude trouve son centre d'intérêt au secteur ciment de ladite société. Comme son nom l'indique c'est dans cet atelier que le ciment est produit avant d'être acheminé à l'atelier d'ensachage et de stockage. Il peut être décomposé en trois parties :

L'alimentation :

C'est tout ce qui se trouve en amont des broyeurs. Cette partie est constituée de transporteurs à bandes, d'extracteurs métalliques, de doseurs, de transporteurs à chaînes, de transporteurs à vis et d'élévateurs.

Le broyage :

C'est là où le mélange Clinker, Ajout et Gypse est écrasé pour donner du ciment fini. Comme l'atelier précédent il est constitué d'équipements tels que des broyeurs à boulets. L'atelier en dispose quatre. Nous y trouvons aussi des équipements comme des élévateurs, des séparateurs dynamiques et statiques, des aéros retour gruaux.

L'évacuation :

Le produit fini est acheminé vers les silos par des aéroglissières, des élévateurs et des pompes.

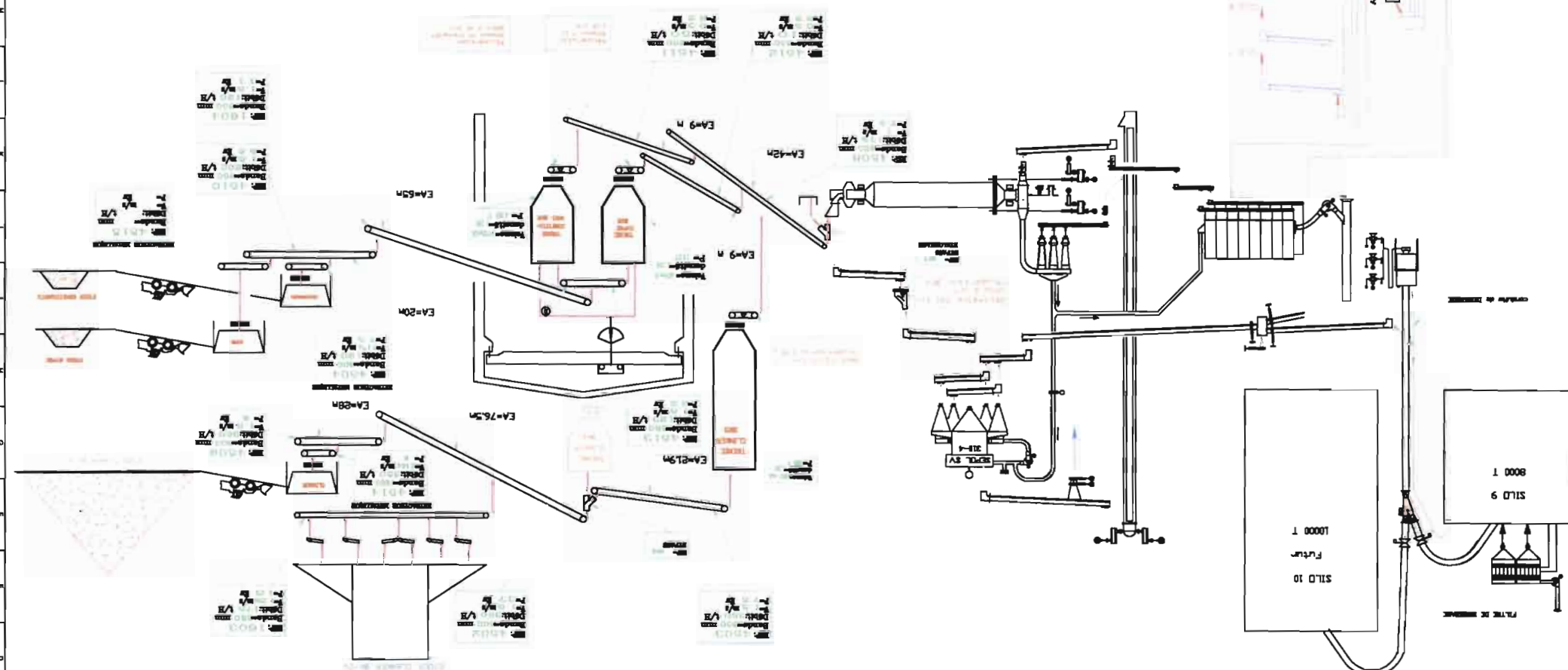
Le secteur est constitué de quatre lignes mais l'application ne portera que sur la ligne du BK5. Chaque ligne est constituée de ces trois éléments cités ci-dessus.

I-1°) Description du circuit : (voir flow sheet p.20)

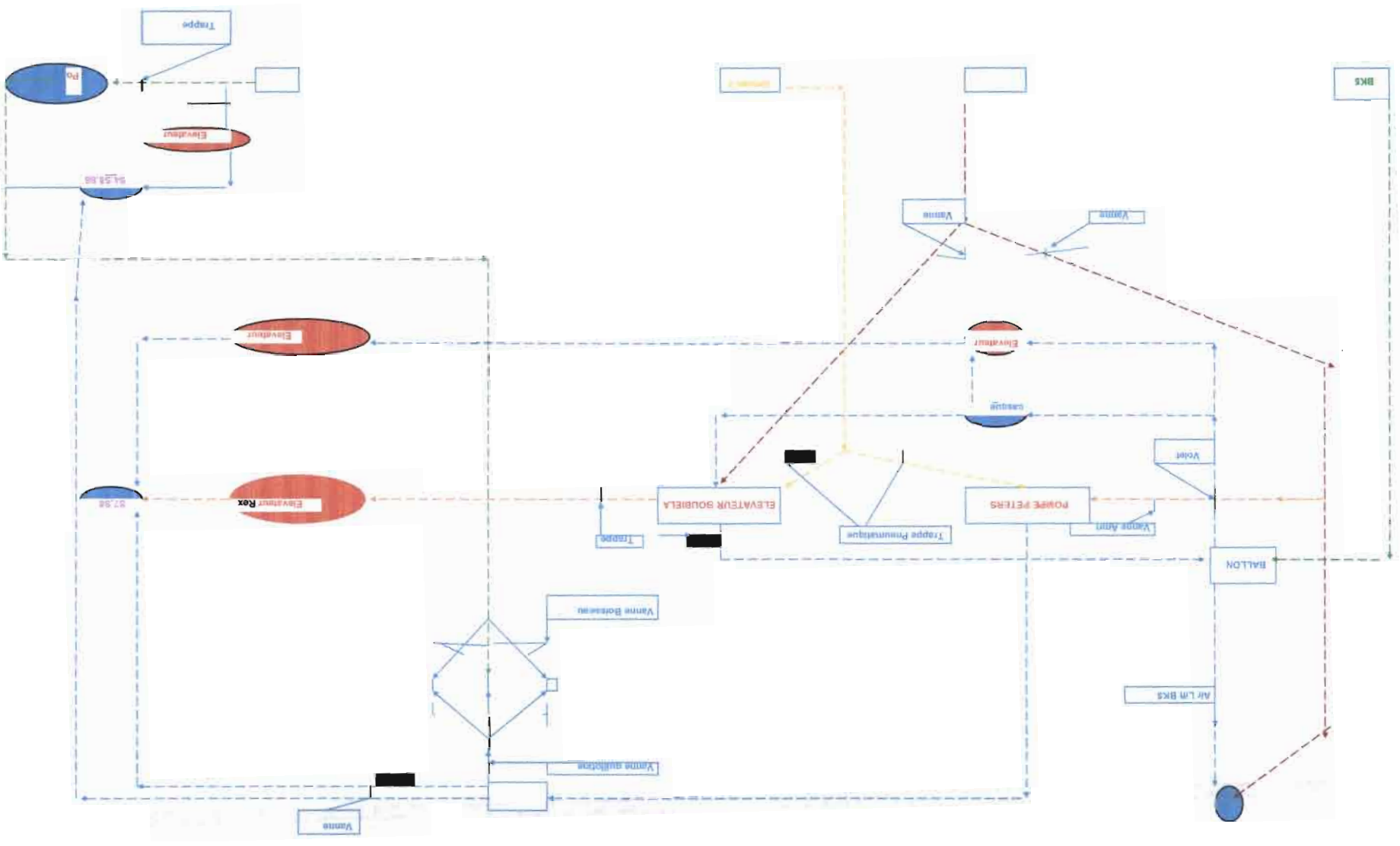
Une fois que le Clinker sort du four, il est stocké au niveau du silo Clinker ou déversé vers le stockage Clinker de BK4. Le circuit peut être alimenté soit par le silo via le transporteur à bande 125N ou par l'extracteur Clinker qui alimente à son tour la bande 131N. Ces deux circuits sont by-passables. Le Clinker issu de ces deux circuits passe obligatoirement par le transporteur à bande 127N qui alimente la trémie BK4 et la bande 129N qui alimente à son tour la trémie BK5. Une fois la trémie alimentée le Clinker passe par un doseur dit de Clinker avant de rejoindre la bande commune 148N. Cette bande reçoit aussi le Gypse et l'Ajout via le doseur Gypse et celui de L'Ajout. Les trémies Gypse et Ajout sont alimentées par le pont 6T2.

L'alimentation du broyeur BK5 se fait avec la bande commune. Après broyage, le produit semi-fini passe par les Séparateurs Statique et Dynamique grâce à l'élévateur 315N. Le produit fini est transporté vers les silos stockage produits finis par des élévateurs, des pompes et des aéros produits finis (voir alimentation des silos p.21). Les produits semi-finis

appelés gruaux sont transportés par des aéros retour gruaux. Ces gruaux sont retournés vers le broyeur pour un nouveau broyage.



CIRCUIT ALIMENTATION DES SILOS



II°) Applications :

Avant de procéder à l'étude proprement dite nous allons définir la grille de cotation et la formule finale de la sévérité.

Tableau de cotation:

* La valeur des coefficients est fixée au maximum égale à 4 pour limiter le niveau de détails et pour faciliter la manipulation des chiffres.

Tableau IV.1 : grille de cotation

Niveau ou cotation	1	2	3	4
Fréquence (F)	Très faible taux d'apparition (moins d'une défaillance par an)	Faible taux d'apparition (6 < f < 12 mois)	Taux d'apparition moyen (3 < f < 6 mois)	Taux d'apparition régulier (f < 3 mois)
Détection (D)	Détection à coup sûr	détection après action de l'opérateur	Difficilement décelable	Détection impossible
Gravité (G)	Perte de production : (Pas de perte) Coef= 60%	Perte de production (Arrêt BK4)	Perte de production (Arrêt BK5)	Perte de production Arrêt des broyeurs
	Coût de l'indisponibilité C < 5 millions Coef= 40%	Coût de l'indisponibilité 5 < C < 10 millions	Coût de l'indisponibilité 10 < C < 20 millions	Coût de l'indisponibilité C > 20 millions

Remarque : la gravité est mesurée suivant deux aspects : l'impact sur la production qui est pondéré à 60% et les coûts directs et indirects engendrés par la défaillance qui représentent 40% de la gravité. C'est ainsi on a :

$$G = 0.6 * Pp + 0.4 * Co$$

Pp : perte de production

Co : cout de l'indisponibilité

Calcul de la Criticité :

$$C = F * (0.6 * Pp + 0.4 * Co) * D$$

Soit $\alpha = \beta = \gamma = 1$

Cette valeur ne doit pas dépasser les 25 % de la valeur maximale qui est de 64 soit 16. Ce pourcentage est fixé par défaut. Au delà de cette valeur des actions correctives doivent être entreprises avant la détermination du type de maintenance préventive.

Raisons :

Vu l'ensemble des problèmes liés à la maintenance, surestimer un critère en faveur d'un autre pourrait influencer fortement l'étude et mener à des résultats erronés. Il faut aussi noter que les équipements sont divers dans leurs rôles et dans leur importance dans la chaîne de production. C'est pourquoi fixer au hasard des coefficients s'avérerait très prétentieux et risqué pour l'étude. Nous considérerons donc que tous les critères ont le même degré d'importance.

Nous allons commencer par l'étude détaillée de l'extracteur Clinker.

II-1°) L'extracteur Clinker BK5 :

Il est au début de la chaîne de production. Il reçoit en premier le Clinker issu du silo de stockage ou des camions. Il alimente ensuite les transporteurs à bande.



Photo IV.1 : extracteur Clinker

Comme il a été décrit dans la théorie nous allons procéder à la décomposition fonctionnelle externe de l'extracteur. Il consiste à décomposer le système en ces différentes parties. Ces mêmes étapes seront suivies pour les autres équipements étudiés dans ce rapport.

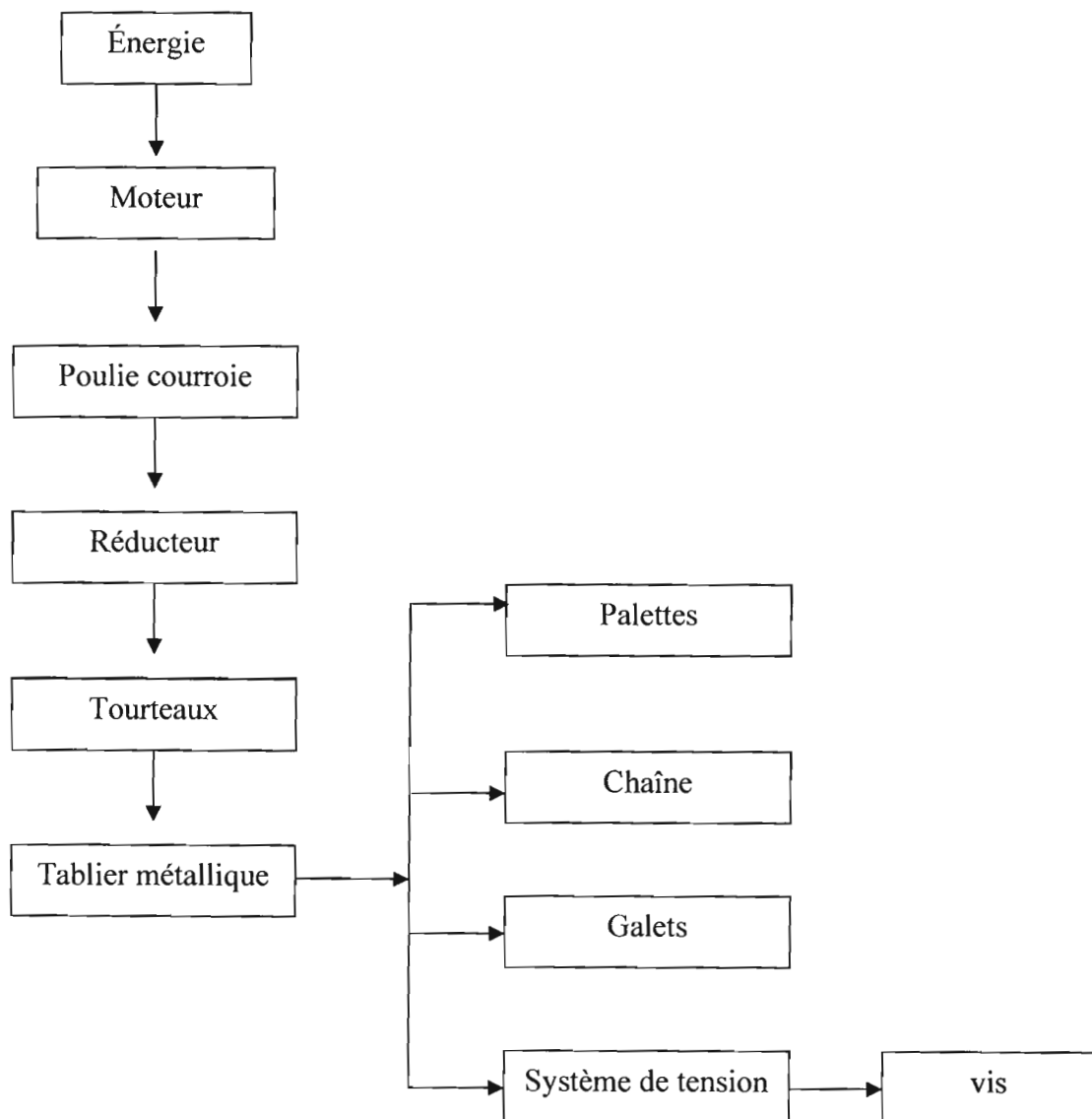


Figure IV.1 : décomposition fonctionnelle de l'extracteur Clinker

Après la décomposition fonctionnelle de l'équipement nous allons procéder à l'analyse et à la cotation des défaillances au niveau de chaque sous-ensemble. Les défaillances sont cotées suivant les valeurs des critères définis dans la grille de cotation.

Nous présenterons en intégralité l'étude de l'extracteur Clinker. La description de cette méthode passe par l'étude du tableau A.M.D.E.C, présenté ci-après.

Les autres tableaux d'analyse et de cotation seront présentés au niveau des annexes. Dans la suite de l'étude, seuls les tableaux de synthèse seront consignés dans le corps du texte.

Ensemble : extracteur clinker BK5

Sous ensemble : poulie courroie

Tableau IV.2 : analyse et cotation du système poulie-courroie de l'extracteur Clinker

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
poulie	Transmettre la puissance	Usure gorge	Glissement ; échauffement	frottement	visuel	1	1	1	2	2
		Cassure flanc	Déséquilibre du système	Choc ; Corps étrangers	visuel	1	1	1	2	2
		Etat de la liaison poulie-arbre	Pas de transmission ; Usure alésage	rainure usée ; clavette délogée ou matée ; mauvais emmanchement	visuel	1	1	1	2	2
courroies	Transmettre la puissance aux poulies	Coupure	Pas de transmission	Surcharge ; tension anormale ; désalignement ; craquelure fatigue	visuel	1	1	1	2	2
		Tension anormale	puissance transmise réduite	Dilatation ; Système de tension défectueux	visuel	1	1	1	2	2
		Courroie manquante	Surcharge des autres courroies	Désalignement ; Allongement courroie	visuel	1	1	1	2	2

Ensemble : extracteur clinker BK5

Sous ensemble : réducteur

Tableau IV.3 : analyse et cotation du réducteur de l'extracteur Clinker

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
dentures	Transmettre le couple par engrenement	Usure/Cassure	Bruits ; Transmission difficile	Mauvaise lubrification ; Usure roulements ; fatigue		1	1	1	4	4
roulements	Guider l'arbre moteur et récepteur en mouvement	Usure/Cassure	Bruits ; Blocage arbre	Mauvaise lubrification des roulements ; Joints défectueux ; Tension courroie excessive ; fatigue		1	1	1	3	3

Ensemble : extracteur clinker BK5

Sous ensemble : tourteaux

Tableau IV.4: analyse et cotation des tourteaux de l'extracteur Clinker

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
Tourteaux de commande	Recevoir le mouvement d'entrée, entraîner la chaîne	Usure des secteurs (dentures)	Transmission par saccade ; Usure galets	Frottement important	visuel	1	1	1	2	2
		secteurs desserrés	Transmission par à-coup ; Pas de transmission	Desserrage boulons ; Rupture boulons	visuel	1	1	1	2	2
Paliers roulement	Guider l'arbre en rotation	Usure/Cassure	Arbre bloqué ; Bruit de roulement ; Excès de température	Manque d'étanchéité ; Mauvais graissage ; Jeu résiduel ; fatigue		1	1	1	3	3
arbre	Transmettre le mouvement	Cassure	Pas de transmission	Flexion ; fatigue	visuel	1	1	1	2	2
Tourteaux de renvoi	Faciliter l'entraînement de la chaîne	Usure jante	Présence de méplats	Abrasivité matière ; frottement	visuel	1	1	1	2	2
Paliers roulement	Guider en rotation l'arbre	Usure/cassure	Arbre bloqué ; Bruit de roulement ; Excès de température	Manque d'étanchéité ; Mauvais graissage ; fatigue		1	1	1	3	3
arbre	Transmettre le couple moteur au tourteau	Cassure	Pas de transmission	Flexion ; fatigue	visuel	1	1	1	2	2

Ensemble : extracteur clinker BK5

Sous ensemble : tablier métallique

Tableau IV.5 : analyse et cotation du tablier métallique de l'extracteur

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
chaîne	Supporter les palettes	Chaîne détendue	Frottement avec secteur ; Déport de chaîne	Système de tension défectueux ; Allongement chaîne	visuel	1	1	1	2	2
		Usure axe	Mauvais engrènement	Infiltration matière entre axe et maillon	visuel	1	1	1	2	2
palettes	Lier les deux parties de la chaîne, Contenir et transporter le Clinker	Palettes manquantes	Déversement de matière	Boulons desserrés	visuel	1	1	1	2	2
		Palettes déformées	Coincement déversement de matière	Présence corps étrangers ; choc	visuel	1	1	1	2	2
Galets de roulement	Guider la chaîne	blocage	Usure palettes ; Usure jante	Roulements défectueux	visuel	1	1	1	2	2

Ensemble : extracteur Clinker
Sous ensemble : système de tension

Tableau IV.6 : analyse et cotation du système de tension de l'extracteur Clinker

élément	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
vis	Régler la tension	Filetage usé	Chaîne détendue	Colmatage filets	visuel	1	1	1	2	2
		Ecrou desserré	Chaîne détendue	Usure filetage ; Serrage insuffisant ; vibrations	visuel	1	1	1	2	2

Une fois cette étape terminée nous passons à l'hiérarchisation des criticités afin de tenter de donner les actions correctives s'ils s'avèrent nécessaires et les actions préventives qui s'imposent.

Tableau IV.7: synthèse et actions à entreprendre sur l'extracteur Clinker

éléments (défauts)	criticité	interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	actions préventives	Gestion des stocks
Réducteur (usure/cassure des dentures) tableau IV.3	4	Faible fréquence d'apparition ; Perte de production négligeable ; Coût faible ; Détection très difficile. Causes probables : Mauvaise étanchéité ; Mauvaise lubrification.	Y a-t'il une bonne étanchéité ? La qualité de l'huile est-elle garantie ? La quantité d'huile est-elle suffisante ?		S'assurer de la qualité de l'huile : contamination, perte caractéristiques lubrifiantes, Vérification du niveau d'huile dans le carter Eviter toutes pénétrations d'impuretés lors du remplissage du carter ; Refermer le carter systématiquement avec un bouchon étanche ; <u>Visites périodiques du réducteur :</u> Température huile réducteur ; Bruits anormaux ; Détection de fuite ; <u>Maintenance systématique :</u> Dépose du réducteur ; Vérification dentures ; Mesure systématique des jeux résiduels de roulements et changement éventuel ; Changement systématique des joints.	Disposer d'un réducteur de rechange au minimum et les pièces de rechange (joints, roulements)
Réducteur (usure/cassure roulement) tableau IV.3	3	Faible fréquence d'usure ; Perte de production négligeable ; Détection pas simple ; Coût faible Causes probables : Mauvaise lubrification ; Mauvaise étanchéité ; Mauvais montage ;	Y a-t-il une bonne étanchéité ? La lubrification est-elle correcte ? Le montage des roulements est-il correct ?		Respecter les jeux de montage, les ajustements ; Veiller à l'étanchéité des paliers ; Eviter d'endommager les roulements lors du montage ; S'assurer du bon sens de montage du roulement ;	

éléments (défauts)	criticité	interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	actions préventives	Gestion des stocks
Tourteaux de commande et de renvoi (usure jante/usure secteur) tableau IV.4	2	Faible fréquence d'usure ; Perte de production négligeable ; Détection pas simple ; Coût faible Causes probables : Frottements importants ; Présence de matières	Y'a-t-il de la matière aux alentours des tambours ? Le nettoyage se fait-il correctement ? Le guidage en rotation se fait-il correctement ?		Bien nettoyer les alentours des tambours ; Vérification périodique du serrage des secteurs dentés ; S'assurer de l'étanchéité du palier et de son graissage ; <u>Visite périodique paliers</u> : Echauffement ; Bruits anormaux ; Fuite ; <u>Visite périodique des tourteaux</u> : Veiller à la fixation des secteurs ; Vérifier l'état des jantes du tourteau de renvoi ; Suivre l'évolution de l'usure des secteurs pour une maintenance systématique ; Vérifier l'engrènement entre secteurs dentés et chaîne ; Vérifier l'état des bavettes <u>Maintenance systématique</u> : Vérifier état et jeu des roulements ; Remplacement éventuel.	Disposer au minimum d'un jeu de secteur pour la commande
Chaîne (axes...) tableau IV.5	2	Faible fréquence d'usure ; Perte de production négligeable ; Détection facile ; Coût faible Causes probables : Système de tension défectueux Mauvaise fixation	Le centrage est-il correct ? Le système de tension est-il en bon état ?		Bien centrer la chaîne ; Bien tendre la chaîne ; <u>Visite chaîne</u> : Vérifier périodiquement l'état des axes et maillons chaîne ; Vérifier engrènement entre secteur et chaîne ; Nettoyer périodiquement les alentours du système de tension	Avoir en stock les pièces stratégiques. (voir fiches machines)

éléments (défauts)	criticité	interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	actions préventives	Gestion des stocks
Palettes (déformations, absence) tableau IV.5	2	Faible fréquence d'usure ; Perte de production négligeable ; Détection facile ; Coût négligeable Causes probables : Boulons desserrés ; Présence de corps étrangers, choc	Y' a t-il présence de corps étrangers ? Les boulons sont-ils bien serrés ?		Nettoyer fréquemment les alentours des tourteaux <u>Visite palettes :</u> Vérifier périodiquement l'état des palettes ; Vérifier la fixation des palettes. <u>Maintenance systématique :</u> Remplacement systématique des palettes défectueuses (usure des flancs, déformations).	Avoir en stock des palettes de rechange
Galets de roulement (blocage, usure jante) tableau IV.5	2	Faible fréquence d'usure ; Perte de production négligeable ; Détection facile ; Coût négligeable Causes probables : Roulements défectueux	Les galets tournent-ils correctement ?		Enlever la matière autour des galets ; <u>Visite périodique galets :</u> Vérifier l'état et la rotation des galets ; Etat de la jante ;	Avoir en stock des galets de rechange.

II-2°) Transporteur à bande 127N :

Les transporteurs à bande représentent presque 90% du moyen de transport dans l'entreprise. Ils mesurent des milliers de mètres. Nous ne présenterons que le transporteur à bande 127N. Ce transporteur a pour rôle d'acheminer le Clinker venant du transporteur à bande 125 ou du silo stockage vers les trémies. Il alimente directement la trémie BK4 et la trémie BK5 via le transporteur à bande 129. Pour appliquer l'étude A.M.D.E.C à cet équipement nous procéderons à sa décomposition fonctionnelle, ensuite nous procéderons à une phase d'analyse, puis de cotation et nous terminerons par un tableau de synthèse où nous récapitulerons toutes les solutions retenues pour améliorer la productivité et la maintenabilité de l'équipement.



Photo IV.2 : transporteur à bande 127N

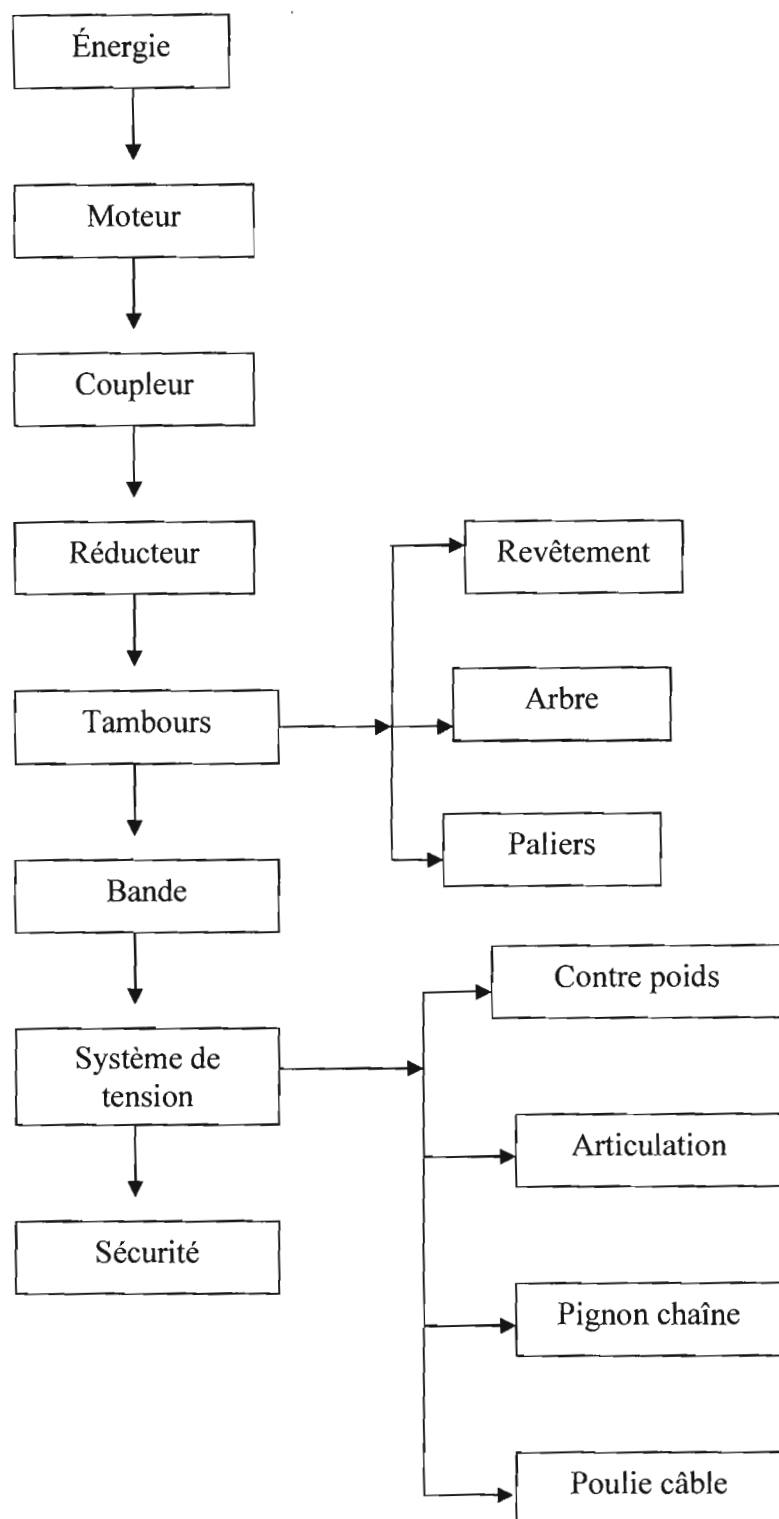


Figure IV. 2 : décomposition fonctionnelle du transporteur à bande 127N

Tableau IV.8 : synthèse et actions à entreprendre sur le transporteur à bande

éléments (défauts)	criticité	interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	Actions préventives	Gestion des stocks
Bande (Usure/Rupture) Annexe A Tableau IV.20	16	Fréquence rupture bande élevée ; Pas de moyens de détection de la rupture ; Perte totale de la production ; Coût bande moyennement élevé. Causes probables : l'état des rouleaux ; l'état du revêtement des tambours; le système de tension ; un déport excessif ; le collage ou l'agrafage ;	Les produits utilisés sont ils en adéquation avec la bande (colle, agrafe) ? La qualité du produit est elle garantie ? La méthodologie de collage et d'agrafage est-elle suivie comme l'a prescrite le fournisseur? Tous les rouleaux sont-ils en place ? sont-ils en bon état ? sont-ils bien montés ? Y'a-t-il présence de matières qui bloque les rouleaux ? Y'a-t-il déversement de matière aux alentours de la bande? Le revêtement des tambours est- il usé ? Les bavettes racleurs sont-elles en place ? Le système de tension fonctionne t-il ? Les capteurs de déport fonctionnent t-ils ?	Veiller à mettre systématiquement une bande à chaud. Chercher des agrafes SUPERSCREW à chaud. Ne pas utiliser toute colle dont la qualité est suspçonnable (date de péremption dépassée). Pratiquer le collage au lieu d'agrafer. Mettre en place un système de détection de déport s'il y'en n'existe pas : capteur de déport. Mettre en place des rouleaux adéquats.	Nettoyer périodiquement les alentours de la bande et des rouleaux. Mettre en place les racleurs et veiller à leur bon montage. <u>visite périodique :</u> Etat de la bande (centrage, jonctionnement, gomme) Etat des rouleaux ; Etat des tambours et leurs revêtements ; Vérifier le système de tension ; Vérifier périodiquement que tous les capteurs fonctionnent ; <u>Maintenance systématique :</u> Remplacer systématiquement les rouleaux défectueux ; Remplacer les revêtements de tambours usés;	Garder un stock de bandes à chaud. Garder un stock de rouleaux. Mettre en place une politique de stockage des produits périssables. Stock de bavettes

éléments (défauts)	criticité	Interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	actions préventives	Gestion des stocks
Bande (Brûlure/déchirure et présence de trous sur la bande) Annexe A Tableau IV.20	16	Fréquence élevée ; Pas moyens de détection ; Perte de matières ; Coût moyennement élevé. Causes probables : Température Clinker trop élevée ; Corps étrangers (métalliques) ;	Est-il possible de surveiller la température du Clinker sur la bande ? Est-il possible d'enlever les éléments métalliques ?	Mettre en place une sonde de température en amont de la bande. Mettre un déferrailleur en amont de la bande pour capter tous les corps métalliques	Surveiller cette température à la salle de contrôle ; Vérifier l'état de la bande ; Vérifier le fonctionnement du déferrailleur	
Réducteur (Usure et cassure des dentures) Annexe A Tableau IV.16	12.8	Détection des prémices impossible ; Perte de production totale ; Coût relativement faible ; Fréquence très faible Causes probables : Mauvaise lubrification Mauvaise étanchéité	Y a- t'il une bonne étanchéité ? La qualité de l'huile est-elle garantie ? La quantité d'huile est-elle suffisante ?		S'assurer de la qualité de l'huile : contamination, pertes caractéristiques lubrifiantes, Vérification du niveau d'huile dans le carter Eviter toutes pénétrations d'impuretés lors du remplissage du carter ; Refermer le carter systématiquement avec un bouchon étanche ; <u>Visite périodique du</u> <u>réducteur</u> : Température huile réducteur ; Bruits anormaux ; Détection de fuite ;	Disposer d'un réducteur de rechange au minimum et les pièces de rechange (joints, roulements)

éléments (défauts)	criticité	interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	actions préventives	Gestion des stocks
					<u>Maintenance systématique</u> : Dépose du réducteur ; Vérification dentures ; Mesure systématique des jeux résiduels de roulements et changement éventuel ; Changement systématique des joints.	
Arbre (Usure des portées cassure) Annexe A Tableau IV.17	11.2	Détection problématique ; Arrêt production ; Fréquence très rare ; Coût faible Les causes possibles : un mauvais graissage, une mauvaise visite systématique mauvaise étanchéité	Le graissage est-t-il fait et respecté correctement ? Les paliers sont-ils bien entretenus ?		Assurer un bon montage en respectant les jeux <u>Visite périodique paliers</u> : Echauffement ; Bruits anormaux ; Fuite <u>Maintenance systématique</u> : Vérifier état et jeu des roulements ; Remplacement éventuel roulements Vérifier l'état des joints d'étanchéité et remplacement systématique ;	Stock de roulements (caractéristiques voir fiches machine)
coupleur (Fuite) Annexe A Tableau IV.15	11.2	Fréquence très faible ; Détection d'anomalies simple ; Coût peu élevé ; Perte de production importante.	La boulonnerie est-elle bien fixée ? Le fusible percuteur marche t-il correctement ? Le coupleur est-il bien rempli ?	Mettre un caillebotis pour assurer la protection et détecter les fuites ;	<u>Visite périodique</u> : Vérifier les fuites ; <u>Maintenance systématique</u> : Remplacer les fusibles : périodicité à définir.	Disposer d'un coupleur et d'huile de rechange

éléments (défauts)	criticité	interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	actions préventives	Gestion des stocks
		Causes probables : Non fonctionnement du fusible percuteur ; Boulons desserrés ; Mauvaise qualité de l'huile ; Mauvais remplissage	Le bouchon est-il étanche ?			
Système de tension Annexe A Tableau IV.21	11.2	fréquence d'usure très rare ; détection d'usure quasi impossible ; cout relativement faible ; perte de production Causes possibles : Présence de matières ; Frottements ; Blocage des roulements de poulies.	Le système de tension fait-il l'objet d'une visite complète ?		<u>Visite périodique</u> : Vérifier l'état de tous les éléments du système de tension ;	

II-3°) Les doseurs :

A l'image des transporteurs à bande, les doseurs sont des éléments très importants dans la chaîne de production. Ils permettent de doser les quantités de Clinker, de Gypse et d'Ajout à envoyer dans le broyeur en fonction du débit de production, du type de ciment et de la quantité de refus. Dans ce rapport nous ne présenterons que l'étude du doseur Clinker en sachant que toutes les défaillances sont identiques pour tous les doseurs et ce n'est que les cotes relatives aux critères d'analyse qui constituent la différence.



Photo IV.3 : doseur Clinker BK5

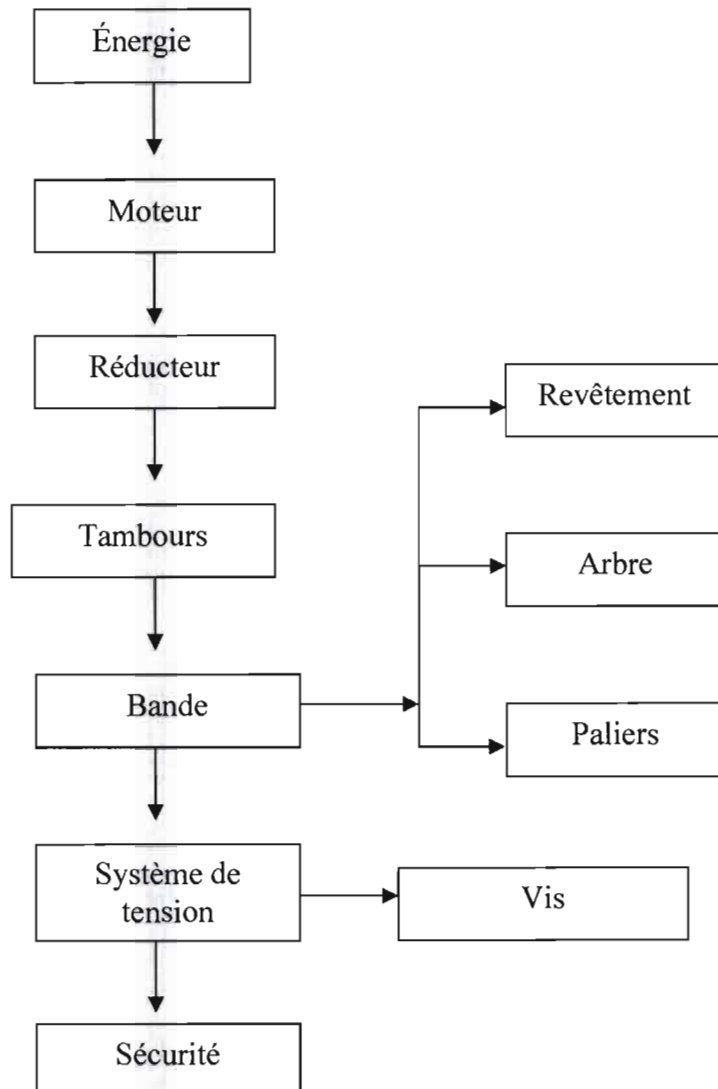


Figure IV.3 : décomposition fonctionnelle du doseur Clinker BK5

Tableau IV.9 : synthèse et actions à entreprendre sur le doseur Clinker BK5

éléments (défauts)	criticité	interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	actions préventives	Gestion des stocks
Réducteur (Usure/cassure des dentures) (Usure/cassure roulements) Annexe B Tableau IV.22	8.8	Faible fréquence d'apparition ; Perte production de BK5 ; Coût peu élevé ; Détection de cette anomalie quasi nulle Causes probables : Mauvaise lubrification ; Usure par fatigue ; mauvaise étanchéité	Y a- t'il une bonne étanchéité ? La qualité de l'huile est-elle garantie ? La quantité d'huile est-elle suffisante ?		S'assurer de la qualité de l'huile : contamination, perte caractéristiques lubrifiantes ; Vérification du niveau d'huile dans le carter ; Eviter toutes pénétrations d'impuretés lors du remplissage du carter ; Refermer le carter systématiquement avec un bouchon étanche ; <u>Visites périodiques du</u> <u>réducteur</u> : Température huile réducteur ; Bruits anormaux ; Détection de fuite ; <u>Maintenance systématique</u> : Dépose du réducteur : Vérification dentures ; Mesure systématique des jeux résiduels de roulements et changement éventuel ; Changement systématique des joints.	Disposer d'un réducteur de rechange au minimum et les pièces de rechange (joints, roulemen ts)

éléments (défauts)	criticité	interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	actions préventives	Gestion des stocks
arbre coté renvoi et commande (Usure portées roulements) Annexe B Tableau IV.23	8.8	Détection de l'usure des portées quasi nulle ; pertes de production importantes ; Par contre faible taux d'apparition ; Coût de réparation à la limite acceptable Causes probables : Manchon de roulements desserré ; Roulements défectueux	Les jeux de montage de roulements sont-ils respectés ? Les paliers sont-ils ouverts pour une visite complète ? les manchons sont ils bien serrés?		Bien spécifier, les conditions de montage des roulements : Revoir la méthodologie de graissage <u>Visite périodique paliers</u> : Température paliers ; Fuite ; bruits <u>maintenance systématique</u> : ouverture des paliers et mesure de jeux ; resserrage manchon ; nettoyer les portées de l'arbre	
Bande (Usure/rupture bande) Annexe B Tableau IV.25	8.8	Fréquence plus élevée par rapport aux autres bandes ; Détection quasi nulle ; Coût relativement faible ; Perte de production BK5. Causes possibles : Absence de revêtement ; Qualité colle ; Corps étrangers ; Présence matières ; Usure rouleaux	La bande a-t-elle été bien collée ? Les alentours de la bande sont-ils bien nettoyés ? La bande utilisée est-elle adéquate ? Les rouleaux sont-ils en bon état ?		Idem que le transporteur à bande 127N	

II-4°) Le broyeur BK5

Les broyeurs qui se trouvent dans l'atelier sont de type horizontal. Ils sont appelés broyeur à ciments ou à boulets du fait de la technologie utilisée. Le broyeur est supporté par deux paliers porteurs qui lui servent en même temps de guidage. La rotation du broyeur et la présence des boulets provoquent l'écrasement du mélange Clinker, Gypse et Ajout en fines particules qui est le ciment. Sous l'effet de la dépression les particules sont entraînées vers une nouvelle chambre avant de rejoindre le Séparateur. Il en existe quatre mais l'étude ne portera que sur le broyeur BK5. Il est le plus gros des broyeurs avec une capacité de production de près de 175 t/h.

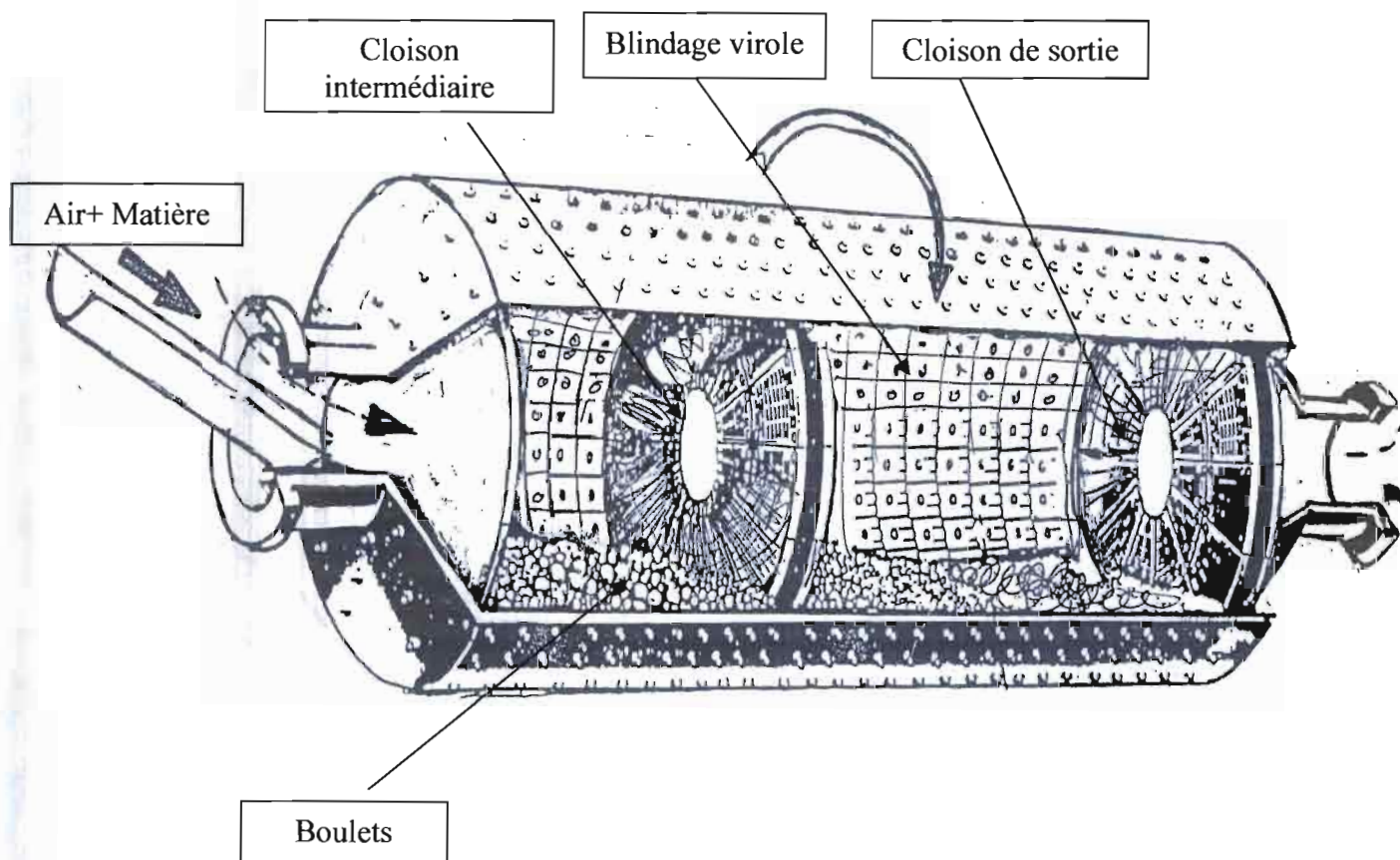


Photo IV.4 : Broyeur à boulets

Pour des raisons d'encombrement, les sous-ensembles du broyeur et du groupe de virage sont mis à l'écart.

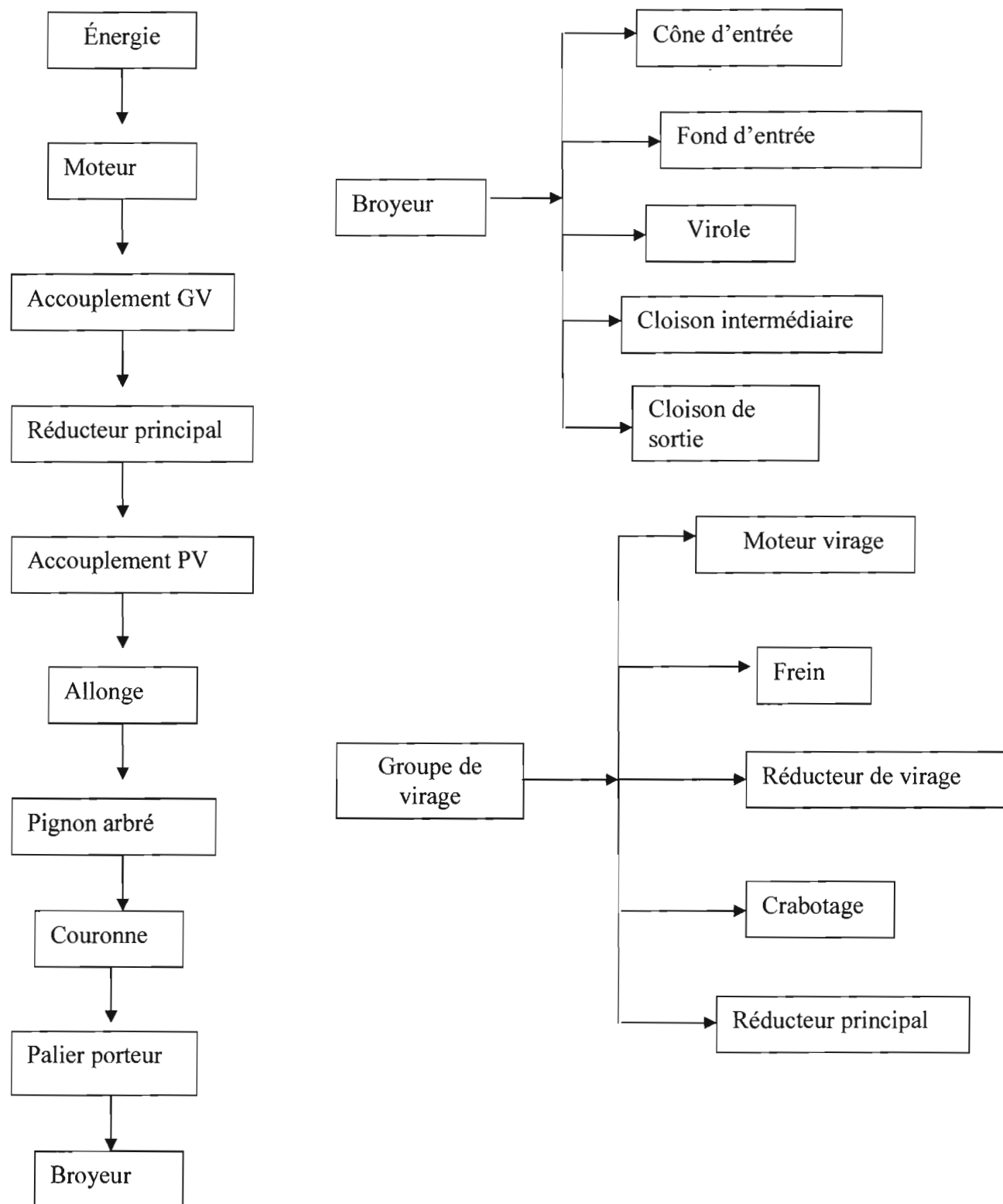


Figure IV.4 : décomposition fonctionnelle du broyeur BK5

Dans la suite nous avons les décompositions fonctionnelles des équipements relatifs aux utilités.

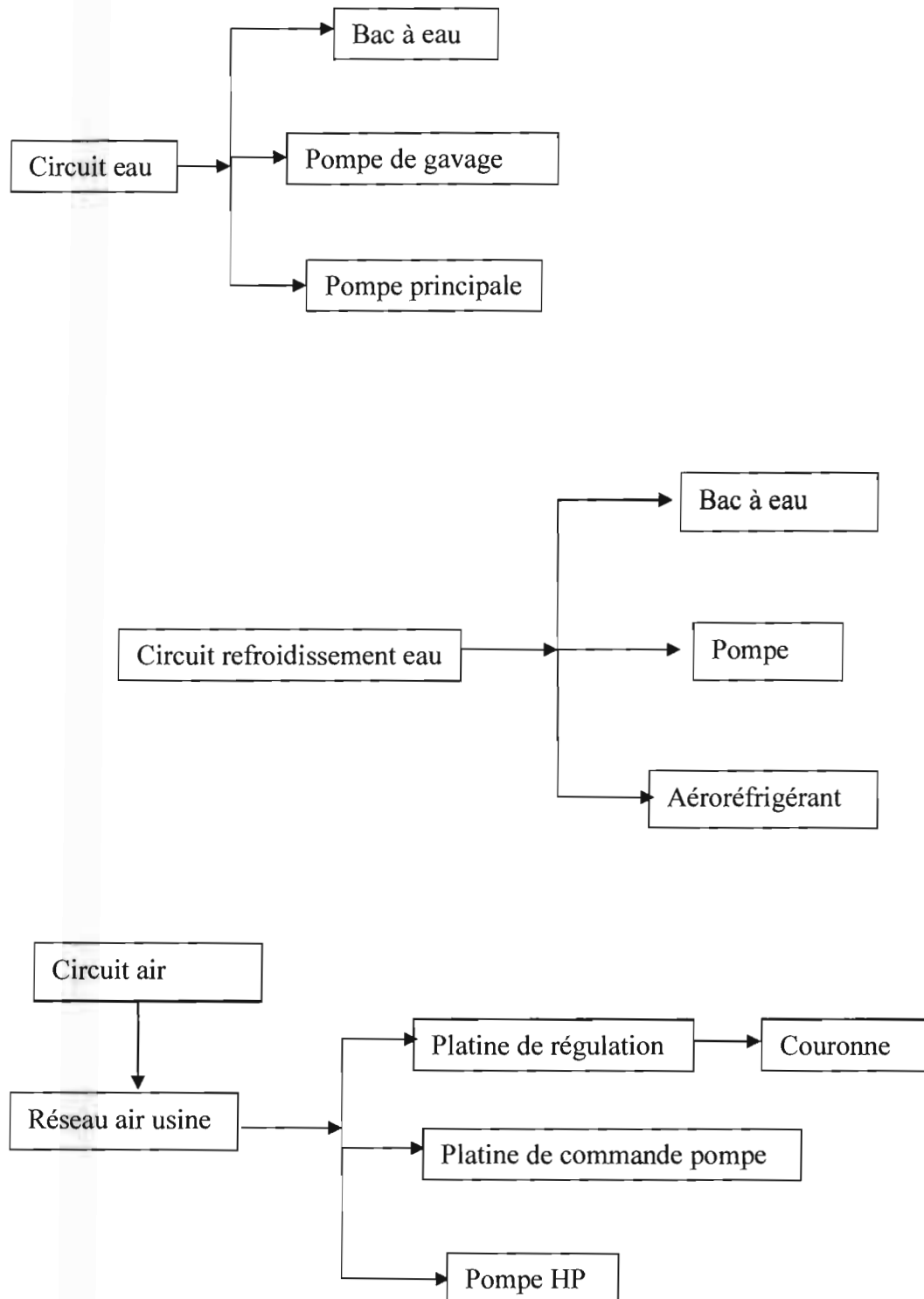


Figure IV.5 : décomposition fonctionnelle du broyeur BK5 suite

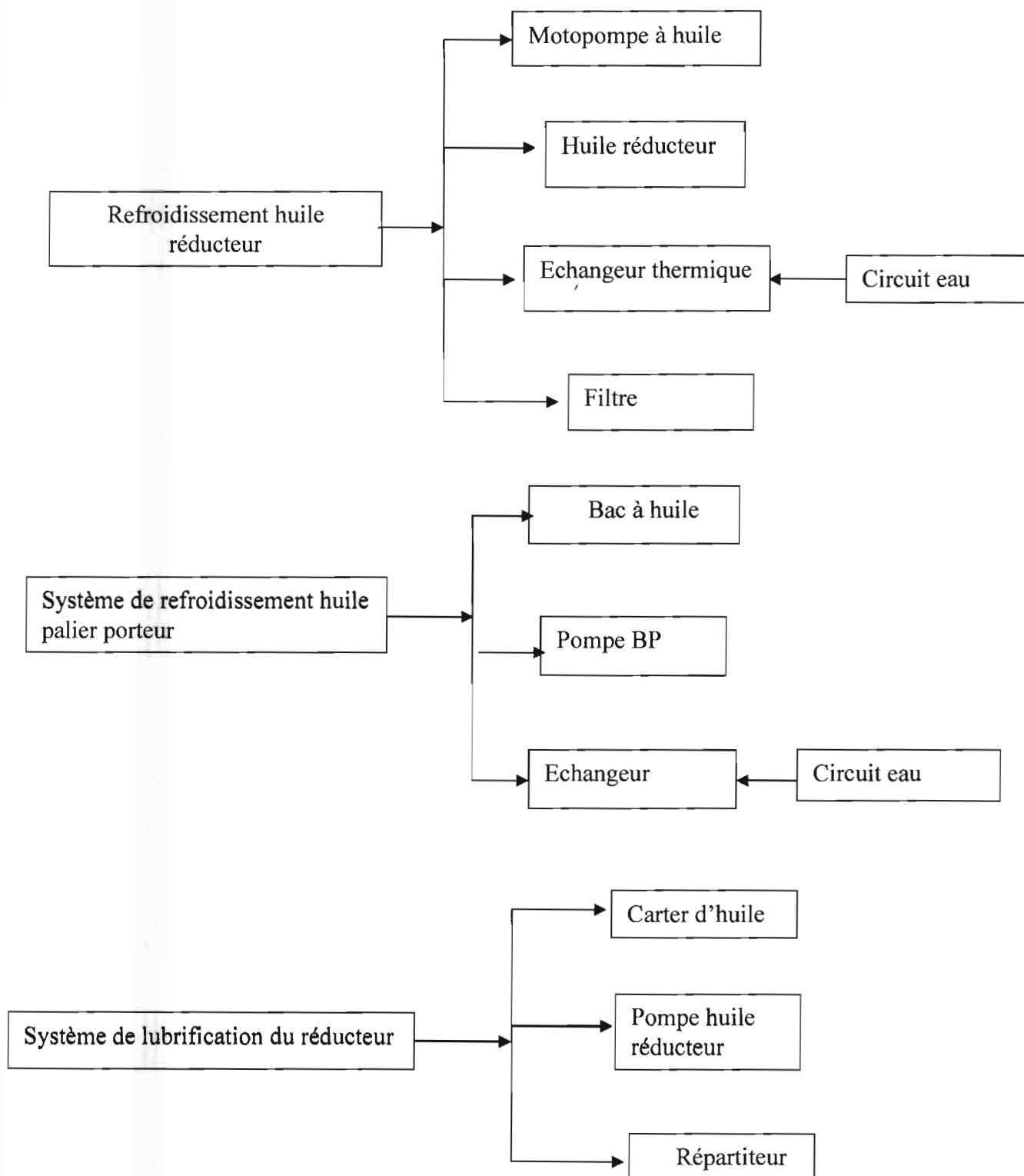


Figure IV.6 : décomposition fonctionnelle du broyeur BK5 suite

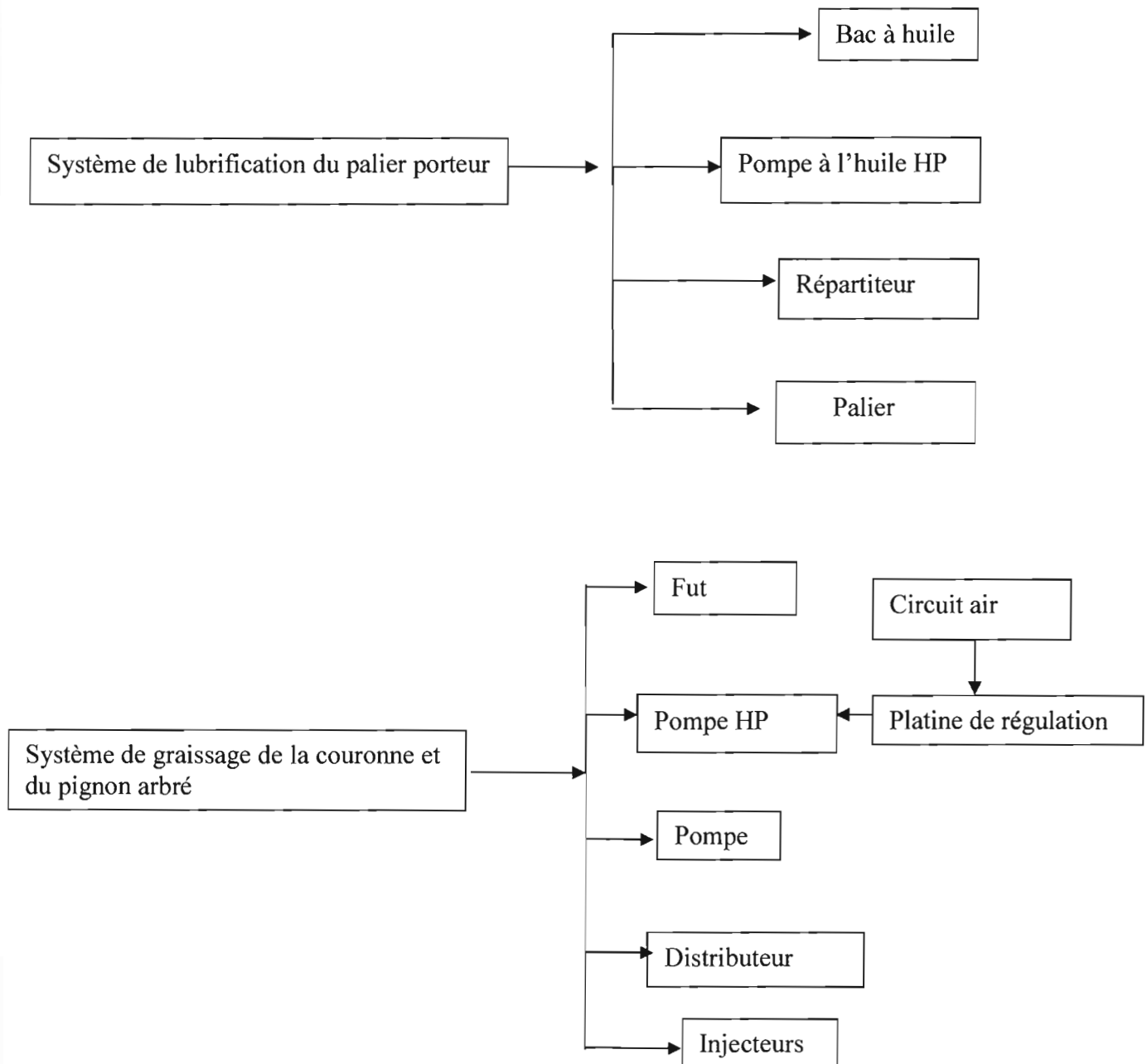


Figure IV.7 : décomposition fonctionnelle du broyeur BK5 suite et fin

Tableau IV.10 : synthèse et actions à entreprendre sur le broyeur BK5

Eléments (défauts)	criticité	Interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	actions préventives	Gestion des stocks
Cloison intermédiaire (fissure/desserrage châssis)	27	Fréquence très faible ; Perte de la production de BK5 ; Cout élevé ; Détection impossible ; Causes probables : Choc ; Desserrage boulons ; fatigue	La fixation du châssis est-elle correcte ? Fait-il l'objet d'une visite ?	Intégrer le châssis sur les visites périodiques.	<u>Visite périodique châssis</u> : Fixation ; Amorce de fissures ; Signes de fatigue.	Garder en stock les pièces de fixation du châssis
cône d'entrée (Usure/perçage hélice)	16	Fréquence d'usure trop fréquente Cout relativement faible Perte de la production de BK5 Détection pratiquement impossible Causes probables : Abrasivité de la matière Etat d'usure du cône	Comment peut-on réduire de manière efficace la fréquence d'usure des hélices du cône ? Quand est-ce qu'il faut intervenir pour éviter le perçage du cône ?	Faire une réparation complète du cône ; Remplacer le cône	Chercher un cône adéquat. <u>Visites périodiques</u> : Mesure d'épaisseur ; Vérifier état des hélices ;	

Eléments (défauts)	criticité	Interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	actions préventives	Gestion des stocks
Paliers lisses réducteur (fonte régule)	10.4	Fréquence très faible ; Coût moyennement élevé ; Perte de la production de BK5 Détection impossible si sécurité non fonctionnelle Causes probables : Excès de température ; Mauvaise lubrification ; Sécurité non fonctionnelle	Notre sonde de température fonctionne-t-elle bien ? l'huile atteint-elle les paliers ? Le refroidissement de l'huile est-il correct ?	Incorporer d'autres sécurités sur le thermocouple	Vérifier très souvent la réactivité de notre sonde ; Suivi constant à la salle de contrôle ; <u>Visite périodique :</u> Températures réducteur ; Mesure vibratoire <u>Visite systématique :</u> Vérifier état des paliers (rayures, signe de fatigue) et changement éventuel ; Changement des joints d'étanchéité ; Vérifier l'état des rampes (bouchage) ;	
Réducteur (usure des dentures)	10.4	Fréquence d'usure très faible ; Coût excessivement élevé ; Perte de la production de BK5 ; Détection d'usure facile Causes probables : Mauvais montage ; Mauvaise	Les jeux de montage des engrenages sont-ils respectés ? Le circuit de lubrification est-il fonctionnel ? Les rampes ne sont-elles pas bouchées ? Les jeux de montage des paliers et de l'accouplement sont-ils respectés	Mettre en place une pompe pour assurer l'appoint et la régulation du niveau d'huile dans le carter ;	S'assurer du bon montage des accouplements ; S'assurer du bon montage des pignons arbrés ; éviter la contamination de l'huile ; <u>visite périodique :</u> température réducteur ; bruits ; fuites mesure vibratoire	

Eléments (défauts)	criticité	Interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	actions préventives	Gestion des stocks
		lubrification Défaut d'alignement avec l'accouplement ; Présence d'un corps étrangers ; Mauvais refroidissement de l'huile ; Usure paliers lisses.	Le filtre fait-il son rôle ? Toutes les précautions sont-elles prises pour éviter toutes pénétrations de corps étrangers lors de l'appoint de l'huile ? Le système de refroidissement de l'huile est-il en bon état ? Y'a-t'il des vibrations ?		<u>Maintenance systématique</u> : Prélèvement d'huile et analyse ; Réviser les rampes ; Contrôle des jeux de fond de dents ; Vérification état des dentures	
allonge (usure/cassure roulements)	10.4	Fréquence très faible ; Perte de la production de BK5 ; Coût moyennement élevé ; Détection impossible ; Causes probables : Mauvais montage ; Mauvais graissage ; Mauvaise étanchéité ; Fatigue.	Les roulements sont-ils bien montés ? Le graissage se fait-il correctement ? Y'a-t-il des fuites de graisse ?	Mettre une sonde de température au niveau des paliers.	Graissage périodique des paliers ; <u>Visites périodiques</u> : Bruits anormaux ; Température paliers ; Fuites <u>Visites systématiques</u> : Mesure de jeux résiduels de roulements ; Vérifier état des roulements et changement éventuel ; Changement systématique des joints d'étanchéité.	Garder en stock les pièces de rechanges (roulements, joints)

Eléments (défauts)	criticité	Interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	actions préventives	Gestion des stocks
Cloison intermédiaire (usure tamis central)	8.8	Fréquence faible ; Coût moyennement élevé ; Perte de la production de BK5 ; Détection difficile ; Causes probables : Marche à vide broyeur ; Abrasivité matière.	La cloison intermédiaire fait-elle l'objet d'une visite ?		Inclure la cloison intermédiaire des visites. <u>Visite périodique</u> : Vérification périodique du tamis (fissuration)	Garder en stock les pièces de fixation.
Echangeur (ensemble)	17.6	Fréquence élevée ; Perte de la production de BK5 ; Coût faible ; Détection difficile ; Causes probables : Entartrage tubes ; Présence de corps en suspension.	Y'a-t-il des sondes de température sur les entrées et sorties réducteur ? Le jeu de vannage est-il maîtrisé ?	Mettre des thermomètres à la sortie et à l'entrée du réducteur	Mettre périodiquement du liquide détartrant dans les faisceaux ; Lecture périodique des températures et interprétation ; Vérifier périodiquement l'état des thermomètres.	Un échangeur éprouvé
Bac à eau (niveau bas)	10.4	Fréquence faible ; Coût moyennement élevé ; Perte de la production de BK5 ; Détection difficile si sécurité non fonctionnelle ;	La sécurité est-elle fiable ?		Vérifier périodiquement l'état des détecteurs de niveau ;	

Eléments (défauts)	criticité	Interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	actions préventives	Gestion des stocks
		Causes probables : Sécurité non fonctionnelle ; Fuite dans circuit principal ; Bac percé				
Pompe à huile (défaut de débit)	8.8	Fréquence trop élevée ; Perte de la production de BK5 ; Cout relativement faible ; Détection facile ; Causes probables : Joints défectueux ;	Comment faire pour réduire cette fréquence ? Les joints d'étanchéité sont-ils bien montés ? La pompe fait-elle l'objet de révision ? La pompe est-elle adéquate avec la qualité du fluide transportée ?	Mettre en place un système d'appoint ; Mettre des joints adéquats ; s'assurer du bon montage des joints et roulements ; Rapprocher les séances de visites sur cette pompe	<u>Visite périodique</u> : Bruits ; Fuite ; Température pompe <u>Visite systématique</u> : Etat des roulements et changement éventuel ; Changement des joints d'étanchéité ;	Garder en stock une pompe les pièces de rechanges roulement, joints
Pompe gavage HP (défaut de débit)	8.8	Fréquence élevée ; Perte de la production de BK5 ; Cout faible ; détection après visite Causes probables : Platine de régulation non fonctionnelle ; Joints défectueux Roulements usés ;	La platine fait-elle objet d'un entretien ? La pompe est-elle révisée ? L'alimentation en air est-elle correcte ?	Réduire l'intervalle des visites	Assurer du bon fonctionnement du réseau air de l'entreprise <u>Visite périodique platine</u> : Etat du filtre ; Etat vis de pression du détendeur ; Vérifier la qualité de la lubrification	

Eléments (défauts)	criticité	Interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	actions préventives	Gestion des stocks
		Usure pompe			<u>Maintenance systématique</u> : Dépose pompe Vérifier l'état des roulements et changement éventuel; Changer les joints d'étanchéité	
Pompe à huile HP	8.8	Même résultat que pompe à huile	Même résultat que pompe à huile	Même résultat que pompe à huile	Même résultat que pompe à huile	

II-5°) Séparateurs dynamiques BK5 :

Les séparateurs comme leurs noms l'indiquent sont des éléments servant à séparer, une fois à la sortie du broyeur, les grosses particules de ciment qui retournent encore au broyeur des plus fines qui sont acheminées vers le stockage. Ils sont dynamiques parce que c'est par une dépression créée par un ventilateur de tirage et par différence de densité que la séparation se fait.



Photo IV.5 : séparateur Sepol BK5

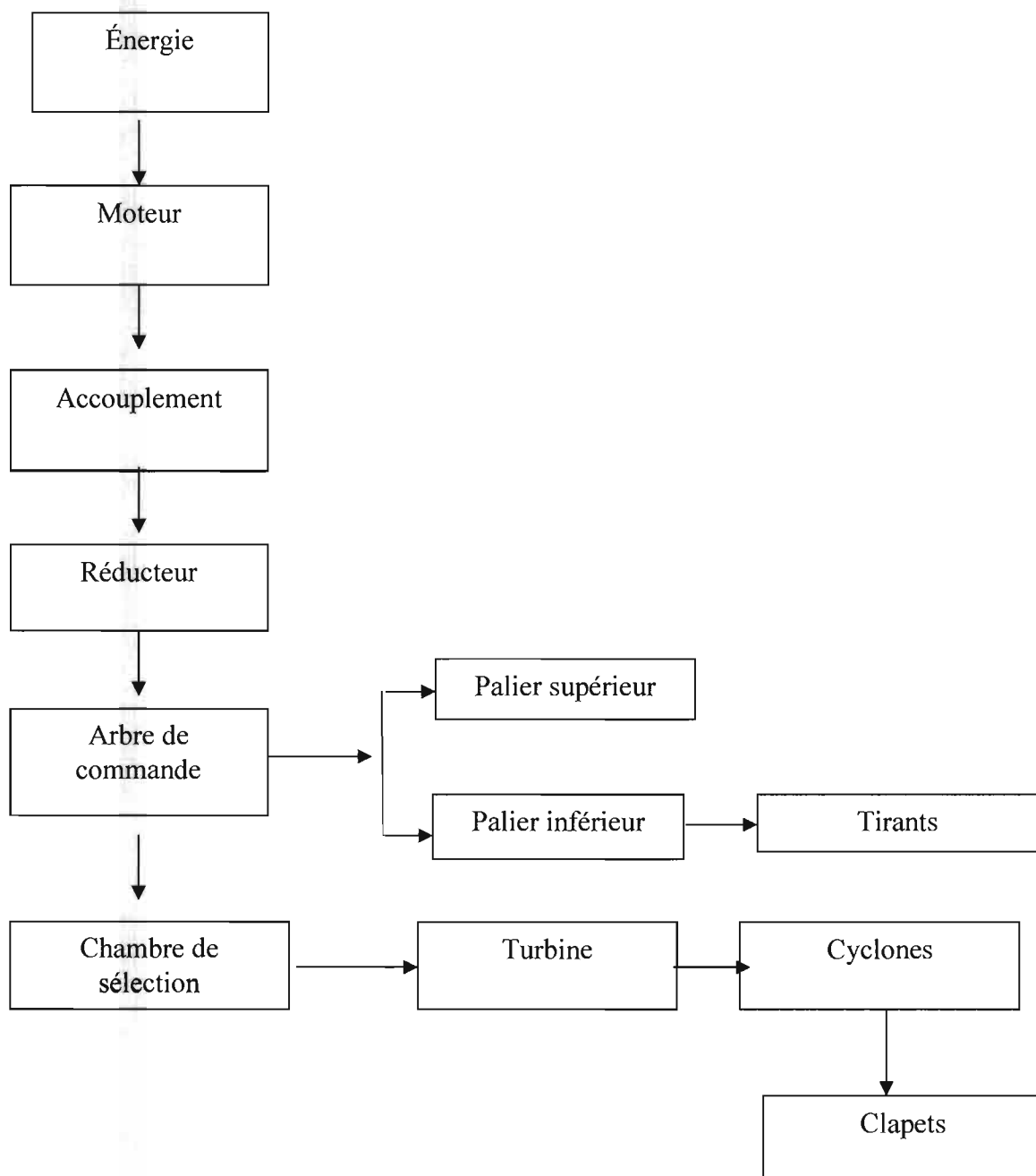


Figure IV.8 : décomposition fonctionnelle du séparateur dynamique

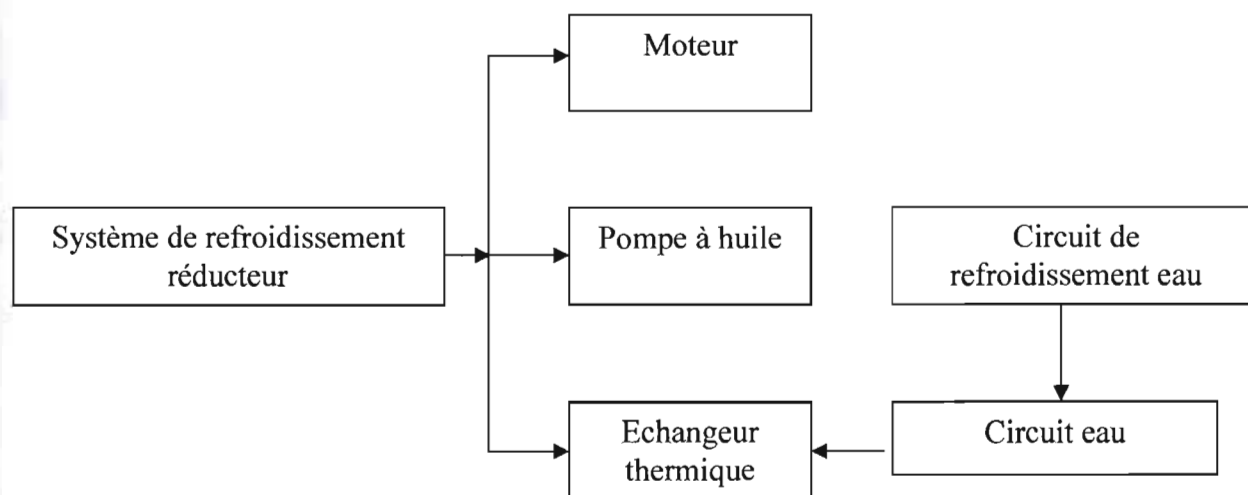


Figure IV.9 : suite décomposition fonctionnelle du séparateur dynamique

Tableau IV.11 : synthèse et actions à entreprendre sur le séparateur dynamique Sepol

éléments (défauts)	criticité	Interprétation du tableau	questionnement	Actions correctives	Actions préventives	Gestion des stocks
Corps (Usure blindage) Annexe D Tableau IV.44	13.6	Fréquence très rare Coût très élevé Détection d'usure quasi impossible sans arrêter la production Perte de production BK5 Causes probables : Abrasivité du produit Usure par fatigue	Comment peut-on détecter l'usure sans ouverture des portes de visites ? A quel moment doit-on remplacer le blindage ?		Visite périodique : Vérifier l'état des blindages ; Maintenance systématique : Définir l'épaisseur de remplacement ;	Garder des plaques de rechange en stock
Réducteur (usure dentures, roulements) Annexe D Tableau IV.41	10.4	Détection de l'usure des dentures quasi impossible Détection de l'usure des roulements pareille Fréquence d'apparition d'anomalies négligeable Coût assez important Perte de BK5 Causes probables : Mauvaise lubrification ; Mauvaise étanchéité ; Mauvais montage de l'accouplement ; Fatigue	La pompe débite t-elle ? Le refroidissement de l'huile est-il correct ? Les roulements sont-ils bien lubrifiés ? Sont-ils bien étanches ? Le niveau d'huile est-il correct ? La sonde de température est-elle fiable ?		S'assurer de la qualité de l'huile : contamination, perte caractéristiques lubrifiantes, Refermer le carter systématiquement avec un bouchon étanche ; Visite périodique : température réducteur ; bruits anormaux; fuite ; niveau huile réducteur. Maintenance systématique : Dépose du réducteur : Vérifier l'état des roulements et changement éventuel ; Remplacement systématique joints; Nettoyage filtre ;	Garder en stock les roulements et les joints du réducteur. Garder en stock au minimum un réducteur

éléments (défauts)	criticité	Interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	actions préventives	Gestion des stocks
					Maintenance de la sonde de température ; Maintenance du contrôleur de circulation d'eau.	
Tirants (usure blindage) Annexe D Tableau IV.43	10.4	Fréquence d'apparition très faible ; Détection de l'usure délicate ; Perte de production importante ; Coût moyennement élevé ; Causes probables : Usure par abrasion	Quel est l'état du blindage ? Les tirants sont-ils bien fixés sur le carter ?		<u>Maintenance systématique</u> : Vérifier usure blindage ; Vérifier la fixation des tirants	Disposer d'un jeu de tirants revêtu.
Accouplement (état de la liaison, logements tampons) Annexe D Tableau IV.42	8.8	Faible apparition d'anomalies ; Perte de la production de BK5 ; Détection d'anomalie quasi impossible; Coût relativement faible Causes probables : Mauvais montage de l'accouplement ; Désalignement ; Clavette délogée	Les jeux de montage et d'alignement sont-ils respectés ? Le ressort est-il bien monté ? Les deux demi-accouplements sont-ils bien boulonnés ? Les clavettes sont-elles en place ? Les dentures sont-elles en bon état ?		S'assurer du bon état des ressorts et de leurs logements ; Respecter l'alignement de l'accouplement ; Veiller à bien nettoyer et graisser les dentures de l'accouplement ; Veiller à l'étanchéité <u>visite périodique</u> : vérifier l'état des joints. <u>Maintenance systématique</u> : Graisser les dentures ; vérification des joints et ressorts fixation des deux demi-accouplements.	Disposer d'au minimum un accouplement. Disposer aussi de ressorts et joints de rechange

éléments (défauts)	criticité	Interprétation du tableau	questionnement	Actions correctives	Actions préventives	Gestion des stocks
Arbre (paliers roulements) Annexe D Tableau IV.43	8.8	Fréquence d'apparition très faible ; Détection délicate ; Coût relativement faible ; Perte de la production de BK5 Causes probables : Mauvaise lubrification ; Fatigue ; Mauvaise étanchéité	Le graissage des paliers se fait-il correctement ? le labyrinthe est-il étanche ? le montage est-il correct ?		<u>Maintenance systématique</u> : Mesure jeu résiduel ; Resserrage des tresses ; Remplacement éventuel des tresses ; graissage ;	Garder un stock de boîtier roulement
Echangeur (Colmatage/perçage) Annexe D Tableau IV.45	8.8	Fréquence d'apparition très faible ; Détection délicate ; Coût relativement faible ; Perte de la production de BK5 Causes probables : Entartrage des faisceaux ; Corps en suspension	L'échangeur fonctionne t-il bien ? Quel est le niveau de colmatage de l'échangeur ?	Mettre en place deux thermomètres à la sortie et à l'entrée du réfrigérant	<u>Visite périodique</u> : Suivi des Températures huile et eau ; <u>Maintenance systématique</u> : Détartrer le réfrigérant ; Eprouver un échangeur.	Un échangeur éprouvé
Turbine (Usure/cassure pales) Annexe D Tableau IV.44	6.4	Fréquence d'apparition très faible ; Détection délicate ; Mauvaise qualité du produit ; Coût moyennement élevé Causes probables : Pales desserrées ou manquantes ; Dépôt important de matières	Toutes les pales sont-elles en place ? La matière ne s'est-elle pas colmatée sur les pales ? Y'a-t-il des traces de fissures sur les pales ?		<u>vérification de l'état des pales</u> : fixation ; niveau de colmatage	Suivre l'état de la turbine et déclencher une commande si nécessaire

éléments (défauts)	criticité	Interprétation du tableau	questionnement	Actions correctives	Actions préventives	Gestion des stocks
Pompe (défauts sur le débit) Annexe D Tableau IV.54	4.4	Fréquence d'apparition rare ; Perte de la production de BK5 ; Cout relativement faible Causes probables : Mauvais fonctionnement pompe de gavage ; Joints défectueux ; Roulements usés ; bouchage	La correction de débit ou de pression se fait-elle correctement ? Y'a-t-il des fuites ? La température de la pompe est-elle correcte ?		<u>Visite périodique pompe</u> : Fuite ; bruits anormaux ; échauffement. <u>Maintenance systématique de la pompe</u> : (joints, roulements, état des dentures etc. .)	Disposer d'une pompe et de ses pièces de rechange joints, roulements

II-6°) Ventilateur de tirage Sepol BK5 :

Il est utilisé pour créer la dépression dans la chambre de sélection du Séparateur Dynamique. C'est cette dépression là avec la gravité qui fait la sélection du produit sortant du broyeur. Il occupe une place importante dans le circuit.

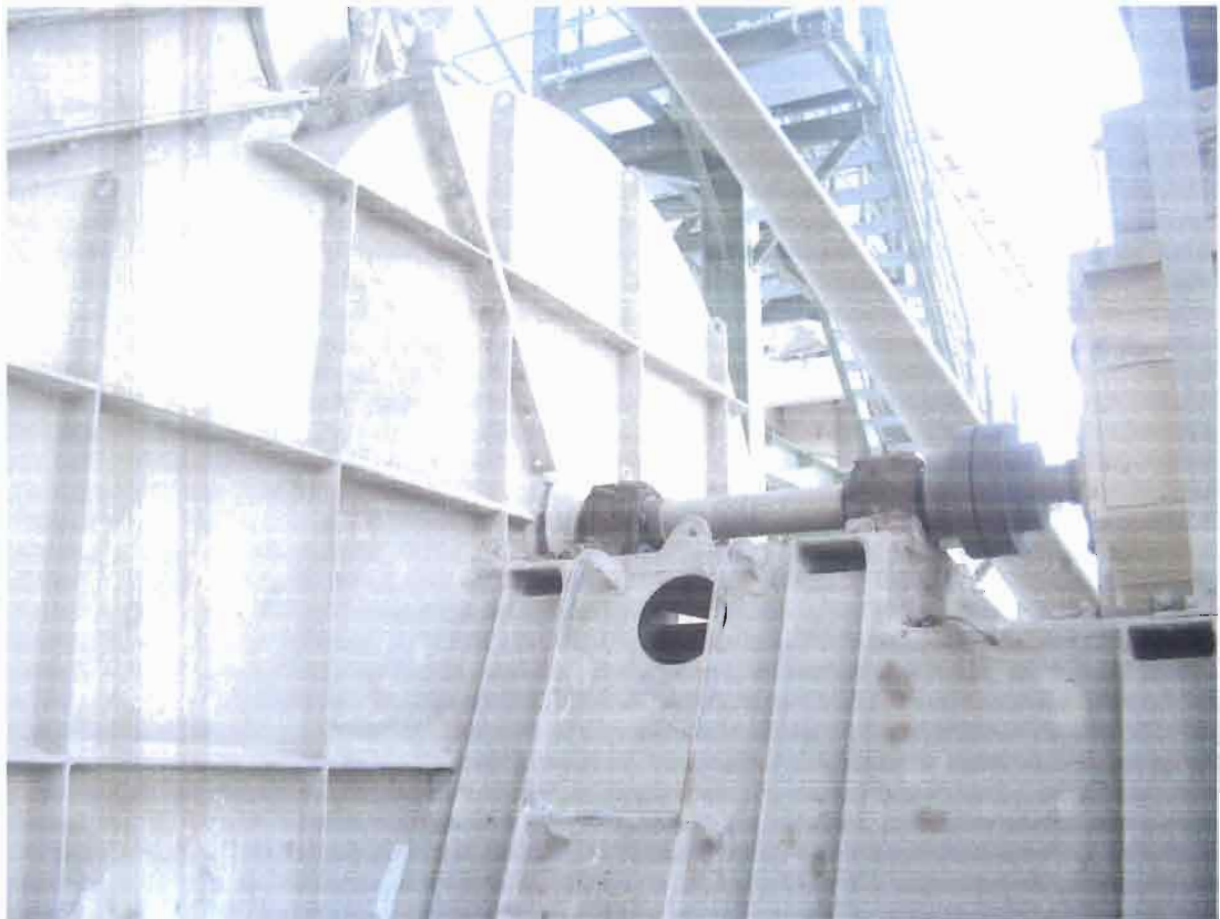


Photo IV.5 : Ventilateur de tirage Sepol BK5

La commande de l'ouverture des volets du ventilateur est réalisée par un servo moteur. Ce servo moteur est indépendant du ventilateur d'où il a été décomposé au même titre que le ventilateur.

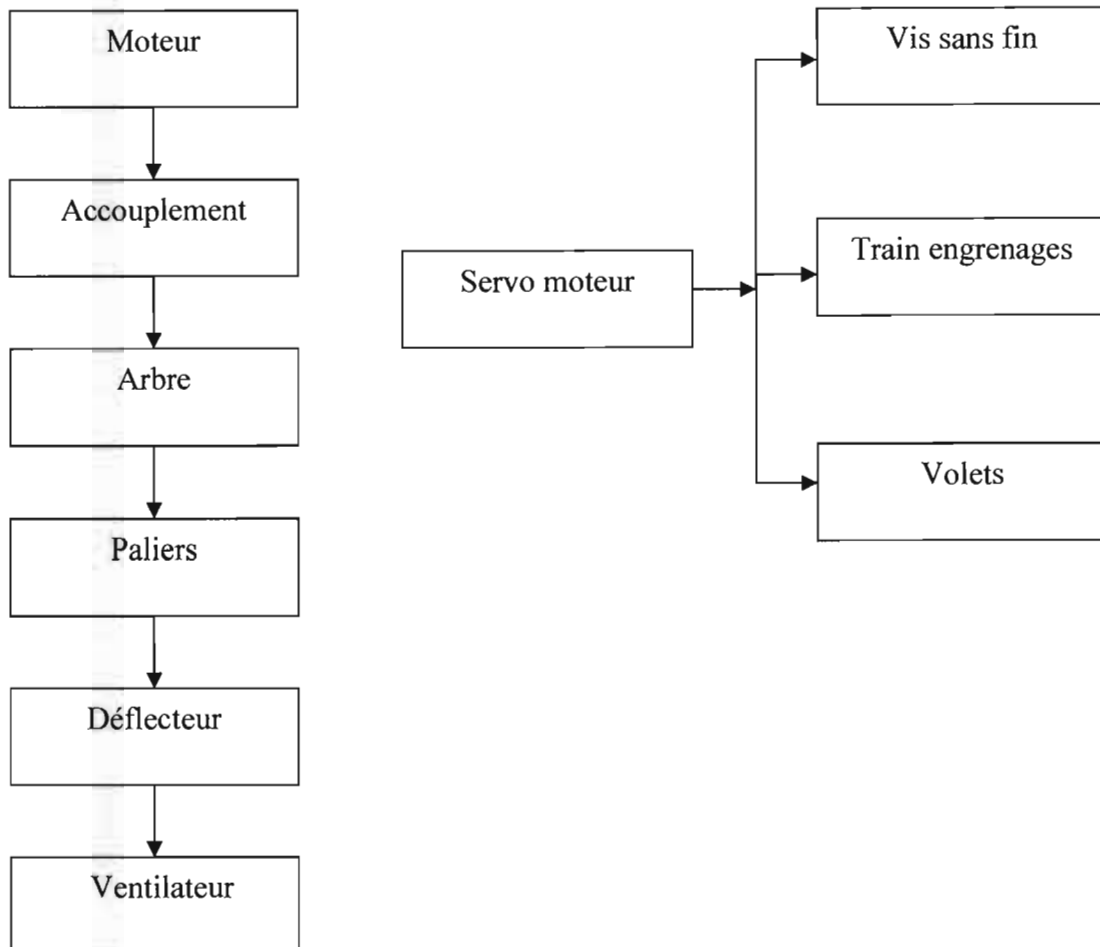


Figure IV.10 : décomposition fonctionnelle du ventilateur de tirage Sepol

Tableau IV.11 : synthèse et actions à entreprendre sur le ventilateur de tirage Sepol BK5

Eléments (défauts)	criticité	Interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	actions préventives	Gestion des stocks
Ventilateur (Usure roue à aube) Annexe E Tableau IV.48	10.4	Très faible fréquence d'apparition ; Coût relativement élevé ; Perte de la production de BK5 ; Détection quasi impossible Causes probables : Présence de corps étrangers			Visite périodique : Bruits ; Vibrations ; <u>Maintenance systématique</u> : Vérifier état du rotor ;	
accouplement (usure logements et rainure clavette) Annexe E Tableau IV.46	8.8	Fréquence faible Détection d'anomalies Coût relativement faible Perte de production de BK5 Causes probables : Mauvais montage Usure excessive des tampons	Les jeux de montage et d'alignement de l'accouplement sont-ils respectés ? La clavette est-elle bien montée ?		<u>Visite périodique accouplement</u> : Bruits ; Vibrations <u>Maintenance systématique</u> : Vérifier l'ensemble des tampons ; Remplacement éventuel des tampons ; Vérifier état des axes ; Vérifier l'état des rainures de clavettes ; L'état des clavettes et changement éventuel	Stock de jeux de tampons. Stock d'un accouplement

éléments (défauts)	criticité	Interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	actions préventives	Gestion des stocks
Arbre de commande (cassure, usure clavette, usure portées) Annexe E Tableau IV.47	8.8	Taux d'apparition assez faible ; Détection quasi impossible ; Perte de la production de BK5 Coût relativement faible Causes probables : Mauvais montage ; Usure des portées de roulements ; Mauvais graissage des paliers	La nuance de l'arbre est-elle correcte ? La visite systématique des paliers se fait-elle avec ouverture des paliers et mesure des jeux ? Le graissage des paliers se fait-il correctement ? L'accouplement est-il bien monté ?		Veiller au bon montage des accouplements ; S'assurer du bon graissage des paliers <u>Visites périodiques des paliers</u> : Température paliers ; Fuite ; bruits <u>Maintenance systématique</u> : Mesure des jeux résiduels du roulement ; Vérifier l'état des roulements et changement éventuel ; Changement systématique des joints ; Vérifier le serrage des manchons et changement éventuel ;	Stock de roulements Joints d'étanchéité Stock d'un arbre complet.
déflexeur Annexe E Tableau IV.47	8.8	Fréquence d'apparition très rare ; Coût négligeable ; Détection quasi nulle ; Perte de la production de BK5 Causes probables : Mauvais refroidissement du déflexeur ; Matériau non adéquat	Le matériau du déflexeur est-il adéquat ? Est-il refroidi correctement ?		<u>Maintenance systématique</u> : Vérifier état déflexeur et changement éventuel	

II-7°) Elévateurs :

Ils sont tout aussi importants que ceux énumérés précédemment. A la sortie des broyeurs ils reçoivent le produit semi fini pour alimenter les Sepols. Comme leurs noms l'indiquent ils élèvent la matière. C'est un système de convoyement très utilisé dans les cimenteries. Ils sont motorisés avec deux tourteaux de commande et de renvoi. Ces tourteaux peuvent être à dentures (secteurs rapportés) ou des tambours lisses revêtus. Ils peuvent être assimilés à des transporteurs à bande sauf qu'ils sont verticaux. Ils peuvent être à bande comme à chaîne. Ils portent des godets disposés de manière harmonique suivant des intervalles réguliers. Ils ont pour rôle de pelleter la matière et de l'acheminer vers le séparateur. C'est par-dessus les chaînes et les bandes que sont fixés les godets par boulonnerie.

Le rapport ne présentera que l'élévateur 315N.



Photo IV.6 : élévateur 315N

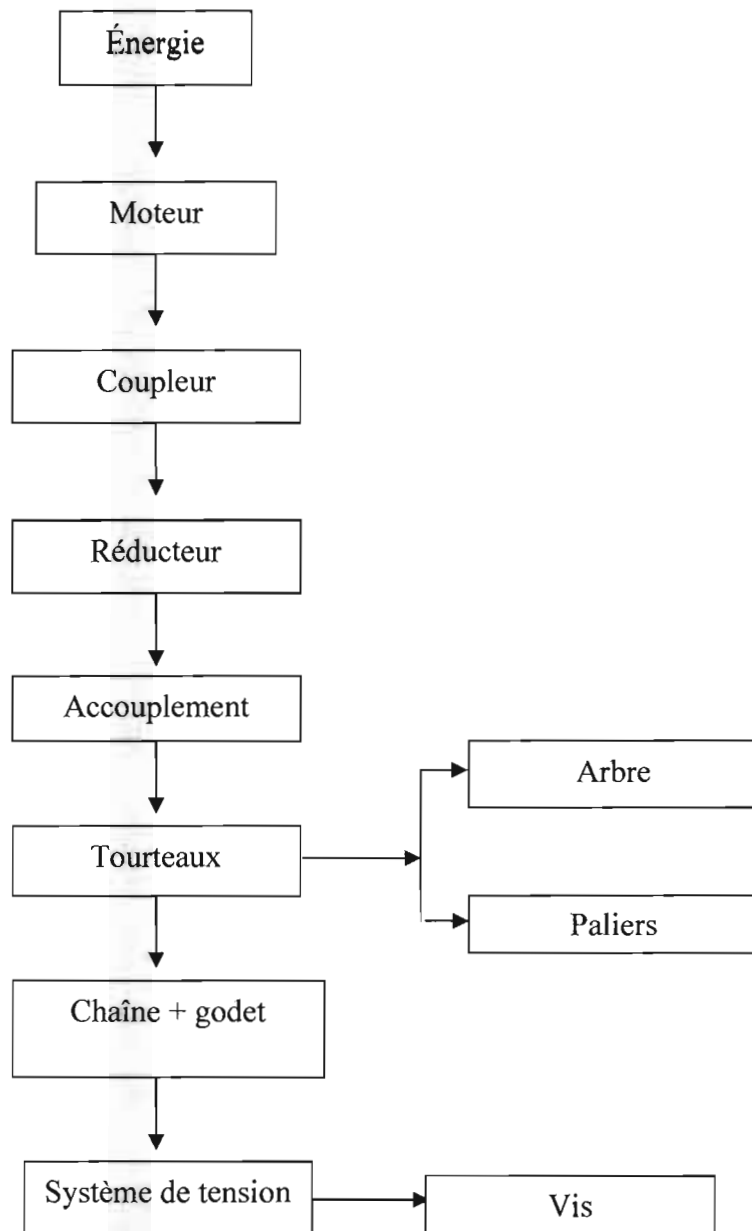


Figure IV.11 : décomposition fonctionnelle de l'élévateur 315 N

Tableau IV.13 : synthèse et actions à entreprendre sur l'élévateur 315N

éléments (défauts)	criticité	Interprétation du tableau	questionnement	Actions correctives	Actions préventives	Gestion des stocks
réducteur (usure/cassure dentures) Annexe F Tableau IV.51	10.4	Détection de l'usure des dentures quasi impossible ; Détection de l'usure des roulements pareille ; Fréquence d'apparition négligeable ; Coût assez important Perte de la production de BK5 Causes probables : Mauvaise lubrification ; Mauvaise étanchéité ; Mauvais montage de l'accouplement ; fatigue	La température de l'huile de refroidissement est-elle correcte ? Le réducteur a-t-il atteint sa durée de vie ? Les paliers sont-ils bien lubrifiés ? Sont-ils bien étanches ?		Eviter la présence de corps étrangers ; Utiliser des bouchons adéquats et étanches <u>Visites périodiques</u> : température réducteur ; fuite ; Bruits anormaux ; <u>Maintenance systématique</u> : Dépose périodique du réducteur ; Vérification des dentures ; Mesure des jeux résiduels de roulements ; changement systématique des joints ; Vérification état des roulements et changement éventuel ;	Garder en stock les roulements et les joints du réducteur. Type : voir fiche machine. Garder en stock au minimum un réducteur.
coupleur (fuite) Annexe F Tableau IV.50	8.8	Détection d'anomalies simple ; Coût peu élevé ; Perte de la production de BK5 ; Fréquence très rare	La boulonnerie est-elle bien fixée ? Le fusible percuteur marche t-il correctement ? L'opérateur a-t-il bien rempli le coupleur ?		Mettre un caillebotis pour assurer la protection et détecter les fuites ; Surveillance systématique et périodique des fuites ;	Disposer d'un coupleur et d'huile de rechange

Eléments (défauts)	criticité	interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	actions préventives	Gestion des stocks
		Causes probables : Non fonctionnement du fusible percuteur ;	Y'a-t-il un jauge de niveau ?			
Accouplement Annexe F Tableau IV.52	8.8	Faible apparition d'anomalies ; Perte de BK5 ; coût peu élevé ; détection pas toujours facile. Causes probables : Mauvais écartement des demi-accouplements Usure des tocs, Usure des flancs des dentures	Les jeux de montage sont-ils respectés ? Les tocs sont-ils bien montés ? Sont-ils en bon état ?		Respecter les jeux de montage de l'accouplement ; Eviter tout désalignement de l'arbre ; <u>Maintenance systématique</u> : Vérifier l'état de tous les tocs ; Changer tous les tocs de préférence pour une usure uniforme ;	Disposer d'un accouplement de rechange
Usure des portées et des paliers de l'arbre Annexe F Tableau IV.53	8.8	Détection de l'usure des portées quasi nulle pertes de BK5 ; Faible taux d'apparition ; Coût relativement élevé Causes probables : Desserrage manchon ;	Les jeux de montage de roulements sont-ils respectés ? Les paliers sont-ils ouverts pour une visite complète ? les manchons de serrage sont ils bien fixés ? le graissage s'effectue t-il correctement ?		Veiller au respect des jeux de montage ; <u>Visite périodique</u> : Température paliers ; Fuites ; <u>Maintenance systématique</u> : mesure des jeux résiduels de roulements ; Vérification de l'état des roulements et changement éventuel ;	Avoir un arbre de rechange

Eléments (défauts)	criticité	interprétation du tableau	questionnement	actions correctives	actions préventives	Gestion des stocks
		Usure roulements ; Usure clavette ; Mauvais graissage	la clavette est-elle bien logée ? l'alignement est-il bon ?		Changement systématique des joints ; Serrage des manchons et changement;	
Chaîne + godets Annexe F Tableau IV.54	8.8	Fréquence d'usure faible ; Perte de la production de BK5 ; Coût peu élevé ; Détection difficile Cause probables : Surcharge ; Usure par abrasion ; Tension insuffisante ; Déformation des godets ; Desserrage et/ou mauvais montage des boulons	La tension est-elle suffisante ? Le taux de chargement est-il correct ? Usure des tourteaux n'est-elle pas trop avancée ? Y'a t-il de rondelles frein ? Le couple de serrage est-il correct ?		Bien tendre la Chaîne ; Contrôler le débit du broyeur pour éviter les surcharges ; <u>Maintenance systématique</u> : Vérifier l'état des godets (nombre, déformations, serrage) et remplacement éventuel ; Vérifier l'état de la chaîne (douilles, axes, fixation,...)	Avoir en stock des jeux de plaques, douilles, axes et galets

II-8°) Pompe Peters :

C'est une pompe qui porte le nom de son constructeur. C'est une pompe à vis utilisée pour transporter le ciment vers le stockage ou l'expédition. Il faut noter que cette pompe n'est pas un passage obligé pour la matière finie.



Photo IV.8: Pompe PETERS

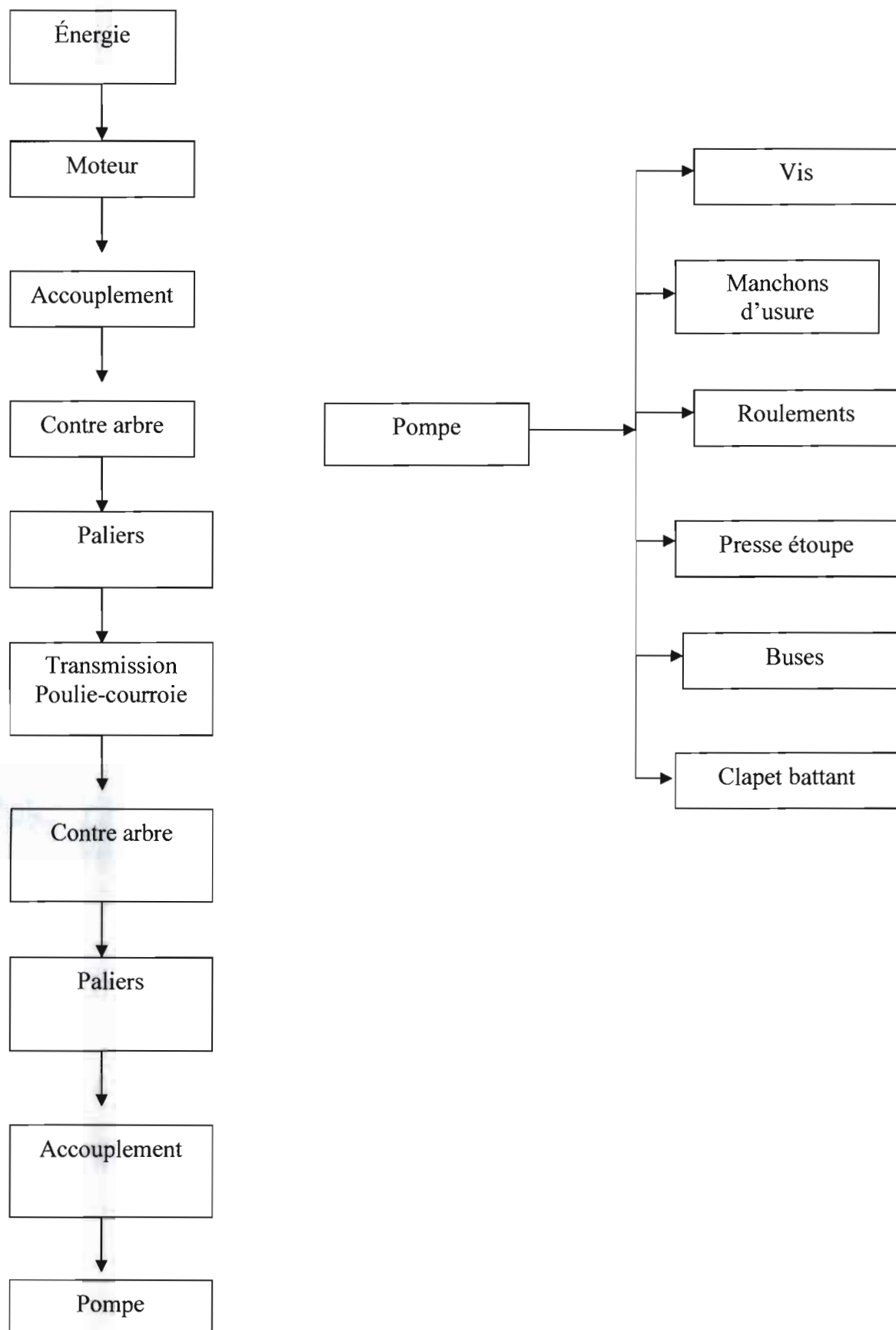


Figure IV.12 : décomposition fonctionnelle de la pompe PETERS

Tableau IV.14 : synthèse et actions à entreprendre sur la pompe PETERS

éléments (défauts)	criticité	Interprétation du tableau	questionnement	Actions correctives	Actions préventives	Gestion des stocks
Manchons d'usure (usure) Annexe G Tableau IV.61	8	Fréquence moyennement élevée ; Coût relativement faible ; Perte de production négligeable ; Détection très difficile Causes probables : Mauvais centrage de la vis ; Mauvais montage de l'accouplement	Comment peut-on réduire la fréquence ? L'alignement avec l'accouplement est-il correct ? Le jeu entre manchon et vis est-il bon ?	Augmenter la fréquence des visites Revoir les montages	S'assurer du bon montage de l'accouplement ; Vérifier le jeu entre manchon et vis lors du montage ; <u>Visite périodique manchon</u> : Echauffement ; Bruit ; <u>Maintenance systématique</u> : Vérifier état des manchons et changement éventuel ;	Stock de manchons d'usure ;
roulements (usure/cassure) Annexe G Tableau IV.61	8	Fréquence moyennement élevée ; Coût faible ; Perte de production négligeable ; Détection difficile Causes probables : Mauvaise lubrification ; Présence corps étrangers ;	Pourquoi c'est aussi fréquent ? Les paliers sont-ils bien étanches à la matière ? La température des roulements est-elle contrôlable ? Les jeux de montage des roulements sont-ils respectés ? Le graissage se fait-il correctement ?	Vérifier plus souvent l'étanchéité des roulements ; Revoir l'alignement de l'arbre ;	<u>Maintenance systématique</u> : Vérifier l'état des roulements Mesurer les jeux résiduels ; Changer éventuellement roulements ; Nettoyer les portées de roulements ;	Disposer d'un stock de roulements.

éléments (défauts)	criticité	Interprétation du tableau	questionnement	Actions correctives	Actions préventives	Gestion des stocks
Presse étoupe (fuite, échauffement) Annexe G Tableau IV.61	8	Fréquence moyennement élevée ; Coût relativement faible ; Perte de production négligeable ; Détection très difficile Causes probables : Desserrage des boulons ; Joints défectueux Air de barrage défectueux	L'air de barrage fonctionne-t-il correctement ? Le presse étoupe est-il bien serré ? Le presse étoupe est-il bien graissé ? Les joints sont-ils en bon état ?		<u>Visite périodique</u> : Vérifier la pression de l'air de barrage ; Vérifier que les manomètres fonctionnent correctement ; <u>Maintenance systématique</u> : vérification de l'état des joints ; vérification de la fixation du presse étoupe Vérifier l'état des manomètres ;	Garder en stock les garnitures : rotaflons, univertit
Accouplement coté pompe (usure clavette, des tampons, des logements) Annexe G Tableau IV.56	4	Fréquence très faible ; Coût faible ; Perte de production négligeable ; Détection très difficile Causes probables : Mauvais montage de l'accouplement ou de la clavette	Les jeux et alignement d'accouplement sont-ils respectés ? les clavettes sont-ils bien montées ?		S'assurer du bon montage de l'accouplement ; S'assurer du bon montage des clavettes <u>Maintenance systématique</u> : Vérifier l'état des axes ; Vérifier l'état des tampons ; Changement éventuel des tampons ; Vérifier la liaison avec la clavette ;	Garder en stock un jeu de tampons.

éléments (défauts)	criticité	Interprétation du tableau	questionnement	Actions correctives	Actions préventives	Gestion des stocks
Contre-arbre côté moteur/côté arbre (usure portées et mauvais clavetage) Annexe G Tableau IV.57	4	Fréquence très faible ; Coût faible Perte de production négligeable ; Détection très difficile Causes probables : Manchon de roulement desserré ; Roulements usés	Les jeux de montage de roulements sont-ils respectés ? Les paliers sont-ils ouverts pour une visite complète ? les manchons de serrage sont ils bien fixés ?		S'assurer du bon montage des manchons et roulements ; <u>Visite périodique</u> : Température paliers ; Bruits ; Fuite ; <u>Maintenance systématique</u> : mesure des jeux résiduels ; Resserrage manchon et remplacement éventuel ;	Stock de paliers et de roulements avec leurs garnitures
Buses d'injections (encrassement) Annexe G Tableau IV.61	4	Fréquence d'apparition très faible ; Pratiquement pas de pertes de production; Coût assez faible ; Détection assez délicate Causes probables : Présence de matières dans les buses	La pression de l'air de barrage est- elle correcte ? L'air envoyé n'est t-il pas chargé d'impuretés ?		<u>Maintenance systématique</u> : Nettoyer buses ; Nettoyer les filtres à air	

éléments (défauts)	criticité	Interprétation du tableau	questionnement	Actions correctives	Actions préventives	Gestion des stocks
Poulie-courroie (usure gorge/courroie) Annexe G Tableau IV.58	3	Fréquence très faible Coût faible Perte de production négligeable Détection un peu difficile Causes probables : Mauvais alignement des poulies Présence de corps étrangers	La courroie présente-t-elle des signes de fatigue ? La conformité de toutes les courroies est-elle vérifiée ? Y'a-t-il de la matière dans les gorges ?		Mettre des courroies de même qualité <u>Visite périodique</u> : Vérifier souvent la tension des courroies ; Vérifier liaison avec l'arbre <u>Maintenance systématique</u> : Vérifier l'état des courroies et changement éventuel ; Nettoyer les gorges de poulies ;	Garder en stock des courroies

RECOMMANDATIONS

- Poursuivre l'étude en étant plus collé à l'exigence de la méthode en quoi faisant :
former des groupes de travail de cinq membres au plus répartis comme suit :
un animateur : le préparateur des arrêts concernant l'équipement ;
un pilote : chef service Bureau Technique ;
autres membres : le responsable de l'intervention, un élément du graissage/lubrification.
- Mettre en pratique les résultats obtenus de l'étude et recorriger les cotes pour une autre analyse des défaillances avant de la systématiser ;
- Mesurer les impacts de ces solutions correctives en mettant en place des indicateurs comme le calcul de la M.T.B.F de manière sectorielle pour éviter d'alourdir le système et d'impliquer les responsable dans cette culte de la qualité ;
- Pousser l'étude en augmentant le niveau de détails, en intégrant la méthode des 5 Pourquoi au point d'atteindre la détection impossible. Cependant nous préconisons de l'adopter pour les équipements stratégiques et critiques.
- Insister sur la qualité des comptes-rendus de rapports de visite : exiger de la part du visiteur un compte-rendu de l'état de dégradation des points visités, des actions envisageables ;
- Mettre à jour les fiches machines en exigeant des rapports d'activités quelque soit le degré de la modification ;

CONCLUSION GENERALE :

Les résultats obtenus à ce stade de l'étude montrent déjà l'efficacité de cette approche nouvelle dans la gestion de la maintenance. Elle permettra à partir d'une fiche de visite régulière de se fixer sur la périodicité de la visite des équipements. En outre, elle nous a permis d'avoir une meilleure politique pour la gestion des stocks des pièces stratégiques.

Certes, cette étude a présenté des résultats mais elle n'aura de sens que quand ces actions à la fois correctives et préventives seront mises en œuvre et dans un bref délai afin de mesurer l'impact des changements et de recorriger les valeurs de Criticité.

Vue la ressemblance des lignes de broyage de par leurs éléments constitutifs, les modes de défaillances, les effets et les causes seront identiques à tous les équipements de même nature. Seules les cotes relatives aux critères d'analyse seront différentes.

Quelques difficultés ont été rencontrées dans la collecte et la cotation des défaillances. Ceci s'explique par le manque de données historiques lointaines. En marge de ce projet tous les équipements analysés ont leurs fiches machines confectionnées et leurs pièces stratégiques définies.

Le Département a certes fait un grand pas, mais la qualité doit être l'affaire de tous. Tous les services doivent faire comme le service Préparation. L'utilisation de la méthode des 5S au niveau de l'atelier de fabrication mécanique constituerait un élément important dans l'accomplissement des travaux de production mécanique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Webliographie :

- [1] <http://neumann.hec.ca/nts/cours/6-510-96/amdec.fr>
- [2] <http://chaqual.free.fr/outils/amdec/histoireamdec.html>
- [3] <http://www.logan-man.org/qualité/outils%20qualité/methods.pdf>

Bibliographie :

- [4] LYONNET, P. La maintenance : Mathématiques et méthodes, deuxième édition. Paris, Technique et Documentation-Lavoisier, 1988, 267p.
- [5] MONCHY, F. La fonction maintenance : formation à la gestion de la maintenance industrielle, Paris, MASSON, 1987, 449p.
- [6] HENG, Jean Pratique de la Maintenance Préventive, Paris, DUNOD, 2002, 396 p.

ANNEXE A

Ensemble : transporteur 127N

Sous ensemble : coupleur

Tableau IV.15 : analyse et cotation du coupleur

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
huile	Transmettre de manière progressive le couple moteur, protéger le moteur	Fuite	Transmission partielle ; Excès de température ; Déclenchement système	boulons desserrés ; joints défectueux		1	4	1	4	11.2
		Mauvais remplissage	Transmission partielle ; Excès de température ; Déclenchement système	opérateur		1	3	1	4	8.8
		Huile déversée	Arrêt système	Non fonctionnement du fusible percuteur		1	4	1	4	11.2
roulements	Guider l'arbre moteur et récepteur en rotation	Usure/cassure	Arbre bloqué coté réducteur ; Déclenchement percuteur	Qualité huile ; fatigue		1	4	1	4	11.2

ANNEXE A

Ensemble : transporteur 127N
Sous ensemble : réducteur

Tableau IV.16 : analyse et cotation du réducteur

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
dentures	Transmettre le couple moteur par engrènement	Usure/Cassure	Bruit ; Mauvais engrènement	Mauvaise lubrification ; corps étrangers ; fatigue		1	4	2	4	12.8
roulements	Guider en rotation l'arbre moteur	Usure/Cassure	Arbre bloqué ; Usure des portées de l'arbre ; Bruit	Manque d'étanchéité ; Couple excessif ; Mauvais montage ; fatigue		1	4	2	3	9.6
Anti-dévireur	Empêcher le retour de la matière une fois la bande arrêtée	Système bloqué	Retour bande	Défaillance interne		1	1	1	4	4

ANNEXE A

Ensemble : transporteur 127N

Sous ensemble : tambour de commande

Tableau IV.17: analyse et cotation du tambour de commande

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
tambour	Entraîner la bande	Présence de méplats ; Fissures	Déport de bande ; Usure bande	Absence de revêtement ; frottement	visuel	1	4	1	2	5.6
		usure revêtement	Réduction vitesse bande ; Déport de bande	Bavettes racleurs défectueuses ; Présence de Clinker entre bande et tambour	visuel	2	2	1	2	6.4
arbre	Transmettre le mouvement de rotation au tambour	Usure au niveau des portées de roulements	Mauvaise transmission	manchon de roulement desserré ; roulements usés		1	4	1	4	11.2
		Cassure	Pas de transmission	mauvais montage ; qualité matériau		1	4	1	4	11.2
		Etat de la liaison avec clavette	battement	Usure rainure ; Clavette lâchée ou usée		1	4	1	4	11.2
Paliers et roulements	Guider l'arbre en rotation	Usure/Cassure	Arbre bloqué Bruit Température élevée	Manque d'étanchéité ; Mauvais montage ; problème de graissage ; fatigue		1	4	1	3	8.4

ANNEXE A

Ensemble : transporteur 127N

Sous ensemble : tambour de renvoi

Tableau IV.18 : analyse et cotation du tambour de renvoi

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
tambour	Faciliter l'entraînement de la bande	Présence de méplats ; Fissures	Déport Usure bande	Frottement ; absence de revêtement	visuel	1	4	1	2	5.6
		Usure revêtement	Déport Vitesse réduite	Frottement ; Présence de matière	visuel	2	1	1	2	4
arbre	Guider en rotation le tambour de renvoi	Usure au niveau des portées de roulements	Mauvaise transmission	Manchon de roulement desserré ; Roulements usés		1	4	1	4	11.2
		Cassure	Pas de transmission	Qualité matériau ; Mauvais montage		1	4	1	4	11.2
Paliers et roulements	Guider l'arbre en rotation	Cassure	Arbre bloqué Peu de bruit Température élevée	Manque d'étanchéité ; Mauvais montage ; Excès ou manque de graissage ; fatigue		1	4	1	3	8.4

ANNEXE A

Ensemble : transporteur 127N

Sous ensemble : tambour de contrainte

Tableau IV.19 : analyse et cotation du tambour de contrainte

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
tambour	Augmenter l'angle de contact entre bande et tambour de commande et/ou tambour de renvoi	Présence de méplats ; fissures	Usure bande	Présence de matières ; Absence de revêtement	visuel	1	1	1	2	2
		Usure revêtement	Usure bande	Présence matières	visuel	1	1	1	2	2
arbre	Guider le tambour de contrainte	Usure au niveau des portées de roulements	Diminution tension bande	Manchon de roulement desserré ; Roulements usés		1	1	1	4	4
		cassure	Diminution tension bande	Qualité matériau ; Mauvais montage		1	1	1	4	4
Paliers roulements	Guider en rotation l'arbre du tambour de contrainte	Usure/Cassure	Arbre bloqué Peu de bruit Température élevée	Manque d'étanchéité ; Mauvais montage ; Excès ou manque de graissage ; fatigue		1	1	1	3	3

ANNEXE A

Ensemble : transporteur 127N

Sous ensemble : bande

Tableau IV.20: analyse et cotation de la bande

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
bande	Recevoir le Clinker et le transporter	Rupture	Arrêt production	Bande trop déportée ; Rupture collage ; Rupture agrafage	visuel	2	4	2	2	16
		Usure/brûlure	Déport de bande Bande trouée	Rouleaux défectueux ; Qualité bande ; Température élevée ; matière	visuel	2	4	2	2	16
		Présence de trous /déchirure bande	Pertes de matière	Corps étrangers ; Usure des rouleaux	visuel	2	4	2	2	16
		Tension insuffisante	Bande traînante ; Vitesse réduite	Système de tension défectueux ; Bande trop longue ; Dilatation importante	visuel	2	4	1	2	11.2
rouleaux	Centrer et guider la bande	blocage	Usure bande ; Méplats sur rouleaux	Roulement défectueux ; Présence de matière ; Frottement élevé	Visuel /toucher	4	1	1	2	8

ANNEXE A

Ensemble : transporteur 127N

Sous ensemble : système de tension

Tableau IV.21 : analyse et cotation du système de tension

éléments	fonctions	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
articulation	Relier le système à l'arbre de renvoi	usure matage	Chute contre poids	Frottement avec le câble		1	4	1	4	11.2
Pignon chaîne	Transmettre le mouvement au contrepoids	Rupture chaîne	Mauvaise transmission	Usure axe ; surcharge	visuel	1	4	1	2	5.6
		déraillement	Mauvais engrènement	Usure des roulements	visuel	1	4	1	2	5.6
câble	Relier	rupture	Tension non réglée ; Contre poids à terre	Tension excessive ; Pas bien attaché	visuel	1	4	1	2	5.6
poulie	Guider le câble	Cassure flanc	Déraillement câble	Présence de matières		1	4	1	4	11.2
		blocage	Glissement câble	Roulements défectueux		1	1	1	4	4

ANNEXE B

Ensemble : doseur Clinker

Sous ensemble : réducteur

Tableau IV.22: analyse et cotation du réducteur doseur Clinker

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
dentures	Transmettre le couple moteur par engrènement	Usure/Cassure	Bruit ; Mauvais engrènement	Mauvaise lubrification ; Corps étrangers ; fatigue		1	3	1	4	8.8
roulements	Guider en rotation l'arbre moteur	Usure/Cassure	Arbre bloqué ; Usure de l'arbre ; bruit	Manque d'étanchéité ; Surcharge ; fatigue		1	3	1	3	8.8

ANNEXE B

Ensemble : doseur Clinker

Sous ensemble : tambour de commande

Tableau IV.23 : analyse et cotation du tambour de commande du doseur Clinker

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
tambour	Entraîner la bande	Présence de méplats ; fissures	Usure bande ; Déport de bande	Absence de revêtement ; Usure du revêtement	visuel toucher	1	1	1	2	2
revêtement	Protéger le tambour et augmenter le coefficient de frottement entre bande et tambour	Usure	Glissement entre tambour et bande ; Déport	abrasivité matière ; tension insuffisante	visuel	1	1	1	2	2
		Décollage	Déport de bande ; Usure bande ; Usure tambour	Température Clinker ; Mauvais collage	visuel	1	1	1	2	2
arbre	Transmettre le mouvement de rotation au tambour	Usure au niveau des portées de roulements	Mauvaise transmission	Manchon de roulement desserré ; Roulements usés ou défectueux		1	3	1	3	6.6
		cassure	Pas de transmission	Mauvais montage ; Qualité matériau		1	3	1	4	8.8
Paliers roulements	Guider l'arbre en rotation	Usure/Cassure	Arbre bloqué Bruit Température élevée	Manque d'étanchéité ; Mauvais montage ; mauvais graissage ; desserrage manchon		1	3	1	3	6.6

ANNEXE B

Ensemble : doseur Clinker BK5

Sous ensemble : tambour de renvoi

Tableau IV.24 : analyse et cotation du tambour de renvoi

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
tambour	Entraîner la bande	Présence de méplats ; fissures	Frottement élevé ; Usure bande	Absence de revêtement	Visuel toucher	1	1	1	2	2
revêtement	Protéger le tambour et augmenter le coefficient de frottement entre bande et tambour	usure	Usure tambour Usure bande	Présence de matière ; Tension insuffisante	visuel	1	1	1	2	2
		Décollage	Usure bande Usure tambour	Température Clinker ; Mauvais collage	visuel	1	1	1	2	2
arbre	Guider en rotation le tambour de renvoi	Usure au niveau des portées de roulements	Mauvais guidage	Manchon de roulement desserré ; roulements usés		1	3	1	4	8.8
		cassure	Pas de guidage	Mauvais montage ; Qualité matériau		1	3	1	4	8.8
Paliers roulements	Guider l'arbre en rotation	Usure/Cassure	Arbre bloqué Bruit Température élevée	Manque d'étanchéité ; Mauvais montage ; Mauvais Graissage ; manchon desserré		1	3	1	3	8.8

ANNEXE B

Ensemble : doseur Clinker
Sous ensemble : bande

Tableau IV.25 : analyse et cotation de la bande

élément	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
bande	Recevoir le Clinker et le transporter	rupture	Pas de production	Rupture collage ; Corps étrangers	visuel	2	3	1	2	8.8
		usure	Deport de bande ; Déversement de matière ; Diminution de tension de la bande	Usure rouleaux ou non adaptés ; Clinker entre bande et tambour ; Absence de revêtement des tambours ; Température Clinker	visuel	2	2	1	2	6.4
rouleaux	Centrer et guider la bande	blocage	Usure bande ; Méplats sur rouleaux	Roulement défectueux ; Présence de matière ; Frottement élevé	Visuel /toucher	2	1	1	2	4

ANNEXE C

Ensemble : broyeur BK5
Sous ensemble : accouplement GV

Tableau IV.26: analyse et cotation de l'accouplement GV

éléments	fonctions	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
Accouplement GV	Transmettre le couple moteur au réducteur	Usure des tampons	Usure des logements de tampons ; Contact métal/métal ; vibrations	Défaut d'alignement ; Usure des paliers lisses du réducteur ; fatigue	Mesure vibratoire	1	1	1	2	2
		Rupture des axes	Vibrations ; Arrêt réducteur	Mauvais écartement des demi-accouplements	Mesure vibratoire	1	3	1	2	4.4
		Etat de la liaison avec la clavette	Battement	Rainure usée ; Clavette matée ou délogée ; Mauvais emmanchement	Mesure vibratoire	1	3	1	2	4.4
		Usure des logements de tampons	Vibration importante ; Bruits Usure des tampons	Défaut d'alignement	Mesure vibratoire	1	1	2	2	2.4

ANNEXE C

Ensemble : broyeur BK5

Sous ensemble : réducteur

Tableau IV.27: analyse et cotation du réducteur

éléments	fonctions	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
dentures	Transmettre le couple	Usure/cassure	Bruits ; Choc ; Excès de température Mauvaise transmission	Mauvaise lubrification ; Système de refroidissement défectueux ; Mauvais alignement de accouplement ; Corps étrangers ; Usure des paliers lisses du réducteur ; Fatigue	Mesure vibratoire	1	3	4	2	10.4
Paliers lisses	Guider les arbres en rotation	Usure régulière	Usure dentures ; Frottement élevé ; Excès de température	Mauvais alignement arbre ; Mauvaise lubrification	Mesure vibratoire ; Suivi à la salle de contrôle	1	3	2	1	2.6
		Régule fondu	Affaissement arbre ; Colmatage de l'arbre ; Niveau de vibration élevé ; feu	Excès de température ; Mauvaise lubrification ; Sécurité température non fonctionnelle		1	3	2	4	10.4
		Problèmes d'étanchéité	Fuite d'huile	Usure des joints	visuel	2	1	1	2	4
arbre	Transmettre le mouvement moteur	Usure des portées de paliers lisses	Usure dentures ; Excès de température	régule usé ; Mauvaise lubrification	Mesure vibratoire	1	3	3	2	6
		cassure	Pas de transmission	désalignement; mauvais engrènement ; Fatigue	Mesure vibratoire	1	3	4	2	6.8
carter	Protéger l'ensemble réducteur	Usure ; Etanchéité plan de joint	Fuite huile	Boulons desserrés fissures	visuel	1	1	1	2	2

ANNEXE C

Ensemble : broyeur BK5
Sous ensemble : accouplement PV

Tableau IV.28: analyse et cotation de l'accouplement PV

éléments	fonctions	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
accouplement	Transmettre le couple par engrènement	Usure des dentures	Vibrations ; Mauvaise transmission	Désalignement ; Mauvais graissage ; Fatigue	mesure vibratoire	1	2	2	2	4
		Etat de la liaison avec la clavette	battement	Rainure usée ; Clavette matée ou délogée ; Mauvais emmanchement	mesure vibratoire	1	3	1	2	4.4

ANNEXE C

Ensemble : broyeur BK5
Sous ensemble : allonge

Tableau IV.29: analyse et cotation de l'allonge

éléments	fonctions	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
Paliers roulement	Guider en rotation	Usure/cassure	Arbre bloqué ; Bruit de roulement ; Excès de température	Mauvais graissage ; Manque d'étanchéité ; Mauvais montage des roulements ; fatigue		1	3	2	4	10.4
arbre	Transmettre le couple	Usure des portées de roulement	Mauvaise transmission	Manchon de serrage desserré ; Roulements usés		1	2	2	4	8
		Cassure	Pas de transmission	Mauvais montage ; Qualité matériau ; Fatigue	visuel	1	3	2	2	5.2
		Etat de la liaison par clavette	battement	Rainure usée ; Clavette matée ou délogée ; Mauvais emmanchement	visuel	1	3	1	2	4.4

ANNEXE C

Ensemble : broyeur BK5

Sous ensemble : pignon arbré

Tableau IV.30: analyse et cotation du pignon arbré

éléments	fonctions	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
pignon	Transmettre le couple PV à la couronne	Usure/cassure des dents	Mauvais engrènement avec couronne ; Choc	Mauvais graissage ; Mauvais montage ; Fatigue	visuel	1	3	3	2	6
arbre	Transmettre le mouvement de rotation	Cassure	Pas de transmission	Mauvais alignement avec l'accouplement Mauvais engrènement ; Fatigue	visuel	1	3	3	2	6
		Usure des portées de roulements	Vibration ; Usure des dentures de pignon ; échauffement	Manchon de roulement desserré ; Roulements usés	Suivi température	1	3	2	2	5.2
		Liaison avec la clavette	battement	Clavette matée ou délogée ; Usure rainure ; Mauvais emmanchement	visuel	1	3	1	2	4.4
Paliers roulements	Guider le pignon arbré en rotation	Usure/cassure	Usure denture pignon ; Mauvais engrènement bruits ; Température élevée	Mauvais graissage ; Désalignement Sonde non fonctionnelle ;	Suivi salle de contrôle	1	3	2	1	2.6

ANNEXE C

Ensemble : broyeur BK5

Sous ensemble : couronne

Tableau IV.31: analyse et cotation de la couronne

éléments	fonctions	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
dentures	Transmettre le mouvement de rotation à la virole	Usure/cassure	Vibration ; choc	Système de graissage défectueux ; Mauvais engrènement Usure palier porteur ; Fatigue	visuel	1	3	4	2	6.8

ANNEXE C

Ensemble : broyeur BK5

Sous ensemble : palier porteur

Tableau IV.32: analyse et cotation du palier porteur

éléments	fonctions	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
tourillons	Recevoir les coussinets, supporter le broyeur	Usure, rayures	Frottement élevé ; Usure des coussinets	Système de suspension défectueux ; Mauvaise lubrification ; Pénétration de matières	Suivi température coussinets ; Suivi pression	1	3	4	1	3.4
coussinets	guider en rotation le broyeur	Usure coussinets	Mauvais engrènement de la couronne ; Mauvais guidage	Mauvaise lubrification ; Système de refroidissement huile défectueux ; Usure tourillons	Suivi température coussinets ; Suivi pression	1	3	3	1	3

ANNEXE C

Ensemble : broyeur BK5

Sous ensemble : broyeur

Tableau IV.33: analyse et cotation du broyeur

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
Goulotte d'entrée	Acheminer le mélange Clinker, Ajout et Gypse vers le broyeur	Usure perçage	Fuite de matière	Abrasivité matière ; Qualité matériau	visuel	4	1	1	2	8
Cône d'entrée	Faire avancer la matière dans le broyeur	Usure Perçage de l'hélice	Pénétration de matières ; Usure tourillon ;	Vétusté cône ; Abrasiveité matières ; Qualité réparation		4	1	1	4	16
Fond d'entrée	Protéger la paroi avant du broyeur	Usure des plaques	Usure paroi broyeur	Choc entre boulets et blindages ; Mauvais remplissage broyeur ; Abrasiveité matière ; fatigue	visuel mesure	1	1	2	2	2.8
		Chute des plaques	Usure paroi broyeur	Rupture/desserrage boulons	visuel	1	1	2	2	2.8
Chambres de broyage	Ecraser le mélange	Usure des blindages	Beaucoup de refus ; Usure virole	Choc boulets/blindage Abrasiveité matière ; Broyeur mal rempli	Visuel mesure	1	1	4	2	4.4
		Chute des blindages	Usure virole ;	Chute de boulons ; Marche à vide	visuel	1	3	1	2	4
Cloison intermédiaire	servir de passage à la matière issue de la chambre 1	Usure tamis central	Beaucoup de refus ; Transfert de boulets dans la chambre 2	Abrasivité matière ; Marche à vide		1	3	1	4	8.8

ANNEXE C

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
		Fissure et desserrage châssis	Déboîtement plaques ;	Boulons desserrés ; Choc ; fatigue		1	3	4	4	27
Cloison de sortie	Permettre l'évacuation du produit issu du broyage vers le séparateur	Usure des blindages	Beaucoup de refus	Choc avec boulets ; Broyeur vide ; Fatigue	visuel	1	1	2	2	2.8
		grille bouchée	Production réduite ;	Fente trop large ; Usure boulets	visuel	2	1	1	2	2

ANNEXE C

Ensemble : broyeur BK5

Sous ensemble : système de lubrification du réducteur

Tableau IV.35: analyse et cotation du système de lubrification du réducteur

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
Pompe à huile	Assurer le transport de l'huile entre l'échangeur et le réducteur	Défaut de débit	Mauvaise lubrification ; Echauffement pompe	Joints défectueux ; Roulements usés ; Fuite		4	3	1	1	8.8
répartiteurs	Répartir l'huile sur l'ensemble de la zone ciblée	bouchage	Mauvaise lubrification	Corps étrangers		1	3	1	4	8.8

ANNEXE C

Ensemble : broyeur BK5

Sous ensemble : système de refroidissement huile réducteur

Tableau IV.36: analyse et cotation du système de refroidissement de l'huile réducteur

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
Pompe à huile réducteur	Assurer le transport de l'huile entre l'échangeur et le réducteur	Défaut de débit	Echauffement huile réducteur ; Echauffement pompe	Joints défectueux ; Roulements usés ; fuite	Détecteur de circulation de débit	4	3	1	1	8.8
filtre	Arrêter les particules solides	encrassement	Augmentation de la température ; Colmatage	Présence de corps en suspension		1	1	1	1	1
Echangeur	Baisser la température de l'huile du réducteur	Colmatage de tubes	Mauvais refroidissement	Présence de corps en suspension ; Entartrage des tubes		2	3	1	4	17.6
		Encrassement faisceaux	Mauvais refroidissement	Mauvais filtrage		1	3	1	4	8.8
		Fuites internes externes	Mélange huile/eau	Corrosion		1	3	1	4	8.8

ANNEXE C

Ensemble: broyeur BK5

Sous ensemble : système de refroidissement de l'eau

Tableau IV.37: analyse et cotation du système de refroidissement de l'eau

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
Pompe à eau	Assurer le transport de l'eau entre l'échangeur et le radiateur	Défaut de débit	Mauvais refroidissement de l'huile ; Echauffement pompe	Joints défectueux ; Fuite ; Appoint défectueux		1	3	1	4	8.8
Bac à eau	Assurer l'appoint en eau au circuit	Niveau eau bas	Fuite non compensée dans le circuit principal ; Mauvais refroidissement de l'eau et de l'huile	Fuite ; Manque d'eau ; Sécurité non fonctionnelle		1	3	2	4	10.4
Radiateur	Baisser la température de l'eau	Perçage	Fuite ; Mauvais refroidissement	Qualité de l'eau		1	3	3	2	6
		Usure des ailettes	Mauvais refroidissement	Mauvaise surface d'échange	visuel	1	1	3	2	3.6
ventilation	Refroidir l'eau dans le radiateur	Pale cassée	Mauvais brassage ; Mauvais refroidissement	Corps étrangers	visuel	1	1	1	2	2
		Pale desserrée	Mauvais brassage ; Mauvais refroidissement	Boulons desserrés	visuel sonore	1	1	1	2	2

ANNEXE C

Ensemble : broyeur BK5

Sous ensemble : système de graissage de la couronne et du pignon arbré

Tableau IV.38: analyse et cotation du système de graissage de la couronne et du pignon arbré

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
Fût	Assurer l'appoint en graisse	Fût vide	Usure prématurée des dentures de pompe	Sécurité non fonctionnelle ; Sécurité inexistante	visuel	1	1	1	2	2
Pompe HP (gavage)	Transporter la graisse	Défaut de débit	Mauvais graissage ; Echauffement pompe	Joints défectueux ; Niveau fût bas ; Régulation incorrecte ; Roulements usés ; Usure pompe ; fuite	Chute de pression	2	3	1	2	8.8
Motograisseur	Transporter la graisse vers la couronne	Défaut de débit	Mauvais graissage ; Echauffement pompe	Joints défectueux ; Roulements usés ; Régulation incorrecte ; Usure pompe	Chute de pression	2	3	1	2	8.8
Distributeur	Repartir de la graisse au niveau des injecteurs	Blocage	Mauvais graissage	Usure piston ; Pression faible ; Corps étrangers		1	3	1	2	4.4
injecteurs	Propager la graisse sur les dentures de la couronne	Pression de tarage insuffisante	Mauvaise répartition de la graisse	Mauvais tarage ; Défaut de pression d'air et/ou de graisse		1	3	1	2	4.4

ANNEXE C

Ensemble : broyeur BK5

Sous ensemble : système de lubrification du palier porteur

Tableau IV.39: analyse et cotation du système de lubrification du palier porteur

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
Pompe à huile HP	Assurer la circulation de l'huile	Défaut de débit	Usure tourillon ; Usure coussinet	Usure des joints ; Usure roulements ; Usure denture pompe ; fuite		2	3	1	2	8.8
Répartiteur	Répartir l'huile entre les canalisations des paliers	bouchage	Mauvaise lubrification ; arrêt broyeur ; échauffement pompe	Corps étrangers		1	3	1	2	4.4

ANNEXE C

Ensemble: broyeur BK5

Sous ensemble : groupe de virage

Tableau IV.40: analyse et cotation du groupe de virage

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
frein	Arrêter la transmission	Retard freinage	Glissement ; échauffement	Usure garniture	visuel	1	1	1	2	2
Réducteur de virage	Réduire la vitesse motrice	Usure denture	Bruits ; Mauvais engrènement	Mauvaise lubrification ; Corps étrangers ; Mauvaise étanchéité		1	1	1	4	4
		Usure des roulements	Echauffement réducteur	Mauvaise lubrification ; Mauvaise étanchéité ; fatigue		1	1	1	4	4
crabotage	Transmettre le couple au réducteur principal	Mauvais crabotage	Cassure arbre ; Mauvais accouplement ; Usure des paliers	Opérateur ;	visuel	1	1	1	2	2

ANNEXE D

Ensemble : séparateur dynamique
Sous ensemble : réducteur

Tableau IV.41 : analyse et cotation du réducteur

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
dentures	Transmettre le couple moteur par engrènement	Usure/Cassure	Bruits ; Mauvais engrènement	Mauvaise lubrification ; Choc ; corps étrangers ; fatigue		1	3	2	4	10.4
roulements	Guider en rotation l'arbre moteur	Usure/Cassure	Arbre bloqué ; Usure des portées de l'arbre ; bruit	Manque d'étanchéité ; Couple excessif ; Mauvais montage		1	3	2	4	10.4

ANNEXE D

Ensemble : séparateur dynamique

Sous ensemble : accouplement

Tableau IV.42 : analyse et cotation de l'accouplement

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
accouplement	Transmettre le couple moteur	Etat de la liaison avec la clavette	Battement	Rainure usée ; Clavette lâchée ou matée		1	3	1	4	8.8
		Usure/Cassure du ressort	Mauvaise transmission	Mauvais montage ; Défaut d'alignement ; Clavette lâchée		1	3	1	4	8.8

ANNEXE D

Ensemble : séparateur dynamique

Sous ensemble : arbre de commande

Tableau IV.43: analyse et cotation de l'arbre de commande

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
Arbre	Transmettre le mouvement de rotation au plateau	Cassure	Pas de transmission	Surcharge ; Mauvais montage ; Qualité matériau		1	3	1	4	8.8
		Usure au niveau des portées de roulement	Mauvaise transmission	Manchon de roulement desserré ; Roulements usés		1	3	1	4	8.8
		Etat de la liaison avec la clavette	Battement	Rainure usée ; Clavette lâchée ou matée		1	3	1	4	8.8
Palier roulement	Guider l'arbre en rotation	Usure/Cassure	Pas de transmission ; Mauvaise transmission ; Bruit ; Température élevée	Mauvaise lubrification ; Mauvaise étanchéité ; fatigue		1	3	1	4	8.8
tirants	Régler et centrer l'arbre sur le plateau Faciliter le montage et le démontage	Desserrage de l'écrou	Désalignement de l'arbre	Mauvais serrage du contre écrou sur l'écrou	visuel	1	3	1	2	4.4
		Usure blindage	Désalignement de l'arbre ; Rupture tirants	Abrasion par la matière		1	3	2	4	10.4

ANNEXE D

Ensemble : séparateur dynamique

Sous ensemble : Chambre de sélection

Tableau IV.44: analyse et cotation de la chambre de sélection

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
Blindage	Protéger le plateau disperseur et le corps du Sepol contre l'abrasion	Usure	Usure du corps ; Perçage du plateau	Usure par fatigue		1	3	4	4	13.6
Turbine	Créer un tourbillon au niveau de la chambre pour séparer la matière par densité	Usure/cassure pale	Balourd ; Mauvais cyclonage ; Beaucoup de refus	Boulons desserrés ; Matière abrasive		1	2	1	4	6.4
Clapet pendulaire	Evacuer les refus	Blocage à l'ouverture	Perte de dépression	Palier bloqué ; Présence de matières	visuel	1	3	1	2	4.4
		Blocage à la fermeture	Bourrage du broyeur	Palier bloqué	visuel	1	3	1	2	4.4

ANNEXE D

Ensemble : séparateur dynamique

Sous ensemble : système de refroidissement réducteur

Tableau IV.45 : analyse et cotation du système de refroidissement réducteur

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
Pompe	Assurer la circulation de l'huile du réducteur à l'échangeur	Défaut de débit	Réducteur très chaud	Joints défectueux ; Fuite ; Bouchage à l'aspiration et/ou au refoulement		1	3	1	4	8.8
Echangeur	Baisser la température de l'huile du réducteur	Colmatage de tubes	Mauvais refroidissement	Présence de corps en suspension ; Entartrage des faisceaux		1	3	1	4	8.8
		Encrassement faisceaux	Mauvais refroidissement	Mauvais filtrage		1	1	1	4	4
		fuites	Mélange eau/huile	Corrosion des tubes		1	4	1	1	2.8

ANNEXE E

Ensemble : ventilateur de tirage Sepol BK5

Sous ensemble : accouplement

Tableau IV.46: analyse et cotation de l'accouplement

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
accouplement	Transmettre le couple du réducteur au tourteau	Usure tampon	Contact métal/métal	Défaut d'alignement		1	2	1	4	6.4
		Rupture axes	vibrations	Mauvais écartement des demi-accouplements		1	2	1	4	6.4
		Etat de la liaison avec la clavette	Battement	Rainure usée ; Clavette matée ou délogée ; Mauvais emmanchement		1	3	1	4	8.8
		Usure des logements de tampons en caoutchouc	vibration	Usure des tampons en caoutchouc		1	3	1	4	8.8

ANNEXE E

Ensemble : ventilateur de tirage Sepol BK5

Sous ensemble : arbre de commande

Tableau IV.47: analyse et cotation de l'arbre de commande

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
arbre	Transmettre le mouvement de rotation aux tourteaux	Usure au niveau des portées de roulements	Mauvaise transmission	manchon de roulement desserré ; roulements usés		1	3	1	4	8.8
		cassure	Pas de transmission	mauvais montage ; qualité matériau		1	3	1	4	8.8
		Etat de la liaison avec la clavette	Battement	Rainure usée ; Clavette délogée ou matée ; Mauvais emmanchement		1	3	1	4	8.8
Paliers roulements	Guider l'arbre en rotation	Usure/Cassure	Arbre bloqué ; Bruit ; Température élevée ;	Manque d'étanchéité ; Mauvais montage ; mauvais graissage ; Fatigue		1	3	1	3	6.6
Déflexeur	Isoler ; Assurer la ventilation au niveau du palier	Usure/Cassure Ailette	Echauffement palier	Excès de chaleur ; Qualité matériau		1	3	1	4	8.8

ANNEXE E

Ensemble : Ventilateur de tirage Sepol BK5

Sous ensemble : Ventilateur

Tableau IV.48: analyse et cotation du ventilateur

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
Ventilateur	Créer la dépression dans le séparateur	Usure/ fissure Roue à aube	Perte de pression ; Mauvaise dépression dans la chambre de sélection	Sédimentation par dépôt de matière abrasive		1	3	2	4	10.4
		Défaut d'étanchéité	Perte de pression	Usure joint à disque		1	3	1	3	6.6
		Fonctionnement instable	Débit irrégulier ; Vibration	Problème d'étanchéité ; Mauvais montage de l'accouplement ; Mauvais équilibrage		1	2	1	4	6.4
		Volute Percé	Fuite ;		visuel	1	3	1	2	4
Compensateur	Compenser le jeu de montage des brides ; Amortir les vibrations	Perçage du tissu	Perte de pression ; Débit produit fini réduit	Usure par fatigue	visuel	1	1	1	2	2
		Défaut étanchéité	Perte de pression Débit produit fini réduit	Boulons desserrés	visuel	1	1	1	2	2

ANNEXE E

Ensemble : Ventilateur de tirage Sepol BK5

Sous ensemble : servo moteur

Tableau IV.49: analyse et cotation du servo moteur

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
Vis sans fin	Transmettre le couple	Usure au niveau des portées de roulements	Mauvaise transmission	Roulements usés		1	2	?	4	
		Usure/Cassure de l'hélice	Pas de transmission	Mauvais montage ; Commande non fonctionnelle		1	2	?	3	
Train d'engrenages	Transmettre le mouvement de la vis aux volets	Usure/cassure des dentures	Mauvaise transmission Volets mal ouverts ou fermés	Fatigue		1	2	?	3	
Volets	Régler le débit d'air selon différentes positions	Usure/Cassure	Débit irrégulier	Corps étrangers ; Etat abrasif de la matière		1	2	1	4	6.4
		blocage	Mauvais réglage du débit d'air de séparation	Usure vis sans fin ; Usure/cassure dentures des roues		1	2	?	2	

ANNEXE F

Ensemble : Elévateur 315N
Sous ensemble : coupleur

Tableau IV.50: analyse et cotation du coupleur

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	contrôle	F	G		D	C
							Pp	Co		
huile	Transmettre de manière progressive le couple moteur, protéger le moteur	Fuite	Transmission partielle ; Excès de température ; Déclenchement système	boulons desserrés, joints défectueux		1	3	1	4	8.8
		Mauvais remplissage	Transmission partielle ; Excès de température ; Système déclenché	opérateur		1	2	1	4	6.4
roulements	Guider l'arbre moteur et récepteur en rotation	Usure/cassure	Arbre bloqué coté réducteur ; Déclenchement percuteur	Qualité huile ; Fatigue		1	3	1	4	8.8

ANNEXE F

Ensemble : Elévateur 315N

Sous ensemble : réducteur

Tableau IV.51: analyse et cotation du réducteur

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
dentures	Transmettre le couple moteur par engrènement	Usure/Cassure	Bruits ; Mauvais engrènement ;	Manque d'huile ; Surcharge ; Choc ; corps étrangers ; fatigue		1	3	2	4	10.4
roulements	Guider en rotation l'arbre moteur	Usure/Cassure	Arbre bloqué ; Usure des portées l'arbre ; Bruits	Manque d'étanchéité ; Mauvaise lubrification ; Couple excessif ; Mauvais montage		1	3	1	3	6.6

ANNEXE F

Ensemble : élévateur 315N
Sous ensemble : accouplement

Tableau IV.52: analyse et cotation de l'accouplement

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	contrôle	F	G		D	C
							Pp	Co		
accouplement	Transmettre le couple du réducteur au tourteau	Usure des tocs en bois	vibrations	Surcharge ; Défaut d'alignement		1	3	1	4	8.8
		Etat de la liaison avec la clavette	Battement	Rainure usée, Clavette matée ou délogée, Mauvais emmanchement		1	3	1	4	8.8

ANNEXE F

Ensemble : Elévateur 315N

Sous ensemble : tourteau de commande

Tableau IV.53: analyse et cotation du tourteau de commande

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	contrôle	F	G		D	C
							Pp	Co		
tourteau	Guider la chaîne	Usure denture	chaîne détendue	Mauvais centrage, Abrasion, fatigue		1	2	1	4	6.4
		Cassure denture	Mauvais engrènement, Mouvement saccadé	Usure trop avancée		1	2	1	4	6.4
arbre	Transmettre le mouvement de rotation aux tourteaux	Usure au niveau des portées de roulements	Mauvaise transmission	manchon de roulement desserré, roulement usés		1	3	1	4	8.8
		cassure	Pas de transmission	mauvais montage, qualité matériau		1	3	1	4	8.8
		Etat de la liaison avec la clavette	battement	Clavette délogée ou matée Rainure usée		1	3	1	4	8.8
Paliers roulements	Guider l'arbre en rotation	Usure/Cassure	Arbre bloqué Bruit Température élevée	Manque d'étanchéité, Mauvais montage, problème de graissage, fatigue		1	3	1	3	6.6

ANNEXE F

Ensemble : Elévateur 315N

Sous ensemble : chaîne

Tableau IV.54: analyse et cotation de la chaîne

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	contrôle	F	G		D	C
							Pp	Co		
chaîne	Servir de liaison entre les deux tourteaux. Porter les godets	Usure des axes	Transmission difficile	Frottement élevé,		1	3	1	4	8.8
		Usure alésage plaque	Transmission difficile	Frottement élevé,		1	3	?	4	
		Usure de la douille	Frottement entre galet et axe	Présence de matière		1	3	1	4	8.8
		Usure jante galet	Pas de guidage, Frottement entre denture et jante	Contact métal/métal Présence de matières		1	3	1	4	8.8
		Système de tension défectueux	Tension insuffisante, Chaîne traînante, Débit pratiquement nul			1	2	1	2	3.2
godet	Recevoir le constituant et le transporter	Déformation godet	Mauvais taux de remplissage	Mauvaise confection, Contact casing/godet		1	2	1	3	4.8
		Godet manquant	Production réduite	Chute de godets, Boulons manquants ou mal serrés		1	2	1	3	4.8

ANNEXE F

Ensemble : Elévateur 315N
Sous ensemble : tourteau de renvoi

Tableau IV.55: analyse et cotation du tourteau de renvoi

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	contrôle	F	G		D	C
							Pp	Co		
tourteau	Faciliter la transmission du mouvement	Usure jante	Chaîne détendue	Frottement élevé		1	2	2	4	8
arbre	Transmettre le mouvement de rotation au tourteau	Usure au niveau des portées de roulements	Mauvaise transmission	manchon de roulement desserré, roulements usés		1	3	1	4	8.8
		cassure	Pas de transmission	mauvais montage, qualité matériau	visuel	1	3	1	2	4.4
Paliers roulements	Guider l'arbre en rotation	Usure/Cassure	Arbre bloqué Bruit Température élevée	Manque d'étanchéité, Mauvais montage, problème de graissage, fatigue		1	3	1	3	6.6

ANNEXE G

Ensemble : Pompe Peters

Sous ensemble : accouplement coté pompe

Tableau IV.56: analyse et cotation de l'accouplement coté pompe

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
accouple- ment	Transmettre la puissance à la pompe	Etat de la liaison avec la clavette	Battement ; Mauvaise transmission	Rainure usée ; Clavette délogée ou matée ; Mauvais emmanchement		1	1	1	4	4
		Usure tampons	Contact métal/métal ; Bruits	Défaut d'alignement ; Boulons mal serrés		1	1	1	4	4
		Usure des logements de tampons	Balourd ; Mauvaise transmission	Usure poussée des tampons ; Contact métal/métal		1	1	1	4	4

ANNEXE G

Ensemble : Pompe Peters
Sous ensemble : contre-arbre coté moteur

Tableau IV.57: analyse et cotation du contre arbre coté moteur

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
Contre-arbre	Transmettre le couple moteur aux poulies	Cassure	Pas de transmission	Qualité matériau ; Désalignement	visuel	1	1	1	2	2
		Usure au niveau des portées de roulement	Mauvaise transmission	Manchon de roulement desserré ; Roulements usés		1	1	1	4	4
		Etat de la liaison avec la clavette	Battement	Clavette matée ou délogée ; Rainure usée ; Mauvais emmanchement		1	1	1	4	4
Palier roulement	Guider l'arbre en rotation	Usure/Cassure	Mauvaise transmission ; Pas de transmission ; Température élevée ; Bruits	Mauvais graissage ; Mauvais montage de l'accouplement ; Fatigue		1	1	1	3	3

ANNEXE G

Ensemble : Pompe Peters

Sous ensemble : poulie - courroie

Tableau IV.58: analyse et cotation du poulie-courroie

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
poules	Transmettre le couple moteur vers l'organe réceptrice	Usure gorge	Glissement ; échauffement	frottement	visuel	1	1	1	2	2
		Cassure flanc	Déséquilibre du système ; Déraillement courroies	Choc ; présence de corps étrangers		1	1	1	3	3
		Etat de la liaison poulie-arbre	Usure alésage ; Pas de transmission	rainure usée ; clavette matée ou délogée	visuel	1	1	1	2	2
courroies	Transmettre la puissance aux poulies	Coupure	Pas de transmission	Corps étrangers ; Tension anormale ; Désalignement ; Fatigue	visuel	1	1	1	2	2
		Tension anormale	Puissance transmise réduite	Système de tension défectueux ; dilatation	visuel	1	1	1	2	2
		Courroie manquante	Surcharge des autres courroies	Désalignement ; Allongement courroie	visuel	1	1	1	2	2

ANNEXE G

Ensemble : Pompe Peters
Sous ensemble : accouplement coté moteur

Tableau IV.59: analyse et cotation de l'accouplement coté moteur

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
Accouplement	Transmettre le couple moteur au contre arbre et à la pompe	Etat de la liaison avec la clavette	Battement Mauvaise transmission	Clavette matée ou délogée, rainure usée, Mauvais emmanchement		1	1	1	4	4

N.B. : L'accouplement nous est inconnu donc son analyse ne pourra être réalisée.

ANNEXE G

Ensemble : Pompe Peters
Sous ensemble : contre-arbre coté pompe

Tableau IV.60: analyse et cotation du contre-arbre coté pompe

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
Contre Arbre	Transmettre le couple sortie poulie à la pompe	Cassure	Pas de transmission	Qualité matériau ; désalignement	visuel	1	1	1	2	2
		Usure au niveau des portées de roulement	Mauvaise transmission	Manchon de roulement desserré ; Roulements usés		1	1	1	4	4
		Etat de la liaison avec la clavette	Battement	Clavette matée ou délogée ; Rainure usée ; Mauvais emmanchement		1	1	1	4	4
Paliers roulements	Guider l'arbre en rotation	Usure/Cassure	Mauvaise transmission ; Température élevée ; Bruits ; Pas de transmission	Mauvais montage de l'accouplement ; Mauvais graissage ; mauvaise étanchéité ; Fatigue		1	1	1	3	3

ANNEXE G

Ensemble : Pompe Peters

Sous ensemble : Pompe

éléments	fonction	défaillances	effets	causes	détections éventuelles	F	G		D	C
							Pp	Co		
Vis	Transporter le produit jusqu'à la chambre d'évacuation	Usure de l'hélice	Perte de débit de transport	Frottements très élevés		1	1	1	4	4
		Usure des portées de roulements	Mauvaise transmission	Manchons de serrage desserrés		1	1	1	4	4
Manchons d'usure	Protéger le bâti ainsi que l'hélice de la vis à l'usure	Usure	Frottements très élevés ; Usure prématurée du boîtier voire de la vis	Mauvais centrage de la vis, Défaut d'alignement de l'accouplement		2	1	1	4	8
roulements	Guider la vis en rotation	Usure/cassure	Mauvaise transmission ; Echauffement ; Pas de transmission	Usure des joints d'arbre ; désalignement de l'accouplement ; Surcharge ; Fatigue		2	1	1	4	8
Presse-étoupe	Assurer l'étanchéité à l'entrée de matière	Echauffement	Usure prématurée des roulements	Problème sur air de barrage ; Boulons de fixation trop serrés		2	1	1	4	8
		fuite	Usure de roulements	Usure des joints ; Boulons desserrés		2	1	1	4	8
Buses d'injection	Envoyer l'air dans la pompe pour l'entraîner vers la chambre d'évacuation	Encrassement	Accumulation de matière dans la chambre d'évacuation, réduction débit pompe	Présence de matières au niveau des buses		1	1	1	4	4
		Manque de pression	Faible débit de transport Accumulation de matière dans la chambre d'évacuation	Pression de sortie compresseur insuffisante	Manomètre	1	1	1	2	2
Clapet battant	Permettre l'évacuation de la matière vers le silo	Blocage levier	Bourrage ; Perte de la dépression	Paliers bloqués ou usés, Fixation clapet défectueuse ou usée	visuel	1	1	1	2	2