



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah - Fès

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES



RAPPORT DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du

Diplôme de Master Sciences et Techniques

Spécialité : Génie Mécanique et Productique

Thème :

Conception d'un mécanisme d'évacuation de coupeaux.

Présenté par :

KARBOUE hamza

Encadré par :

- Pr. Aouni Youssef ; Département Génie Mécanique, FST Fès

-Mr. Benmostapha Faycel ; ONCF FES

Effectué à : ONCF FES

Soutenu le :20/07/2022

Devant le jury :

- Pr. Aouni Youssef Faculté des Sciences et Techniques de Fès
- Pr. K.Idrissi Janati Faculté des Sciences et Techniques de Fès
- Pr. A. El Barkany Faculté des Sciences et Techniques de Fès

REMERCIEMENT

Avant de commencer à expliquer ce rapport de stage, j'ai le plaisir tout d'abord de remercier tous ceux qui de près ou de loin m'a aidé à le réaliser, premièrement je remercie fortement mes membres de famille qui sont la source de motivation de mon effort et de soutien.

Tout d'abord, je remercie chaleureusement M. AOUNI Youssef mon encadrant à la FST Fès pour son partage de ses connaissances, ses expériences de manière très pédagogique, sa disponibilité, ainsi que ses conseils fructueux qu'il n'a cessé de me prodiguer avec bienveillance.

Je tiens à remercier le responsable de ressources humaines de l'ONCF - FES qui m'a donné l'occasion de passer ce stage afin de concrétiser mes connaissances théoriques.

Je désire aussi exprimer mes gratitudes à M. BENLMOSTAPHA chef d'établissement EMF au sein de l'office national des chemins de fer Fès et M. ALAOUI pour son aide pendant toute la durée du stage, et puisqu'il ne cesse jamais de m'encourager et de m'expliquer toutes les choses mystérieuses pour moi.

Un grand merci à l'ensemble du personnel de l'ONCF -FES qui m'a assuré le bon déroulement de stage et m'ont présenté leurs connaissances même avant que je l'ai demandé.

Et finalement je remerciais le corps professionnel de mon école qui m'a donné l'opportunité de passer un tel stage afin de mettre en pratique mes connaissances.

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents,

Pour leurs sacrifices, leurs précieux conseils, leur assistance et présence dans ma vie, leur amour et Pour toutes les valeurs qu'ils m'ont appris.

A mes chers frères,

Pour leurs encouragements permanent et leur soutien moral.

A tous mes chers amis,

Qui m'ont encouragé et à qui me souhaite plus de succès.

A mes encadrants sans exception,

Pour leurs efforts afin de m'assurer un stage solide.

À tout le personnel de Tour en fosse Fès,

Qui m'ont aidé à améliorer mes connaissances en me donnant toutes les informations qui m'ont aidé à réaliser mon projet

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

AVANT-PROPOS

- **Nom et prénom d'élève ingénieur :**
HAMZA KARBOUE.
- **Intitulé du travail :**
Conception d'un mécanisme d'évacuation du coupeaux.
- **Etablissement d'accueil :**
ONCF FES
- **Nom et prénom des encadrants du projet dans l'établissement d'accueil :**
Mr. BENLMOSTAPHA FAYCEL
- **Nom et prénom de l'encadrant du projet de la FST FES :**
Mr. AOUNI YOUSSEF
- **Date début/fin de stage :**
01/02/2022 - 01/06/2022.

RÉSUMÉ

Le présent document est le fruit de mon travail dans le cadre du stage de fin d'études, pour l'obtention du diplôme, master sciences et techniques en génie mécanique et productique, qui a été réalisé au sein du pôle de maintenance de l'ONCF-FES.

Ce projet s'inscrit dans une démarche d'optimisation du temps confié à la mission d'évacuation des copeaux dans l'unité du tour en fosse.

Afin de répondre à la problématique d'évacuation, le travail qui m'a été confié est la conception d'un mécanisme permet d'évacuer ces copeaux.

Et pour répondre à l'objectif attendu j'ai fait recours aux différents outils et connaissances que ça soit mécanique, électrique ... ; Notamment la conception assistée par ordinateur, choix des matériaux...

ABSTRACT

This document is the result of my work in frame of the end-of-study internship, for graduating the master's degree in science and technology in mechanical and production engineering, which have been realized within the ONCF-FES maintenance center.

This project is part of an optimization of the time given to the mission of evacuation of the chips in the unit of the tour in pit.

In order to answer the evacuation problem, the work entrusted to me is the design of a mechanism to evacuate these chips. And to meet the expected objective I have used the various tools and knowledge that it is mechanical, electrical... Including computer-aided design, choice of Materials...

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Géographie Ferroviaire	13
Figure 2:vue d'ensemble du tour en fosse.....	20
Figure 3: les différentes parties de la roue	21
Figure 4:vue générale d'un essieu	22
Figure 5:mécanisme d'une bougie	23
Figure 6:les galets de guidage	23
Figure 7:les galets coaxiaux	24
Figure 8:rail mobile entre les quatre galets	24
Figure 9:le système de manœuvre	25
Figure 10:la barrière photoélectrique	26
Figure 11:le palpeur de positionnement	26
Figure 12:l'outil d'usinage	27
Figure 13:segmentation de coupe.....	27
Figure 14:les caractéristiques techniques du tour en fosse	28
Figure 15:Emplacement du bac rempli par les copeaux	31
Figure 16:Levage du bac en utilisant le treuil	32
Figure 17:Evacuation du bac en dehors de l'atelier	32
Figure 18:Diagramme Gantt.....	25
Figure 19:Diagramme de pieuvre du Broyeur.....	37
Figure 20:Diagramme FAST du broyeur de copeaux	38
Figure 21:Diagramme Des Cas D'utilisation (Uses Cases)	39
Figure 22:solution adoptée	40
Figure 23:Diagramme Ashby	46
Figure 24:matériau choisi sur le diagramme Ashby.....	47
Figure 25: Diagramme du moment fléchissant	49
Figure 26: Diagramme de l'effort tranchant	50
Figure 27: Moteur asynchrone	51
Figure 28: Les coussinets	51
Figure 29: Schématisation du système de transmission	53
Figure 30: Choix de la section de la courroie.....	54
Figure 31: coefficient correcteur fonction de la longueur primitive L_p	56
Figure 32: coefficient correcteur fonction de l'angle d'enroulement θ	57

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Répartition des tâches selon la période de stage.	33
Tableau 2: L'outil QOCC	35
Tableau 3: Tableau des 5M	36
Tableau 4: extrait du catalogue des coussinets.....	52
Tableau 5: choix des dimensions des clavettes	52
Tableau 6: Choix du coefficient de service	53
Tableau 7: La puissance de base	55

SOMMAIRE

Remerciement	1
Dédicaces	2
Avant-propos	3
Résumé	4
ABSTRACT	4
Liste des figures	5
Liste des tableaux	6
Introduction générale	10
Chapitre1 : Présentation DE L'ORGANISME D'ACCEUIL	Erreur ! Signet non défini.
Présentation de l'ONCF:	12
Statuts et missions:	13
Rôle économique de l'ONCF:	13
Etablissement de maintenance Fès :	14
Organigramme d'EMF :	14
Fonction ressources humains:	15
Fonction Maintenance du Parc	15
Fonction Exploitation :	15
Fonction comptabilité:	15
Missions de l'EMF :	15
Présentation des unités de production d'EMF :	15
Chapitre2 : Description du fonctionnement du Tour en fosse	Erreur ! Signet non défini.
Définition :	20
Composition du tour à CNC :	21
Exploitation de la machine :	21
1. Roue ferroviaire :	21
2. Essieu :	22
3. Bogie :	22
Structure de la machine :	23
1. Les galets de la machine :	23
1.1Galets de guidage :	23
1.2Galets coaxiaux :	24
2. Rails d'entrée :	24
3. Roulement du véhicule ou système de manœuvre :	25
4. Capteur de mesure :	25
4.1 : Dispositif de mesure du diamètre :	25

4.2 : Mesure de l'usure : -----	26
5. L'outil d'usinage : -----	27
6. Usinage : -----	27
6.1 Données pour le calcul de la segmentation de coupe : -----	27
6.2 : Tolérance du diamètre de roue-----	28
6.3 : Caractéristiques techniques du tour en fosse : -----	28
Chapitre3 : Définition du projet -----	29
Contexte général du projet:-----	30
Contexte et acteurs du projet:-----	30
Etude de l'existant : -----	31
A- La solution existante : -----	31
B- Critique de la solution existante : -----	32
Gestion de projet et résultats attendues : -----	32
Chapitre4 : Analyse technique de projet -----	Erreur ! Signet non défini.
Etude bibliographique : -----	35
Principe de fonctionnement d'un tour en fosse :-----	35
QQOQCCP :-----	35
Diagramme ISHAKAWA: -----	36
Analyse fonctionnelle :-----	37
Diagramme pieuvre :-----	37
Diagramme FAST (Partie broyeur) -----	38
Etude SysML -----	38
Formulation du cahier des charges :-----	39
Exposition de la solution choisie :-----	40
Etude de faisabilité : évalué la solution proposée : -----	40
Broyeur à copeaux : -----	41
Broyeur à copeaux - Broyeur BCE400 D12 :-----	41
Broyeur à copeaux -Broyeur BCE600 D15 -----	42
Broyeur à copeaux -Broyeur BCE200 D15 -----	42
Faisabilité environnement :-----	43
Analyse de la sécurité -----	43
1. Choix du matériau : -----	44
1.1Choix du matériau pour le bâti du broyeur : -----	44
1.2 : Choix du matériau du broyeur-----	45
3. Etude et dimensionnement du broyeur -----	47
3.1 : Effort de cisaillement exercé par les lames :-----	47
3.2 : Calcul de l'effort de poids des lames : -----	47

3.3 : Sommes des efforts appliqués sur les lames :	48
3.4 : Calcul de l'effort tranchant et le moment fléchissant :	48
3.5 : Choix de diamètre de l'arbre :	50
3.6 : Choix du moteur :	51
3.7 : Modélisation de la liaison pivot : guidage en rotation	51
3.8. Etude du système de transmission : poulies courroie :	53
Choix du convoyeur :	57
Chapitre5 : Conception du mécanisme d'évacuation du coupeaux.	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion	63
BIBLIOGRAPHIE	64
ANEXES	65
Processus travaux du tour en fosse	65

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La mission confiée à l'Office Nationale des chemins de fer est de satisfaire la demande de sa clientèle en moyen de transport ferroviaire à tout instant dans les meilleures conditions de qualité de service et de sécurité, ainsi la fiabilité des matériels doit être assurée selon les valeurs normales pour lesquelles le matériel a été défini.

Les moyens de transports constituent un patrimoine important qu'il faut conserver et protéger contre les défauts et les dangers qui risquent d'endommager le réseau de transport, donc la maintenance préventive présente un outil nécessaire pour assurer le bon fonctionnement de ces moyens.

Dans un environnement économique concurrentiel et incertain, la compétitivité est un objectif vital pour l'entreprise de demain, elle nécessite des réponses concrètes telles que la bonne exploitation de l'appareil productif, les bonnes conditions du travail et la maîtrise de la qualité du produit. Pour assurer la fiabilité des matériels locomotives et remorquées, plusieurs actions de maintenance sont assurées pour faire aux pannes, parmi ces processus de maintenance, on trouve celui réalisé dans l'atelier Tour en fosse, où se trouve une machine très importante dans le réseau, qui permet le reprofilage des roues ferroviaires, notre sujet s'intéresse à « **Conception d'un mécanisme d'évacuation du coupeaux** », Ce rapport s'articule en cinq chapitres :

Le premier chapitre « Présentation de l'organisme d'accueil », on présentera l'organisme d'accueil, puis une description des activités de l'établissement de maintenance Fès.

Le deuxième chapitre « Description du fonctionnement du Tour en fosse », sera consacré à introduire la machine tour en fosse et détailler ses différentes parties.

Le troisième chapitre « Définition du projet », donnera une vision générale sur le projet et de le limiter, aussi une étude d'existant ainsi qu'une partie de critique qui présente les défauts de la solution existante.

Le quatrième « étude technique du projet & l'étude de dimensionnement », est réservé pour l'analyse technique du projet aidant à formuler un cahier des charges, ainsi que le choix des matériaux utilisés, le dimensionnement des différents systèmes....

Le cinquième « La conception du mécanisme d'évacuation du coupeaux », consiste à faire la conception de notre mécanisme sur le logiciel CATIA V5. Enfin, nous terminerons ce rapport par une conclusion générale

CHAPITRE 1 :

PRÉSENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL

Dans ce premier chapitre, on présente un aperçu général sur office national des chemins de fer ONCF, puis une description des activités de l'établissement de maintenance Fès, ses ateliers, ainsi que son processus de maintenance

Présentation de l'ONCF:

Historique de L'ONCF

Les Chemins de Fer au Maroc ont fait leur apparition sous le Protectorat français à partir de 1911. Trois compagnies concessionnaires françaises se partageaient, à l'époque, l'exploitation du chemin de fer marocain : la Compagnie des Chemins de Fer Marocains (CFM) sur les réseaux de Marrakech-Oujda et Tanger-Fès (TF) et la Compagnie du Maroc Oriental (CMO) pour la ligne Oujda-Bouarfa. Après la déclaration d'indépendance, l'état a racheté ces trois compagnies et a institué par Dahir du 05 août 1963 l'Office National des Chemins de Fer Marocain (ONCFM).



L'ONCF est un Établissement public à caractère industriel et commercial doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière, et placé sous la tutelle du Ministère du Transport et de la Marine Marchande. IL emploie actuellement environ 9767 agents, gère et exploite un réseau de 1.907 Km de ligne, dont 1.537 Km à voie unique (80%) et 370 Km à double voie (20%). Ce réseau comporte également 528 Km de voie de service et 201 Km de ligne d'embranchements particuliers reliant diverses entreprises au réseau ferré national. Pour ce qui est de l'activité de transport, l'ONCF opère sur trois marchés stratégiquement indépendants, à savoir le transport des voyageurs, le transport des marchandises diverses et le transport des phosphates.

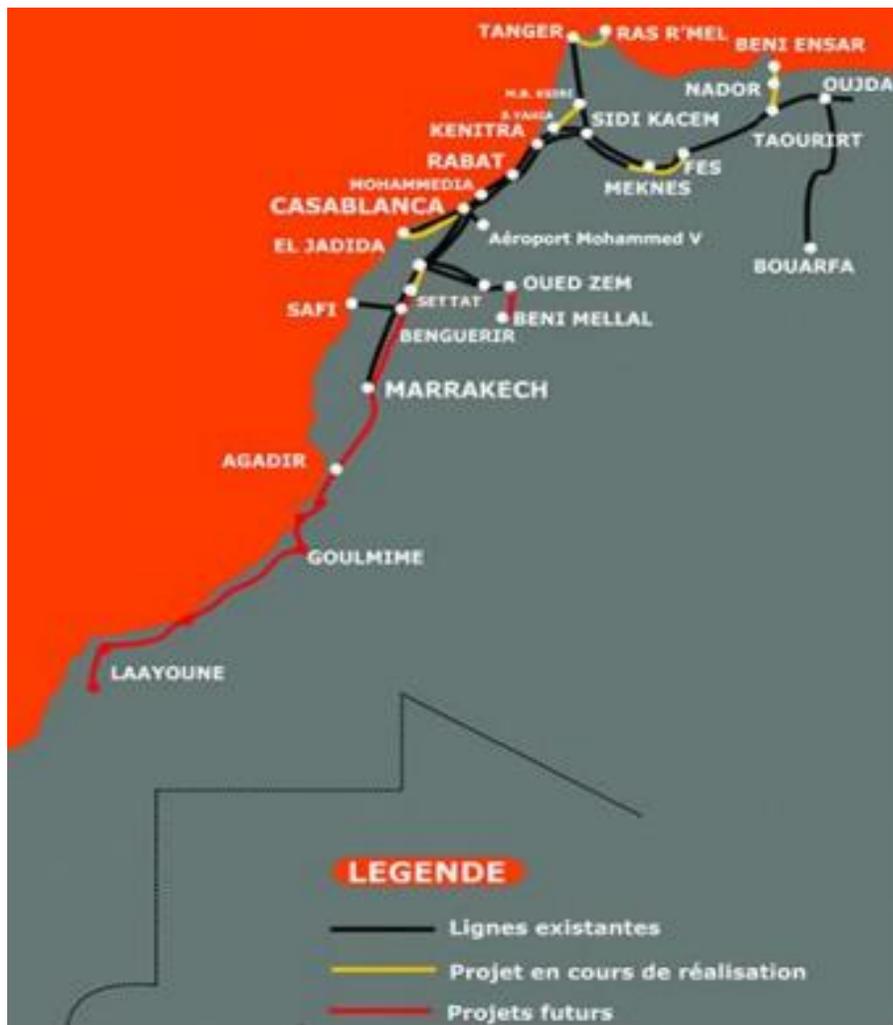


Figure 1: Géographie Ferroviaire

Statuts et missions:

L'ONCF a, depuis sa création, gardé son statut d'entreprise public ayant pour objectif d'assurer les missions suivantes :

- ✗ L'exploitation du réseau ferroviaire national marocain
- ✗ Les études, la construction et l'exploitation des lignes nouvelles des chemins de fer.
- ✗ L'exploitation de toutes les entreprises se rattachant directement ou indirectement à l'objet des missions du secteur ferroviaire local.

Rôle économique de l'ONCF:

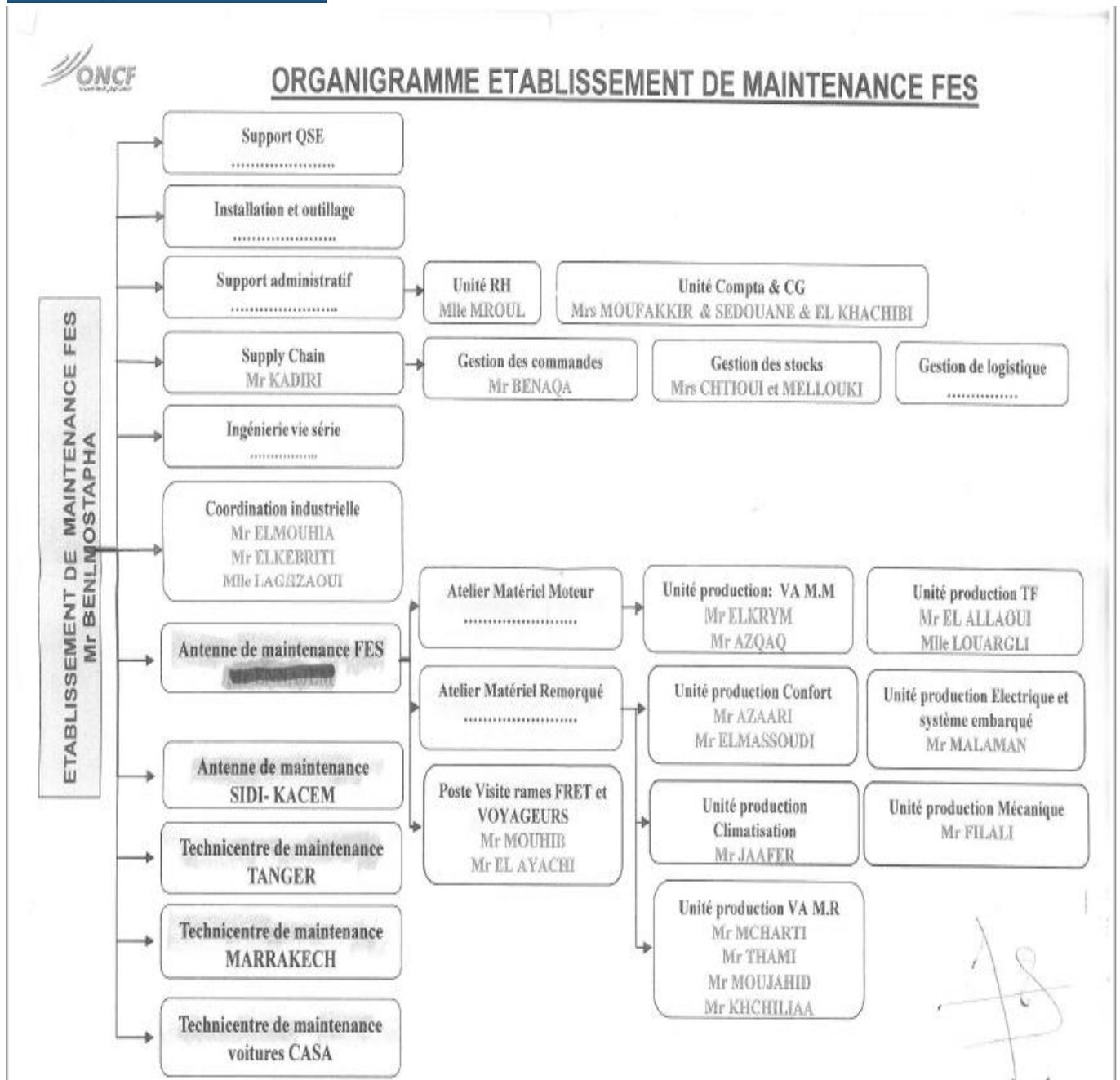
L'ONCF joue un rôle envers l'économie marocaine suivant deux volets :

- ✗ En sa qualité de transporteur de personne et des marchandises.
- ✗ En tant que client puisqu' il contribue à des achats annuels de matière de production.

Donc les chemins de fer au Maroc ont subi une transformation structurale jusqu'à la construction de l'ONCF. Ce dernier doit fonctionner continuellement et dans l'ordre ce qui impose d'importants moyens économiques et humains.

Etablissement de maintenance Fès :

Organigramme d'EMF :



Fonctions de l'établissement maintenance de Fès est situé dans l'enceinte de la gare de Fès, sa mission est :

- ✗ La maintenance du matériel remorqué à voyageurs.
- ✗ La maintenance des locomotives diesels et électriques.
- ✗ La visite à l'arrivée des locomotives électriques, diesel.
- ✗ La visite à l'arrivée des rames à voyageurs.
- ✗ Grande visite générale des voitures.
- ✗ Reprofilage des roues du matériel ferroviaire roulant.

Fonction ressources humains:

- ✗ Assurer la gestion prévisionnelle des ressources humaines.
- ✗ Rationaliser l'affectation des ressources.
- ✗ Participer à l'élaboration du plan de formation.

Fonction Maintenance du Parc

- ✗ Elaborer et mettre en œuvre le plan Maintenance.
- ✗ Définir les besoins en pièces de rechange.

Fonction Exploitation :

- ✗ Former les trains.
- ✗ Création opérationnelle du matériel roulant
- ✗ Elaborer et suivre la réalisation des roulements du personnel.
- ✗ S'assurer de la disponibilité du matériel voyageur.

Fonction comptabilité:

- ✗ Elaborer les prévisions budgétaires de maintenance et suivre leur exécution.
- ✗ Etablir la comptabilité de l'établissement.
- ✗ Etablir et analyser le tableau de bord de l'établissement.
- ✗ Suivre les consommations et dépenses.
- ✗ Assurer les achats locaux.

Missions de l'EMF :

Les missions du centre se résument comme suit:

- ✗ La maintenance et la préparation des rames à Voyageur destinées aux trains nobles qui font la liaison Fès Marrakech pour un parcours de 600Km.
- ✗ La visite à l'arrivée des locomotives électriques et la maintenance de quatre locos diesel de manœuvre.
- ✗ La gérance d'un service Mouvement qui comprend 27 Mécaniciens (Agents de conduite machines) et 23 CTR (Chefs de Train), coiffé par un chef de traction dépôt et d'un chef de traction ligne.

Présentation des unités de production d'EMF :

Le service opérationnel, constitué de trois unités de production

Unité de production UP1«Atelier matériels remorqués »:

C'est un atelier de la maintenance et d'entretien des voitures à voyageurs, des fourgons générateurs et des différents wagons à partir des différentes opérations : visite à l'arrivée (VA), visite générale (VG), grande visite générale (GVG), le grand nettoyage (GN).

1.1. Visite générale :

C'est une visite qui s'effectue tous les deux ans pour le bon fonctionnement de chaque matériel.

1.2. Visite à l'arrivée :

C'est une visite journalière, qui s'effectue afin d'assurer le bon fonctionnement des matériels voyageurs.

Cette visite exige le contrôle des parties suivantes :

- ✓ Partie climatisation
- ✓ Partie éclairage/sonorisation
- ✓ Partie confort/sanitaire
- ✓ Partie mécanique
- ✓ Fourgons générateurs
- ✓ Partie essai de frein
- ✓ Nettoyage

1.3. La climatisation :

C'est une technique qui consiste à établir et maintenir les conditions climatiques à l'intérieur de la voiture.

- ⇒ cas de ventilation
- ⇒ cas de chauffage
- ⇒ cas de réfrigération

A. La ventilation :

C'est pour assurer la pureté d'air, technique consiste à aspirer l'air de l'extérieur de la voiture et le refoule vers l'intérieur et cela se fait à travers des filtres. Ce système est assuré par un moteur électrique de puissance environ 1,5 KW.

B. le chauffage :

Il est assuré par des batteries de chauffes puissantes, contenant 9 resistances constituées par des gaines en aciers inoxydables.

Fonctionnement :

Le moteur de ventilation étant en marche, l'air est aspiré de l'exterieur vers l'interieur et passe premièrement par des filtres, ensuite au niveau des résistances de chauffes qui sont préalablement en activité, enfin on obtient l'air chauffé qui sera injecté aux passagers par des ejecto-convertisseurs .

C. la réfrigération :

Correspond à la production du froid. Elle est assurée par un circuit frigorifique composé de :

- ✓ Condenseur : équipé de trois moteurs de ventilation
- ✓ Compresseur
- ✓ Détendeur
- ✓ Evaporateur : équipé d'un moteur ventilateur

Fonctionnement :

Le compresseur assure la circulation du fréon au niveau du circuit, ce fréon passe au condenseur et change son état du gaz à liquide avec une haute pression, puis il passe par le détendeur pour diminuer sa pression. Ensuite il passe au niveau de l'évaporateur et sort sous forme de gaz (vapeur) de base pression. Enfin le froid sera transmis par les ejecto-convecteurs aux passagers.

2.1 Partie mécanique :

Dans cette partie on fait la vérification des organes suivants :

A. Organes de roulement :

La vérification se fait par un gabarit combiné de :

(Épaisseur, hauteur des boudins et de QR)

- Vérification de l'écartement des roues,
- Vérification du méplats ou entrainement du métal.
- Vérification de l'épaisseur de la table de roulement

B. Choc :

Vérification de :

- Usure de disques de plateau de tampon
- Usure des clavettes,
- Présence de fissures,
- Serrage des boulons de fixation.

C. Traction

D. Corps de boîte

E. Organes de suspension

F. Frein à vis

Unité de production UP2« Atelier matériels moteurs » :

C'est une unité de la maintenance et de l'entretien du matériel moteur à partir de différentes visites. On distingue deux types des locomotives (moteur) : Locomotives électrique, et les locomotives diesel.

Les travaux effectués dans cet atelier s'intéressent sur les parties suivantes :

➤ **Lecture obligatoire du carnet de bord :**

Dans le but de détecter les anomalies constatées au cours de la route par le mécanicien. En premier lieu aussi pour rechercher en cas de besoin l'historique de la machine lors des enquêtes.

➤ **Organes et appareillage à visiter systématiquement :**

A. Toiture : le pantographe (archet et bandes d'usure)

B. Cabine de conduite : Essuies glaces, ventilateur, chauffage, verrouillage des portes à l'état de l'ouverture et la fermeture, commande de sablière, veille automatique, étanchéité des portes et des fenêtres.

C. Appareillage : s'il y a des traces d'échauffement d'un contacteur, d'un relais, etc...

D. Groupe tournant : Visite des moteurs de traction, etc

➤ **Partie mécanique :**

- Sablière : l'état général et complet de sable
- Graisseur de boudin ou de rail : état générale, niveau d'huile.
- Organes pneumatiques : 1/2 accouplement ; conduite générale(CG) ; conduite principale(CP) ; étanchéité + robinets d'arrêt
- Compresseurs principaux
- Essaie : de frein ; de sablière ; de graisseurs ; mesure boudin.
- Arbre creux et système d'entraînement.
- Le tampon de choc.

Unité de production UP3 « tour en fosse » :

-Cette unité se compose essentiellement d'un **Tour en fosse type106 CNC 850T de Fabrication Allemande**, destiné au reprofilage des essieux usés des différents types de compartiments, plus un magasin de stock contenant les pièces de rechange de Tour en Fosse.

- C'est une machine de haute performance, il est conçu pour l'usinage des profils de roues des essieux montés sous les véhicules.

CHAPITRE 2 :

DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT DU TOUR EN FOSSE

Dans ce chapitre on va étudier le fonctionnement général de la tour en fosse et les composantes principales nécessaires lors de l'usinage des essieux

Définition :

Le tour en fosse : c'est une machine à commande numérique type 106 CNC (Commande Numérique par Calculateur) 850T d'une technologie allemande «HEIGENSHEDT ». Elle assure l'usinage des roues et disques de frein des essieux montés de tous les types de matériels roulants de l'ONCF, sans qu'il soit nécessaire de les démonter du wagon.

Les phases de travail sont automatisées, assistées et contrôlées par la commande CNC du type SINUMERIK 850T .Une seule manœuvre suffit à commander le tour. La machine est placée dans une fosse en-dessous des rails d'amenée. Une partie de ces rails est poussée hydrauliquement en dehors du champ de la machine avant l'usinage d'un essieu monté.

Les différents types de Tour en Fosse de l'ONCF :

- ✗ Tour en fosse de Fès type 106 CNC 850 T de Fabrication Allemande.
- ✗ Tour en fosse de JORF type E.G.D 150 N de Fabrication Polonaise.
- ✗ Tour en fosse de KENITRA type U.G.E 150 N de Fabrication Polonaise



Figure 2:vue d'ensemble du tour en fosse

Composition du tour à CNC :

Cette machine-outil à commande numérique forme un ensemble comprenant :

- ✗ Une machine –outil, ou partie opérative, dont les mouvements fournis par des moteurs qui sont commandé par des automates, elle comprend :
- ✗ Un socle, très souvent en béton hydraulique vibré, assurant l'indépendance de la machine au sol.
- ✗ Un bâti, dont les larges glissières sont en acier traité.
- ✗ Un support outil (broche, torche, laser, jet d'eau...).
- ✗ Une table support pièce, mobile selon 2 ou 3 axes, équipée de système de commande à vis et écrou à bille.
- ✗ Le granit, ou le granit reconstitué, est utilisé pour la fabrication des tables et des bâtis des machines à mesurer tridimensionnelles des rectifieuses et de certains tours.
- ✗ Des moteurs chargés de l'entraînement de la table.
- ✗ Un élément de mesure ou capteur de position renseignant à tout moment sur la position du mobile sur chaque axe.
- ✗ Une armoire électrique : (ou armoire de puissance)

Exploitation de la machine :

1. Roue ferroviaire :

La roue ferroviaire se compose de trois parties :

- La bande de roulement ou (Table de roulement) qui est en contact avec la surface du haut du rail
- Le boudin qui assure le guidage en prenant appui sur les faces latérales du champignon.
- Le champ frein.

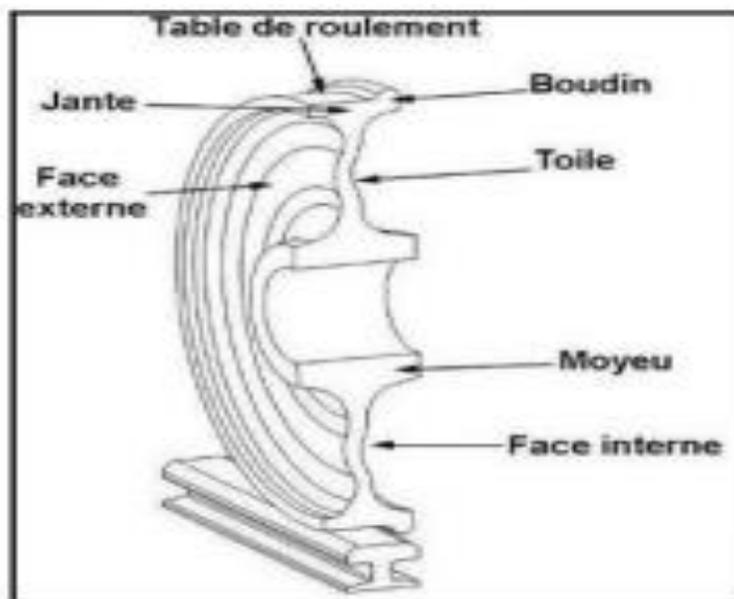


Figure 3: les différentes parties de la roue

2. Essieu :

En terme ferroviaire, l'essieu désigne généralement l'ensemble (axe+2roues) qui est solidaires. Lorsqu'il y a réunion de deux (ou plus) essieux sur un châssis on parle alors de bogie.



Figure 4:vue générale d'un essieu

3. Bogie :

Un bogie est un chariot situé sous le véhicule ferroviaire, sur lequel sont fixés les essieux. Il est mobile par rapport au châssis du véhicule (locomotive, wagon ou voiture) et destiné à s'orienter convenablement dans les courbes.

Le bogie assure les rôles de freinage, d'interface entre la signalisation sur voie et la caisse, de suspension de l'ensemble du train, et parfois de traction. On distingue donc deux grandes familles de bogies :

- Les bogies moteurs dans le cas d'une traction directe ou avec les pignons dans le cas d'une traction indirecte.
- Les bogies porteurs (pas de moteur), généralement plutôt dédiés au freinage et assurant la répartition des charges et le guidage.

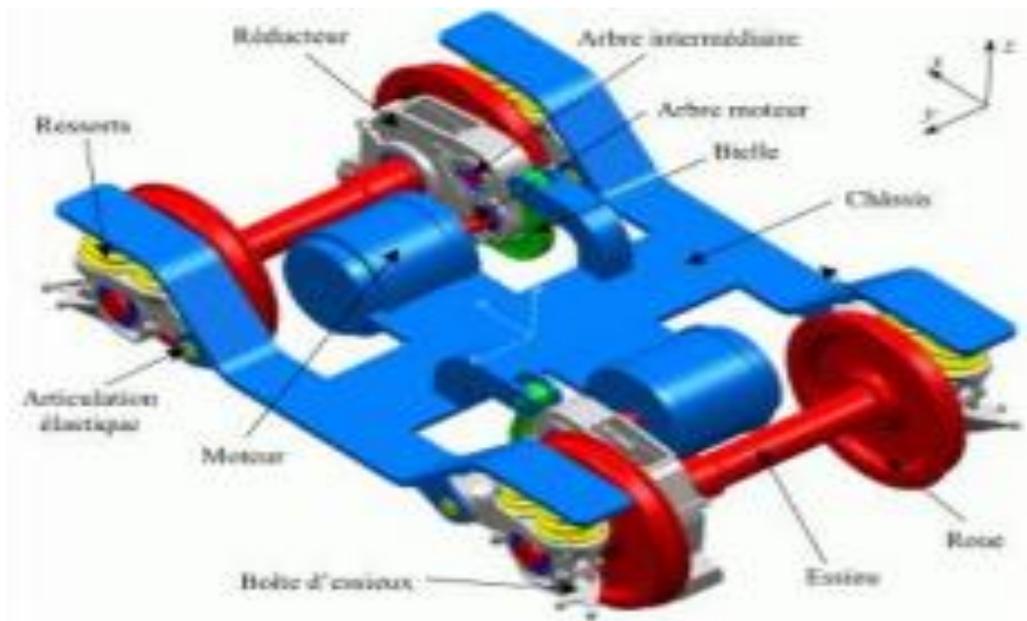


Figure 5:mécane d'une bougie

Structure de la machine :

Les éléments de « Tour en fosse » et leurs fonctions dans le cycle de travail :

1. Les galets de la machine : Il existe deux types de galets dans la machine et chacun assure une fonction bien déterminée.

1.1 Galets de guidage : On trouve quatre galets deux de chaque côté qui assurent le mouvement de rotation des roues des essieux.

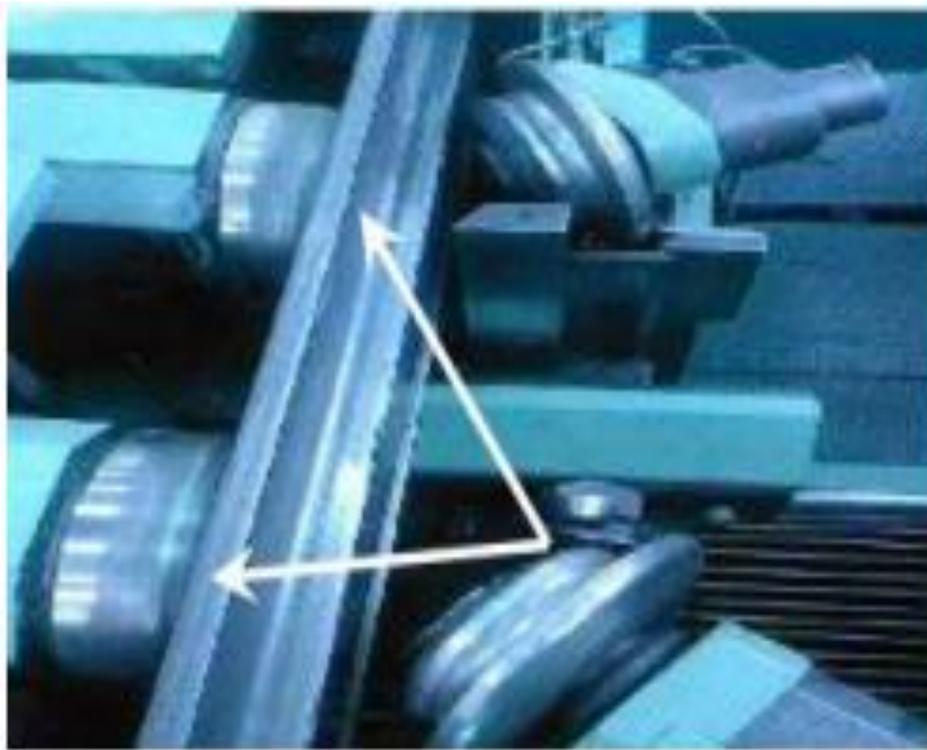


Figure 6:les galets de guidage

1.2 Galets coaxiaux : On trouve aussi quatre galets, deux de chaque côté ils assurent le blocage total des essieux lors de l'usinage.

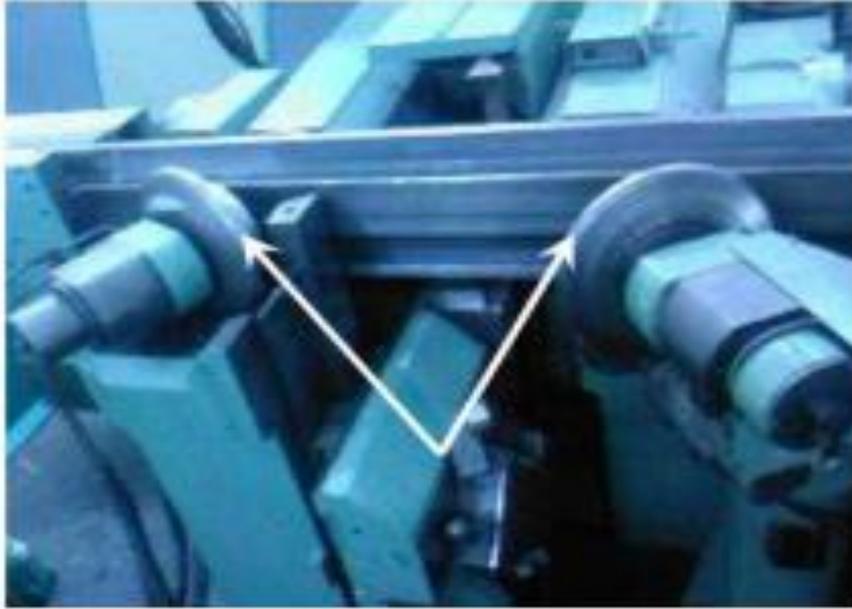


Figure 7: les galets coaxiaux

2. Rails d'entrée :

Les rails d'entrée ou (rails mobiles) : Assure le positionnement parfait des essieux entre les quatre galets (deux d'entraînement et deux coaxiaux)

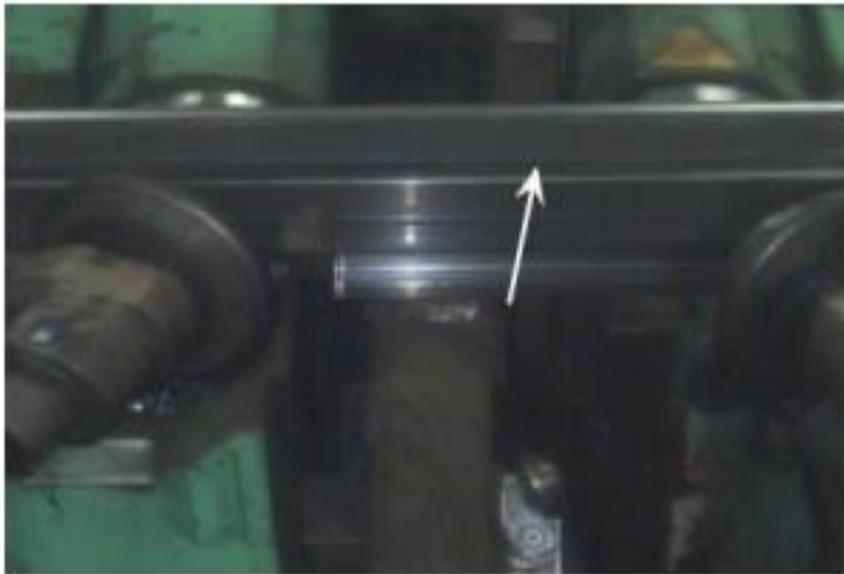


Figure 8: rail mobile entre les quatre galets

3. Roulement du véhicule ou système de manœuvre :

On utilise le système de manœuvre pour amener les véhicules, d'une manière économique, au tour en fosse.

Ce système comporte un ensemble de manœuvre installé devant la fondation, côté d'entrée, et derrière la fondation, côté sortie, chacun équipé d'un moteur triphasé à réglage de fréquence, d'un wagonnet de manœuvre avec entraîneurs, des câbles de traction avec système de renvoi et des rails de manœuvre nécessaires.



Figure 9:le système de manœuvre

4. Capteur de mesure :

4.1 : Dispositif de mesure du diamètre :

Les émetteurs du dispositif de mesure sont installés sur les galets de guidage frontaux. La mesure est réalisée par un réglage hydraulique des roues d'arpenteur du dispositif. Les galets de guidage ont pour fonction d'orienter axialement les roues d'arpenteur du dispositif automatiquement sur les champs du périmètre de mesure.

L'essieu doit effectuer au moins sept rotations par opération de mesure. Cinq de ces rotations sont saisies par le biais d'une barrière photoélectrique reliée à un réflecteur.

Le réflecteur est appliqué sur la partie frontale du bandage pneumatique avant l'opération



Figure 10:la barrière photoélectrique

Les valeurs du diamètre mesurées à l'essieu droit et gauche sont affichées sur l'écran CNC.

4.2 : Mesure de l'usure :

Le dispositif de mesure de l'usure intégré dans le palpeur de positionnement est conçu de telle sorte qu'il détermine l'usure de l'essieu à usiner à des points précis des profils. Cette usure est comparée à un profil de référence dans l'unité de commande, puis celle-ci indique sur l'écran la profondeur de coupe optimale nécessaire. Cette opération est effectuée durant le programme de mesure préalable.



Figure 11:le palpeur de positionnement

5. L'outil d'usinage :

L'outil : c'est une pièce qui assure la coupe des roues de l'essieu.



Figure 12:l'outil d'usinage

6. Usinage :

6.1 Données pour le calcul de la segmentation de coupe :

Les données pour le calcul de la segmentation de coupe sont affichées dans une visualisation de menu. Les données sont divisées en deux groupes :

- ⇒ Les données inchangeables :
 - Longueur de l'arrêt coupante 15 mm.
 - Epaisseur de coupe pour convertir dans le cercle de roulement 8 mm.
- ⇒ Les données changeables : à changer par l'utilisateur.

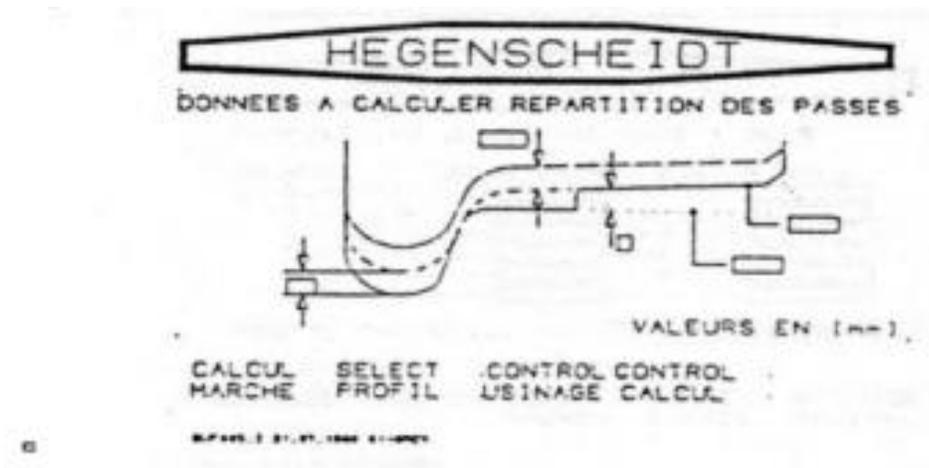


Figure 13:segmentation de coupe

6.2 : Tolérance du diamètre de roue :

- Différence de diamètre de roue d'un même essieu $\leq 0,5$ mm.
- Différence entre deux essieux de deux bogies différents ≤ 40 mm.
- Différence entre les essieux du même bogie ≤ 20 mm.

6.3 : Caractéristiques techniques du tour en fosse :

Avant la mise en marche de la machine tour en fosse il existe des caractéristiques spéciales à respecter avant d'effectuer l'opération de reprofilage des essieux.

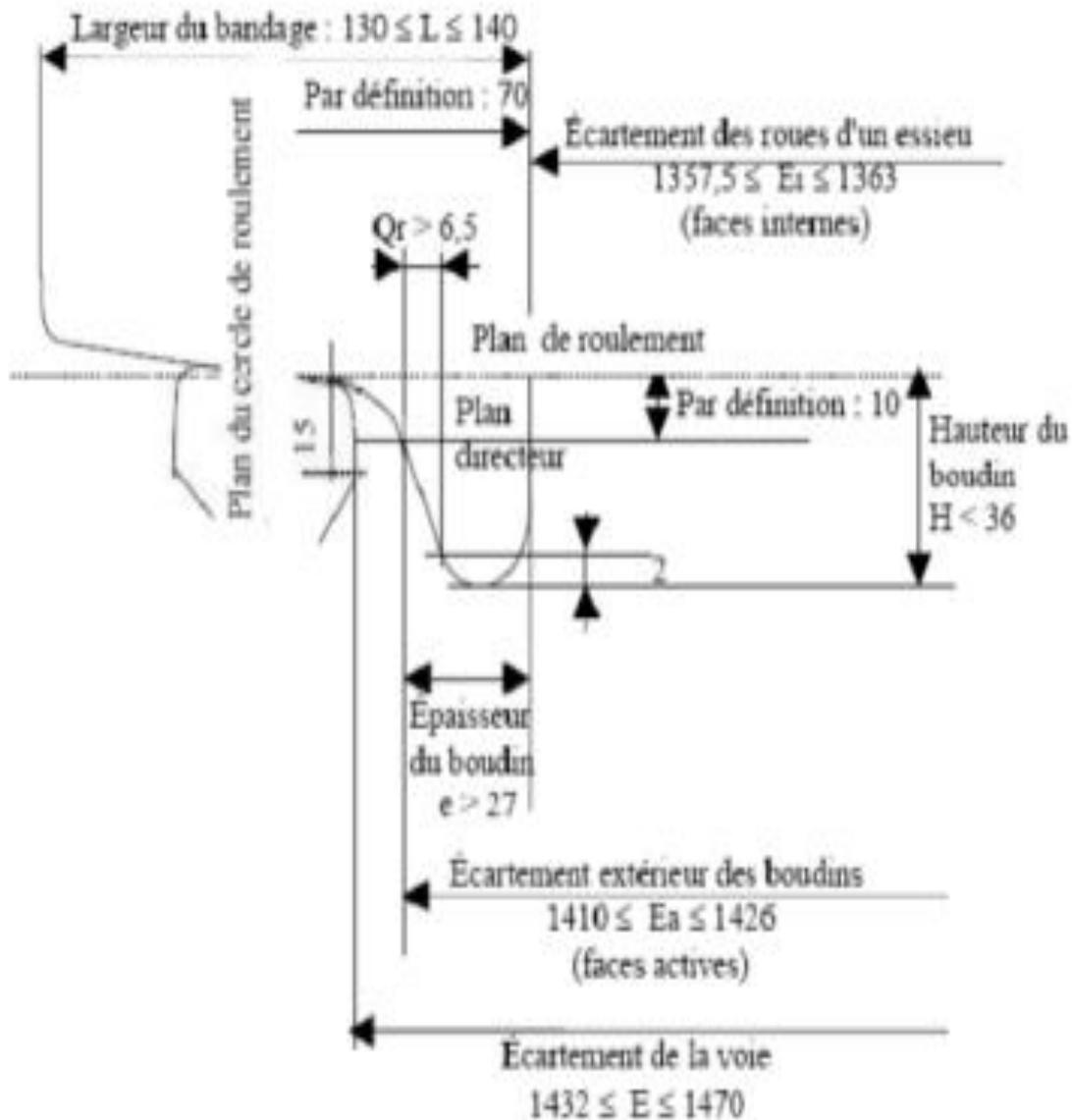


Figure 14:les caractéristiques techniques du tour en fosse

CHAPITRE 3 :

DÉFINITION DU PROJET

Le but de ce chapitre est de donner une vision générale sur le projet et de le limiter. Ce chapitre contient aussi une étude d'existant ainsi qu'une partie de critique qui présente les défauts de la solution existante qui renforce le besoin de concevoir un nouveau système plus efficace

Contexte général du projet:

La forme parfaitement ronde et symétrique de chaque essieu assure une sécurité optimale et une adhérence parfaite. C'est là où le reprofilage joue son rôle en redonnant à l'essieu sa forme initiale corrigeant le moindre écart aux mesures réglementaires. Cette opération de reprofilage est faite par Tour en Fosse, étant un équipement précieux car il s'agit d'usiner les roues d'un véhicule, c'est-à-dire en quelque sorte les limer jusqu'à leurs redonner un arrondi parfait sans avoir à démonter les essieux car la machine est installée dans une cavité creusée au-dessous des rails d'atelier. Ce chapitre s'inscrit dans une démarche d'optimisation du temps confié à la mission d'évacuation des copeaux dans l'unité du tour en fosse. Afin de répondre à la problématique d'évacuation, le travail qui m'a été confié d'étudier et de faire la conception d'un mécanisme d'évacuation du copeaux.

Contexte et acteurs du projet:

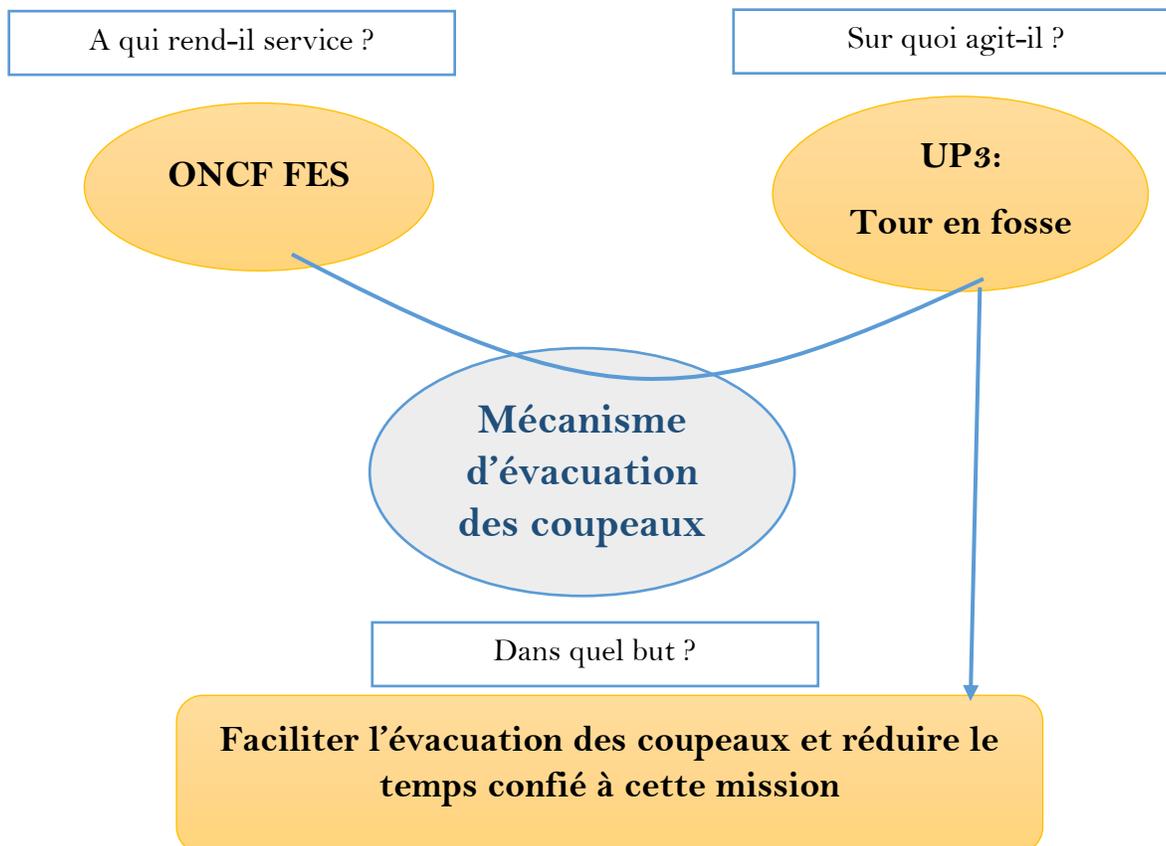
«Conception d'un mécanisme d'évacuation des copeaux "est un projet qui s'inscrit dans le cadre du stage programmé à la fin de la deuxième année master génie mécanique et Productique à la faculté sciences et techniques de Fès (FST FES)

Maître d'ouvrage:ONCF -FES

Maître d'œuvre:KARBOUE Hamza, étudiant ingénieur à la FST de FES sous l'encadrement industriel de Mr. LAMNASFI Rachid

Expression du besoin :

Le besoin qui a été exprimé consiste à concevoir un mécanisme permettant d'évacuer les copeaux dans un tour en fosse. Ce besoin est décrit par le diagramme suivant



Etude de l'existant :

A- La solution existante :

Un panier métallique est placé au-dessous du tour et qui sert à collecter les copeaux lors de l'usinage.

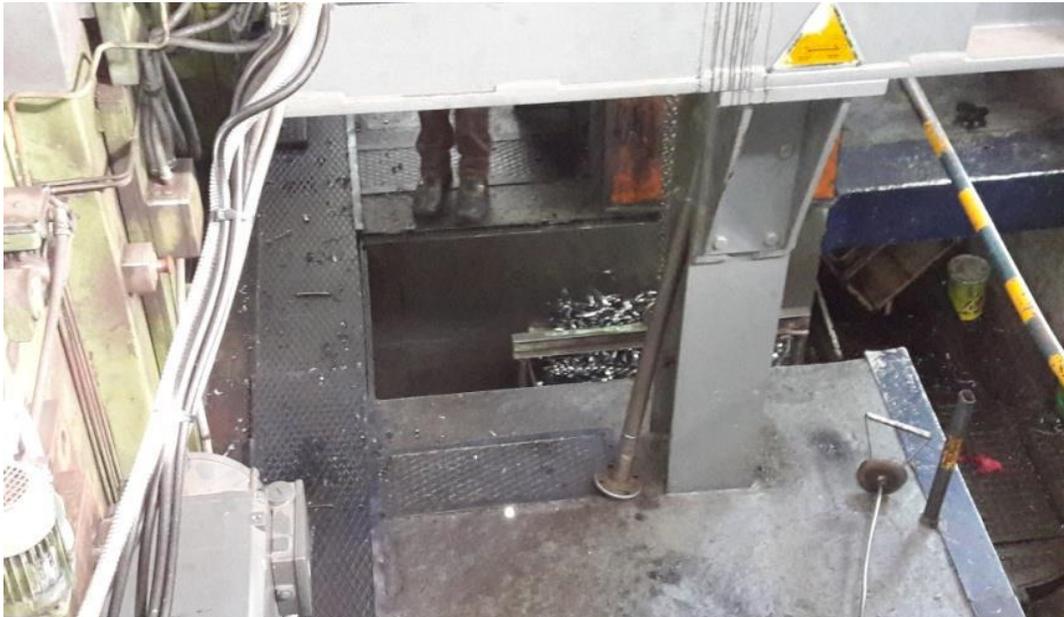


Figure 15:Emplacement du bac rempli par les copeaux

Pour évacuer ce panier ils font recours à un treuil électrique pour le lever et le positionner sur un essieu.



Figure 16:Levage du bac en utilisant le treuil

Puis ils font glisser l'essieu sur les rails en dehors de l'atelier.



Figure 17:Evacuation du bac en dehors de l'atelier

B- Critique de la solution existante :

Les défauts de la solution existante sont nombreux. D'abord c'est une solution ne qu'est pas tout à fait sécurisée. Car lors de levage du panier, l'agent commandant le treuil risque de tomber d'une hauteur présentant des parties en contrebas (une fosse). De plus le fait de faire glisser l'essieu en dehors de l'atelier présente un risque lié à la manutention manuelle (mauvaises postures imposées lors de l'évacuation d'une charge de masse unitaire élevée). Autre que les défauts humains ; on sait que le temps coute de l'argent, c'est-à-dire que lors de cette opération d'évacuation on arrête l'usinage pendant une durée considérable.

Gestion de projet et résultats attendues :

Avant de commencer un projet, il faut d'abord penser à savoir comment gérer ce projet ? Que ça soit en termes de qualité, de délai ou du cout.

Et là on parle de la gestion de projet étant une démarche permettant d'organiser le bon déroulement du projet.

Alors la première chose à faire c'est bien évidemment la planification du projet, c'est pourquoi on a utilisé le logiciel MS PROJECT.

Voilà l'ensemble des tâches constituant le projet :

Nom de la tâche	Durée	Début	Fin	Prédécesseurs
Présentation du site, organigramme, visite des sites / Règles de sécurité dans les chantiers	1 jour	Mar 01/02/22	Mar 01/02/22	
Travaux VA clim+sono+SFSAP	6 jours	Mer 02/02/22	Mer 09/02/22	1
Travaux mécaniques & frein / Travaux VA confort & sanitaire	5 jours	Jeu 10/02/22	Mer 16/02/22	2
Visite à l'arrivée des locomotives électriques et Diesels	5 jours	Jeu 17/02/22	Mer 23/02/22	3
Réalisation du rapport de fin d'études	69 jours	Mer 24/02/21	Lun 31/05/21	
Description du fonctionnement du tour en fosse	4 jours	Jeu 24/02/22	Mar 01/03/22	4
Présentation de l'organisme d'accueil	3 jours	Mer 02/03/22	Ven 04/03/22	7
Définition du projet	8 jours	Lun 07/03/22	Mer 16/03/22	8
Analyse technique du projet	16 jours	Jeu 17/03/22	Jeu 07/04/22	9
Exposition de la solution choisie	6 jours	Ven 08/04/22	Ven 15/04/22	10
Etude et dimensionnement des différents systèmes du mécanisme	17 jours	Lun 18/04/22	Mar 10/05/22	11
Conception du mécanisme sous CATIA V5	12 jours	Mer 11/05/22	Jeu 26/05/22	12
Finalisation du rapport et présentation du PFE	3 jours	Ven 27/05/22	Mar 31/05/22	13

Tableau 1: Répartition des tâches selon la période de stage.

Le planning de travail est présenté sur un diagramme Gantt comme ce qui suit :

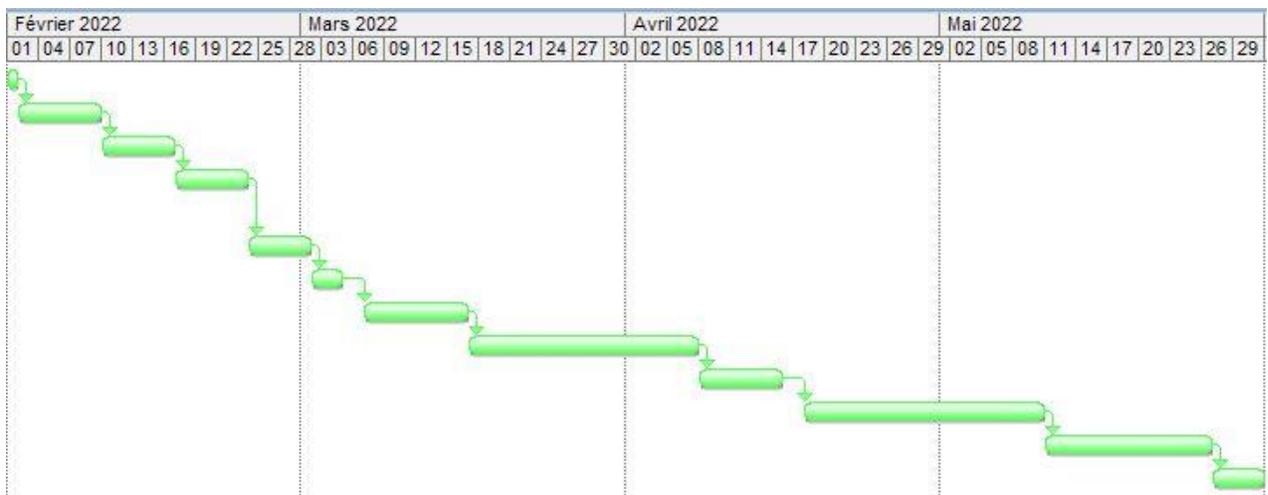


Figure 18: Diagramme Gantt.

CHAPITRE 4 :

ANALYSE TECHNIQUE DE PROJET

Ce chapitre consiste à faire une étude bibliographique concernant le tour en fosse ainsi qu'une analyse fonctionnelle de mécanisme afin de formuler le cahier des charges

Etude bibliographique :

Le reprofilage est indispensable il permet, en retirant de la matière, de corriger les méplats et irrégularités des roues. Il s'agit d'usiner les roues, c'est-à-dire en quelque sorte de les limer jusqu'à redonner une table de roulement parfaite. Pour cela on installe le train sur ce que l'on nomme « un tour en fosse ». Cette installation permet de procéder à certains actes de maintenances nécessaires sous le train, sans démonter ou modifier sa composition, ce qui représente un gain de temps conséquent. On reprofile les roues des trains pour garantir la sécurité des passagers tout en gardant les paramètres de la roue en norme. Les causes de la dégradation des paramètres des roues des trains sont :

- ✓ Le freinage brusque qui laisse des trous sur la table de roulement de la roue.
- ✓ Anomalie dans les rails ferroviaire.
- ✓ Usure de la roue à cause du temps ou le nombre de kilomètres parcouru par le train.

Principe de fonctionnement d'un tour en fosse :

- Le train se positionne sur la machine.
- La roue est entraînée par la friction de deux rouleaux spéciaux sur la bande de roulement.
- Des bras armés d'une étrange lime, appelée outil de carbure, usinent la roue jusqu'à lui redonner un arrondi parfait.

Lorsqu'un seul essieu est touché, il faut malgré tout reprofiler tous les essieux présents pour assurer l'équilibrage du tram.

Pour bien maîtriser la machine tour en fosse, on doit identifier les différents facteurs en relation avec la machine, pour cela on utilise des plusieurs outils d'analyse :

QQOCCP :

Pour définir la problématique on utilise l'outil QQOCCP, nous allons présenter d'une manière structurée la problématique du projet en suivant les principales questions-réponses :

Qui est concerné ? C'est Quoi le problème ? Où réside ce dysfonctionnement ? Quand et Comment apparaît-il ? Combien et Pourquoi apparaît-il ? Ainsi que les différentes parties concernées.

QUESTIONS	REPONSES
<u>QUI</u> : Qui est concerné, par le problème ?	Les agents de l'atelier tour en fosse.
<u>QUOI</u> : Quel est le problème ?	Réalisation d'un plan de maintenance de la machine Tour en Fosse.
<u>OÙ</u> : Où apparait le problème ?	L'atelier tour en fosse.
<u>QUAND</u> ?	Durant 4 mois.
<u>COMMENT</u> : Comment l'opération est faite actuellement ?	En se basant sur l'expérience du personnel et sur le document de constructeur.
<u>POURQUOI</u> ?	Pour améliorer la performance et la fiabilité de la machine.

Tableau 2:L'outil QQOCC

Diagramme ISHAKAWA:

La méthode d'Ishikawa utilise une représentation graphique en forme de poisson pour matérialiser de manière structurée le lien entre les causes et leur effet. Ce qui d'autre part lui a valu les appellations de « diagramme en arêtes de poisson », et « diagramme de causes à effet ». Kaoru Ishikawa classe les différentes causes d'un problème en 5 grandes familles

Matière	Les différents consommables utilisés, matières premières...
Milieu	Le lieu de travail, son aspect, son organisation physique...
Méthodes	Les procédures, le flux d'information...
Matériel	Les équipements, machines, outillages, pièces de rechange...
Main d'œuvre	Les ressources humaines, les qualifications du personnel.

Tableau 3:Tableau des 5M

5M	Causes	Effets
Main d'œuvre	Faible technicité	Manque d'auto-maintenance
	Manque de formation continue	Non progression de l'opérateur Faible rendement
Matière	Manque de formation continue	Retard au niveau de la production
	Manque des EPI plus sécurisé	Des incidents graves.
Matière	Maintenance premier niveau n'est pas effectuée	Nombre de pannes élevé Temps d'arrêt important
	Dysfonctionnement et pannes	Arrêt de production
Milieu	Problème au niveau de la vois de l'atelier.	Objectif de production ne sera pas atteint
	L'absence d'un système qui permet d'évacuer le copeau.	
Méthodes	Manque la mise à jour du plan de maintenance de la machine TF	Causes d'arrêts ignorées

Analyse fonctionnelle :

Diagramme pieuvre :

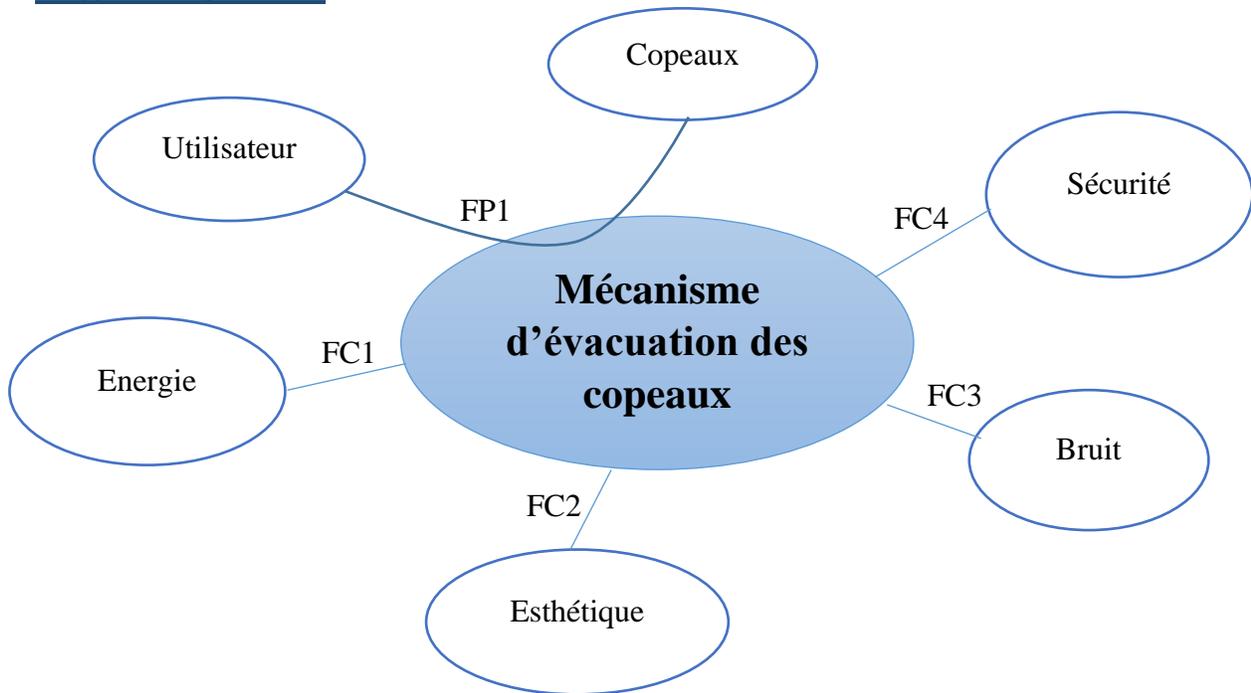


Figure 19:Diagramme de pieuvre du Broyeur

Fonction	Désignation	Niveau
FP1 : Permettre à l'utilisateur de broyer les copeaux et les évacuer en dehors de l'atelier.	Evacuation facile des copeaux	Système simple
FC1 : S'adapter au secteur d'énergie publique.	Energie d'alimentation	Electrique
FC2 : Plaire les gens	Système rigide et acceptable esthétique.	-----
FC3 :		
FC4 : Assurer la sécurité des utilisateurs.	Sécurité	Respecter les normes de sécurité

Diagramme FAST (Partie broyeur)

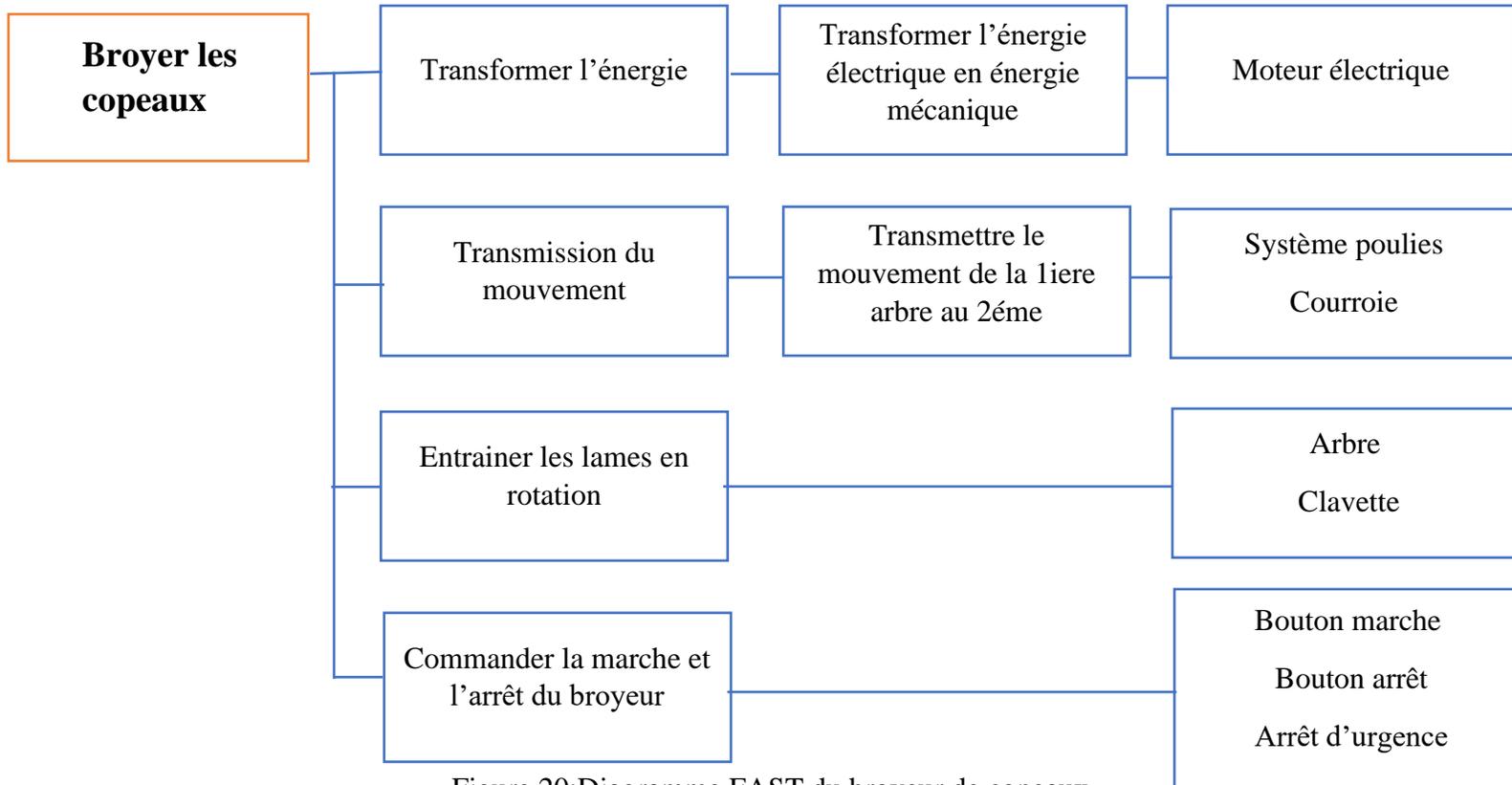


Figure 20:Diagramme FAST du broyeur de copeaux

Etude SysML

SysML « Systems Modeling Language », étant un langage d'étude et de description des systèmes, il permet d'aborder plus facilement le système. Il permet de représenter :

- Les exigences du système.
- Les composants du système.
- Les flux de toute nature (matière, énergie et information).
- Le fonctionnement du système.
- **Diagramme Des Cas D'utilisation (Uses Cases)**

Le diagramme cas d'utilisation est un diagramme fonctionnel permettant de décrire ce que fera le système sans spécifier comment. Il exprime juste les services (use cases) offerts par le système aux utilisateurs (actors).

La figure ci-dessous présente les services (use cases) offerts par le mécanisme d'évacuation des copeaux d'aux utilisateurs (agents de la maintenance en tour en fosse, préparateur ...).

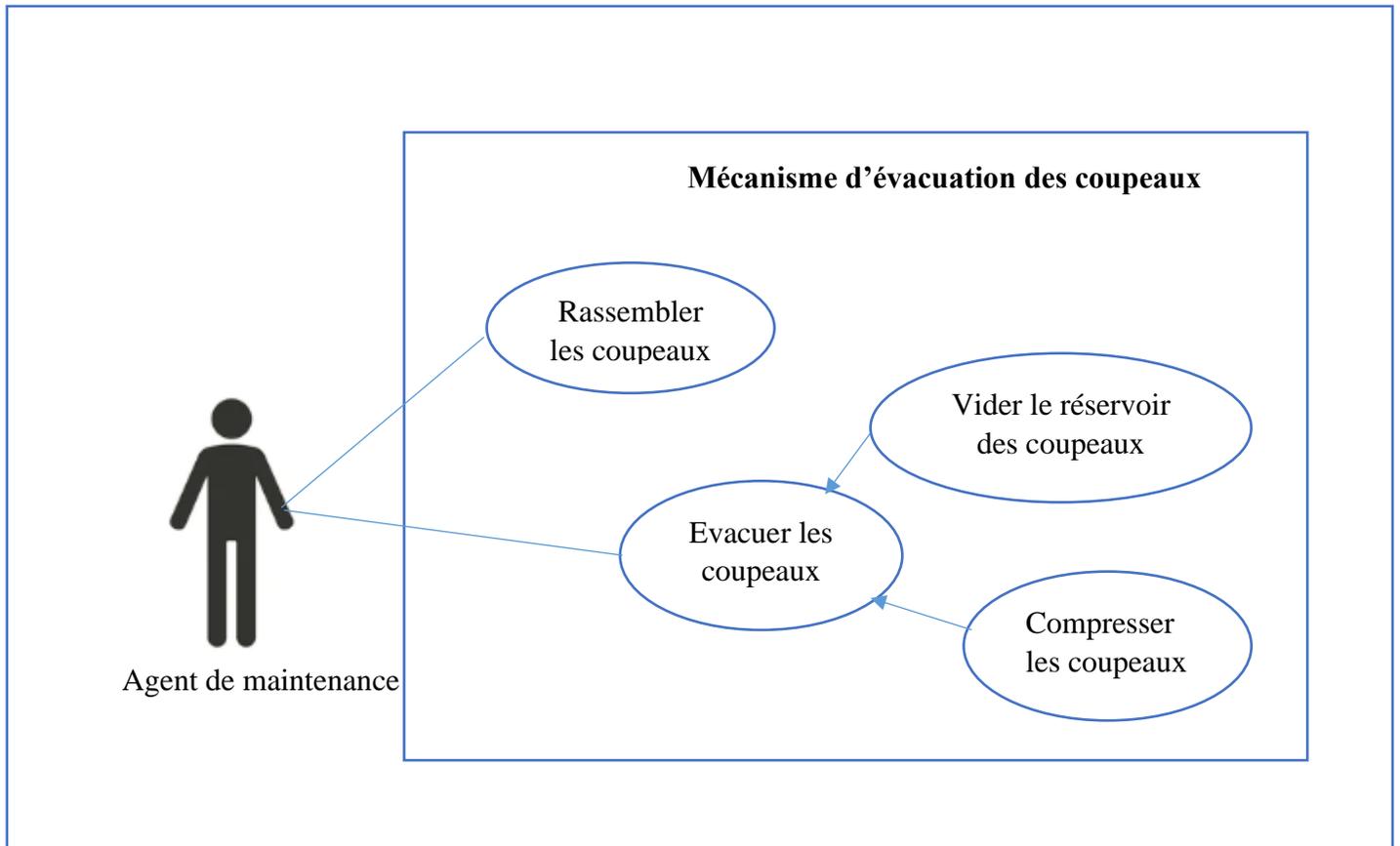


Figure 21:Diagramme Des Cas D'utilisation (Uses Cases)

Formulation du cahier des charges :

Sujet : Conception d'un mécanisme d'évacuation des copeaux de fer du tour en fosse.

Objectif :

- Facilité de l'évacuation des copeaux.
- Minimiser le temps confié à cette tâche.
- Améliorer la sécurité des agents chargés de cette mission.

Les données d'entrée :

- Documentation sur l'existant.
- Plan contenant les dimensions de la fosse contenant la machine.

Les données de sortie :

- Etude théorique de la solution proposée.
- Plans d'ensemble et de définition.
- Le résultat des simulations sur les logiciels.

Exposition de la solution choisie :

La problématique c'était l'évacuation des copeaux du tour en fosse. Alors la solution que j'ai adoptée est la suivante :

Un broyeur placé au-dessous du tour lié directement à un convoyeur se composant de deux parties : une va être horizontale et une deuxième partie inclinée de telle sorte à faire tomber les copeaux dans un réservoir placé au-dessus de la fosse.

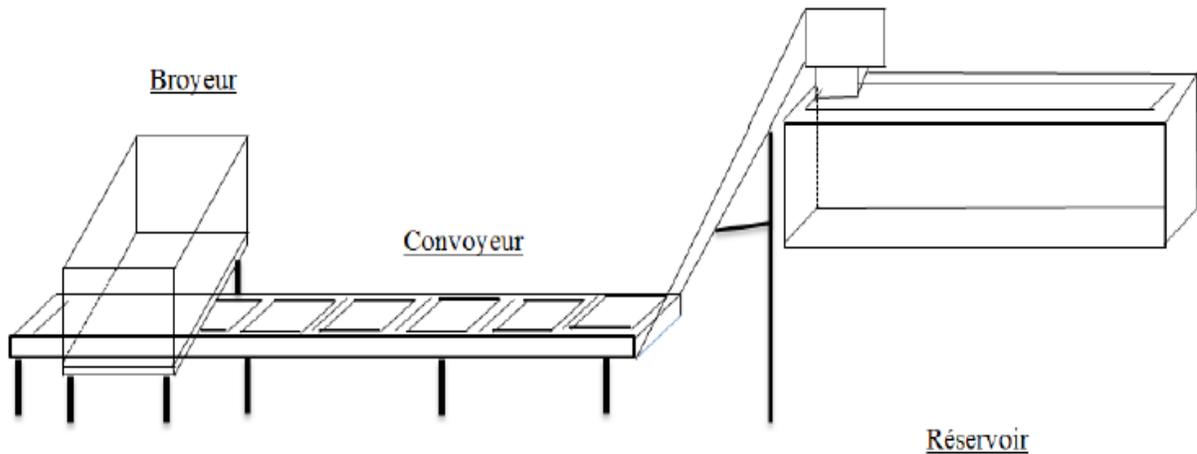


Figure 22:solution adoptée

Etude de faisabilité : évalué la solution proposée :

Le broyage : le broyeur est muni de lames rotatives permettant de réduire les déchets en de petites particules. Les déchets sont déversés à son entrée puis réduits en morceaux qui seront recueillis à la sortie dans un bac et transportés par un convoyeur à bande.



Figure 23:Schéma d'un broyeur

Broyeur à copeaux :

Le broyeur de Tour en fosse CASA, c'est un broyeur qui est installé avec la machine Tour en Fosse RAFAMET depuis le début de l'installation. On trouve ci-dessous différents types de broyeur qui sont similaires en fonctionnement mais avec des différences au niveau de dimensionnement.

Broyeur à copeaux - Broyeur BCE400 D12 :

- ⇒ Jusqu'à 70 Kg / h copeaux aluminium, Jusqu'à 110 Kg / h copeaux acier.
- ⇒ Déchargement par gravité.
- ⇒ Sans éjecteur de pièces étrangères.
- ⇒ Nombre d'arbre de coupe : 1, Nombre de couteaux : 20, Diamètre des couteaux : 116mm, Largeur des couteaux : 20mm, Double couteaux avec crochet.
- ⇒ Tamis avec grille : diamètre 15 mm
- ⇒ Vitesse de rotation : 125 tr/mn.
- ⇒ Puissance électrique 5.5 KW.
- ⇒ Tension d'alimentation : 400 V/50Hz.

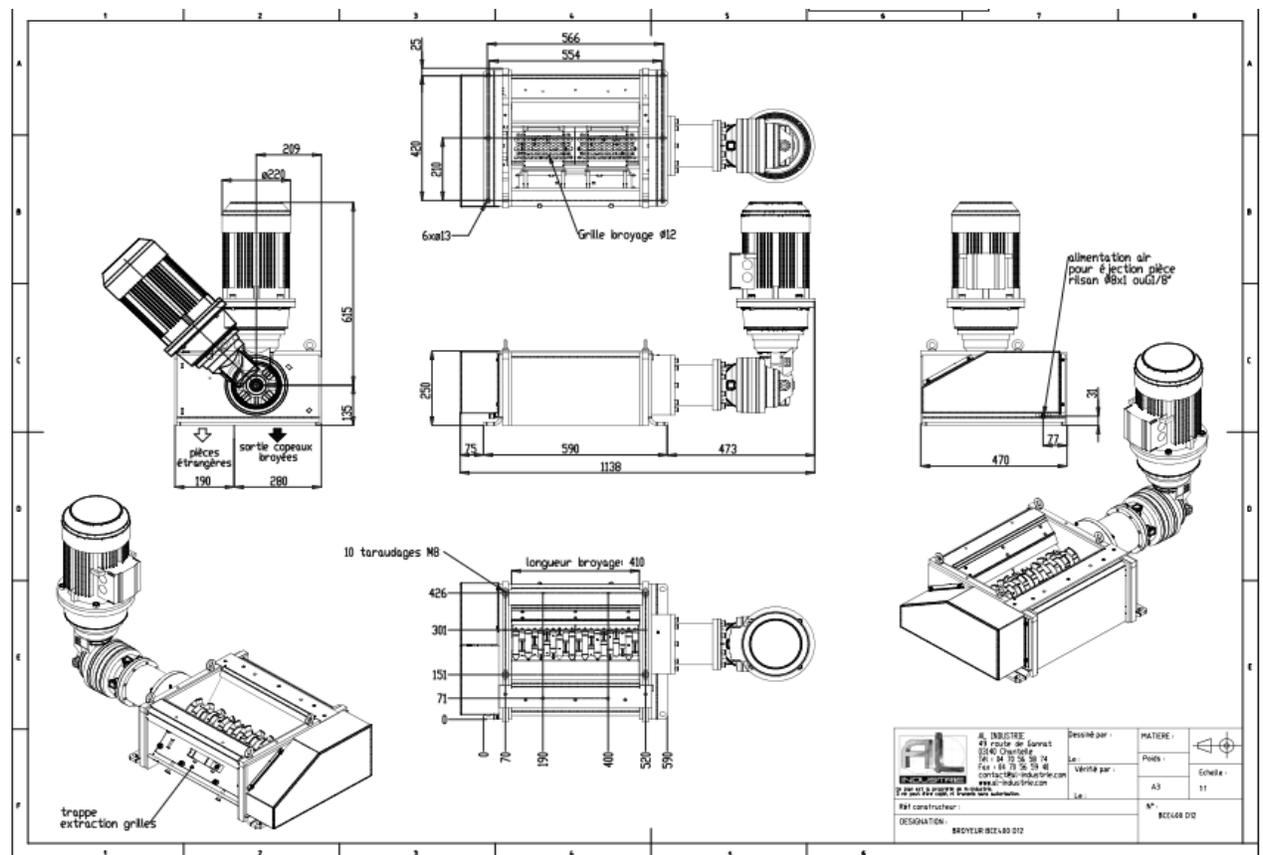


Figure 24: Broyeur BCE 400-D12

Broyeur à copeaux - Broyeur BCE600 D15

- ⇒ Jusqu'à 110 Kg / h copeaux aluminium,
- ⇒ Jusqu'à 165 Kg / h copeaux acier.
- ⇒ Capacités de traitement - 110 Kg/h d'aluminium.
- ⇒ Grille Ø 15 mm
- ⇒ Puissance électrique 5.5 KW.

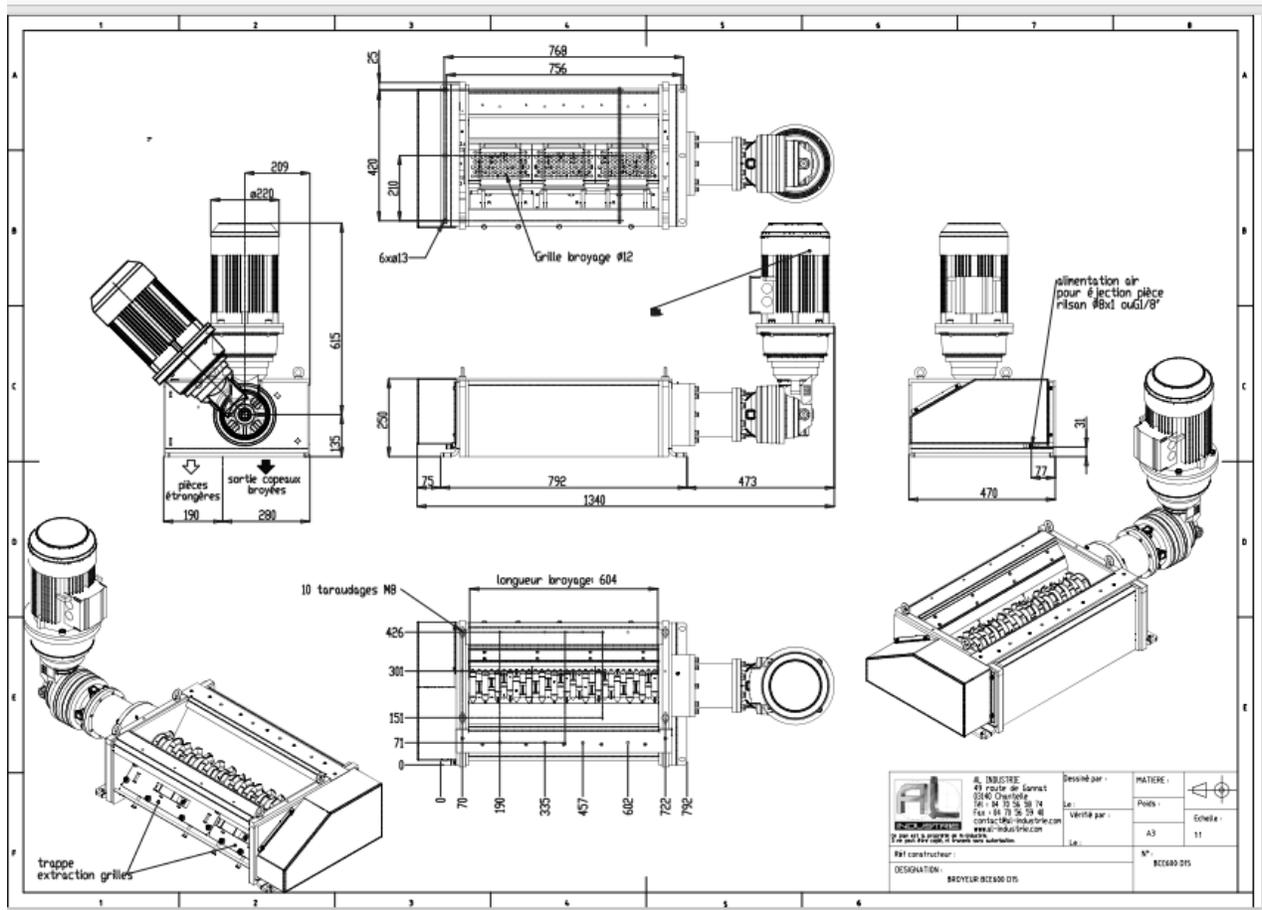


Figure 25: Broyeur BCE 600-D15

Broyeur à copeaux - Broyeur BCE200 D15

- ⇒ Jusqu'à 30 Kg / h copeaux aluminium,
- ⇒ Jusqu'à 45 Kg / h copeaux acier.
- ⇒ Capacités de traitement 30 Kg/h d'aluminium.
- ⇒ Grille Ø 15 mm
- ⇒ Puissance électrique 3 KW.

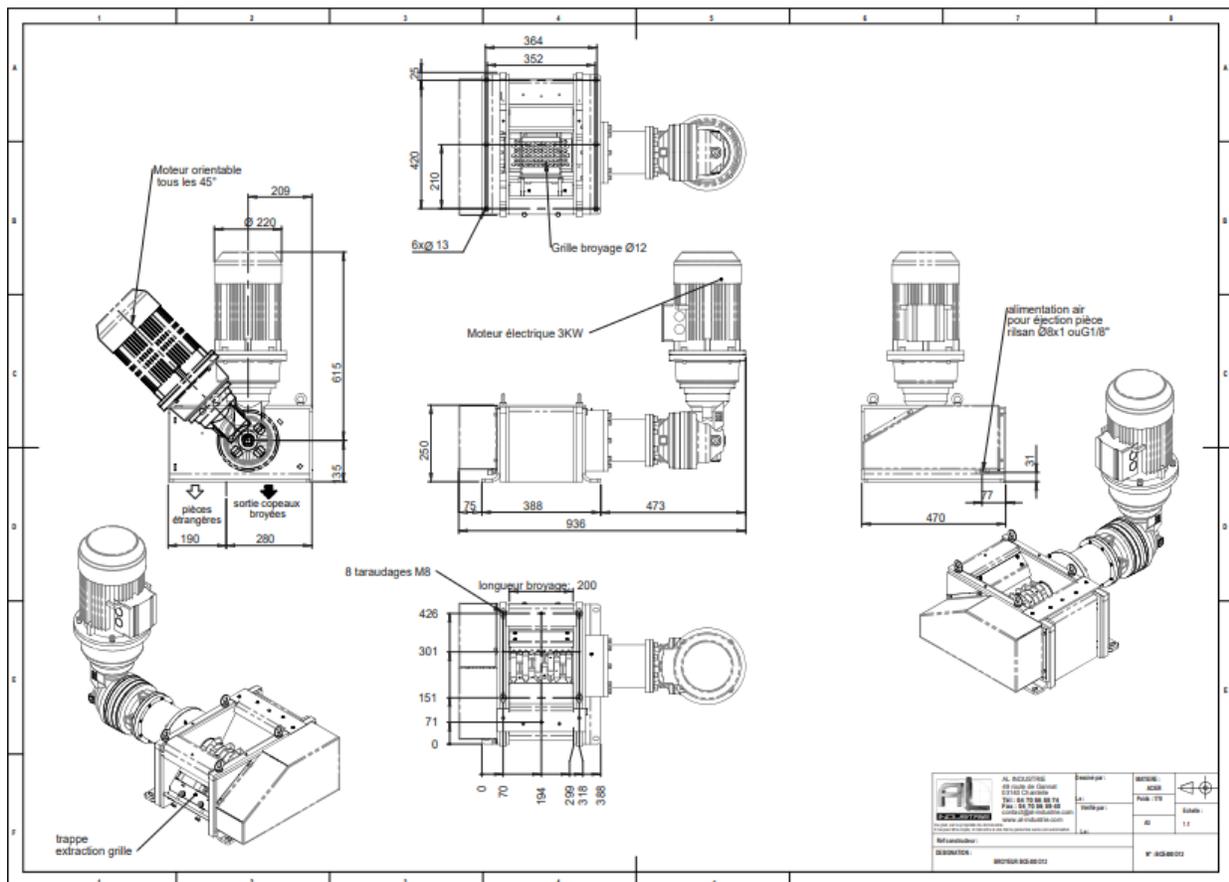


Figure 26: Broyeur BCE 200-D15

Faisabilité environnement :

Analyse de la sécurité

On peut directement le choisir (Broyeur de TF CASA) avec une analyse de la faisabilité soit au niveau technique, financière et aussi au niveau de la sécurité.

- ✗ Notre objectif est trouvé un mécanisme de l'évacuation de copeaux adoptée avec le plan de fondation de l'installation Tour en Fosse HEGENSHEIDT et qui ne nécessite pas un changement dans la fondation de TF existante., et aussi il respecte les conditions de sécurités. Le broyeur doit être demande peu d'entretien, et avec une facilité au cours de nettoyage.
- ✗ La facilité à réaliser des services d'entretien.
- ✗ Facile à maintenir.
- ✗ Il faut faire attention à ce que les opérateurs de la machine TF aient un accès aisé à des éléments particuliers de BROYEUR.

- ✗ Le personnel chargé du service doit avoir un accès libre au système de broyeur. Chaque action est accompagnée d'une instruction appropriée qui comprend les principes de son emploi en sécurité.

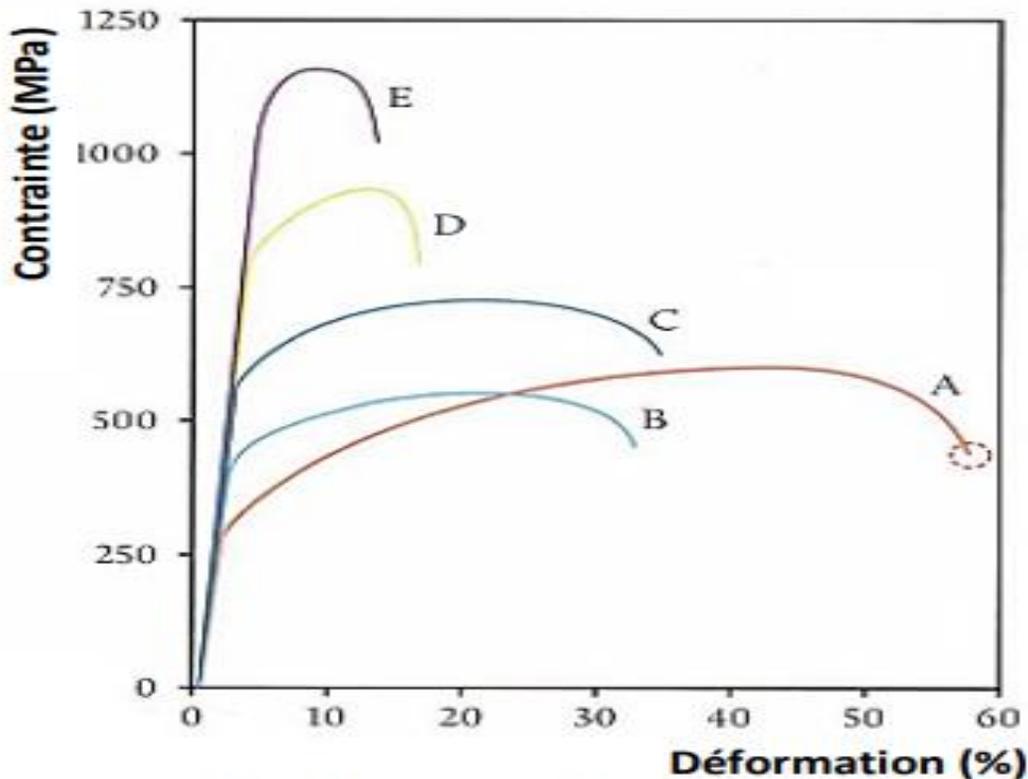
Après un appel d'offre 52297/C2 du 04/09/2001 concernant la mise en place d'un broyeur dans TF, la société fabriquant de TF HEGENSHEIDT a répondu que l'installation d'un brise-copeaux en dessous de la machine ou dans la zone de la voie des fondations de la machine exige des modifications considérables de la construction des fondations. Et il faut sortir le tour en fosse des fondations. Pendant les modifications de la construction, la machine ne peut pas être utilisée. C'est pourquoi ils recommandent d'installer le brise-copeaux indépendamment de la machine. La solution proposée par la société HEGENSHEIDT, un brise-copeaux de type KB10 est réalisé avec une trémie. Jusqu'à 300 Kg/h copeaux acier, 100kg /h copeaux aluminium. Vitesse : 71 tr/min, Hauteur totale y compris trémie : 1480 mm Encombrement au sol : 650 *1000 mm Hauteur de sortie : 345 mm Puissance électrique 5.5 KW.

1. Choix du matériau :

Lors de la conception d'un mécanisme, le choix du matériau convenable est une partie fondamentale qui permet de répondre aux exigences fonctionnelles.

1.1 Choix du matériau pour le bâti du broyeur :

Dans cette partie, on cherche à trouver le matériau avec lequel le bâti doit être fabriqué. On peut directement le choisir sans faire une étude. Le bâti doit présenter une rigidité maximale pour quelle peut supporter toutes les charges.



Comparaison de courbes contrainte-déplacement pour différents types d'aciers inoxydables

A – Austénitique (exemple 4301, 4307, 4404, etc.)

B – Ferritique (exemple 4016, 4059, 4521)

C – Austéno-ferritique (duplex, exemple 4462)

D – Acier à durcissement par précipitation (pH) (exemple 4542)

E – Martensitique (exemple 4057, 4109, 4034)

Le cercle en pointillés représente la rupture pour la courbe A

C'est pourquoi on choisit l'acier inoxydable (Martensitique)

Les avantages de l'acier inoxydable :

- ✗ Non corrosif.
- ✗ Ecologique. Il ne relâche pas de nickel dans son environnement.
- ✗ Quasi indestructible et indéformable.
- ✗ Demande peu d'entretien.
- ✗ Haute résistance à la corrosion
- ✗ Résistance mécanique adéquate
- ✗ Facilité de nettoyage
- ✗ Faible rugosité de la surface
- ✗ Résistance à des températures hautes

1.2 : Choix du matériau du broyeur

- ✓ Objectif : Assurer une légèreté de la structure
- ✓ Fonction : Résister à la torsion
- ✓ Contraintes : Augmenter la rigidité le maximum possible avec un coût minimal

$$\text{On a : } \sigma = \frac{M \cdot r}{j} \quad \text{avec } j = \frac{\pi}{2} \times r^4$$
$$\Rightarrow \sigma = \frac{2M}{\pi r^3}$$

Pour que l'axe résiste il faut que : $\frac{R_e}{S} > 2$

$$\text{Donc } \frac{R_e}{S} = \frac{2M}{\pi r^3}$$

On suppose que les lames ont une forme circulaire

$$\text{Alors : } m = \pi r^2 L \rho$$

$$\text{D'où } r = \left(\frac{m}{\pi L \rho} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{R_e}{S} = \frac{2M}{\pi \frac{m^{\frac{3}{2}}}{(\pi L \rho)^{\frac{3}{2}}}}$$

$$\text{D'où } m = (2 \cdot S \cdot M)^{\frac{2}{3}} \cdot \left(\pi^{\frac{1}{3}} \cdot L \right) \cdot \frac{\rho}{R_e^{\frac{2}{3}}}$$

Alors l'indice de PERFORMANCE est :

$$I = \frac{R_e^{\frac{2}{3}}}{\rho}$$

On utilise CES EDUPACK :

On a :

$$I = \frac{R_e^2}{\rho}$$

$$\log(I) = \frac{2}{3} \log(R_e) - \log(\rho)$$

$$\log(R_e) = \frac{3}{2} \log(I) + \frac{3}{2} \log(\rho)$$

Cette relation représente l'expression de la droite avec laquelle on va trier les matériaux selon le diagramme Ashby.

Sur un diagramme Ashby, on trace la variation de la limite élastique en fonction de la masse volumique à l'échelle logarithmique et on obtient le résultat suivant :

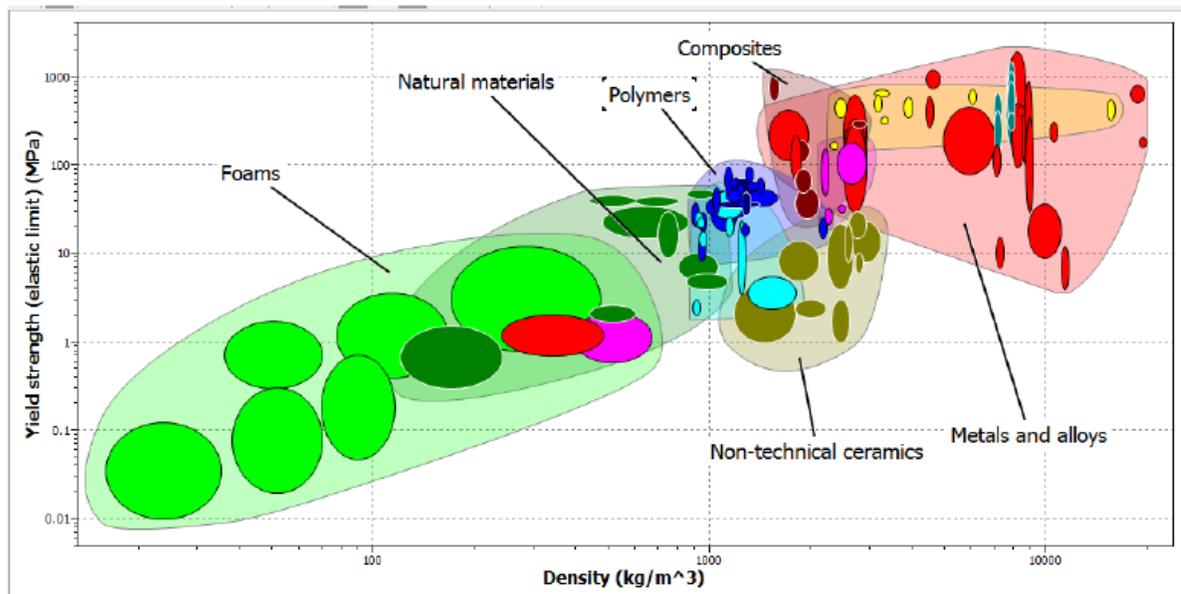


Figure 27:Diagramme Ashby

Ces familles peuvent être classées selon la légèreté comme ce ci :

1. Mousses ;
2. Métaux naturels ;
3. Polymères ;
4. Céramiques non techniques ;
5. Composites ;
6. Métaux et alliages.

Pour répondre à notre objectif on doit essayer d'augmenter notre indice de performance, en glissant la droite de la pente en haut, jusqu'à ce qu'on aura un seul matériau qui reste au-dessus de la droite

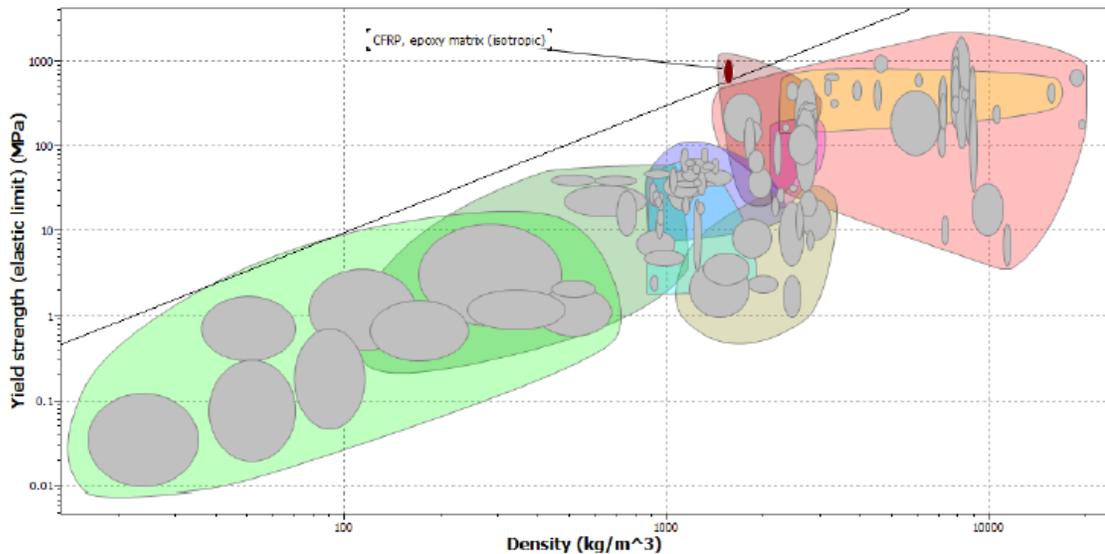


Figure 28: matériau choisi sur le diagramme Ashby

Alors d'après ce diagramme, le matériau qui possède le meilleur indice de performance est : **polymère à renfort fibre de Carbone.**

3. Etude et dimensionnement du broyeur

3.1 : Effort de cisaillement exercé par les lames :

Condition de cisaillement : $T < R_{pg} \cdot S$

$$\Rightarrow T < \frac{R_{eg}}{s} \cdot S$$

Avec :

- T : Effort de cisaillement en (N)
- R_{pg} : Résistance pratique au cisaillement en (Mpa)
- R_{eg} : Résistance élastique au cisaillement en (Mpa)
- S : Coefficient de sécurité

Choix du matériau : $R_{eg} = 550 \text{ Mpa avec } s = 5$

$$\text{A.N : } T < \frac{550}{5} \cdot 6$$

$$T < 660 \text{ N}$$

3.2 : Calcul de l'effort de poids des lames :

$$F = m \cdot g$$

$$\text{A.N : } F = 0.5 \cdot 10 \Rightarrow F = 5 \text{ N}$$

3.3 : Sommes des efforts appliqués sur les lames :

$$P = (F + T) * n$$

Avec : n nombre des lames soit égale à 15

$$\text{Donc } P = (5 + 660) * 15$$

$$P = 9975 \text{ N}$$

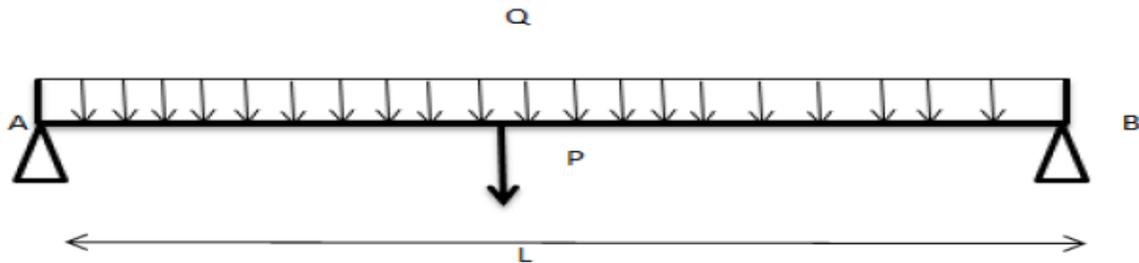
Avec Q la charge répartie qui vaut :

$$Q = \frac{P}{L}$$

$$\text{Donc } Q = 14.25 \text{ N/m}$$

3.4 : Calcul de l'effort tranchant et le moment fléchissant :

On modélise l'ensemble des lames comme ceci :



$$\text{On a : } R_A + R_B = P$$

$$\text{Symétrie : } R_A = R_B = \frac{P}{2}$$

$$\text{D'où : } \begin{cases} R_A = \frac{P}{2} = \frac{QL}{2} \\ R_B = \frac{P}{2} = \frac{QL}{2} \end{cases}$$

✚ Le moment fléchissant :

$$M_{fz} = - \left[-R_A \cdot x + \frac{Qx}{2} \cdot x \right] = \frac{QLx}{2} - \frac{Qx^2}{2}$$

$$M_{fz}(0) = 0$$

$$M_{fz}\left(\frac{1}{2}\right) = 872.2 \text{ KN}$$

$$M_{fz}(1) = 0$$

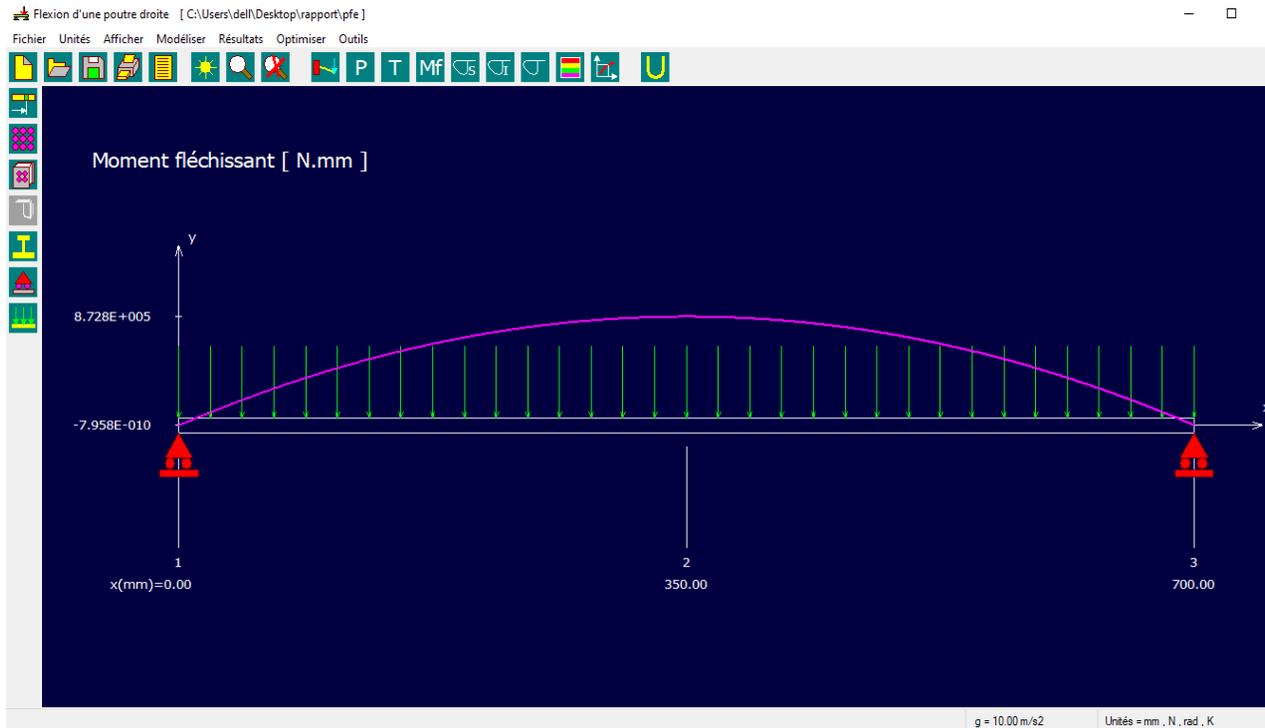


Figure 29: Diagramme du moment fléchissant

Effort tranchant :

$$T_y = -M_{fz} = \frac{-QL}{2} + Qx$$

$$T_y(0) = 4987.5 \text{ N}$$

$$T_y\left(\frac{1}{2}\right) = 0 \text{ N}$$

$$T_y(1) = -4987.5 \text{ N}$$

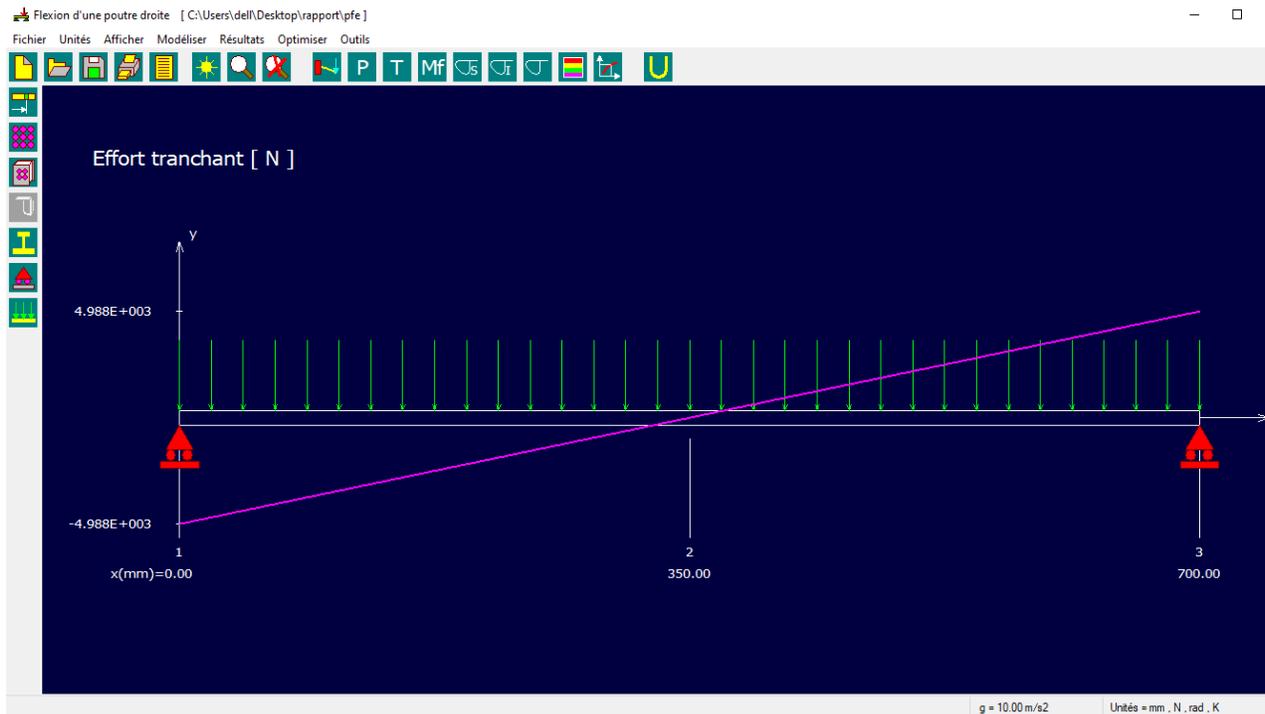


Figure 30: Diagramme de l'effort tranchant

3.5 : Choix de diamètre de l'arbre :

Moment de torsion :

$$M_t = [(F + T) * R] * n$$

A.N : $M_t = 498750 \text{ N} \cdot \text{mm}$

Moment de flexion idéal :

$$M_r = \sqrt{M_{fz}^2 + M_t^2}$$

$$M_r = 1005262 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Condition de résistance :

$$\sigma_{adm} > R_{pg} \Rightarrow \sigma_{adm} > \frac{R_e}{s}$$

$$\text{Or } \sigma_{adm} = \frac{M_r \cdot d}{I_{gz}^2} \quad \text{Donc } \frac{M_r \cdot d}{I_{gz}^2} = \frac{R_e}{s}$$

Pour le moment quadratique pour un cylindre : $I_{gz} = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$

$$\text{D'où } d > \sqrt[3]{\frac{M_r \cdot 16}{\pi \cdot R_e}}$$

Donc $d > 21 \text{ mm}$ on prend $d = 40 \text{ mm}$

3.6 : Choix du moteur :

On a

$$P = C * W$$

Avec :

P : puissance exprimée en w.

C : Couple moteur exprimé en N.m

W : vitesse angulaire exprimé en rd/s.

On suppose que : $w=125\text{tr/min}$

Alors $P = 5.5 \text{ KW}$



Figure 31: Moteur asynchrone

3.7 : Modélisation de la liaison pivot : guidage en rotation

La **liaison pivot** ne laisse subsister entre l'arbre et son palier qu'une **liberté de rotation** autour d'un axe géométrique : l'**axe de rotation**.

Pour assurer une telle liaison on choisit les coussinets.

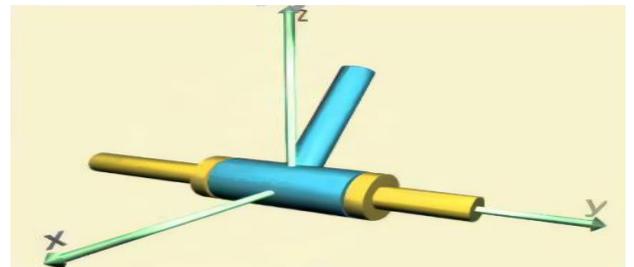


Figure 32: Les coussinets

Les coussinets sont des pièces recouvertes de métal antifricition servant à guider et à supporter des organes tournants. La fonction des coussinets est de réduire les frottements, donc de diminuer les résistances au mouvement et d'éviter l'usure ou encore le grippage des pièces. Les coussinets se composent généralement de deux éléments appelés coquilles, mais ils peuvent être également d'une seule pièce, dans ce cas, on parlera plutôt de bagues. Les matériaux généralement employés pour leur fabrication sont des alliages de bronze.

Le diamètre de l'arbre déjà calculé vaut 40 mm

Donc d'après le catalogue du fournisseur (Daemar® Inc) des coussinets on choisit :

Numéro de pièce	D1	D2	Longueur (+/- 0,25)	Diam. d'arbre (d)	Alésage du boîtier (Dg)	Diam. int. posé (D1E)
MB374120-TH	37	41	20	36,950 36,975	41,000 41,025	36,990 37,085
MB404420-TH			20			
MB404430-TH	40	44	30	39,950 39,975	44,000 44,025	39,990 40,085
MB404440-TH			40			
MB404445-TH			45			
MB404450-TH			50			
MB455020-TH	45	50	20	44,950	50,000	44,990
MB455030-TH			30	44,975	50,025	45,105

Tableau 4: extrait du catalogue des coussinets

Dimensionnement de la clavette :

Soit $L = 10 \text{ mm}$

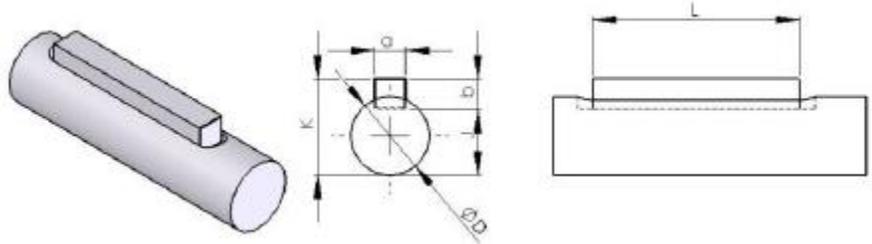
Pour que la clavette résiste en cisaillement, il faut que :

$$\tau = \frac{2.C}{a.L.D} \leq R_{pg}$$

Donc $a = \frac{2.C*S}{R_e.L.D}$

Alors $a = \frac{2*498750*3}{10*100*550}$ donc $a = 5.5 \text{ mm}$

Et d'après le tableau suivant :



Clavettes parallèles : principales dimensions normalisées (NF E 22-175)										
		série normale					série mince			
	d	a	b	s	J	K	L	b*	J*	K*
6 à 8 inclus	2	2	0,08	d-1,2	d+1	6 à 20				
8 à 10	3	3	à	d-1,8	d+1,4	6 à 36				
10 à 12	4	4	0,16	d-2,5	d+1,8	8 à 45				
12 à 17	5	5	0,16	d-3	d+2,3	10 à 56	3	d-1,8	d+1,4	
17 à 22	6	6	à	d-3,5	d+2,8	14 à 70	4	d-2,5	d+1,8	
22 à 30	8	7	0,25	d-4	d+3,3	18 à 90	5	d-3	d+2,3	
30 à 38	10	8	0,25	d-5	d+3,3	22 à 110	6	d-3,5	d+2,8	
38 à 44	12	8	à	d-5	d+3,3	28 à 140	6	d-3,5	d+2,8	
44 à 50	14	9	à	d-5,5	d+3,5	36 à 160	6	d-3,5	d+2,8	
50 à 58	16	10		d-6	d+4,3	45 à 180	7	d-4	d+3,3	

Tableau 5: choix des dimensions des clavettes

3.8. Etude du système de transmission : poulies courroie :

Un système poulies-courroie permet de transmettre une puissance dans le mouvement de rotation d'un arbre à un autre. Les deux ou plusieurs arbres pouvant être éloignés l'un de l'autre. Ce système permet de plus : - pour un arbre moteur d'avoir plusieurs arbres récepteurs. - un montage économique et une maintenance aisée. - d'amortir les vibrations et les chocs de transmission ce qui augmente la durée de vie des organes moteur et récepteur. - d'assurer un fonctionnement silencieux.

Choix : Courroie trapézoïdale

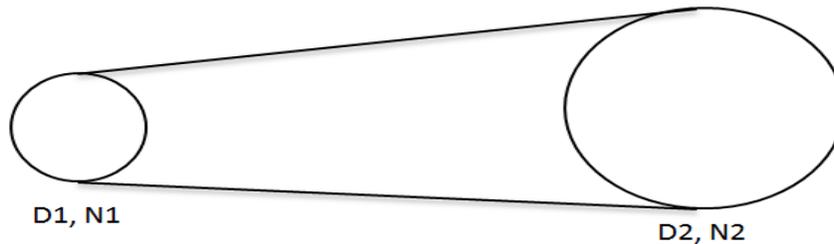


Figure 33: Schématisation du système de transmission

Donnée : $P=13\text{Kw}$; $N1=250\text{tr/min}$; $N2=125\text{tr/min}$

❖ Calcul de puissance de service :

On a : $P_s = P * K_s$

Avec : K_s : facteur de service.

D'après le tableau suivant : (Service normale +transmission uniforme sans à-coups).

1. Valeur du coefficient de service K_s				
	service léger 0 à 6 h/jour	service normal 6 à 16 h/jour	service dur 16 à 24 h/jour	service très dur en continu
transmission uniforme sans à-coups	1,0	1,2	1,4	1,6
transmission avec légers à-coups et chocs modérés	1,1	1,3	1,5	1,8
transmission avec à-coups et chocs élevés *	1,2	1,4	1,7	2,1

Tableau 6: Choix du coefficient de service

On trouve : $K_s = 1.2$

Donc $P_s = 13 * 1.2 = 15.6 \text{ KW}$

❖ Choix de la section :

Sur le graphe suivant, et sachant que $P_s=15.6$ et $N1=250\text{tr/min}$:

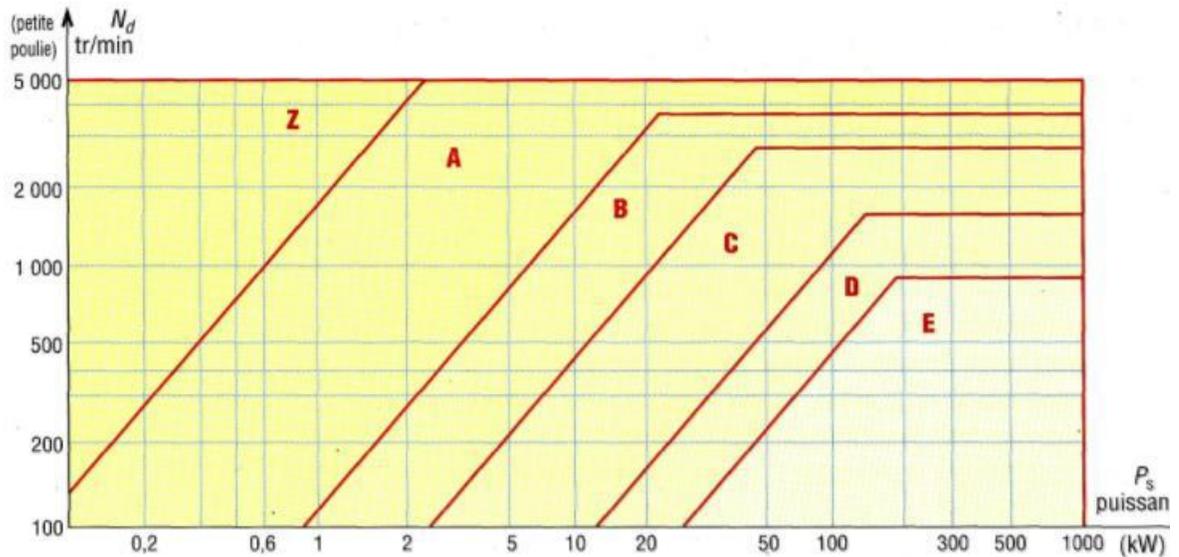


Figure 34: Choix de la section de la courroie

On choisit donc la section C.

❖ Choix des diamètres primitifs :

On impose $D_1 = 90 \text{ mm}$ pour la petite poulie.

Pour la grande poulie :

$$R = 0.5 = \frac{N_2}{N_1} = \frac{D_1}{D_2} \Rightarrow D_2 = \frac{D_1}{0.5} \Rightarrow D_2 = 180 \text{ mm}$$

❖ Vitesse linéaire de la courroie :

$$V = \frac{\pi \cdot N_1 \cdot D_1}{30 \cdot 2} \Rightarrow V = \frac{\pi \cdot 250 \cdot 90}{30 \cdot 2} \Rightarrow V = 1.2 \text{ m/s}$$

❖ Calcul de l'entraxe :

$$\text{Limite inférieure : } a_{min} = \frac{1}{2}(D_2 + D_1) + D_1$$

$$a_{min} = 225 \text{ mm}$$

$$\text{Limite supérieure : } a_{max} = 3(D_2 + D_1)$$

$$a_{max} = 810 \text{ mm}$$

Donc : $225 < a < 810$

On prend : $a = 300 \text{ mm}$

❖ **Longueur primitive de la courroie :**

$$L_p = 2a + 1.57(D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4a}$$

$$A.N: L_p = (2 * 300) + 1.57(90 + 180) + \frac{(180 - 90)^2}{4 * 300}$$

D'où : $L_p = 1031 \text{ mm}$

❖ **Puissance de base de la courroie :**

On a: $V = 1.2 \text{ m/s}$ et $D_2 = 180 \text{ mm}$

D'après le tableau suivant on trouve : $P_b = 3.92 \text{ KW}$

4. Puissance de base P_b en kW des courroies trapézoïdales classiques													
type courroie	diamètre primitif	vitesse linéaire V de la courroie (m/s)					type courroie	diamètre primitif	vitesse linéaire V de la courroie (m/s)				
		5	10	15	20	25			5	10	15	20	25
Z	50	0,45	0,72	0,85	-	-	C	180	3,92	6,10	7,33	8,32	-
	60	0,62	1,05	1,35	-	-		210	4,59	7,38	9,40	10,86	11,76
	70	0,73	1,29	1,70	1,94	-		240	4,99	8,31	10,82	12,75	14,14
	80	0,83	1,48	1,97	2,30	2,41		280	5,50	9,27	12,26	14,70	16,50
	90	0,90	1,61	2,18	2,58	2,76		320	5,83	9,96	13,34	16,10	18,29
	100	0,95	1,72	2,37	2,80	3,04		360	6,14	10,56	14,16	17,19	19,69
	110	1,00	1,82	2,48	2,99	3,27		430	6,55	11,25	15,32	18,68	21,43
A	85	1,25	2,04	2,66	3,01	-	D	290	8,92	13,44	15,95	16,80	-
	100	1,42	2,37	3,12	3,99	4,10		320	9,84	15,41	18,90	20,74	20,92
	115	1,55	2,64	3,52	4,21	4,73		360	10,94	17,50	22,07	24,96	26,19
	130	1,65	2,85	4,04	4,60	5,22		400	11,80	19,20	24,61	28,33	30,42
	150	1,75	3,03	4,10	4,80	5,72		460	12,78	21,18	27,55	32,29	34,37
	170	1,82	3,19	4,33	5,00	6,10		520	13,58	22,71	29,85	35,35	39,20
	190	1,87	3,30	4,54	5,55	6,39		580	14,16	23,96	31,64	37,76	42,80
B	120	2,11	3,23	4,23	4,80	-	E	440	10,97	18,85	24,69	28,33	29,44
	140	2,35	3,95	5,02	5,83	6,37		480	11,89	20,65	27,39	31,92	33,91
	160	2,57	4,03	5,61	6,63	7,37		520	12,62	22,15	29,63	34,95	37,68
	180	2,72	4,39	6,09	7,24	8,14		600	13,84	24,57	33,28	39,86	43,75
	200	2,81	4,81	6,42	7,71	8,75		700	14,94	27,26	36,66	44,28	49,35
	220	2,92	4,89	6,73	8,13	9,24		800	15,77	28,50	39,18	47,60	53,56
	250	3,01	5,06	6,89	8,64	8,85		950	16,82	30,40	42,00	51,40	59,13

Tableau 7: La puissance de base

❖ Puissance admissible :

$$\text{On a: } P_a = P_b * K_L * K_\theta$$

Avec :

- P_a : puissance admissible par la courroie
- P_b : puissance de base de la courroie
- K_L : coefficient correcteur de longueur primitive P_L
- K_θ : coefficient correcteur fonction de l'angle d'enroulement θ

D'après le graphe suivant et sachant $L_p = 1031 \text{ mm}$ que :

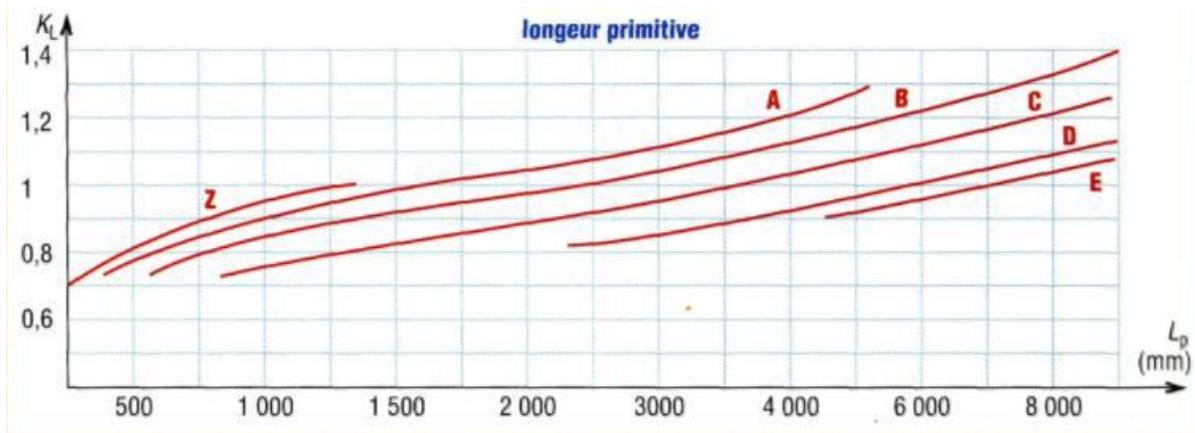


Figure 35: coefficient correcteur fonction de la longueur primitive L_p

On trouve : $K_L = 0.72$

$$\text{D'autre part on a : } \theta = 180^\circ - 2 \sin^{-1}((D_2 - D_1)/2a)$$

θ : Angle d'enroulement sur la petite poulie.

$$\Rightarrow \theta = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \left(\frac{(180-90)}{2*300} \right)$$

$$\Rightarrow \theta = 163^\circ$$

\Rightarrow D'après le graphe suivant, on trouve $K_\theta = 0.96$

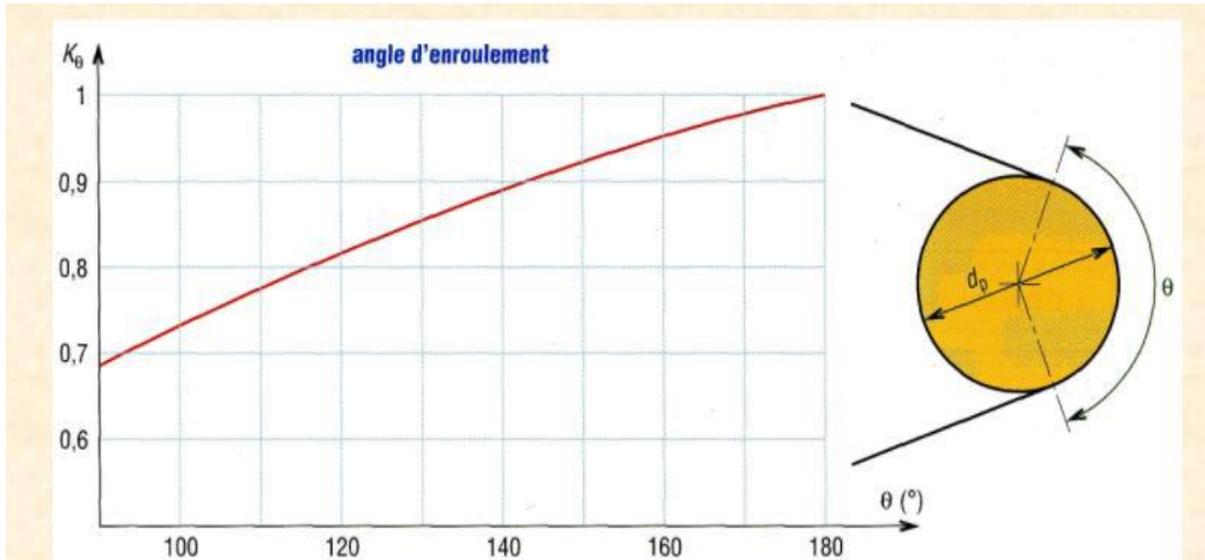


Figure 36: coefficient correcteur fonction de l'angle d'enroulement θ

Donc $P_a = 3.92 * 0.72 * 0.96$

D'où : $P_a = 2.71 \text{ KW}$

Choix du convoyeur :

Les convoyeurs à bande sont caractérisés par le type de bande transporteuse utilisée (matériaux, texture, épaisseur) et par la position du groupe de motorisation (central ou en extrémité). Dans tous les cas, un convoyeur à bande se compose :

- ⇒ D'un tambour de commande et de sa moto réductrice
- ⇒ D'un rouleau d'extrémité
- ⇒ D'un châssis porteur avec une sole de glissement qui assure le soutien de la bande
- ⇒ D'une bande transporteuse.

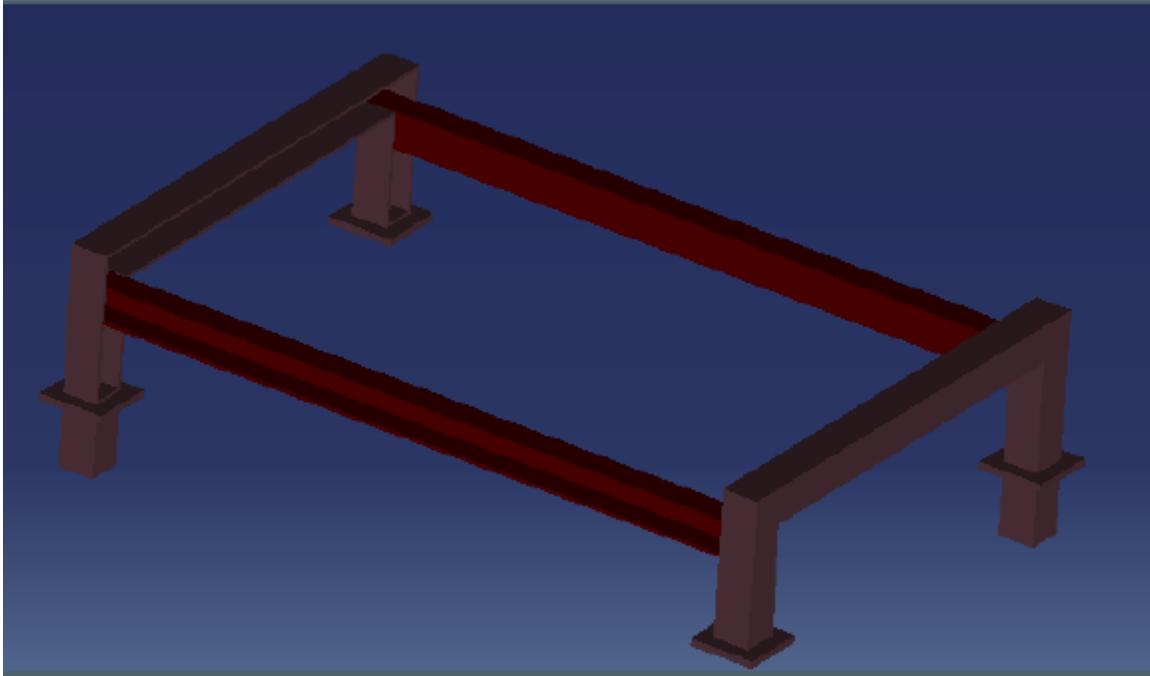
Les convoyeurs à bande modulaire permettent, grâce à leur bande rigide en acétal, d'accumuler des charges (avec frottement entre la bande et les objets transportés). La bande est en fait une chaîne en plastique qui vient s'engrener dans des pignons également en plastique. En termes de maintenance, l'avantage est de ne pas avoir de centrage et de tension de bande à effectuer, contrairement à un convoyeur à bande classique.

CHAPITRE 5 :

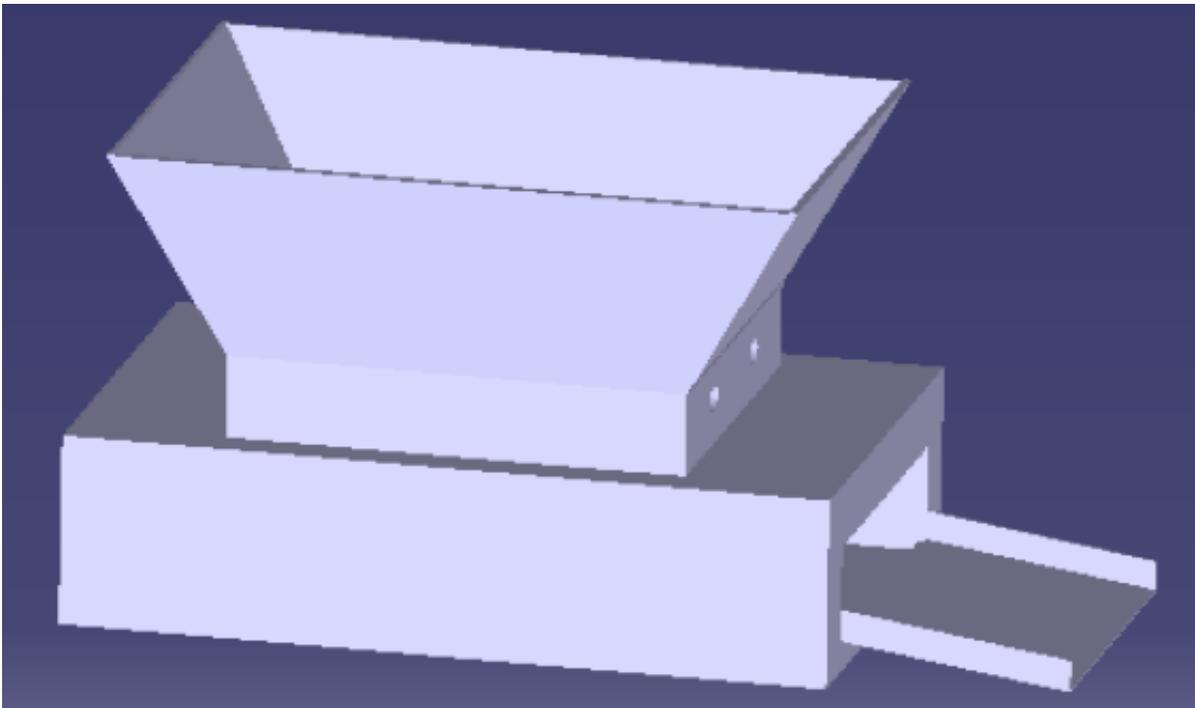
CONCEPTION DU MÉCANISME D'ÉVACUATION DU COUPEAUX.

Au fond de ce chapitre, on présente la maquette numérique du mécanisme conçu en utilisant le logiciel Catia V5.

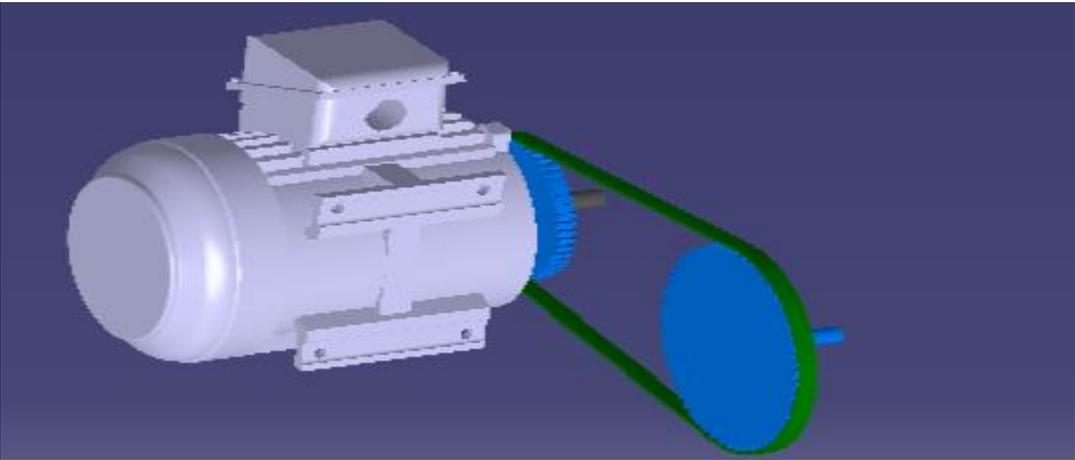
Sans doute le broyeur ne peut plus être mis sur terre, c'est pourquoi on a conçu une table en utilisant des profilés en U en acier :



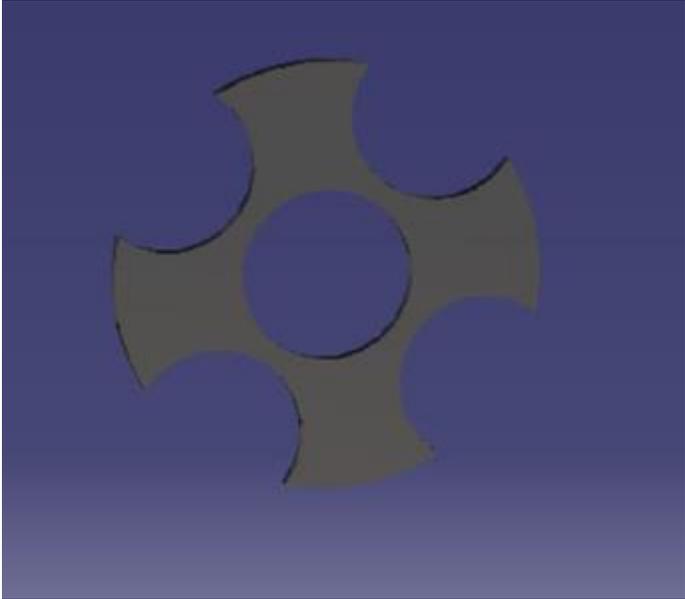
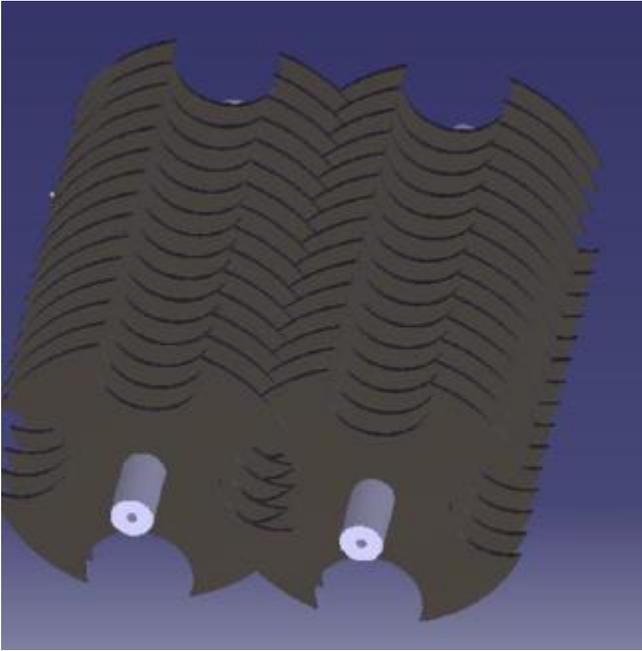
Le cops de broyeur est conçu de telle sorte qu'il soit adaptable à la place où il va être mis.



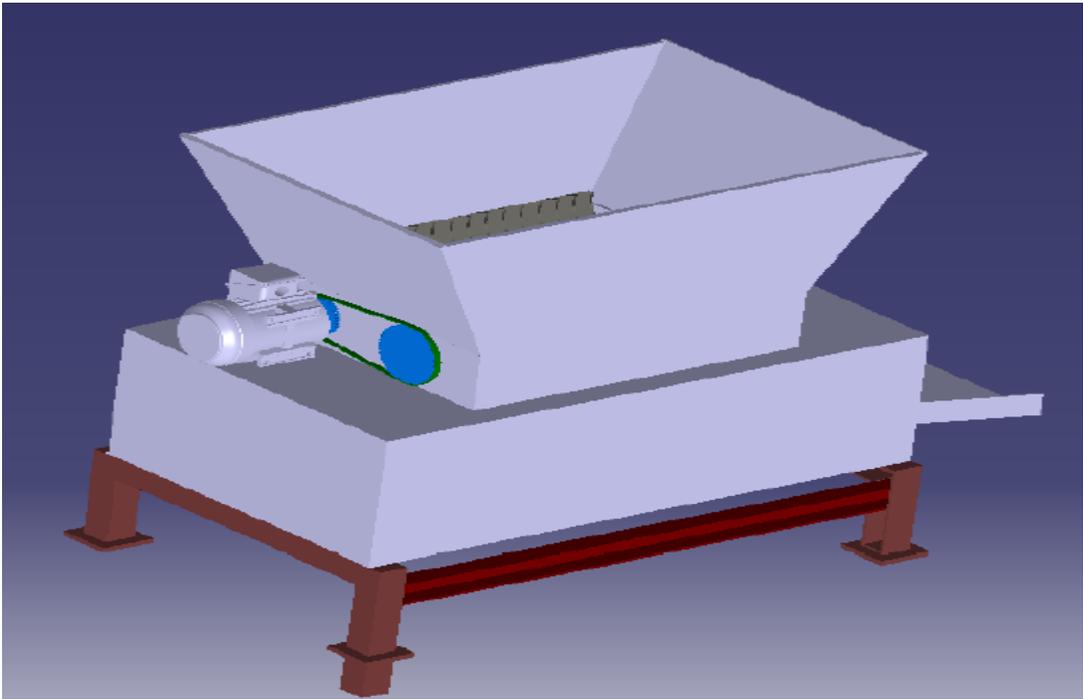
La Transmission de mouvement va se faire avec un système poulies courroie.



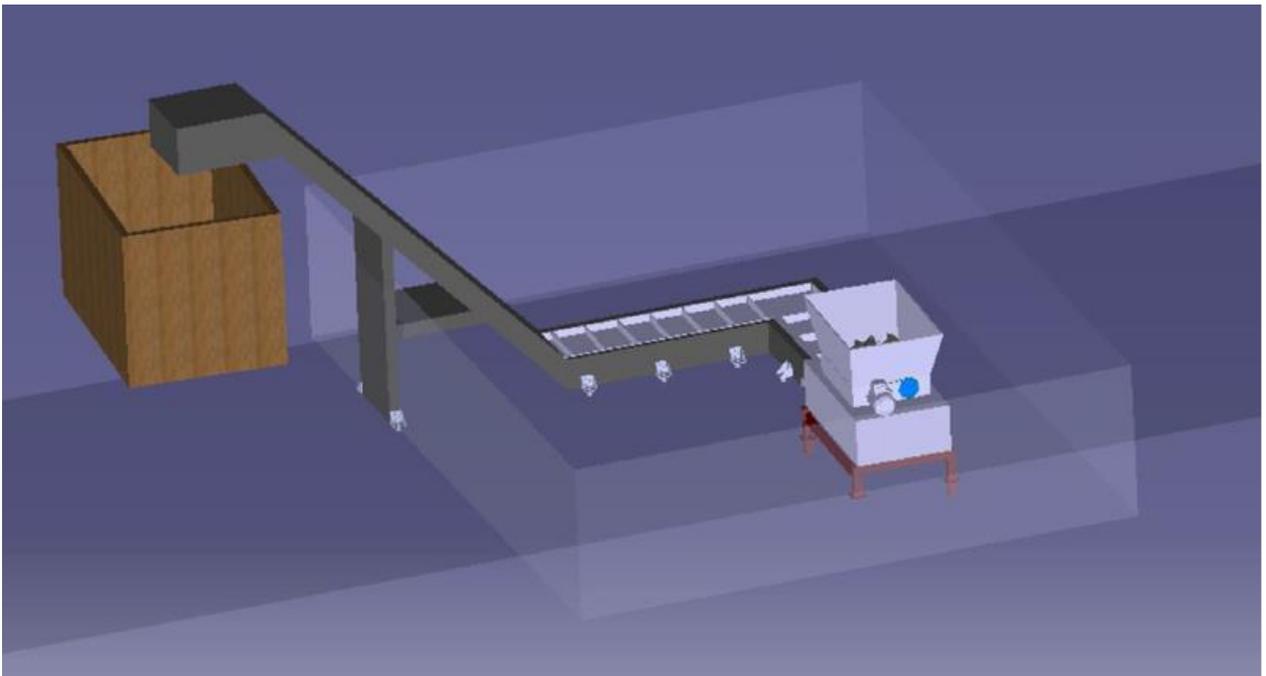
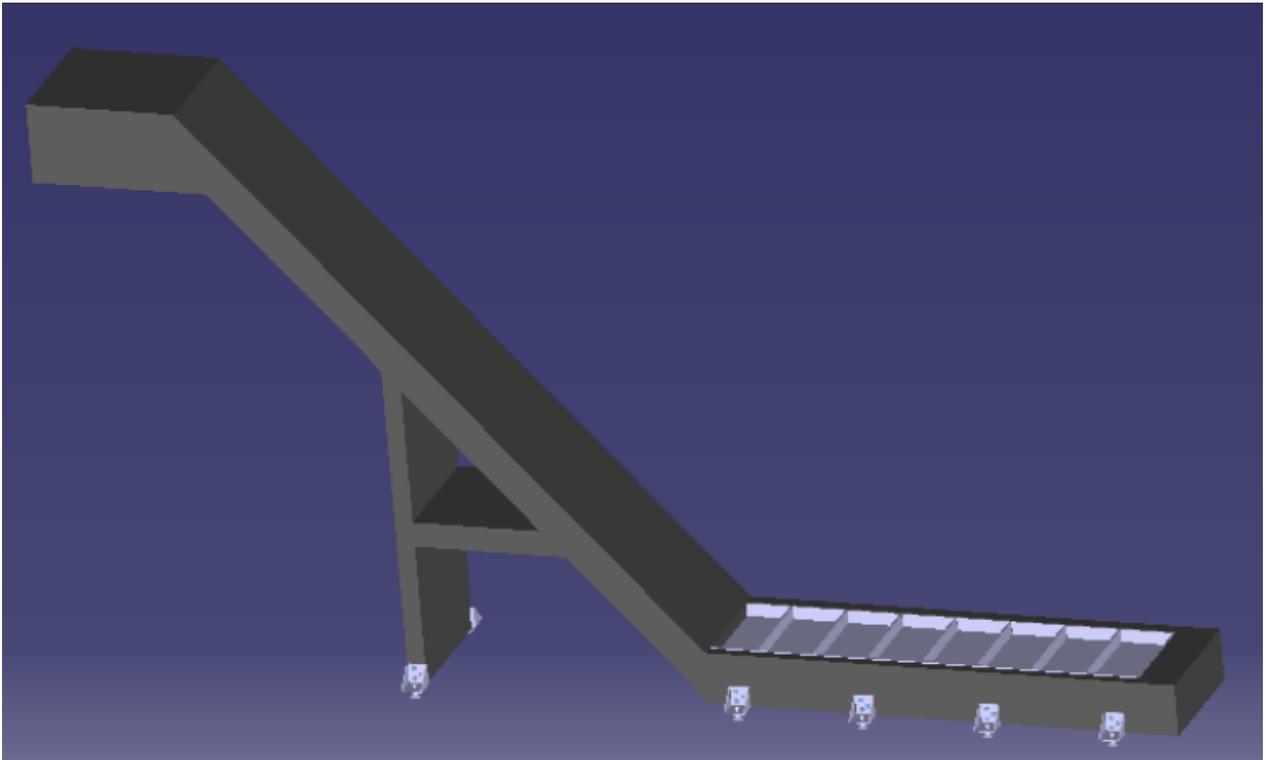
L'ensemble des lames assemblées avec l'arbre sont montrés dans la figure suivante :



En assemblant toutes les pièces constituant le broyeur, on aboutit au résultat suivant :



Le convoyeur choisi lors de la conception :



Le mécanisme proposé après l'assemblage du broyeur et de convoyeur sera comme la figure suivante montre

CONCLUSION

Après ma rapide intégration dans l'équipe de Tour en Fosse Fès, j'ai eu l'occasion de réaliser plusieurs tâches qui ont constitué une mission de stage globale. L'objectif général de ce travail est l'amélioration de l'atelier Tour en fosse à travers l'élaboration d'un plan de maintenance de la machine TF de Fès, et aussi une étude de la faisabilité de la mise en place d'un broyeur à couteaux dans l'installation de TF ».Le travail que j'ai effectué offre maintenant une vue complète de la machine 106 CNC, pour cela mon travail a été décomposé en trois étapes essentielles : La 1ere étape avait pour but d'identifier la machine (principe de fonctionnement et identification de leur composant), La 2ème étape consiste à élaborer un plan de maintenance de la machine TF-Fès. La 3ème étape avait pour but d'étudier la faisabilité de la mise en place d'un broyeur à couteaux dans l'installation de TF.

Ce travail m'a permis d'une part d'approfondir mes connaissances et le savoir-faire acquis durant cette période de stage au tour en fosse de FES et d'autre part de donner une vue générale sur les tâches effectuées dans l'unité de production de tour en fosse de FES.

Le travail que j'ai réalisé pourrait être complété et poursuivi sous différents aspects telles que :

- ✚ Amélioration de la maintenance de la machine.
- ✚ Amélioration des conditions de travail (sécurité/environnement).

BIBLIOGRAPHIE

<https://www.google.com/>

<https://www.oncf.ma/fr/Entreprise/Profil-de-l-oncf/Gouvernance>

<https://www.oncf.ma/fr/Entreprise/Profil-de-l-oncf/Chiffres-cles-2017>

<http://www.fstf.fst-usmba.ac.ma/bibliotheque/>

<https://www.youtube.com/>

ANEXES

Processus travaux du tour en fosse

