



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès

Faculté de Sciences et Techniques de Fès-Saïss
Département de génie mécanique

Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention de la

Licence Sciences et Techniques

Spécialité : Conception et Analyse Mécanique

Thème :

**Conception et réalisation d'une passerelle mobile
de serrage des boulons broyeur cru**

Lieu :

Ciment de l'Atlas usine de Beni Mellal

Présenté par :

- Aimad MAHMOUDY & Mohamed MOUTCINE

Encadré par :

- Rafiq JOUAN encadrant industriel à Ciment de l'Atlas.
- Abbas SEDDOUKI professeur département génie mécanique FST.

Soutenu le 17/06/2015 devant le jury :

- Pr. Bilal Harras
- Pr. Abbas SEDDOUKI



REMERCIEMENTS

Au terme de notre stage effectué à CIMAT ciment de l'atlas usine de Béni Mellal, nous aimerons remercier vivement la société, qui nous a accueilli, ainsi que MR RAFIQ JOUAN notre encadrant pour son aide, pour les informations et notices techniques que nous a fourni.

Nos remerciements s'adressent à Monsieur Le Doyen de la FST, le corps administratifs et professoral, pour les conseils, les directives et les encouragements prodigués le long de notre formation.

Nos remerciements s'adressent également à notre encadrant à la FST, MR .SEDDOUKI, qui nous a fait profiter de son aide, et de sa collaboration. Ils s'adressent aussi aux membres du jury, qui nous ont fait l'honneur de juger notre travail.

Par la même occasion nous remercions tous ceux qui ont contribué à faciliter la tâche de notre travail, en prodiguant généralement leur aide accompagnée de sympathies et d'encouragements, qu'ils trouvent ici l'expression de nos sincères grâces.

:



Résumé

L'objectif principal de notre projet de fin d'étude à Ciment de l'atlas, est la réduction de temps de maintenance de l'atelier broyage cru.

Dans cette optique la direction de ciment de l'atlas et en particulier le service maintenance mécanique nous a proposé un projet de fin d'étude intitulé « Conception et réalisation d'une passerelle mobile de serrage des boulons broyeur cru »

Après une étude préliminaire sur l'entourage et la forme du broyeur cru nous avons dimensionné un système de levage qui permet de soulever l'opérateur en respectant les conditions de sécurité pour les employés et le matériel avec prise de considération l'aspect environnemental.

Afin de pouvoir visualiser et simuler les contraintes appliquées sur le système et principalement sur le rail obtenue chez un fournisseur, le logiciel CATIA a été utilisé pour faire la modélisation du système ainsi l'étude par éléments finis pour le rail, des calculs théoriques ont été faits pour s'assurer que les conditions critiques sont respectées et afin de valider les résultats obtenus sur CATIA et RDM6.

Mots clés

Système de levage –Energie manuelle – Passerelle mobile - Nacelle – Broyeur cru – Serrage.



Abstract

The main objective of our project of end of study to cement the atlas is the maintenance time reduction in raw grinding workshop.

In this context the atlas cement management and in particular the mechanical maintenance department has offered a final project study entitled "Design and implementation of a mobile gateway tightening bolts raw mill"

After a preliminary study of the entourage and shape of the raw mill we have sized a lifting system which can lift the operator respecting the safety conditions for employees and equipment with taking account the environmental aspect.

In order to visualize and simulate the stresses applied to the system and mainly on the rail resulting in a supplier, CATIA was used for system modeling and finite element study for rail, theoretical calculations were made to ensure that the critical conditions are met and to validate the results obtained on CATIA and RDM6.

Key words

Lifting system – Manual energy – Mobile gateway – Nacelle - Raw mill – tightening.



ملخص

الهدف الرئيسي من مشروع دراستنا الختامي في اسمنت الاطلس هو تخفيض وقت الصيانة في ورشة عمل طحن الخام

في هذا السياق ادارة اسمنت الاطلس و على وجه الخصوص قسم الصيانة الميكانيكية اقترح علينا مشروع دراسة ختامي بعنوان "تصميم و صنع نظام الرفع من اجل تشديد براغي طاحونة الخام

بعد الدراسة الأولية للمحيط وشكل طاحونة المواد الخام لدينا حجم نظام الرفع والذي يمكن من رفع المشغل و احترام شروط السلامة للعاملين و المعدات مع أخذ الاعتبار الجانب البيئي

من أجل تصور ومحاكاة الضغوط المطبقة على النظام وبشكل رئيسي على السكة الحديدية ، وتم استخدام كاتيا لنظام النمذجة ودراسة العناصر المحدودة للسكك الحديدية، وكانت الحسابات النظرية المبدولة لضمان استيفاء الشروط الهامة وللتحقق من صحة النتائج التي تم الحصول عليها على كاتيا و RDM6 .

الكلمات المفتاحية

تشديد - طاحونة المواد الخام - الطاقة اليدوية - نظام الرفع.



SOMMAIRE

Remerciement.....	II
Résumé.....	III
abstract.....	IV
ملخص.....	V
liste des figures.....	VIII
Liste des tableaux.....	IX
Glossaire et abréviations	X
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

Introduction

1.1-Présentation de l'entreprise.....	
1.1.1 Le groupe CIMAT.....	1
1.1.2 L'usine de Beni Mellal.....	1
1.1.2.1 Gamme de produits.....	2
1.1.2.2 Organigramme de la société CIMAT	2
1.2-Processus de fabrication de ciment.....	3
1.2.1 Préparation de la matière première.....	3
1.2.2 La cuisson.....	5
1.2.3 Le broyage du ciment.....	7
1.2.4 Ensachage.....	7



Chapitre II : Présentation du sujet

Introduction

2.1-Définir la problématique.....	9
2.2-Cahier de charge.....	10
2.3-Analyse fonctionnelle.....	11
2.3.1-Diagramme de Bête à corne.....	11
2.3.2-Diagramme de Pieuvre.....	12
2.3.3-Diagramme de FAST.....	14
2.4-Etude du système sur CATIA V5 et principe de fonctionnement.....	15
2.4.1-Modélisation sur CATIA V5.....	15
2.4.2-Principe de fonctionnement.....	15
2.5 -Etude et choix du matériel.....	17
2.5.1-La nacelle.....	17
2.5.2-Le palan.....	24
2.5.3-Le rail.....	24
2.6-Etude RDM.....	27
2.7-Etude par éléments finis sur CATIA V5 R20.....	34

Conclusion

Chapitre III : Etude technico-économique37

Conclusion générale



Liste des figures

Figure I.1: - Fiche d'identité

Figure I.2 : Gamme de produit

Figure I.3 Organigramme de société « CIMAT »

Figure I.4 : carrière

Figure I.5: Matières utilisées dans la production du ciment

Figure I.6: concasseur

Figure I.7: Parc Polaire

Figure I.8 : Bâtiment de trémie crue

Figure I.9: Broyeur cru

Figure I.10: Silo homogénéisation

Figure I.11: Tour de pré-calcination

Figure I.12: Four rotatif

Figure I.13: Refroidisseur

Figure I.14: Stockage clinker

Figure I.15: Broyeur ciment

Figure I.16: silos de stockage ciment

Figure II.1 Dessin du broyeur cru

Figure II.2 : diagramme de bête-à-corne.

Figure II.3 : diagramme de pieuvre

Figure II.4 : photos du système sur CATIA

Figure II.5 : chariot porte palan

Figure II.6 : palan

Figure II.7 : dessin d'ensemble du palan

Figure II.8 : Système de freinage du palan

Figure II.9 : La nacelle

Figure II.10 : Les plaques de la nacelle

Figure II.11 : Caillebotis

Figure II.12 : Les tiges de la nacelle

Figure II.13 : graphe de l'effort tranchant

Figure II.14 : graphe de moment fléchissant

Figure II.15 : graphe de l'effort tranchant

Figure II.16 : graphe de moment fléchissant

Figure II.17 : graphe de la contrainte sur RDM6

Figure II.18 : le rail HEB

Figure II.19 : graphe de la flèche sur RDM6

Figure II.20 : graphe de la contrainte sur RDM6

Figure II.21 : étude par élément finis de la poutre

Figure II.22 : la flèche de la poutre sur CATIA

Figure II.23 : critère de Von Mises sur CATIA



Liste des tableaux

Tableau I.1 Pourcentages des ajouts selon le type de ciment

Tableau II.1 Tableau d'affectation des fonctions

Tableau II.2 les composantes de la nacelle

Tableau II.3 : caractéristiques dimensionnelles des HEB

Tableau II.4 caractéristiques mécaniques des boulons

Tableau II.5: caractéristiques géométriques des boulons

Tableau III.1 : tableau de couts total



Glossaire et abréviations

d : Diamètre de boulon

d_o : Diamètre du trou de boulon

R_e : Limite d'élasticité du boulon

R_m : Résistance nominale à la traction

R_t : Résistance à la traction du boulon

L : longueur de la platine d'extrémité

n : Nombre de boulons

A_b : Section résistante de la partie filetée du boulon

p_1 : Entraxe longitudinal

p_2 : Entraxe transversale

b : longueur de semelle de poutre

Y : le déplacement de la poutre

N : la force calculé

N^* : la force appliqué

a : Epaisseur de l'aile de la poutre

t_p : Epaisseur de la platine d'extrémité

e : Epaisseur de semelle de la poutre

σ : Contrainte dû à l'effort de flexion

σ_t : Contrainte dû à l'effort de traction



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès

Faculté de Sciences et Techniques de Fès-Saïss
Département de génie mécanique



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès

Faculté de Sciences et Techniques de Fès-Saïss
Département de génie mécanique

Introduction générale

Le stage de fin d'étude est le plus solide lien qui peut exister entre les études théoriques et leurs applications dans la pratique. Dans cet esprit vient notre stage au sein de la société Ciment de l'Atlas, qui a duré 2 mois et qui est été une meilleur occasion pour mieux se familiariser avec le monde industriel et une bonne opportunité pour appliquer ce qu'on acquis à l'école.

Le présent rapport s'étale sur trois chapitres :

Dans le premier chapitre, nous donnons un aperçu général sur les différents ateliers de fabrication de ciment ainsi qu'une présentation générale du groupe Ciment de l'Atlas.

Le deuxième chapitre est consacré à la génération des concepts, ainsi l'étude de conception par l'application de la démarche de l'analyse fonctionnelle afin d'élaborer un cahier des charges fonctionnelle, ensuite vient le dimensionnement et l'étude RDM de notre système.

Dans le troisième chapitre nous avons fait une étude technico-économique des différents pièces principales de notre système et donner une vision préliminaire sur le cout global de notre projet



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès

Faculté de Sciences et Techniques de Fès-Saïss
Département de génie mécanique

Chapitre I

Présentation De L'entreprise



Introduction

Ce premier chapitre aborde le contexte générale du projet.il présente l'organisme d'accueil et le procédé de fabrication de ciment

1.1Présentation de l'entreprise

1.1.1 Le groupe CIMAT

L'entreprise Ciments de l'Atlas CIMAT est une filiale cimentière nationale du groupe ADDOHA chargée de l'approvisionnement des entités industrielles et des clients en général en ciment et elle existe dans deux sites :

- Le site de Ben Ahmed : situé à 95 km au sud de Casablanca. Le choix de cette zone n'est pas fait arbitrairement, mais la disponibilité de la matière première dans cette zone et sa proximité du réseau Kenitra –El-Jadida qui représente un client potentiel pour CIMAT, ces deux facteurs principaux étaient derrière le choix de ce site.
- Le site de Béni Mellal : il se situe 35 km au nord de Béni Mellal, comme il est installé dans la région de Tadla-AZILAL il sert de fournisseur potentiel en ciment pour les régions de Marrakech-Tensift et Meknès-Tafilalt.

D'un point de vue construction et caractéristiques techniques les deux usines se ressemblent :

- Constructeur : POLYSIUS SA
- Capacité de Production Clinker : 3600 tonnes/jour
- Capacité de Production Ciment : 1'600'000 tonnes/an
- Atelier d'ensachage et expédition complètement automatisé : Chargement sac par CARICAMAT et Palettisation

D'autre part, le montant d'investissement qui a été alloué à la construction des deux cimenteries est de 5 milliard MAD

1.1.2-L'usine de Béni Mellal

Raison sociale	CIMAT
Activité	Fabrication et vente du ciment
Statut juridique	Société anonyme
Date de création	2008
Capacité de production	1.6 millions tonnes par an
adresse	Commune Ighram Laalam Dir Ksiba- BP1005-Béni Mellal
Téléphone	+212 5 23 42 95 85 /+212 5 23 42 95 76
Site	www.cimat.ma

Figure I.1: - Fiche d'identité



- Gamme de produit

CIMAT Béni Mellal dispose d'une large gamme de ciments conformes aux normes marocaines et adaptés aux différentes catégories d'application, à savoir : CPJ35, CPJ45, CPJ55 et les ciments spéciaux. La différence entre ces produits réside dans les pourcentages d'ajouts des différents additifs, qui affectent la résistance, ainsi que dans leurs champs d'utilisation :

→Le **CPJ 35**, faible en clinker, adapté uniquement aux applications ne nécessitant pas des résistances élevées tel que la maçonnerie et le béton courant.

→Le **CPJ 45** convient aux ouvrages en béton armé fortement sollicité en milieux agressifs tels que l'eau de mer ou l'eau saumâtre.

→Le **CPJ55** est dédié aux ouvrages en béton armé fortement sollicité, préfabrication en béton manufacturé, coulis d'injection et aux travaux exigeant un décoffrage rapide et de hautes résistances Initiales.

	CLINKER	GYPSE	Ajouts
CPJ35	62%	32%	6%
CPJ45	80%	14%	6%
CPJ55	89%	5%	6%

Tableau I.1 Pourcentages des ajouts selon le type de ciment



Figure I.2 : Gamme de produit

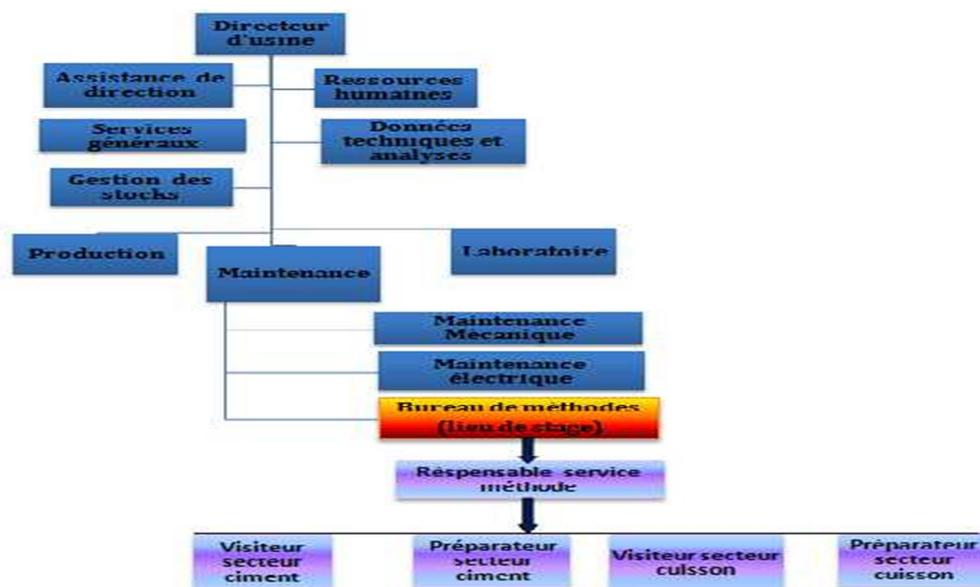


Figure I.3 Organigramme de société « CIMAT »



1.2- Procédés de fabrication du ciment

Le ciment est généralement fabriqué en cuisant vers 1700°C des mélanges de calcaire et d'argile. On obtient alors des nodules durs, appelés clinkers. Et c'est en broyant très finement ceux-ci, additionnés d'un certain pourcentage de gypse et d'ajouts, qu'on produit le ciment portland. La différence de ces pourcentages fait que le ciment se trouve sous plusieurs types dont les utilisations diffèrent. La fabrication du ciment passe ainsi par quatre étapes essentielles, à savoir : la préparation de la matière première, la cuisson, le broyage de ciment et l'ensachage.

1.2.1 Préparation de la matière première

➤ Carrière et fragmentation

CIMAT de Béni Mellal exploite une carrière qui fournit deux matières premières : le calcaire et le schiste. L'extraction de ces roches se fait par abattage à l'explosif. Il consiste à fragmenter le massif exploité à l'aide d'explosifs en procédant comme suit :

- Forage : préparation des trous destinés à recevoir l'explosif.
- Bourrage : chargement de plusieurs trous à la fois selon un schéma de tir de façon à provoquer

L'arrachement d'un pan de rochers.

- Sautage : faire exploser simultanément toutes explosives ;

Les matières premières ainsi extraites de la carrière sont transportées à l'usine par des camions équipés de bennes basculantes pour un déchargement rapide



Figure I.4 : carrière



Figure I.5: Matières utilisées dans la production du ciment



➤ **Concassage**

Tout le minerai extrait de la carrière sous forme de gros blocs de pierres est acheminé à ce niveau pour subir une réduction de la taille. L'objectif du concasseur consiste à réduire la granulométrie de la matière jusqu'à l'ordre de 25mm.



Figure I.6: concasseur

➤ **Parc polaire**

Le processus de fabrication du ciment se fait de manière continue et exige la constitution de stocks de matières premières concassées pour assurer la marche de l'usine. Le stockage se fait dans un parc polaire



Figure I.7: Parc Polaire

➤ **Concassage**

A partir des trémies d'ajouts les matières, suivant des proportions assurées par des doseurs pondérales, sont envoyées via un convoyeur à bande au niveau du broyeur cru pour être transformées en poudre appelée farine crue. Cette farine est par la suite stockée dans un silo à travers duquel elle subit une autre homogénéisation pour assurer un approvisionnement chimiquement homogène du four en farine crue



Figure I.8 : Bâtiment de trémie crue



Figure I.9: Broyeur cru



➤ Pré-homogénéisation et stockage

Après le broyage, le cru sera stocké dans un silo de cru broyé. L'homogénéisation se fait au sein du silo, et à l'aide d'un élévateur à godet la farine se verse dans les cyclones de préchauffage.



Figure 1.10: Silo homogénéisation

1.2.2 Cuisson

La ligne de cuisson est le processus d'obtention du clinker à partir de la farine crue. Elle est composée au niveau des Ciments de l'Atlas de:

- Pré-calciateur.
- Four rotatif.
- Refroidisseur du clinker.

a) Tour de pré-calcination

La tour à cyclones est un échangeur de chaleur à voir sèche constituée de cinq étages Elle permet d'effectuer un échange thermique à contre courant entre les gaz chaud (850°C) sortant du four et la farine froide (50 à 60°C). Les gaz parcourent l'édifice de bas en haut alors que la matière le parcourt en sens inverse. A chaque étage on peut constater deux différents phénomènes : Phase d'échange thermique contre courant : Elle se produit en grande partie dans la gaine de liaison entre les cyclones ; Phase de Séparation gaz matières : Elle se déroule à l'intérieur du cyclone. La matière descend en pied de cyclone tandis que les gaz sont aspirés par la gaine de l'étage supérieure



Figure 1.11: Tour de pré-calcination

b) Four rotatif :

C'est une grande enceinte circulaire rotative dont on injecte le combustible sous pression pour produire une flamme. C'est un échangeur de chaleur courant dans



lequel la flamme et les Gaz récupérés du refroidisseur cèdent leur chaleur à la farine qui arrive en sens inverse. Le four est constitué par une virole en acier et protégée par revêtement intérieure en matériaux réfractaires. Cette virole est supportée par trois appuis chaque appui est constitué de deux galets de deux mètres de diamètres. La matière passe par plusieurs stades de transformation :

Elle subit d'abord un séchage, puis un réchauffage entre 400 et 500 C ; elle entre vers 900 à 1100C dans

une zone de décarbonatation et de calcination pour aboutir vers 1450 C à la clinkérisation (transformation de C2S en C3S en présence d'alumine et oxyde de fer qui ont subi une fusion

La matière sortant du four est le clinker. Elle se présente sous forme de grains gris foncés, arrondis, à surface irrégulière et dont le diamètre peut aller jusqu' à 3 cm.

c) Refroidisseur :

Le clinker chaud est déversé sur une grille où il forme une couche et est exposé à un flux d'air froid pendant une certaine période (temps de séjour environ 20mn), il est déplacé avec une vitesse contrôlée. Le refroidisseur a pour rôle d'abaisser la température du clinker tombant du four à une température d'environ 1450°C jusqu'à 80-100°C.

➤ Stockage et extraction du « clinker » :

Pour le stockage du clinker, Polysius offre deux solutions : • le stock clinker circulaire • le silo à dôme Peu encombrant et d'une conception mécanique facile à mettre en place, le stock clinker circulaire comporte, soit un fond en forme de trémie avec système d'extraction central, soit un fond plat



Figure I.12: Four rotatif



Figure I.13: Refroidisseur



Figure I.14: Stockage clinker



avec 3 canaux d'extraction. Comparé à d'autres silos de stockage, le silo à dôme offre le volume le plus important en comparaison avec la surface au sol. Comme le silo à dôme est un stock entièrement fermé, il se laisse facilement dépoussiérer en cas de besoin.

1.2.3 Broyage du « ciment »

A partir du clinker produit et des matières provenant du hall des ajouts on effectue un mélange suivant des proportions assurées par les doseurs qu'on envoie par la suite au broyeur pour être réduit en poudre. Le type de broyeur est un broyeur à boulets dans lequel on a deux compartiments remplis de boulets de diamètres différents qui assurent le broyage du mélange de clinker, de gypse et d'éventuels ajouts suivant le type de ciment voulu. A la sortie du broyeur, le produit passe dans un séparateur où on effectue une sorte de tamisage par effet centrifuge permettant de séparer la fine poussière (ciment) et les grains qui vont être réintroduits dans le broyeur. La poussière qui sort du séparateur est récupérée par des cyclones puis envoyée vers les silos de stockage.

➤ **Stockage du ciment :**

Chaque type de ciment est stocké dans son silo respectif selon l'affectation initiale des silos du produit fini ciment.

1.2.4 Ensachage et expédition

A partir des silos de stockage on extrait le ciment qui passe par les ensacheuses à travers lesquelles on procède à la mise en sac du ciment. Ensuite ces sacs sont transportés par des convoyeurs jusqu'aux camions pour leur livraison. A partir de l'extraction au niveau des silos on peut livrer du ciment en vrac directement aux camions. Chaque sac contient 50Kg de ciments. En sortant des ensacheuses, les sacs sont pesés, nettoyés et transportés au moyen de convoyeurs à bande vers une station de chargement automatique de camions (CARICAMAT)



Figure I.15: Broyeur ciment



Figure I.16: silos de stockage



Chapitre II

Présentation Du Sujet

Introduction

Ce chapitre est réservé seulement pour notre projet, il commence par définir la problématique en passant par l'analyse fonctionnelle ensuite il élabore les différents étapes de calcul (RDM, éléments finis..)



2.1-Fonctionnement du broyeur et définition de la problématique

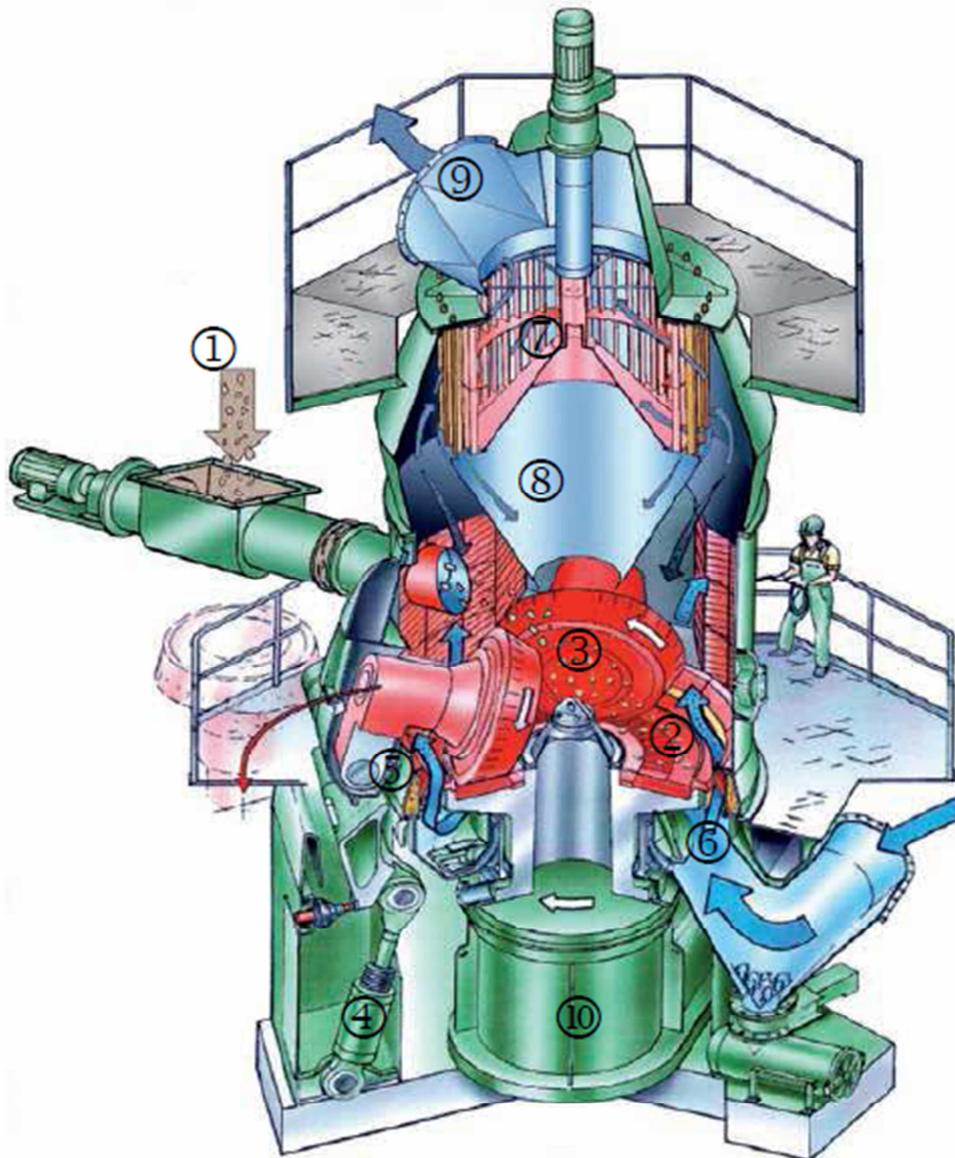


Figure II.1 Dessin du broyeur cru

L'usine de Béni Mellal dispose d'un broyeur vertical qui assure le broyage du cru par trois galets, dont sa capacité est de 120 T/h et la puissance installée est de 1200 KW.

La matière à broyer est chargée sur le **plateau 2** en rotation, soit par le **côté 1**, soit par le **haut**. Elle passe sous **les meules 3** « Galets » en rotation et est écrasée sous l'action des forces produites par les **suspensions hydropneumatiques 4** des meules. Lorsque les meules sont soulevées par la matière à broyer se trouvant sur la piste de broyage, les bras balanciers et les tiges ressorts déplacent les pistons des vérins hydrauliques et l'huile contenue dans les chambres supérieures des vérins est refoulée dans des accumulateurs sous pression gaz.



Sous l'effet de la rotation du plateau, la matière broyée se déplace vers l'extérieur. Dans la zone de **la couronne à aubes 5** entourant le plateau, la matière est saisie par le flux de **gaz chaud 6** et est transportée vers le haut, dans **le séparateur 7**. Le contact intense entre la matière broyée et le gaz chaud fait évaporer l'eau contenue dans la matière broyée.

En fonction du réglage du sélecteur, les particules de taille trop importante sont séparées du flux gazeux et retournent par **le circuit intérieur 8** sur le plateau horizontal pour être broyées une nouvelle fois. Les particules fines sont entraînées par **le flux gazeux 9** et quittent l'enceinte du broyeur.

Le broyeur est entraîné par un moteur standardisé moyennant un carter à engrenages **vertical 10**.

La carcasse du broyeur est composée des boulons qui fixent des blindages situés à l'intérieur du broyeur, sous l'effet de vibration dus à l'opération de broyage de cru, ces boulons s'ouvrent d'où la nécessité de les serrer d'où le besoin de notre système.

2.2-Cahier des charges

- Réalisation d'une passerelle mobile de serrage des boulons du broyeur cru.
- Respect des critères de la norme NF EN 280 ou NF E52 relative aux systèmes de levage et de manutention portuaires sur rails.
- Système de commande : commande manuel.
- Respect des conditions de sécurité pour l'employée.
- le système doit résister à l'humidité et la poussière.
- Les spécifications techniques :
 - *Charge maximale à lever : 500kg (la nacelle + le technicien + le matériel)
 - *Nombre de personnes sur la passerelle : 1 personne.
 - *La hauteur maximale du levage : 7m



2.3-Analyse Fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle est une méthode permettant d'aider un concepteur à analyser le besoin à satisfaire en le séparant des diverses solutions susceptible d'y répondre pour tendre à l'optimisation du couple besoin-solution.

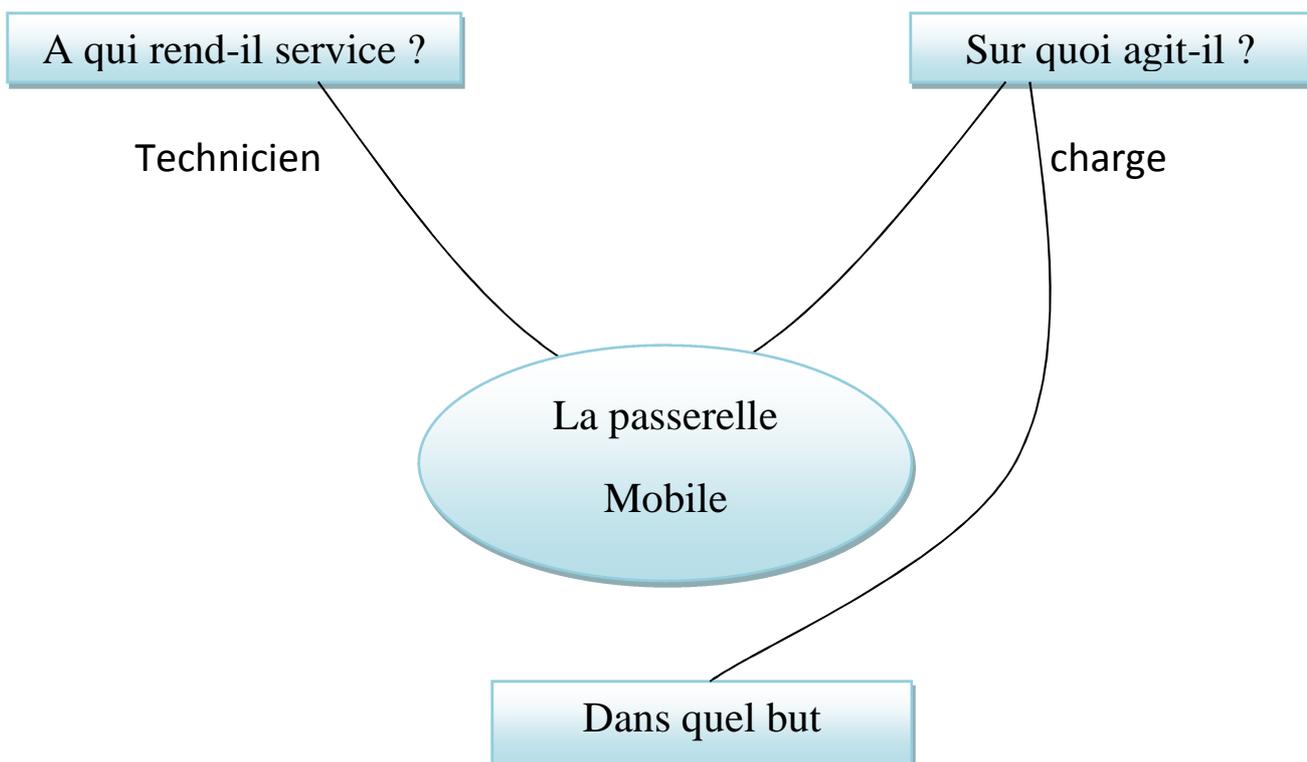
2.3.1-Diagramme de Bête à corne

Le diagramme Bête à cornes permet de définir la raison d'être d'un système, dans notre cas c'est la passerelle mobile. Pour le construire il faut répondre aux questions suivantes :

-à qui, à quoi le produit rend il service ?

- Sur qui, sur quoi agit-il ?

-Dans quel but ?



Serrage des boulons broyeur cru en fonction de ces
Coordonnées

Figure II.2 : diagramme de bête-à-corne.



2.3.2-Diagramme Pieuvre

Il s'agit de dresser la liste exhaustive des éléments du milieu environnant (éléments humains, physiques, énergétiques...) appelés aussi interacteur qui se trouve en situation d'interagir avec le système.

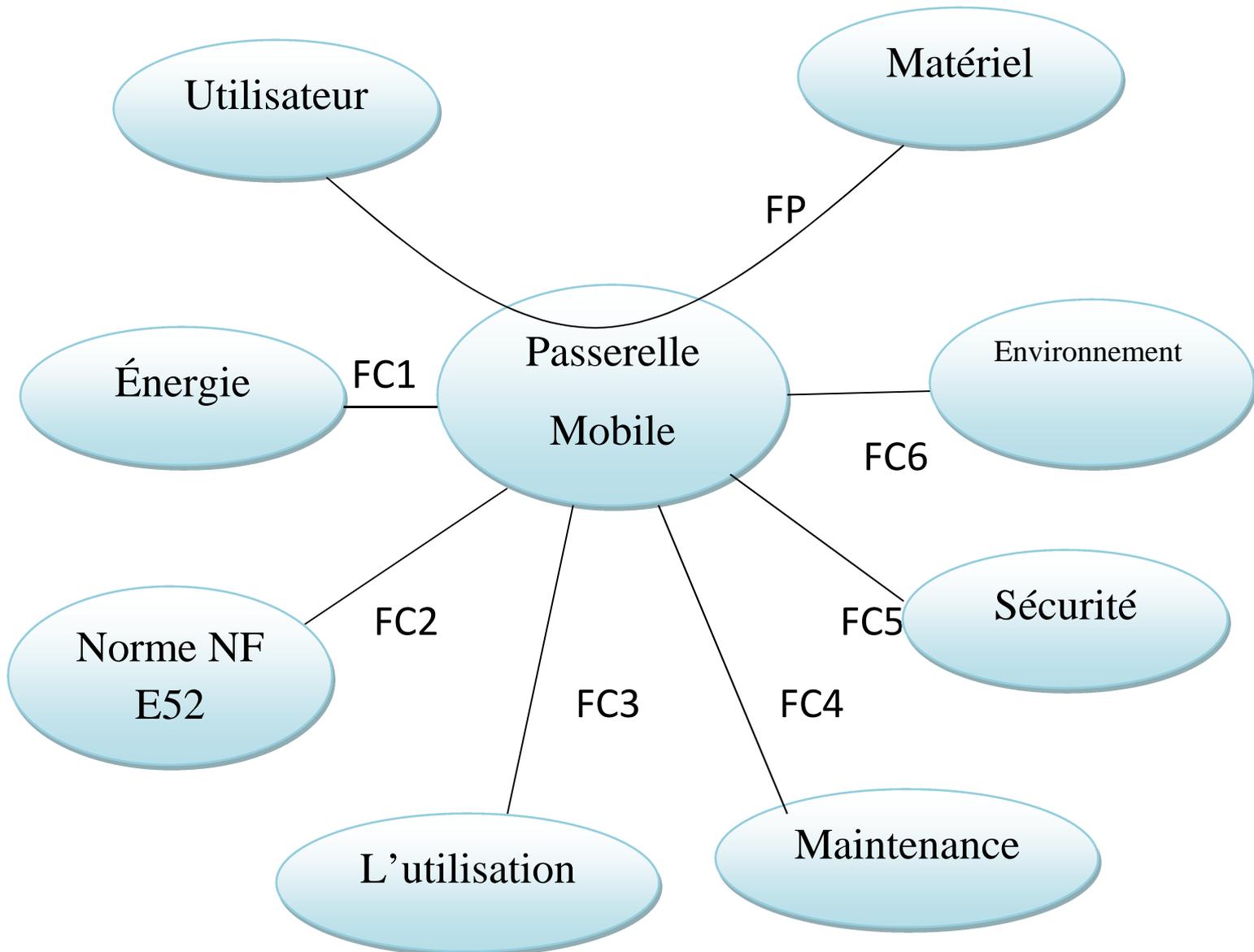


Figure II.3 : diagramme de pieuvre



Fonctions Principales

FP : transporter l'utilisateur et le matériel verticalement et tourner sur un rail autour du broyeur en fonction des coordonnées du boulon.

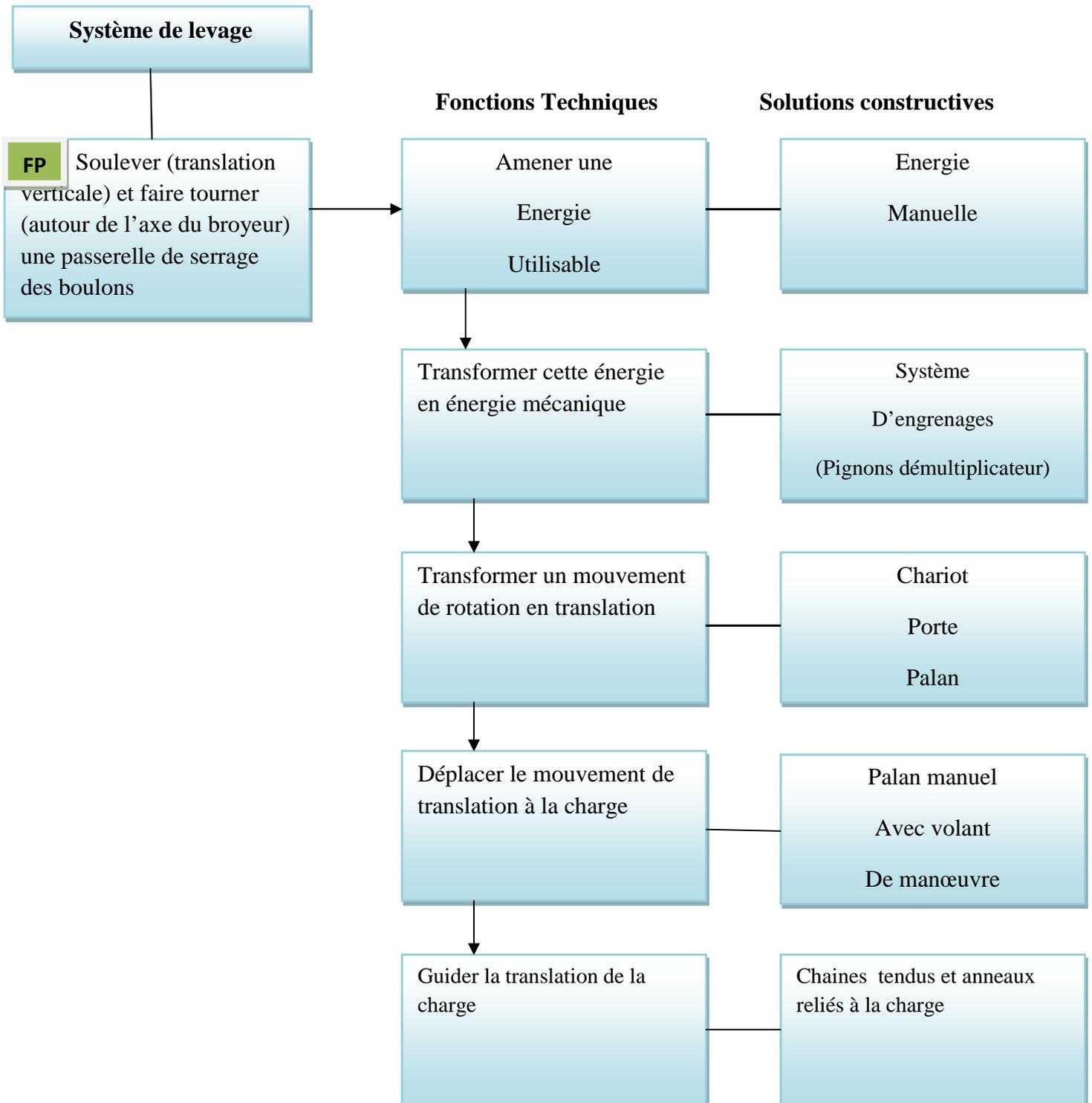
Fonctions contraintes

FONCTIONS	DESCRIPTION DE LA FONCTION
FC1	système à commande manuelle
FC2	être conforme à la norme relative aux systèmes de levage et de manutention portuaires sur rails ou fixes
FC3	être simple d'utilisation
FC4	être simple de maintenance
FC5	respecter les normes et les règles de sécurité (des personnes et du matériel).
FC6	Résister aux intempéries et respecter l'environnement

Tableau II.1 Tableau d'affectation des fonctions



2.3.3-Diagramme de FAST





2.4-Etude du système sur CATIA V5R20 et principe de fonctionnement

2.4.1 Modélisation sur CATIA V5

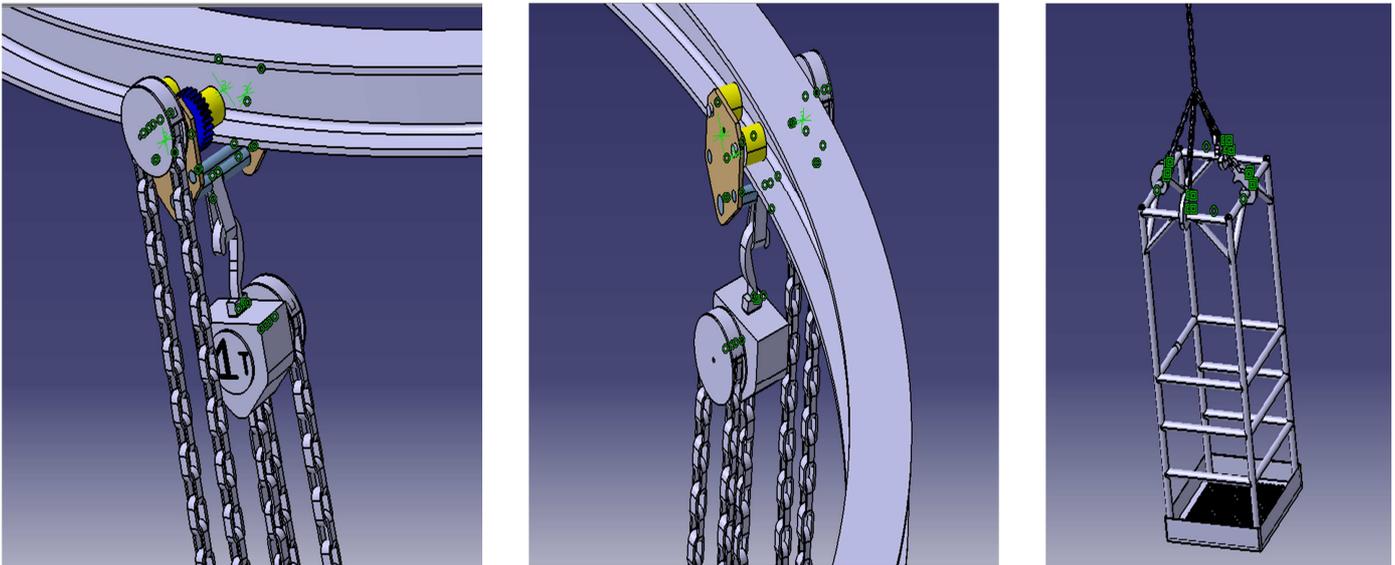


Figure II.4 : photos du système sur CATIA

2.4.2 Principe de fonctionnement

Lorsque l'opérateur veut serrer un boulon quelconque situé sur le broyeur cru, il monte sur la nacelle avec le matériel nécessaire pour le serrage. la manipulation de la nacelle se fait par 2 composants principales :

Le chariot porte palan à commande manuelle dont l'organe de commande est une chaîne sans fin, ce mécanisme permet la translation circulaire du système sur le rail. lorsque l'utilisateur tire la chaîne cette dernière agit sur le volant de manœuvre dont elle commande la rotation d'un pignon qui fait tourner deux roues, ces dernières sont reliées à des galets qui glissent sur le rail HEB.

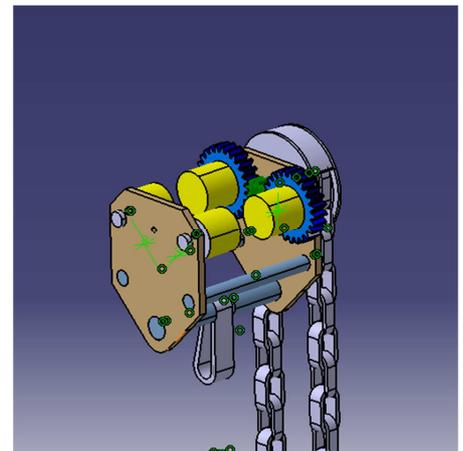


Figure II.5 : chariot porte palan

Le palan : est un appareil de levage vertical à commande manuel ou motorisé du genre de ceux qu'on utilise notamment sur les chantiers, dans les garages ou dans les ateliers.

On connaît des palans à commande manuelle dont l'organe de commande est une chaîne sans fin dont l'opérateur tire l'un ou l'autre des brins, selon qu'on désire soulever la passerelle suspendue à une chaîne de levage ou de contraire la laisser descendre.



La chaîne sans fin de commande est enroulée sur la gorge à alvéoles d'un volant de manœuvre dont elle commande la rotation dans un sens ou dans l'autre.

On a représenté sur le dessin ci-dessus un palan à commande manuelle dont le crochet de levage est suspendu à une chaîne de levage -2-, celle-ci est enroulée sur une noix de levage -3- dont la rotation est commandé à partir d'un volant de manœuvre -4- dans la gorge à alvéoles -5- duquel s'enroule une chaîne de commande sans fin.

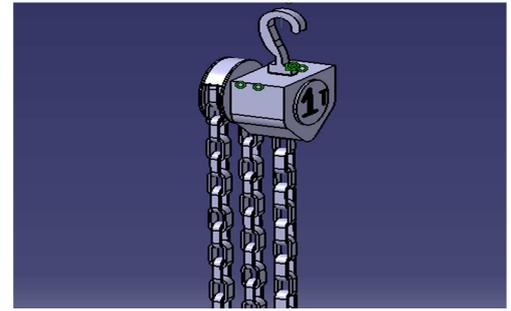
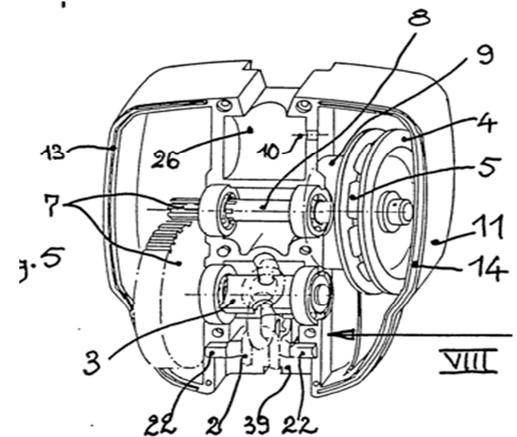


Figure II.6 : palan

Le mécanisme fonctionne à la manière connue des pignons démultiplicateur-7- qui relie l'arbre de la noix -3- à l'arbre du volant -4-, sur cet arbre -8- est logé un mécanisme de freinage -9- dont le cliquet non représenté sur le dessin est articulé sur un axe-10- .



Explication de système de freinage du palan

Si l'opérateur actionne la chaîne, par exemple, dans le sens qui tend à "visser" le volant de manœuvre, l'ensemble du mécanisme est entraîné dans le sens de la levée de la charge, annulant dans ce même temps, l'action d'un frein.

Si l'opérateur relâche la chaîne, le couple résistant de la charge devient moteur. Ce couple, combiné à l'inertie du volant et de la chaîne de manœuvre, maintient la pression de part et d'autre d'un rochet. Celui-ci est immobilisé en rotation par un cliquet dont l'axe est encastré dans le carter. Ce cliquet interdit toute rotation dans le sens de la descente de la charge, qu'il empêche de retomber.



figure II.8 : Système de freinage du palan



Remarque :

Le palan et le chariot porte palan sont des éléments standards qui sont disponibles sur le marché selon la charge qu'ils doivent supporter, donc le choix de ces mécanismes dépend des dimensions de notre nacelle et la charge sur cette dernière .

2.5-Etude et choix du matériel

2.5.1 La nacelle

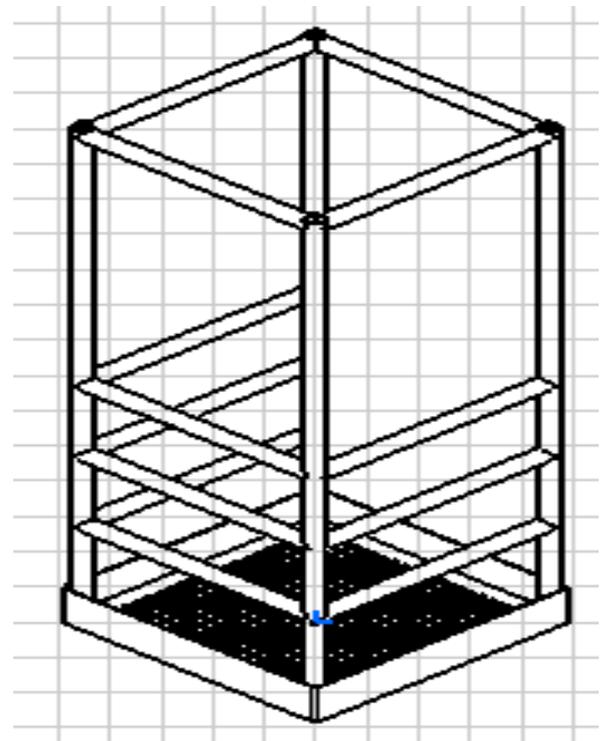
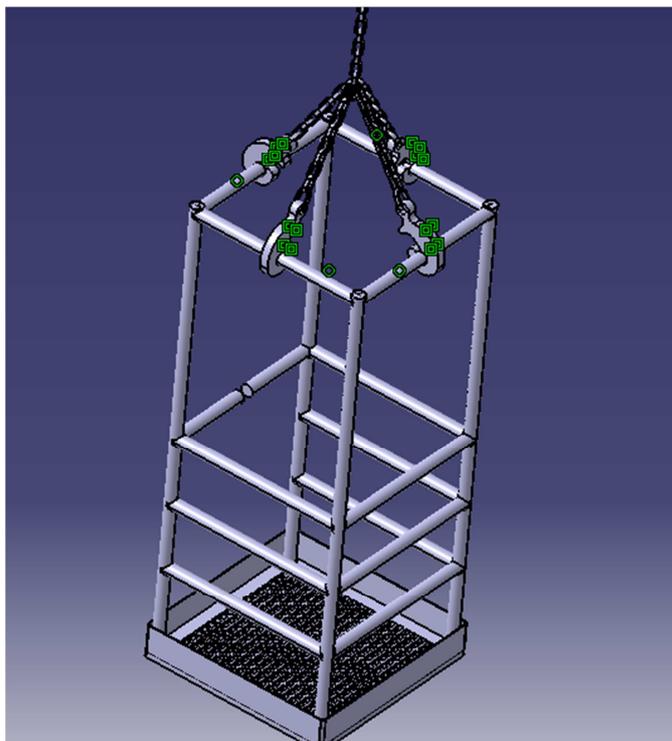


Figure II.9 : La nacelle

Nous avons dimensionné la table de telle façon qu'elle supporte un opérateur avec son matériel, qu'elle respecte les conditions de sécurité pour l'opérateur et qu'elle résiste les conditions du milieu extérieur. La nacelle est suspendue avec des crochets à chaîne sur quatre zones de fixation sur les tiges supérieures.

2.5.1.1 Les composants de la nacelle

a- les plaques

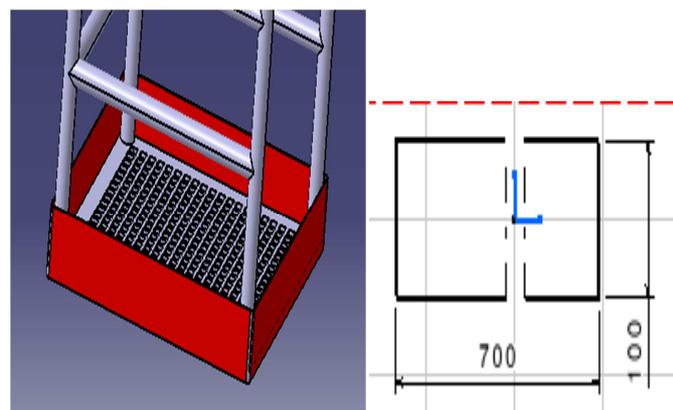


Figure II.10 : Les plaques de la nacelle



Elles ont un rôle qui permet de laisser le matériel utilisé dans le serrage sur table et de ne pas tomber au-dessous du broyeur.

b-caillebotis

Nous avons choisi cette forme de caillebotis (forme des trous carré) en raison de ne pas conserver la poussière et les piéres. Nous avons dimensionné la base (70cm*70 cm) tel que l'opérateur peut faire son travail en tout confort

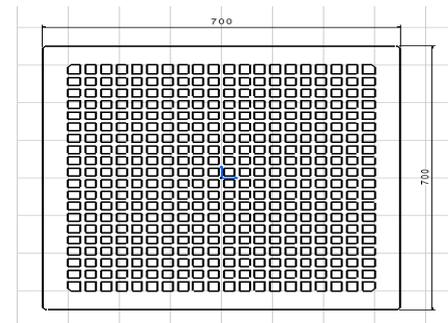
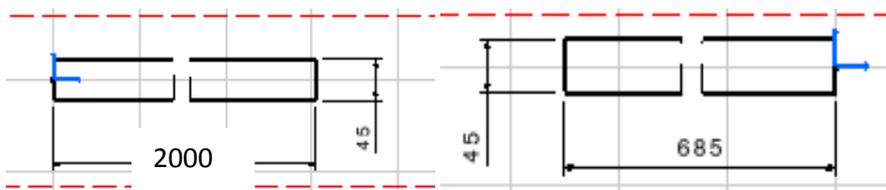


Figure II.11 : Caillebotis

c- les tiges

Ces tiges ont un rôle d'assurer la protection de l'opérateur contre la chute



Tige verticale

Tige horizontale

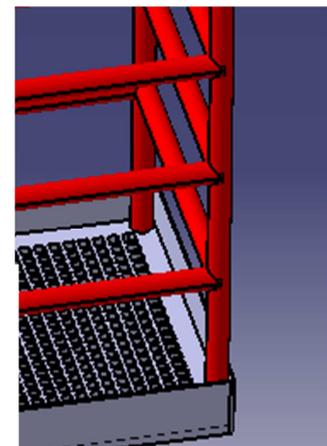


Figure II.12 : Les tiges de la nacelle

Rep	Nbre	Désignation	Matière
a)	4	Tige verticale	S235
b)	13	Tige horizontale	S235
c)	4	La plante	S235
d)	1	Caillebotis	S235

Tableau II.1 les composantes de la nacelle



2.5.1.2. Justification de choix de matériau de la nacelle

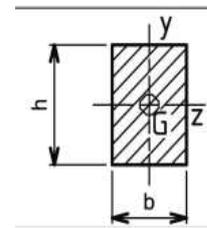
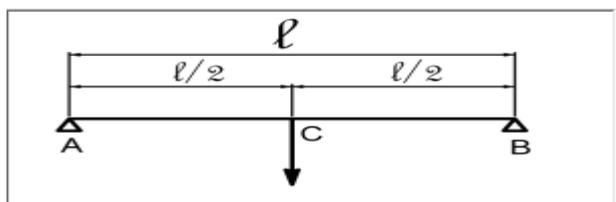
La nacelle doit supporter une charge maximale de $q = 200 \cdot 10 = 2 \text{ kN/m}$

-On suppose que cette force est répartie sur la nacelle.

-On suppose aussi que la base de la nacelle est isotrope est homogène donc

Nous avons fait l'étude seulement pour deux dimensions.

La force $P = q \cdot l = 2 \cdot 0,7 = 1,4 \text{ kN}$



Avec $b = 700 \text{ mm}$ et $h = ?$

$$\sum \vec{F} = 0 \quad \Rightarrow \quad R_A + R_B = P$$

$$\sum \vec{M}_A = 0 \quad \Rightarrow \quad -P \cdot \frac{L}{2} + R_B \cdot L = 0$$

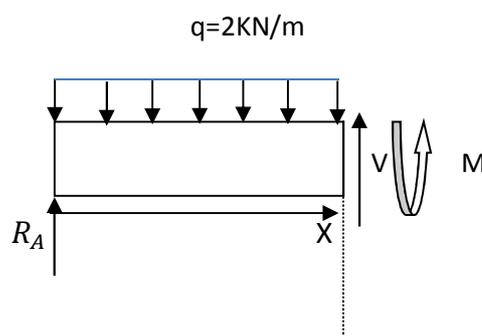
$$\Rightarrow \quad R_B = \frac{P}{2}$$

$$\Rightarrow \quad R_B = R_A = \frac{P}{2} = \frac{qL}{2}$$

Calcul des efforts internes :

Dans cette partie on va couper la poutre pour calculer les efforts internes.

- DCL :





$$\sum \vec{F} = 0 \quad \Rightarrow \quad R_A + V - qX = 0 \quad \Rightarrow \quad V = qX - \frac{qL}{2}$$

$$\sum \vec{M} = 0 \quad \Rightarrow \quad M(x) = (X-0) \cdot R_A + \left(X - \frac{X}{2}\right) \cdot (-qX) \quad \Rightarrow \quad M(x) = \frac{P}{2} X - \frac{q}{2} X^2$$

Calcul de la hauteur h :

$$\sigma_{max} = \frac{M \cdot Y}{I_z} \quad \text{Avec} \quad M = 122 \text{KN} \cdot \text{mm} \quad , \quad Y = \frac{h}{2} \quad \text{et} \quad I_z = \frac{bh^3}{12}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M \cdot Y}{I_z} \leq \frac{R_e}{3} \quad \Rightarrow \quad \frac{6 \cdot M}{bh^2} \leq \frac{R_e}{3} \quad \Rightarrow \quad h \geq \sqrt{\frac{6 \cdot 3 \cdot M}{b \cdot R_e}}$$

donc $h \geq 3,65 \text{mm}$ on prend $h = 4 \text{mm}$

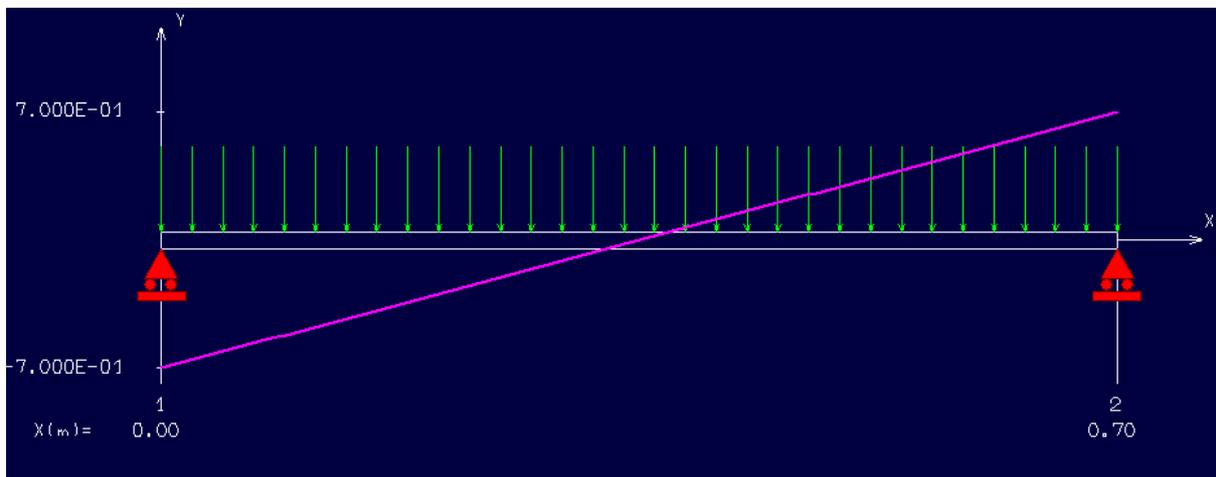


Figure II.13 : graphe de l'effort tranchant sur RDM6

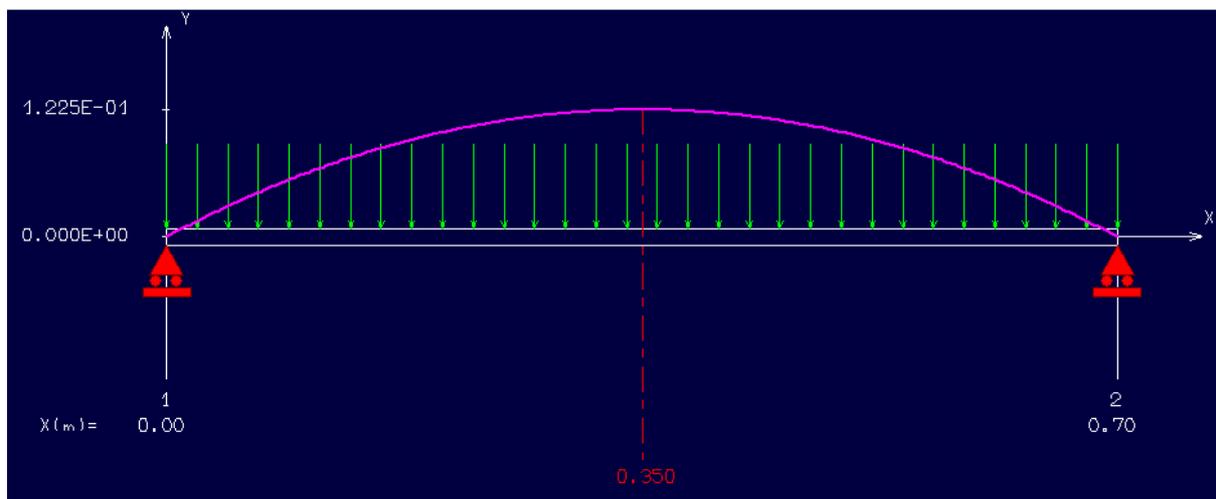
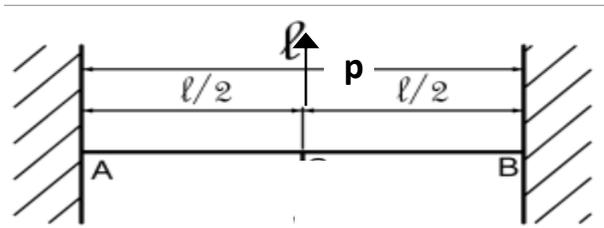


Figure II.14 : graphe de moment fléchissant sur RDM6



Etude RDM de la tige horizontale



$$P = \frac{200+200}{4} * FS = 3000N$$

$$\sum \vec{F} \Rightarrow R_A + R_B = P$$

$$\sum \vec{M}_A = 0 \Rightarrow M_A + M_B - P * \left(\frac{L}{2}\right) + R_B * L = 0$$

$$\Rightarrow R_B = \frac{P}{2}$$

$$\Rightarrow R_B = R_A = \frac{P}{2}$$

$$M_A = -M_B = -\frac{PL}{8}$$

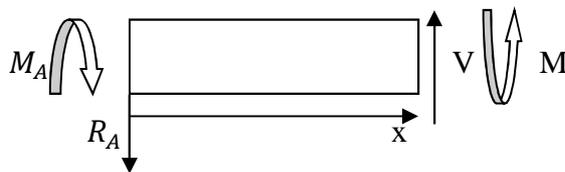
- Calcul des efforts internes :

Dans cette partie on va utiliser la méthode des sections

Pour la première partie de poutre :

- DCL :

1er cas : On va couper la poutre avant la force P : $x \in \left[0, \frac{L}{2}\right[$

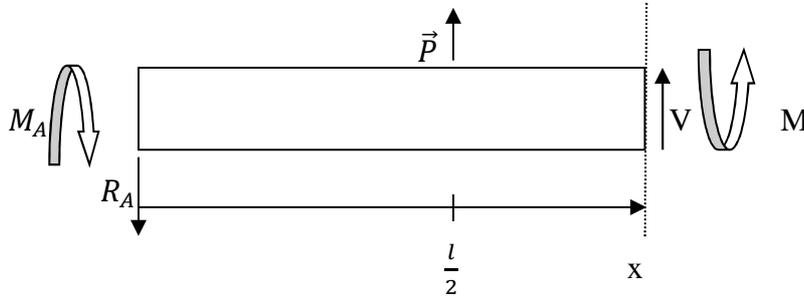


$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow -R_A + V = 0 \Rightarrow V = R_A$$

$$\sum \vec{M} = 0 \Rightarrow M(x) = -M_A + (x - 0) * (-R_A) \Rightarrow M(x) = \frac{PL}{8} - \frac{P}{2}x$$



2eme cas: on effectue une coupe après la force P : $x \in \left] \frac{L}{2}, L \right]$



$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow -R_A + V + P = 0 \Rightarrow V = R_A - P = -\frac{P}{2}$$

$$\sum \vec{M} = 0 \Rightarrow M(x) = -M_A + (x - 0) * (-R_A) + \left(x - \frac{L}{2}\right) * (P) \Rightarrow M(x) = -\frac{3PL}{8} + \frac{P}{2}x$$

$$\sigma_{max} = \frac{M*Y}{I_z} \text{ Avec } M = -257 \text{ KN}\cdot\text{mm} \quad , \quad Y = \frac{D}{2} \text{ et } I_z = \frac{\pi D^4}{64} = 201.10^3 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{max} = 28.8 \text{ MPa}$$

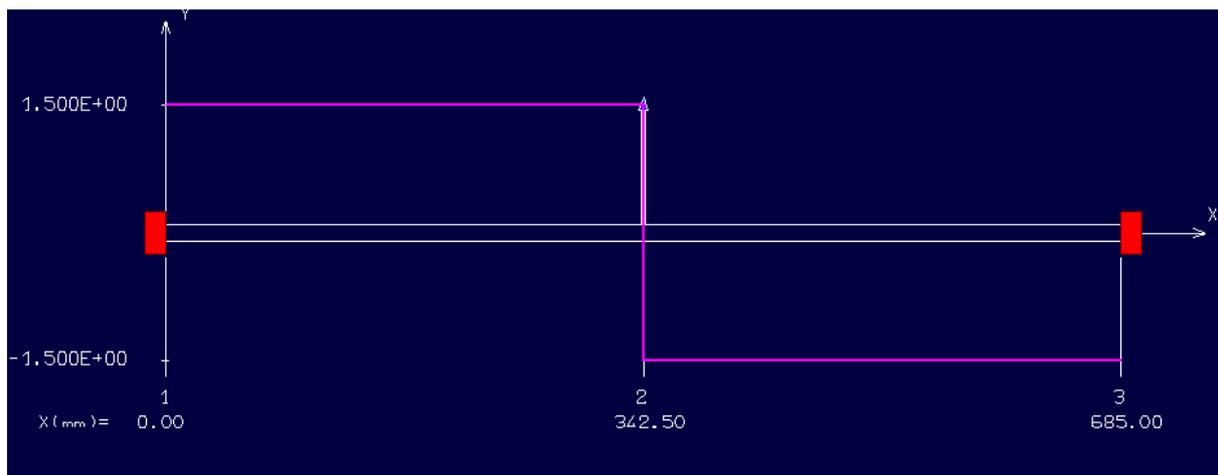


Figure II.15 : graphe de l'effort tranchant sur RDM6

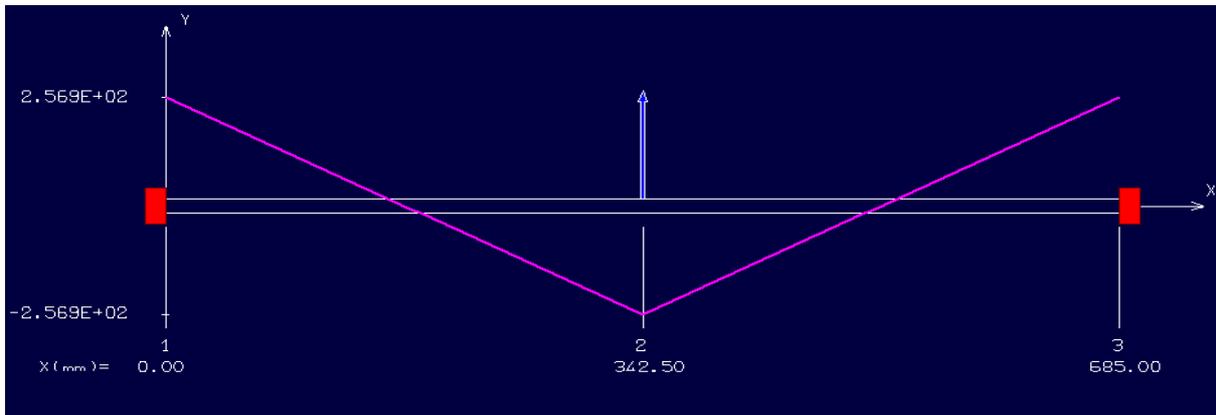


Figure II.16 : graphe de moment fléchissant sur RDM6

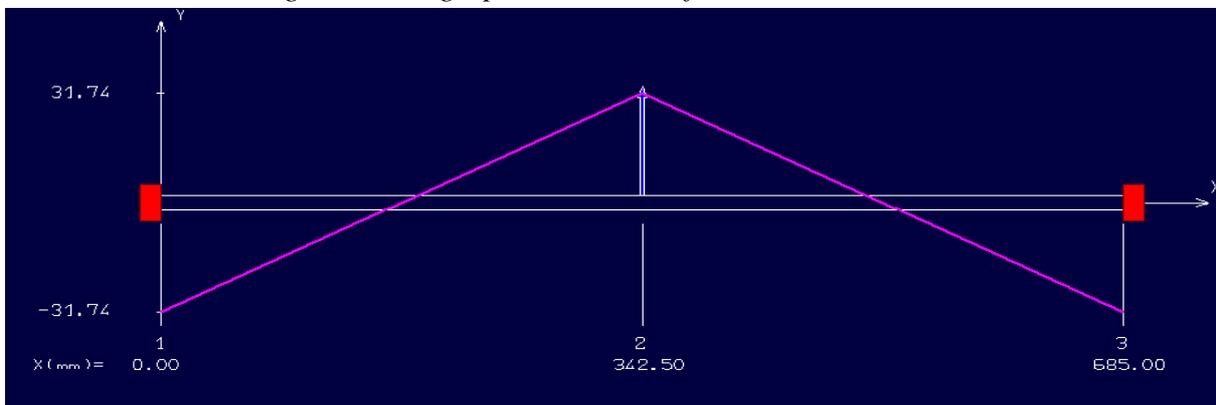
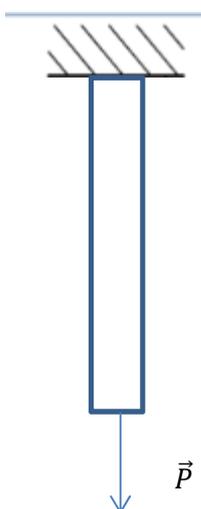


Figure II.17 : graphe de la contrainte sur RDM6

Il faut que $\sigma_{max} \leq \frac{R_e}{\gamma_m} = \frac{235}{3} = 78MPa$ qui est vérifiée dans notre cas

Etude RDM de la tige verticale



La force appliquée sur les tiges verticales est $F=200 \cdot 10=2000N$

Donc chaque tige doit supporter une force $P = \frac{F}{4} \cdot 3 = 1500N$

Calcul de diamètre minimale

On a la contrainte de traction : $\sigma = \frac{P}{S}$ avec $S = \pi \frac{D^2}{4}$

Il faut que $\frac{P}{S} \leq \frac{R_e}{3} \Rightarrow d \geq 5mm$



2.5.2 Le palan

Le palan que nous allons utiliser dans notre système est choisi selon les charges qu'il doit supporter ces dernières sont réparties comme suivant :

- $m_1=200$ kg (masse de la nacelle)
- $m_2=200$ kg (masse de l'opérateur + masse du matériel utilisé dans le serrage)

Donc en faisant la somme de ces masses et en multipliant par un facteur de sécurité $FS=3$, on obtient :

$$M = (m_1+m_2)*FS$$

$$M = (200 + 200) *3 = 1200Kg$$

Ce qui justifie le choix du palan à chaîne de 1.5 tonnes (disponible chez les fournisseurs de l'entreprise)

2.5.3 Le rail

Le profil HEB est un produit sidérurgique en acier laminé à chaud ayant la forme de I. La partie centrale de la poutrelle est l'âme, les côtés de la poutrelle sont appelés semelles ou ailes. Ce produit est disponible sur le marché avec une longueur standard de 6m, après la poutrelle va subir une opération de cintrage selon le rayon demandé.

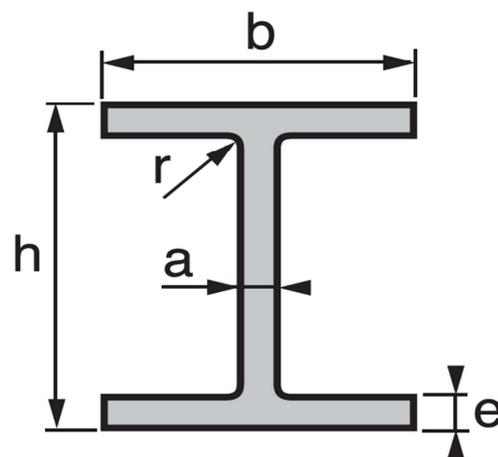
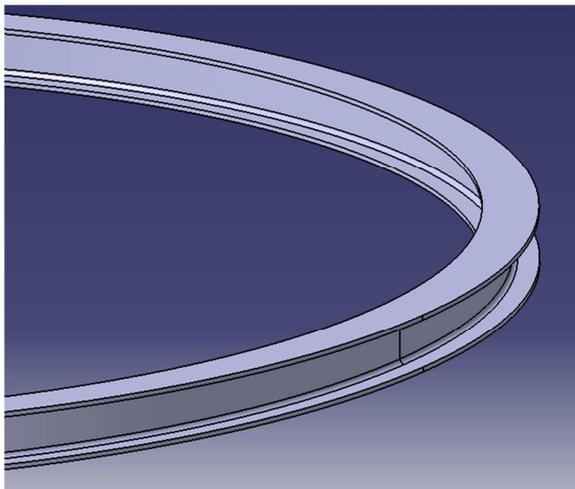


Figure II.18: le rail HEB



CARACTÉRISTIQUES DIMENSIONNELLES					MASSE LINÉIQUE	SECTION	
Profil	h (mm)	b (mm)	a (mm)	e (mm)	r (mm)	P (kg/m)	A (cm ²)
100	100	100	6,0	10,0	12,0	20,40	26,0
120	120	120	6,5	11,0	12,0	26,70	34,0
140	140	140	7,0	12,0	12,0	33,70	43,0
160	160	160	8,0	13,0	15,0	42,60	54,3
180	180	180	8,5	14,0	15,0	51,20	65,3

Tableau II.2 : caractéristiques dimensionnelles des HEB

2.5.3.1 Description

Dans notre cas le rayon de cintrage du profilé $R=4095$ mm est choisi d'une façon qui permet à l'utilisateur de travailler en toute sécurité et en tout confort. Cette poutrelle qui va supporter toute la charge du système va être l'élément principal de notre étude RDM dans l'axe qui va suivre.

La structure du broyeur cru est similaire à un cône de 3 diamètres :

- un diamètre supérieure =5830 mm
- un diamètre inférieur =6199 mm
- un diamètre central =7390 mm

Donc pour choisir le rayon du profilé, nous avons pris le rayon central, puis on a ajouté une longueur $l=400$ mm pour faciliter le serrage des boulons qui se trouvent sur le diamètre centrale

$$R=3695 +400$$

$$\underline{R =4095\text{mm}}$$

2.5.3.2 Dimensionnement

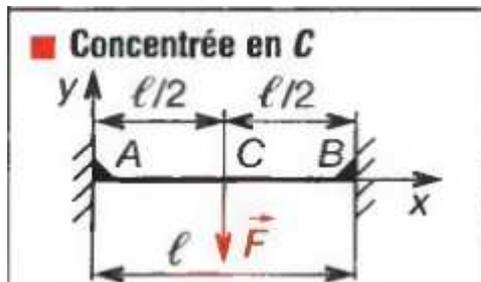
Notre choix s'est porté sur un rail constitué de HEB 140 car il est de dimensions acceptables pour l'utilisation voulue.

- Une charge maximale de 200 Kg d'une seule personne et son outillage.
- une charge de 200 kg de la nacelle.
- Une charge ponctuelle de 1805 kg sur le rail

$$\Rightarrow (200 \text{ kg} + 200 \text{ kg} + 100 \text{ kg} + 101,1 \text{ kg}) * 3 = 1805 \text{kg}$$

100kg : poids du chariot et des chaînes

101,1kg : poids de 3 m de HEB 140



On a une poutre encastree aux deux extremités A et B chargée avec une force concentrée au milieu.

Donc il s'agit d'un problème symétrique par rapport au plan médian, cette symétrie nous donne des relations que nous verrons par la suite.

$$\sum \vec{F} \Rightarrow R_A + R_B = P$$

$$\sum \vec{M}_A = 0 \Rightarrow M_A + M_B - P * \left(\frac{L}{2}\right) + R_B * L = 0$$

On a 2 équations à 4 inconnues donc la structure est hyperstatique d'ordre 2
les deux sections doivent tournés en sens inverses $\Rightarrow M_A + M_B = 0$

$$\Rightarrow R_B = R_A = \frac{P}{2}$$

On sait que :

$$\varphi(x) = \int \frac{M(x)}{E * I} dx + C1 \quad \text{et} \quad V(x) = \int \varphi(x) dx + C2$$

Donc on obtient $EIV(x)'' = M(x)$ (*)

$$M(x) = \frac{P}{2} \langle x - 0 \rangle^1 - P \langle x - \frac{L}{2} \rangle^1 + M_A \langle x - 0 \rangle^0$$

$$M(x) = -\frac{Px}{2} + M_A$$

Première intégration de (*) :

$$EIV(x)' = -\frac{Px^2}{4} + M_A x + C1$$

$$C1=0 \quad \text{car} \quad V(0)' = 0 \Rightarrow EIV(x)' = -\frac{Px^2}{4} + M_A x$$

Deuxième intégration de (*) :

$$EIV(x) = -\frac{Px^3}{12} + \frac{M_A x^2}{2} + C2$$

$$C2=0 \quad \text{car} \quad V(0)=0 \Rightarrow EIV(x) = -\frac{Px^3}{12} + \frac{M_A x^2}{2}$$



$$\text{On a } V\left(\frac{L}{2}\right)' = 0 \Rightarrow M_A = \frac{PL}{8}$$

$$\text{Donc } M_A = -M_B = \frac{PL}{8}$$

$$\Rightarrow M_{max} = \frac{\|F\| \cdot l}{8} = 6769 \text{ KN} \cdot \text{mm}$$

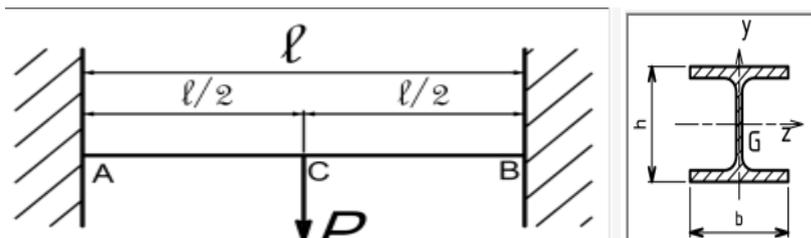
$$\text{on a la contrainte maximale } \sigma_{max} = \frac{M}{W} \leq \frac{R_e}{\gamma_m}$$

$$\text{D'où il faut } W \geq \frac{M \cdot \gamma_m}{R_e} = \frac{6769000 \cdot 3}{235} = 87 \text{ cm}^3$$

Profil	Ix (cm ⁴)	Ix/Vx (cm ³)
100	450	90
120	864	144
140	1 509	216
160	2 492	311

Donc le choix de HEB 140 est validé puisque le module d'inertie élastique $W=216 \text{ cm}^3$

2.6-Etude RDM d'une portion du rail :



$$\sum \vec{F} \Rightarrow R_A + R_B = P$$

$$\sum \vec{M}_A = 0 \Rightarrow M_A + M_B - P * \left(\frac{L}{2}\right) + R_B * L = 0$$

$$\Rightarrow R_B = \frac{P}{2}$$

$$\Rightarrow R_B = R_A = \frac{P}{2}$$

$$M_A = -M_B = \frac{PL}{8}$$

- Calcul des efforts internes :

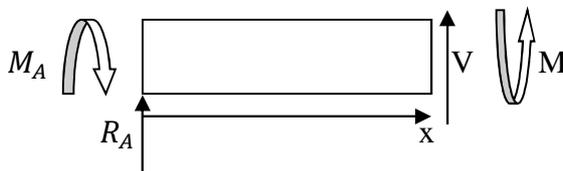


Dans cette partie on va utiliser la méthode des sections

Pour la première partie de poutre :

- DCL :

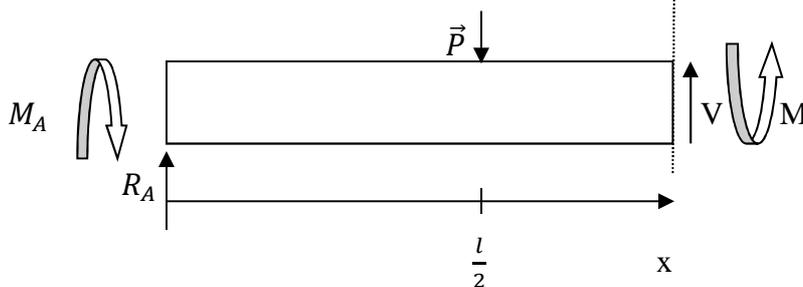
1eme cas : On va couper la poutre avant la force P : $x \in \left[0, \frac{L}{2}\right[$



$$\sum \vec{F} = 0 \quad \Rightarrow \quad R_A + V = 0 \quad \Rightarrow \quad V = -R_A$$

$$\sum \vec{M} = 0 \quad \Rightarrow \quad M(x) = -M_A + (x - 0) * R_A \quad \Rightarrow \quad M(x) = \frac{-PL}{8} + \frac{P}{2}x$$

2eme cas: on effectue une coupe après la force P : $x \in \left]\frac{L}{2}, L\right]$

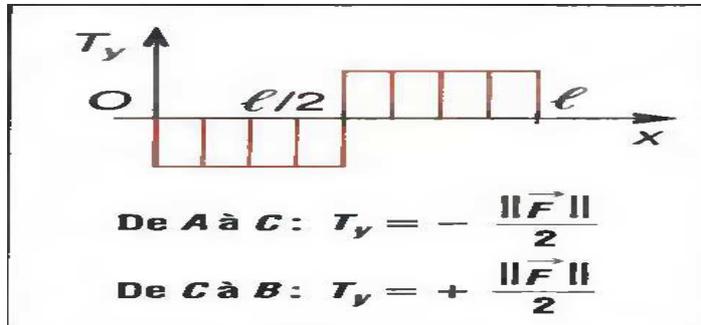


$$\sum \vec{F} = 0 \quad \Rightarrow \quad R_A + V - P = 0 \quad \Rightarrow \quad V = P - R_A$$

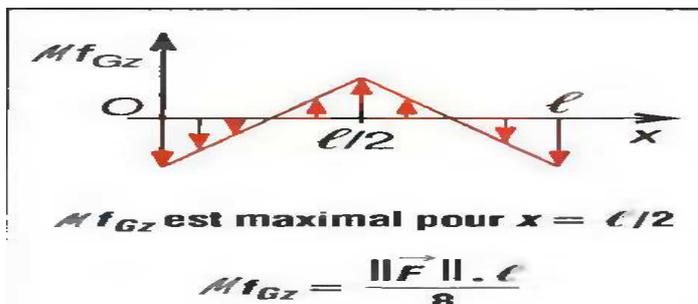
$$\sum \vec{M} = 0 \quad \Rightarrow \quad M(x) = -M_A + (x - 0) * R_A + \left(x - \frac{L}{2}\right) * (-P) \quad \Rightarrow \quad M(x) = \frac{3PL}{8} - \frac{P}{2}x$$



Effort tranchant :



Moment fléchissant :



Déformation :

- Calcul de la flèche :

On a

$$\varphi(x) = \int \frac{M}{E * I} dx + C1 \quad \text{et } V(x) = \int \varphi(x) dx + C2$$

Avec $E=210.10^9$ Pa et $I=1509.10^4 mm^4$

La méthode de singularité :

$$M(x) = \frac{P}{2} \langle x - 0 \rangle^1 - P \langle x - \frac{l}{2} \rangle^1 + M_A \langle x - 0 \rangle^0$$

$$EI\varphi(x) = \frac{P}{4} \langle x - 0 \rangle^2 - \frac{P}{2} \langle x - \frac{l}{2} \rangle^2 + M_A \langle x - 0 \rangle^1 + C1$$

$$EIY(x) = \frac{P}{12} \langle x - 0 \rangle^3 - \frac{P}{6} \langle x - \frac{l}{2} \rangle^3 + \frac{M_A}{2} \langle x - 0 \rangle^2 + C1x + C2$$

- A $x=0 \Rightarrow \varphi(0)=0 \Rightarrow C1 = 0$

- A $x=0 \Rightarrow Y(0)=0 \Rightarrow C2 = 0$



La flèche est maximale en C donc :

$$EIY \left(\frac{L}{2}\right) = \frac{P}{12} \left\langle \frac{L}{2} - 0 \right\rangle^3 - \frac{P}{6} \left\langle \frac{L}{2} - \frac{L}{2} \right\rangle^3 + \frac{M_A}{2} \left\langle \frac{L}{2} - 0 \right\rangle^2$$
$$= \frac{P}{12} \left(\frac{L}{2}\right)^3 - 0 + \frac{M_A}{2} \left(\frac{L}{2}\right)^2 \quad \text{avec } M_A = \frac{-PL}{8}$$

Alors $Y_{\max} = -\frac{PL^3}{192EI}$

Vérification de la flèche du rail

Il faut vérifier la flèche car une flèche trop importante empêcherait la circulation du palan.
Pour un HEB 140 :

$$p=18050N$$

Choix d'entraxe: $L=3\text{ m}$

Soit

$$F \left(\frac{L}{2}\right) = -\frac{PL^3}{192EIz} = -0,8mm$$

La flèche admissible est $L/300$ soit 10 mm ce qui est vérifié dans notre cas.

La contrainte maximale :

$$\sigma_{\max} = \frac{M \cdot Y}{I_z}$$

Avec $M = \frac{PL}{8} = 6769KN \cdot mm$, $I_z = 1509 \cdot 10^4 mm^4$ et $Y=70mm$

$$\Rightarrow \sigma_{\max} = 31,4MPa$$



Vérifier les calculs avec RDM6

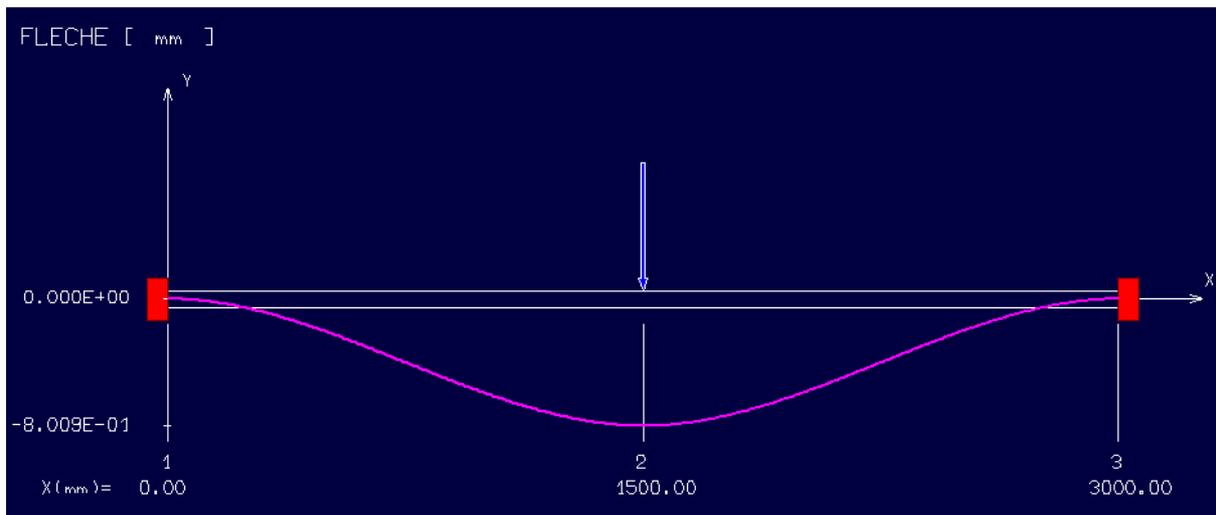


Figure II.19 : graphe de la flèche sur RDM6

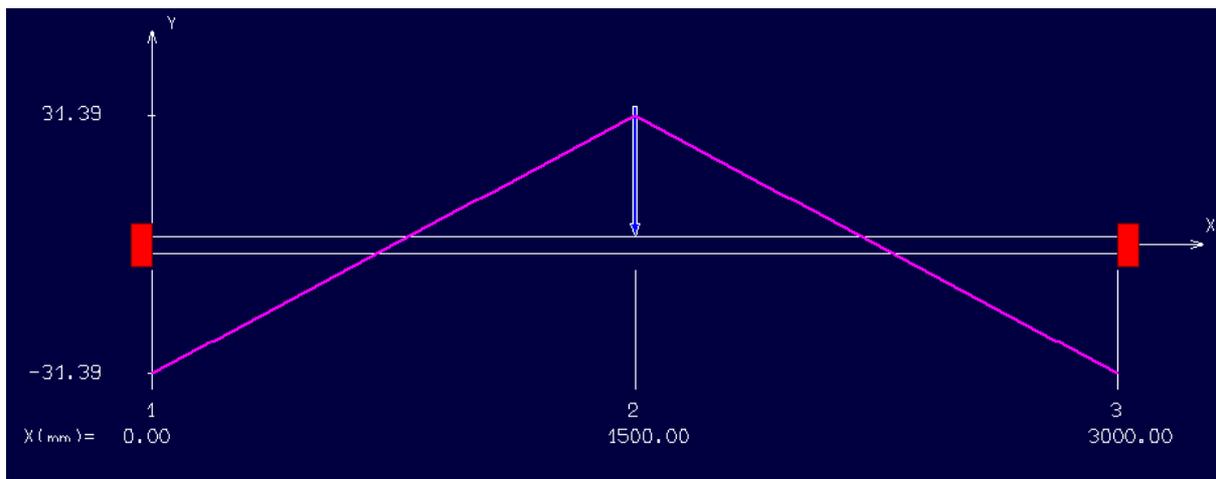


Figure II.20 : graphe de la contrainte sur RDM6

Il faut que $\sigma_{max} \leq \frac{R_e}{\gamma_m} = \frac{235}{3} = 78,3 \text{ MPa}$ OK

FIXATION DU RAIL :

Le rail HEB est fixé sur une platine qu'est soudé avec un autre rail.

Le rail HEB 140 de longueur 1200mm supporté une charge de 27,5KN, il est répartie sur chaque boulons

Calculer le nombre de fixation :



On a la flèche maximale $Y_{max} = \frac{PL^3}{192EI} \leq Y_{add} \Rightarrow L^3 \leq \frac{192 \cdot E \cdot I_z \cdot Y_{add}}{P}$

Avec $Y_{add} = \frac{L}{300} = \frac{12000}{300} = 40mm$

$\Rightarrow L \leq 9,6m$ on prend $L=3m$

$N = \frac{P}{5} = \frac{27,5}{5} = 5,5KN$.

Donc chaque fixation doit supporter 5,5KN

La résistance à la traction d'un boulon se calcule en utilisant la relation:

$R_t = \sigma_t \times A_b$

Caractéristiques mécanique		Classe de qualité									
		3-6	4-6	4-8	5-6	5-8	6-8	8-8		10-9	12-9
								≤ 16	> 16		
Rm	Nominale	300	400	400	500	500	600	800	800	1000	1200
	Min	330	400	420	500	520	600	800	830	1040	1220
Re	Nominale	180	240	320	300	400	480	640		900	108
	Min	190	240	340	300	420	480	660		-	-

Tableau II.3 caractéristiques mécaniques des boulons

Principales caractéristiques géométriques

Désignation	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22
d (mm)	6	8	10	12	14	16	18	20	22
d_0 (mm)	7	9	11	13	15	18	20	22	24
A (mm ²)	28,3	50,3	78,5	113	154	201	254	314	280
A_b (mm ²)	20,1	36,6	58	84,3	115	157	192	245	303

Tableau II.4 : caractéristiques géométriques des boulons

Calculer le nombre de boulons nécessaires à la prise de l'effort appliqué.

$N^* = N \times 3 = 5,5 \times 3 = 16,5KN$

$N^* \leq n \times R_t$; Avec $R_t = \sigma_t \times A_b$; n = nombre de boulons ;



R_t = Résistance à la traction d'un boulon

$$\sigma_t = \min\left(\frac{R_e}{\gamma_m}; 0,8 \times \frac{R_m}{\gamma_m}\right);$$

Boulons 4.6 $\implies R_e=240\text{MPa}$ et $R_m=400\text{MPa}$

$$\emptyset 6 \implies A_b = 20,1\text{mm}^2$$

$$\implies R_t = 1,6\text{KN} \rightarrow n \geq \frac{N^*}{R_t} = \frac{16,5}{1,6} = 10,3 \implies \mathbf{12 \text{ boulons}}$$

Pour diminuer le nombre des boulons, nous avons changé leurs diamètres

$$\text{Pour } \emptyset 10 \implies A_b = 58\text{mm}^2$$

$$\implies R_t = 4,64\text{KN} \implies n \geq \frac{N^*}{R_t} = \frac{16,5}{4,64} = 3,55 \implies \mathbf{4 \text{ boulons}}$$



2.7-Etude par éléments finis sur CATIA V5R20

Démarche de simulation sur un logiciel d'éléments Finis :

Les principales étapes pour analyser une structure par la méthode des éléments finis sont décrites à travers l'organigramme présenté ci-dessous :

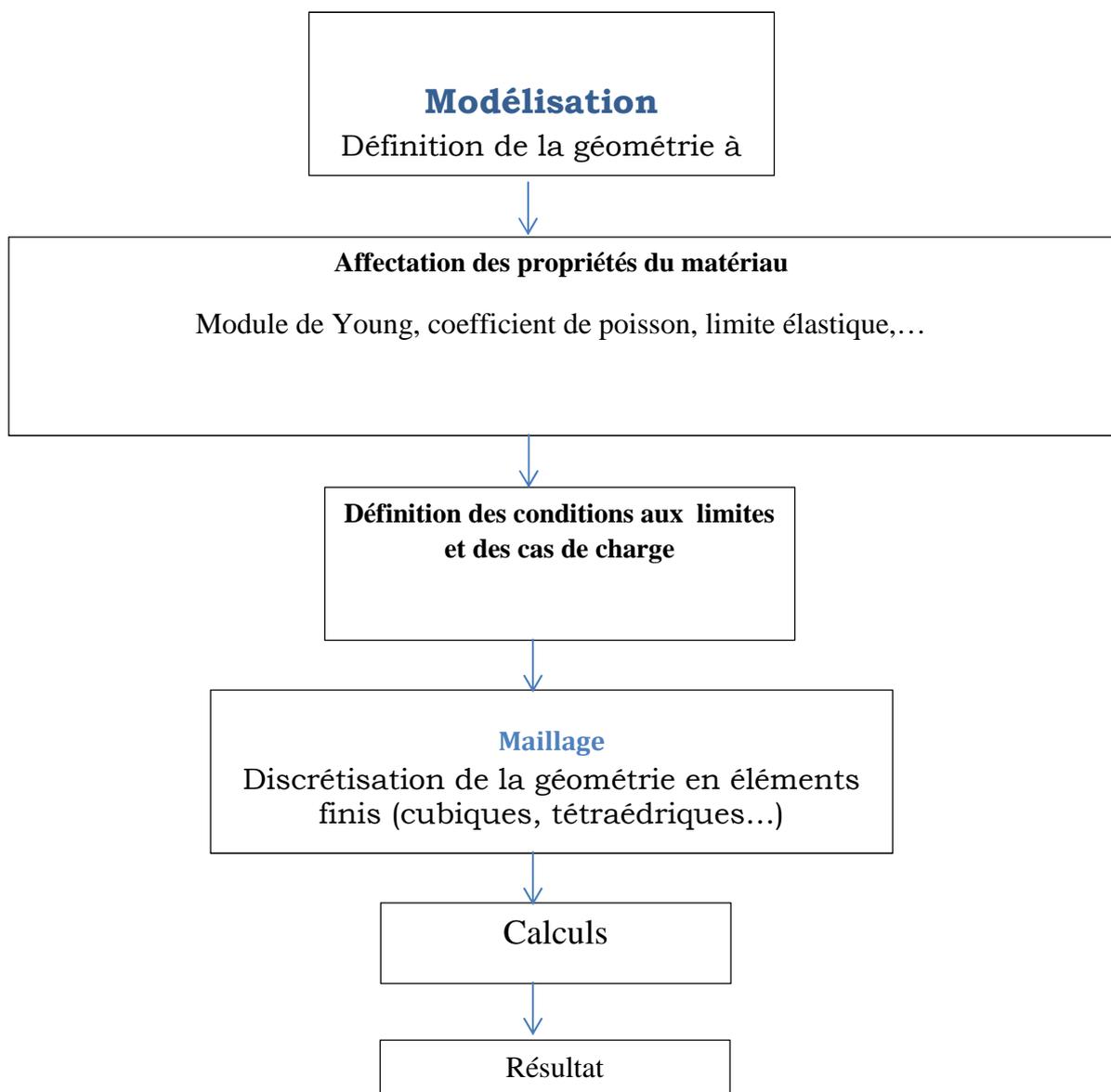


Figure 1 : Organigramme de la démarche de la M.E.F



Cette démarche de calcul reste la même pour la plupart des logiciels de calcul de structures. Dans notre cas nous avons utilisé logiciel CATIAV5

Solution statique :

La force appliquée sur la poutre

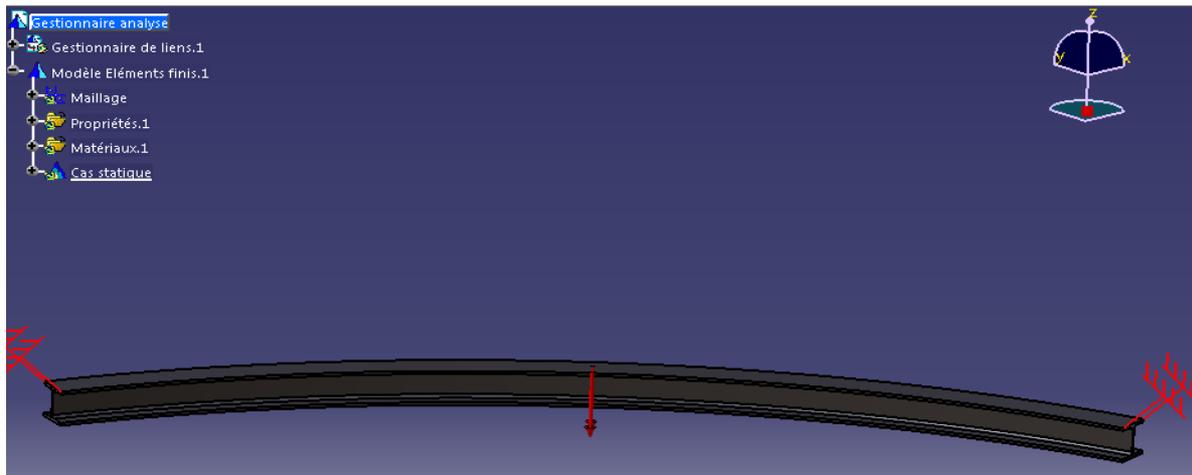


Figure II .21: le cas de charge

La Flèche sur CATIA

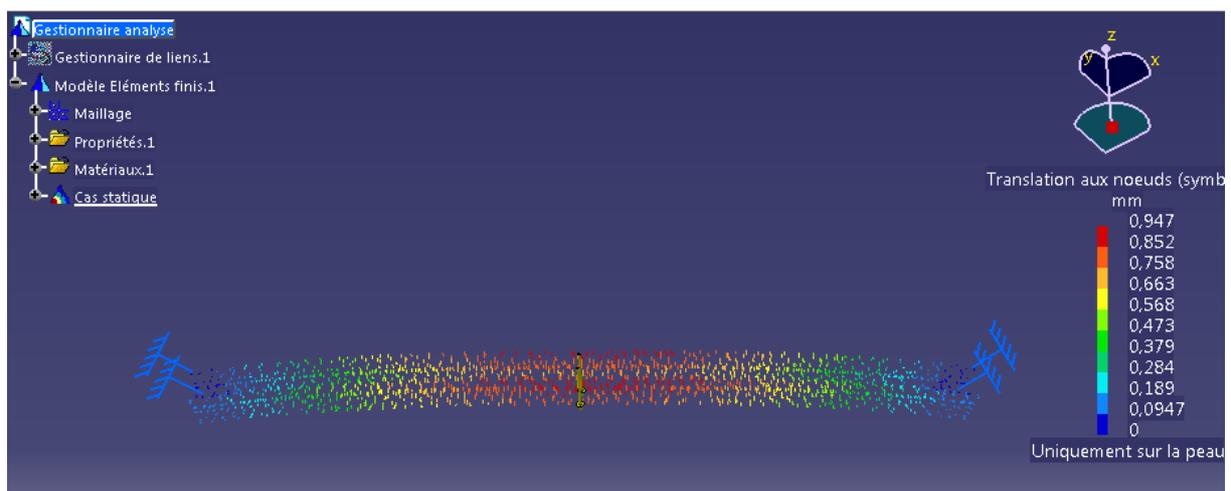


Figure II.22 : la flèche de la poutre sur CATIA



Critère de Von Mises sur CATIA

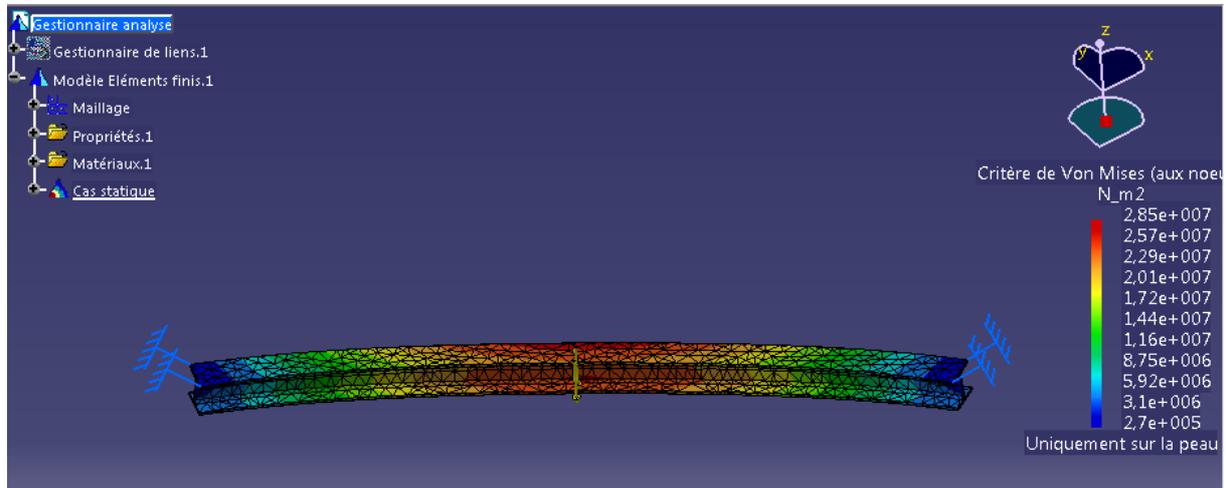


Figure II.23: critère de Von Mises sur CATIA

Interprétation des résultats

La contrainte maximale trouvée par calcul numérique est presque la même à celui trouvée par calcul analytique, et le déplacement trouvé par calcul numérique est aussi égale au déplacement trouvé par calcul analytique qui est 0.8 mm .Alors le nombre de points de fixation est suffisant pour supporter la charge

Conclusion

Dans ce chapitre on a suivi pour l'étude de notre système un enchainement bien défini en partant de la modélisation jusqu'à la vérification et la validation des contraintes sur le logiciel



Chapitre III

Etude Technico- Economique



Introduction

Afin de mieux servir l'intérêt de l'entreprise, on va dédier ce chapitre à l'étude économique relative à la solution finale. Pour ce faire, on va évaluer le prix de la solution en fonction des équipements utilisés.

Poutrelle HEB 140

Dans notre projet, nous avons besoin de quatre poutres HEB 140 d'une longueur de 6m dont le prix par mètre linéique est 320 DH.

$$P1 = 6 * 320 * 4$$

$P1 = 8640 \text{ DH}$

Après, ces poutrelles vont subir une opération de cintrage à l'extérieur de l'entreprise qu'on peut l'estimer d'un prix

$P2 = 3000 \text{ DH}$

Chariot porte palan (1 tonne)

Le chariot porte palan est disponible en plusieurs modèles avec un prix

$P3 = 1000 \text{ DH}$

Palan (1 tonne)

On trouve dans les catalogues des fournisseurs plusieurs types de palans comme celui-là avec

un prix

$P3 = 420 \text{ DH}$

- Palan à main à chaîne
- 1,5 tonne / hauteur levage 7m
- Chaînes en acier allié trempé
- Frein de charge mécanique
- Conforme à la norme EN13157
- Poids : 10 kg
- Utilisation : usage général



La nacelle

La nacelle que nous avons dimensionnée sera fabriquée dans l'atelier de la société (tournage, fraisage, perçage....) dont le prix de ces opérations est

P4 = 3000 DH

composant	prix	quantité	total
Poutre HEB 140 S235	360DH/m	*4(6m dans chacune)	8640 DH
Cintrage			6000 DH
Chariot porte palan	1000DH	*1	1000 DH
Palan	420 DH	*1	420 DH
Nacelle		*1	4000 DH
TOTAL			20060 DH

Tableau III.1 : tableau de couts total

Conclusion

On a essayé de proposer une solution techniquement faisable et économiquement rentable en proposant un prix total pour le système



CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail, nous avons effectué une étude complète pour choisir la bonne solution. En effet, nous avons pris en considération plusieurs facteurs et contraintes pour aboutir à une solution techniquement faisable et économiquement rentable.

Dans un premier temps, nous avons consacré notre travail à une étude et conception mécanique de système où on a fait le dimensionnement des pièces à réaliser en utilisant des outils informatiques tels que RDM6, CATIAV5 pour simplifier le calcul des réactions et des contraintes sur chaque élément de ce système. Des calculs théoriques ont été également faits pour s'assurer que les conditions critiques sont respectées et afin de valider les résultats obtenus sur les deux outils

Enfin, on pense que cette expérience en entreprise nous a offert une bonne préparation à notre insertion professionnelle car elle fut pour nous une expérience enrichissante et complète qui conforte notre désir d'exercer notre futur métier de « concepteurs » dans le domaine de la mécanique, et on tient à exprimer nos satisfactions d'avoir pu travaillé dans de bonnes conditions matérielles et un environnement agréable.