



## MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

*Pour l'Obtention du*

**Diplôme de Licence Sciences et Techniques**

**Spécialité : Conception et Analyse Mécanique**

***Conception d'un mécanisme de montage des corps des boites***

*Présenté par :*

***OMAR DADAH & SIHAM EL BARAKA***

*Encadré par :*

***- A.SEDOUKI, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès***

***- T.KABOUSS, Ingénieur d'état à l'ONCF de Meknès***

*Effectué à : ONCF de Meknès*

*Soutenu le : 13/06/2013*

**Le jury :**

- Mr. SEDOUKI, FST Fès
- Mr. HAKIMI, FST Fès
- Mr. ...., FST Fès

**Année Universitaire : 2012-2013**



## *Remerciements*

*C'est avec un grand plaisir que nous réservons ces lignes en signe de gratitude et de reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

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

*Nous exprimons aussi nos profondes gratitudees à Monsieur ALLOUAH le Directeur d'EMIM, Monsieur KAIS, Monsieur BEN CHAOUINE, et tous les agents de service technique pour leur soutien moral et technique.*

*Nous tenons aussi à remercier vivement Mr Kabous qui n'a pas cessé de nous prodiguer ses conseils et ses suggestions pertinentes, et tous techniciens pour leurs aides et leurs conseils qu'ils nous ont accordés tout au long de notre stage de fin d'études.*



Tableau d'abréviation :

<b>ONCF</b>	Office national des chemins de fer
<b>EMIM</b>	Etablissement de maintenance industrielle de Meknès
<b>AGEO</b>	Atelier gros entretien d'Oujda
<b>UP</b>	Unité de production
<b>MR</b>	Matériel remorqué
<b>MM</b>	Matériel moteur
<b>VL</b>	Visite limité
<b>VG</b>	Visite générale
<b>DF</b>	Série des locomotives diesels-électriques construites en 1989-1990
<b>DM</b>	Série des locomotives diésels construites en 1991-1993
<b>DG</b>	Série des locomotives diésels construites en 1973
<b>PVR</b>	Procès verbal de révision
<b>AFB</b>	Analyse fonctionnel du besoin
<b>CDCF</b>	Cahier des charges fonctionnelles



## Table des matières

INTRODUCTION.....	6
Première partie :	
I / Historique de l'ONCF.....	7
1. Statut de l'ONCF.....	7
2. Rôle de l'ONCF.....	7
II/ Représentation de l'ONCF	
1. Organigramme de l'ONCF.....	7
2. Rôle des sections liées à la direction générale ...	8
III/ Représentation des ateliers d'entretien de Meknès	
1. Organigramme d'EMIM ...	10
2. Services d'EMIM ...	11
Deuxième partie :	
I-Présentation du sujet :....	16
1- Etude descriptive du montage des boîtes d'essieux.....	16
2- Etude critique du montage des boîtes d'essieux.....	20
II- L'analyse fonctionnelle et l'élaboration d'un CDCF.....	20
L'analyse du besoin ...	21
Diagramme de bête-à-corne.....	21
1. La recherche des fonctions ...	21
1.1. La recherche intuitive ...	22
1.1.1. Etude du cycle de et de l'environnement.....	22
Etude de la faisabilité.....	23
1.1.2. Identification des fonctions de services.....	23
1.1.3. Replacer le produit dans son milieu.....	24
1.2.1. Identifier les interacteurs.....	24
1.2.2. Caractériser les interacteurs.....	25



1.2.3. Les fonctions d'adaptations...	26
1.2.4. Les fonctions d'interaction .....	27
4. Ordonner les fonctions...	27
4.1. L'arbre fonctionnel .....	27
4.2. Le diagramme de FAST.....	28
5. Caractériser les fonctions.....	29
6. Hiérarchiser les fonctions.....	30
6.1. La comparaison des fonctions.....	30
6.2. L'histogramme des fonctions.....	31
II-Cahier de charge fonctionnelle .....	32
III-la concrétisation des concepts .....	36
1. Génération des concepts.....	36
1.1. Matrice morphologique .....	36
1.2. Diminution du nombre de combinaisons de concepts possibles.....	37
1.3. Choix de concepts finaux.....	38
1.3.1. Dimensionnement et choix du vérin.....	39
1.3.2. Etude de la pompe à main .....	41
1.3.3. Etude du système .....	43
1.4. Schéma cinématique.....	48
CONCLUSION .....	



## Introduction

Au Maroc, la popularité du train n'a cessé de grandir depuis ces dernières années.

Elle se lit dans les bilans annuels successifs : le nombre de voyageurs croît deux fois plus vite que la mobilité nationale, le chemin ferroviaire ne cesse de progresser en compétitivité, la productivité s'améliore continuellement et leurs indicateurs financiers leur réconfortent et renforcent la confiance qu'on leur témoigne en tant qu'entreprise mature, tournée vers l'avenir.

Elle est le fruit d'un investissement gagnant, reposant sur une stratégie de croissance rentable, qui place le client au centre de l'intérêt de l'entreprise et qui inscrit son action quotidienne dans une perspective d'amélioration continue et de développement durable.

Dans le même sens, notre travail vient contribuer aux objectifs de l'office national des chemins de fer de Meknès. Ce travail vise la maîtrise de la qualité, l'augmentation de la productivité et la sécurité de l'atelier bogie-essieux, dans lequel s'effectuent plusieurs étapes considérées essentielles dans la maintenance de la partie essieux qui présente l'activité du montage des corps des boîtes d'essieux, en plein problèmes techniques et organisationnels, ce qui engendre des pertes de temps de montage, en moyen humain ainsi qu'en productivité et sécurité.

Notre objectif consiste à se focaliser sur ces pertes en essayant de réaliser un dispositif mécanique qui facilite la tâche des opérateurs, de leur réserver plus de sécurité ainsi que de diminuer les pertes de temps.

Pour atteindre cet objectif, on est sensé de suivre la démarche suivante :

**La première partie** : on présente l'organisme (ONCF), ses activités de base, son organigramme et ses quatre ateliers avec leurs activités.

**La deuxième partie** : nous allons commencer par une étude descriptive suivie d'une étude critique des étapes de montage des boîtes d'essieux accompagnée des étapes de la réparation de la partie essieux. On va enchaîner par la suite avec l'étude de conception par l'application de la démarche de l'analyse fonctionnelle afin d'élaborer un Cahier des charges fonctionnelles (CDCF).

**La troisième partie** : qui sera consacrée à la génération des concepts, leur concrétisation, ainsi que le dimensionnement de notre système.



## *Premier partie*

### **I-HISTORIQUE DE L'ONCF :**

Les chemins de fer du Maroc ont un historique mouvementé et intéressant qui a suivi les courants de la politique internationale dans le pays.

Le développement du réseau ferroviaire est créé suite aux actes d'ALGESIRAS de 1911. A partir de cette date, l'autorité militaire fût conduite à construire des chemins de fer au Maroc pour assurer ses propres transports par voies de 0,6 mètre.

La mise en service des différentes lignes fût réalisée entre 1912 et 1921, de Marrakech à Oujda en passant par Casa et Rabat. Ces voies furent ouvertes au trafic public le 27 mars 1916.

A partir de 1923, la construction des voies normales (1,435 m) et leurs ouvertures à l'exploitation entraînent la disparition des voies de 0,6 m. En dix ans, 1500 km de voies ferrées ont été construites.

L'Office National des Chemins de Fer a été créé par le Dahir N°1-63- 225 daté du 5 août 1963, et qui précise que l'ONCF : Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial, doté de la personnalité civile et l'autonomie financière placé sous la tutelle administrative du ministère de transport.

L'ONCF s'acquitte de sa tâche vis à vis de l'économie nationale en deux niveaux :

- **En tant que client** en achetant des quantités importantes de matières de consommation et de production.
- **En tant que transporteur** en contribuant à la production industrielle

#### **1. Statut de l'ONCF**

L'ONCF est un établissement public à caractère industriel et commercial doté de la personnalité civile et l'autonomie financière et placé sous la tutelle administration du ministère du transport.

#### **2. Rôle de l'ONCF**

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

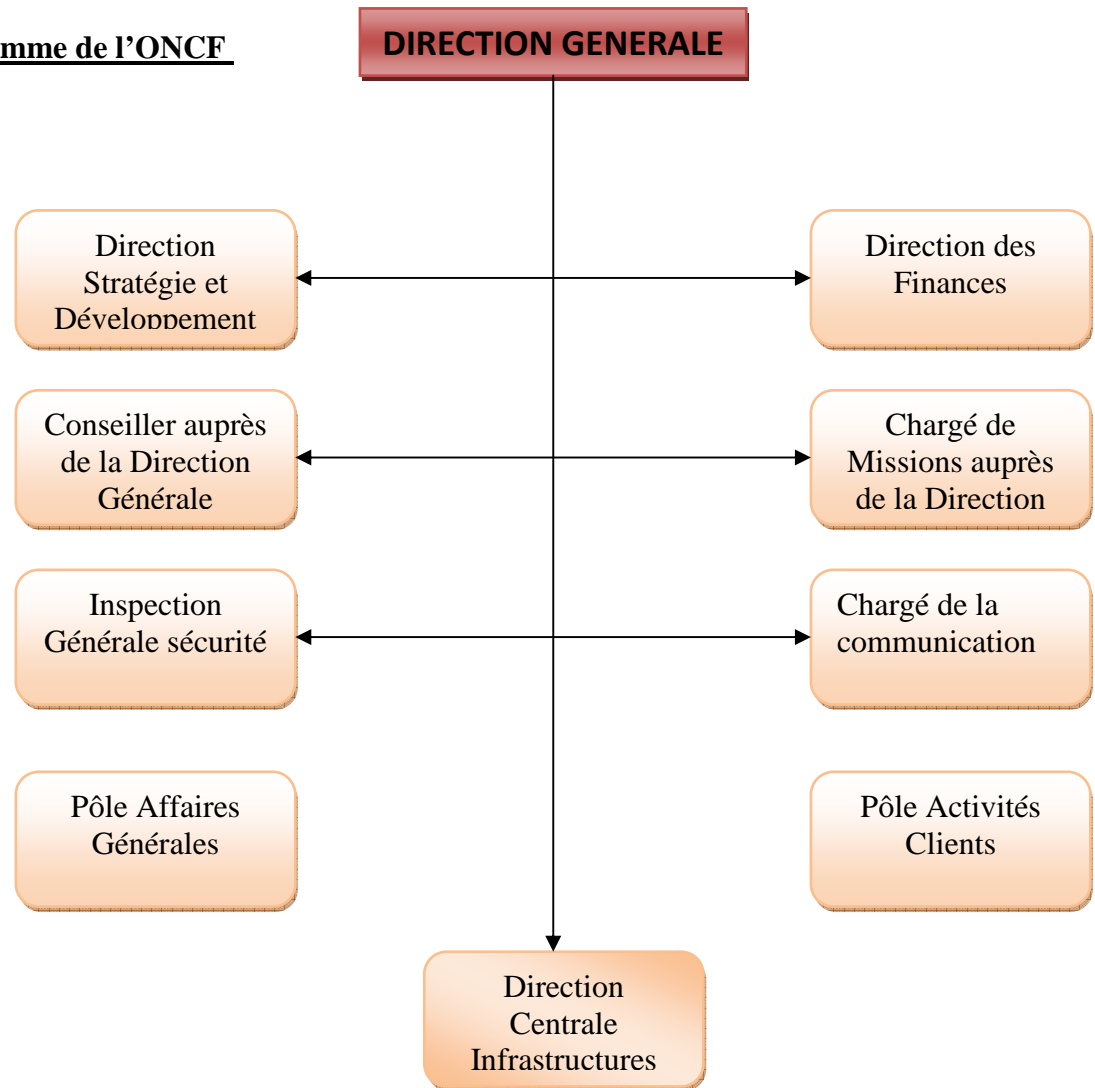
- En sa qualité de transporteur de personnes et des marchandises.
- En tant que client puisqu'il contribue à des achats annuels de matière de production.

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.



## II- Représentation de l'ONCF

### 1. Organigramme de l'ONCF



*Figure 1.1 : organigramme de l'ONCF*

#### 1. Rôle des sections liées à la direction générale

- **Direction stratégie et développement :**

Elle définit la stratégie de mise en œuvre des différentes ressources de l'ONCF et assure le progrès et le déroulement de ses projets d'investissement et d'exploitation.

- **Direction des finances :**

Elle permet de chercher la méthode de gestion des ressources financières par la bonne gestion du trésorier, tout en prenant en compte les imprévus.





- **Inspection générale sécurité :**

Elle permet la sécurité des réseaux en identifiant les risques inattendus et assiste à tous les grands axes d'amélioration de système de sécurité.

- **Chargé de la communication :**

Il cherche à définir la politique globale de la communication et d'image.

- **Direction centrale des affaires générales :**

Elle facilite la tâche des directions opérationnelles : ressources humaines, juridique, moyens généraux et informatique

- **Direction centrale d'infrastructure :**

Elle assure la mise à disposition optimale et en toute sécurité des infrastructures ferroviaires nécessaires à la réalisation des objectifs de vente fixés à la direction centrale activité.

- **Chargé de mission auprès de la direction :**

Elle a un rôle très important, en vente par le rôle de coordination entre le commercial et le producteur, en marketing par la définition de la stratégie commerciale et marketing de l'entreprise et en production par la gestion de matériel et son entretien.

### **III- Représentation des Etablissements de Maintenance Industrielle de Meknès (EMIM)**

Les établissements de maintenance industrielle de Meknès ont pour but la conservation et l'entretien des matériels ferroviaires à voyageurs et à marchandises ainsi les mouvements des trains.

Alors ces ateliers ont comme responsabilités :

- Les révisions périodiques.
- Les révisions accidentelles.
- Production des semelles de freins et coussinets de paliers des locomotives.
- Production de l'eau distillée pour batteries.



**1. ORGANIGRAMME D'ETABLISSEMENT DE MAINTENANCE INDUSTRIELLE DE MEKNES (EMIM) :**

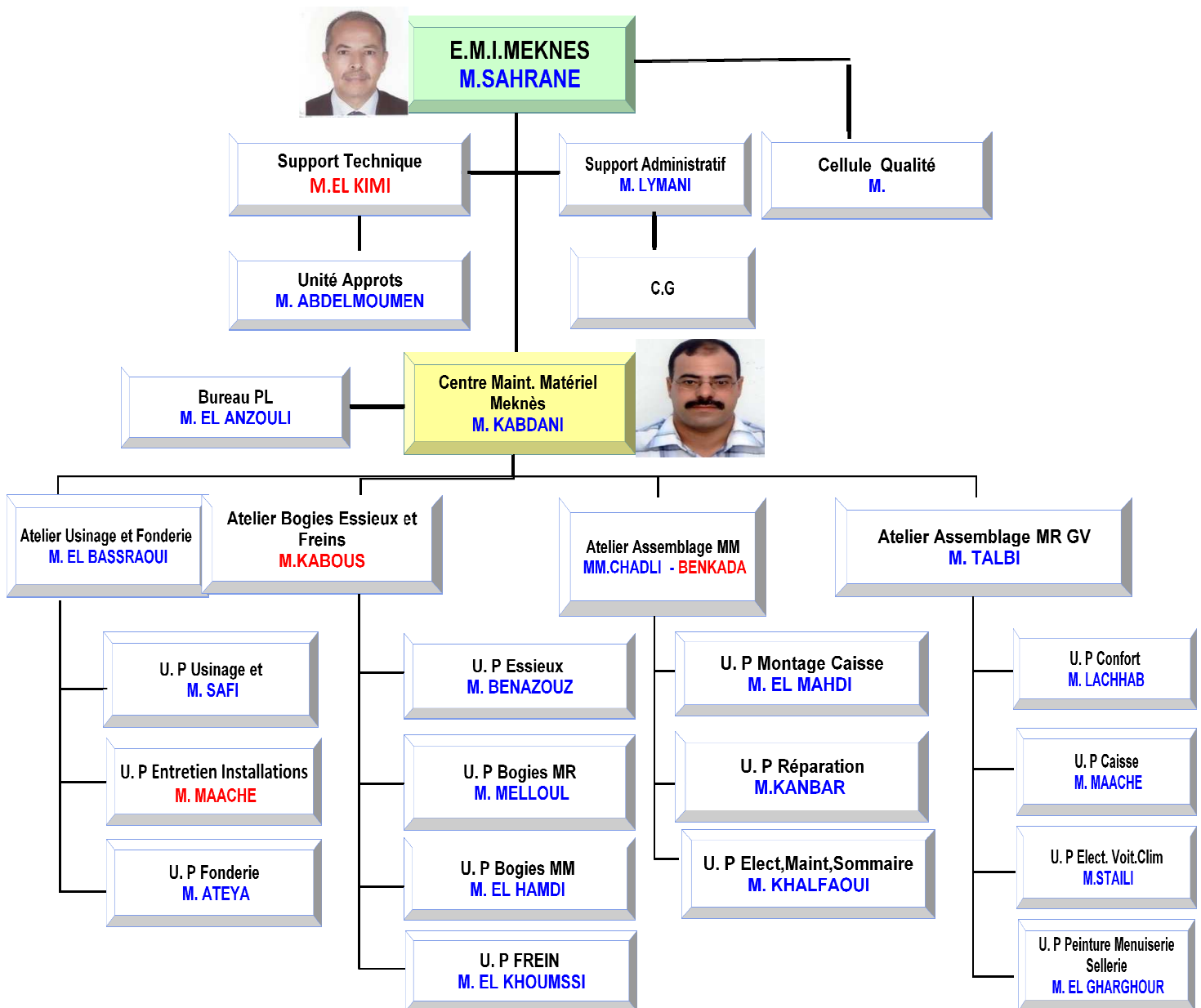


Figure 1.2 : organigramme d'EMIM



## **2. Services D'EMIM :**

L'Établissement des Maintenances Industrielles comprend quatre ateliers, dont chacun a plus qu'une unité de production qui, elle-même, regroupe plusieurs équipes.

- **Personnel :**

Cadre : chef d'atelier.

Maîtrise : dirigeant d'une unité de production ou Chef d'équipes.

Exécution : opérateurs ou technicien.

- **Équipement important :**

Tour verticale.

Tour de ré-profilage.

Tour à fusées.

Tour à commande numérique par ordinateur (CNC).

Rectifieuse des bielles.

Rectifieuse des vilebrequins.

- **Service technique :**

Il a pour but de faire les études, les plans ainsi que la gestion de tous les documents techniques suivant leur nature dans des casiers, ce qui facilite leur manipulation et il comporte trois bureaux :

**Bureau d'approvisionnement :** Chargé de l'approvisionnement de l'établissement.

**Bureau technique :** Chargé de l'établissement de tous les dessins, les incidents, les modifications et les essais sur le matériel.

**Bureau documentation :** Chargé de l'élaboration de tous les documents techniques, les livrets de révision, et les fiches de réparations...

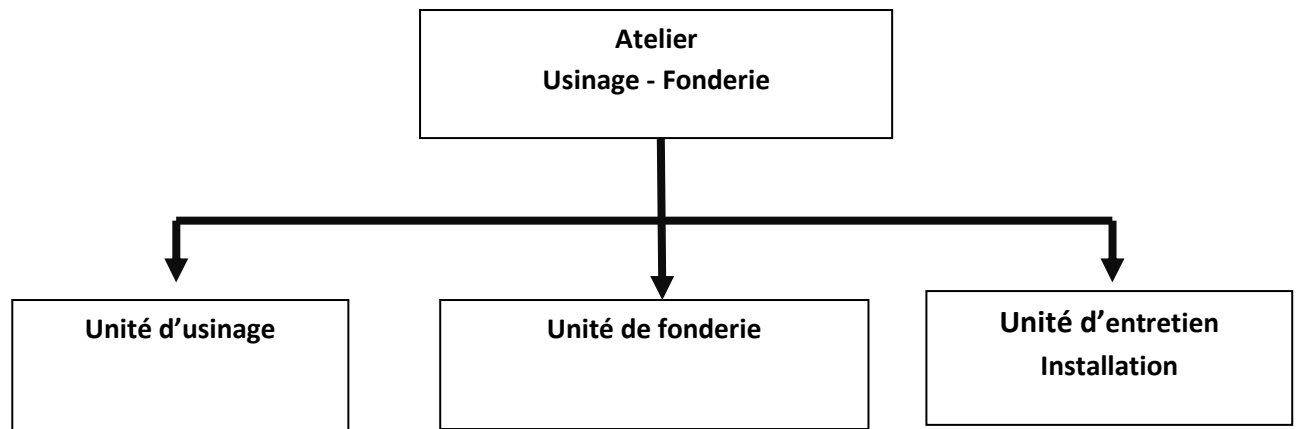
- **Service de production :**

Il a sous sa responsabilité les quatre ateliers d'entretien :

### **Atelier A1 : Atelier Usinage et Fonderie**

En premier lieu, il est chargé de la fabrication mécanique sur machines outils (tours, fraiseuses, affûteuses). Pour assurer la fabrication des pièces usées.

En second lieu, la production par moulage : une semelle de frein pour une grande série et des pièces unitaires en cas de besoin.



*Figure 1.3 : organigramme d'atelier A1*

Cet atelier a pour mission :

- Fabrication des semelles de frein en fonte toutes séries pour tout le matériel roulant de l'ONCF
- Confection et réparation des ressorts de suspension à lames de l'ensemble du matériel ferroviaire du parc ONCF.
- Usinage des pièces pour le compte D'EMIM, autres établissements ou le privé.
- Maintenance des équipements et infrastructures D'EMIM.
- Commande et distribution des outillages nécessaires à l'activité des 4 ateliers divisionnaires.

#### **UP USINAGE :**

- Usinage des pièces au compte des projets (réhabilitation du matériel roulant)
- Réparation par usinage des différentes pièces, composants des locos d'EMIM en cours de révision ou réparation accidentelle
- Rectification des vilebrequins toutes séries pour d'EMIM et AGEO.
- Usinage des coussinets de paliers.

#### **UP FONDERIE:**

- Fabrication des semelles de frein en fonte toutes séries pour tout le matériel roulant.
- Fabrication des diverses pièces en fonte, bronze et en aluminium pour l'entretien des voitures, wagons, locos et équipements.
- Fabrication et garnissage des coussinets.
- Confection et réparation des ressorts de suspension à lames pour le matériel remorqué.
- Fabrication des pièces au compte de l'approvisionnement.



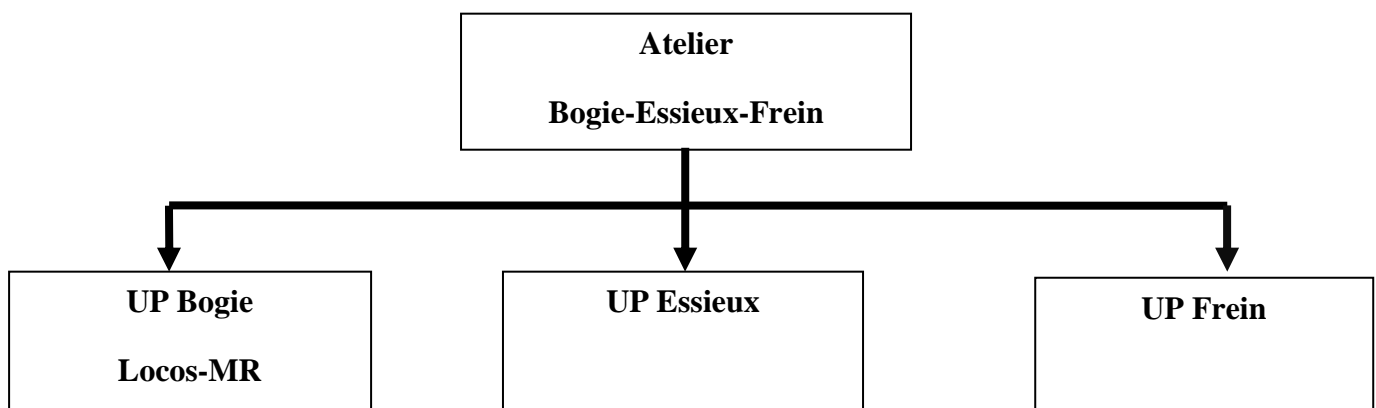
### UP ENTRETIEN INSTALLATION :

- Maintenance des installations fixes, appareillages électriques et des matériels de relevage.
- Maintenance et suivi des véhicules.
- Maintenance des extincteurs et bouches d'incendie.
- Commande et distribution de l'outillage.

### Atelier A2 : Atelier bogie essieux frein

Cet atelier a pour mission :

La Réalisation des travaux de maintenance préventive ou accidentelle des bogies matériels moteurs, matériels remorqués voyageurs et marchandises, ainsi que l'entretien et la réparation des organes de frein, plus l'expertise et la réparation des essieux.



*Figure 1.4: schéma d'atelier A2*

### UP BOGIE LOCOS-MR:

- La maintenance du matériel moteur des locos de ligne et de manœuvre
- Exécuter les travaux au titre des projets d'investissement sur le matériel moteur
- La maintenance des matériels voyageurs et marchandises.
- Exécuter les travaux au titre des projets d'investissement sur les bogies du matériel remorqué (voyageurs et marchandises).

### UP FREIN :

- La maintenance des caisses de matérielles marchandises.
- Entretien et réparer les organes de frein du matériel remorqué (voyageurs et marchandises)



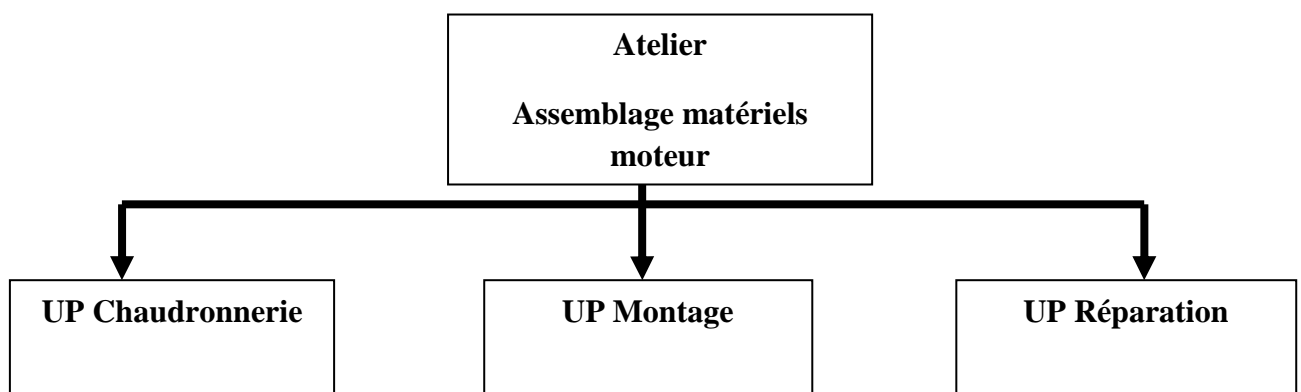
### UP ESSIEUX :

- La maintenance préventive des essieux du matériel moteur et du matériel remorqué.
- Réaliser les travaux de maintenance des essieux **d'Atelier Gros Entretien d'Oujda (AGEO)**.
- Expertiser les essieux, les roulements et les boîtes d'essieux du matériel moteur voyageurs et marchandises.

### Atelier A3 : Atelier Assemblage Matériel Moteur

Cet atelier à pour mission :

- La réparation accidentelle des locomotives de ligne et de manœuvre.
- La révision et réparation des installations des régulateurs Woodward et turbo compresseur au compte des AGEO.



*Figure 1.5 : schéma de l'atelier A3*

### UM Chaudronnerie :

Il comprend trois équipes :

- Equipe de soudage.
- Equipe de découpage.
- Equipe d'expertise et de réparation des échangeurs de températures.

### UM Montage :

Cette unité de production contient deux équipes :

- Équipes DF DM.
- Équipes DG.

Ces équipes se chargent de la réparation et de montage des moteurs diesel, la différence entre eux réside dans les types de moteur à traiter.

Pour l'équipe DF (série des locomotives diesel électrique) DM (série des locomotives diesel), il se charge des moteurs 16 et 12 cylindres en V, ces moteurs produisent le courant pour l'éclairage et pour la traction.



Pour L'équipe DG (série des locomotives diesel), il se charge de moteur à 6 cylindres en ligne qui a pour rôle de produire le courant pour la climatisation et l'éclairage.

### **UM Réparation :**

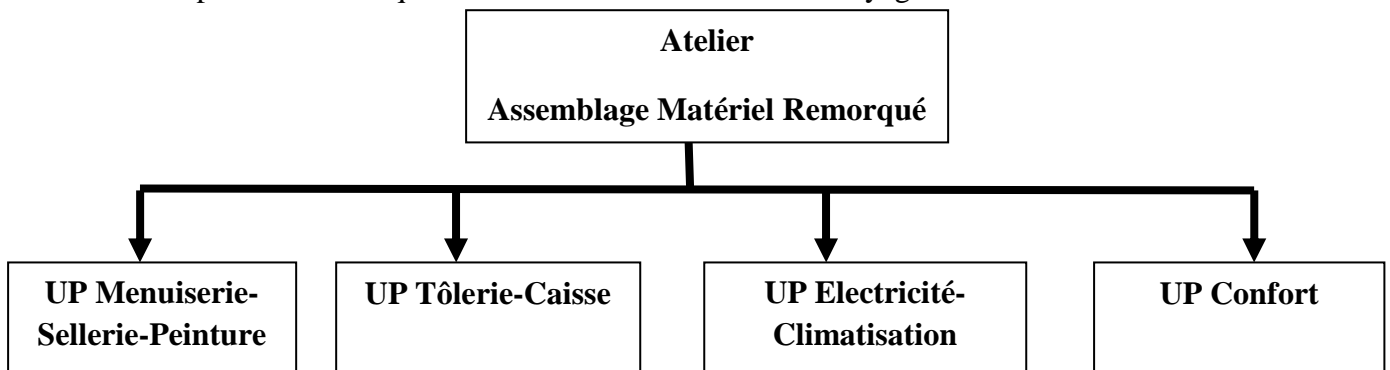
Elle est formée d'une équipe d'organes auxiliaires :

Cette équipe se charge de la préparation et de la maintenance de tout organe pour toute série de machine : culasse, attelage (piston+ bielle), vilebrequin, arbre à came, organe moteur caisse.

### **Atelier A4 : Atelier Assemblage Matériel Remorqué**

Cet atelier a pour mission :

- La maintenance de la tôlerie, la peinture, la menuiserie, et la sellerie des caisses des voitures
- La maintenance du confort voitures à voyageurs.
- La réparation électrique et climatisation des voitures à voyageurs



*Figure 1.6 : schéma d'atelier A4*

#### **UP MENUISERIE – SELLERIE – PEINTURE**

- La maintenance préventive de la peinture, menuiserie et sellerie des voitures à voyageurs

#### **UP TOLERIE.**

- Faire des réparations grosses accidentelles sur la tôlerie caisse du matériel à voyageurs.

#### **UP ELECTRICITE.**

- Faire des réparations grosses accidentelles électriques et climatisation du matériel à voyageurs.

#### **UP CONFORT.**

- La maintenance préventive et la réparation accidentelle du confort voitures à voyageurs



## *Deuxième partie*

### **1. présentation du sujet**

Dans cette partie nous allons commencer par une étude descriptive du montage des boîtes d'essieux qui s'effectue dans l'atelier A2. Suivie d'une étude critique. Par la suite on va aborder l'étude de conception par une brève définition de la démarche de l'analyse fonctionnelle, puis nous allons enchaîner avec l'application de cette démarche pour notre système de levage et de déplacement des corps des boîtes d'essieux et nous terminerons par l'élaboration d'un cahier des charges fonctionnelles qui va nous aider à trouver des concepts optimaux.

#### **1.1 Etude descriptive :**

Dans cette partie on va s'intéresser au montage des boîtes d'essieux qui se fait à l'Atelier A2, unité Essieux.

Ces boîtes d'essieux ont un corps constitué d'une seule pièce et renferment un seul roulement à rotule, cylindrique ou conique, sur deux rangées de rouleaux. Elles sont destinées à être montées à l'extérieur des roues, sur la fusée de l'essieu. La forme d'une telle boîte peut différer en fonction de la charge transmise à la boîte et du guidage de la boîte dans le bogie.

Dans cette unité, tout commence par la réception des essieux qui étaient démontés dans une autre unité. A chaque essieu correspond un document appelé PVR (procès-verbal de révision), ce dernier contient toutes les informations techniques et administratives concernant l'essieu en question, les propriétaires (ONCF, tiers...), le motif de déposition (VL, VG, ou accidentelle). Une dernière partie est réservée à la comptabilité, et le reste pour l'expertise technique, cette feuille est signée à chaque étape du contrôle par le responsable en charge.

Ces derniers (essieux) passent par les différents postes de l'UP essieux qui sont

#### **•Poste1 : réception des essieux : Contrôle visuel.**

Contrôler visuellement l'existence des cassures sur les essieux dès leur entrée à l'atelier.



*Figure 2.1 : photos essieu*





**NB : Si les essieux sont déjà utilisés ils passent au poste 2, sinon ils passent directement au contrôle par ultra-son.**

**•Poste2 : démontage des boites essieux.**

Après le contrôle visuel des essieux on démonte les boites d'essieux à l'aide d'une presse à main.



*Figure 2.2 : photos de démontage des boites d'essieux*

**•Poste3 : expertise et contrôle des essieux par ultra-son et magnétoscopie.**

Ce contrôle s'effectue par des rayons ultra-son qui traverse la fusée avec une grande vitesse pour détecter les fissures intérieures.



*Figure 2.3 : photos du contrôle par ultra-son*

**•Poste4 : ré-profilages des essieux.**

Lors de la diminution d'épaisseur du boudin, ce dernier passe au tour à ré-profilé afin d'augmenté son épaisseur



*Figure 2.4 : photos du tour à ré-profilé*

**•Poste5 : calage ou décalage des roues et les axes.**

C'est le montage (avec serrage) ou le démontage des roues et les axes en respectant certaines normes de la pression.



*Figure 2.5 : photos de la presse*



**•Poste6 : contrôle géométrique et usinage des essieux.**

On parle du contrôle des diamètres nécessaires de toute partie de la fusée afin de respecter les normes de serrage



*Figure 2.6 : contrôle géométrique et usinage des essieux*

**•Poste7 : usinage des centres roue.**

A l'aide du tour verticale on fait l'alésage de la roue, afin d'ajusté son diamètre et sa gorge



*Figure 2.7 : photos tour vertical*

**•Poste8 : contrôle géométrique des essieux montés.**

On vérifie si toutes les normes sont respectées.

**•Poste9 : montage des essieux marchandise.**

**•Poste10 : montage des essieux voyageur.**

**•Poste11 : expédition des essieux.**

**•Poste12 : expertise des roulements.**

- Vérification visuelle.
- Contrôle dimensionné à l'aide d'une lame calibrée (des diamètres intérieurs et extérieurs des roulements).

Après avoir cité les unités par les quelles passe les essieux on passe maintenant aux étapes de montage de leurs boites.

▪ **Contrôle de la fusée**

Alors, avant le montage, il faut contrôler la fusée là où on met la boite, en vérifiant si les intervalles de tolérance des diamètres de l'ovalisation, l'ondulation et la conicité sont respectés.

On procède de la manière suivante :



- On nettoie et examine la fusée tout particulièrement le congé et l'épaulement.
- On vérifie à l'aide d'un gabarit que le profil de la fusée est correct.
- On contrôle que la fusée est bien cylindrique et que ses côtes se trouvent dans les tolérances prescrites.

Lorsqu'on finit le contrôle on passe à :

- **La préparation des roulements de la boîte :**

**NB : Les roulements, les boîtes et toutes pièces accessoires doivent être protégées avant et pendant le montage, contre l'humidité et les souillures.**

Alors :

- Il est important que l'atelier où s'effectue le montage soit propre et exempt de poussière
- Ne déballer le roulement qu'immédiatement avant le montage.

Après avoir respecté ces conditions on passe à la préparation des roulements dite expertise des roulements, tout d'abord on commence par :

- Le nettoyage des roulements.
- Le contrôle visuel :  
« Présence des fissures, cassures, coloration anormal, piquage, écaillage, grippage... ».
- Le contrôle dimensionnel :  
Contrôle du jeu entre la bague et le galet.  
Contrôle du diamètre extérieur.  
Contrôle du diamètre intérieur des roulements.

Juste avant le montage il est indispensable de vérifier l'existence d'un serrage entre le roulement et la fusée en comparant leurs diamètres.

A cette étape les roulements sont prêts au montage. Le montage des pièces de la boîte d'essieux suivra l'ordre suivant :

1. Collerette d'étanchéité
2. Couvercle arrière
3. Le premier roulement
4. La bague entretoise
5. Le deuxième roulement
6. La buté
7. Frein et fixation
8. le corps des boîtes
9. le couvercle extérieur



## 1.2. Etude critique

Après avoir décortiqué les postes primordiaux de l'atelier A2 et d'après l'observation des étapes principales de montage d'essieux on a pu évaluer les difficultés et les risques dont les ouvriers peuvent souffrir. Qui se manifestent lors du montage des pièces à chaud dont le risque des brûlures au niveau des mains des agents qui ne mettent pas des gants, ainsi au niveau du montage des corps des boites qui ont un poids de 80kg qui s'effectue par un opérateur.

Alors pour aider ses agents on a proposé quelques solutions pratiques et exécutables. En espérant qu'elles seront utiles pour eux :

La première des choses c'est que l'administration doit mettre en position des agents toute accessoires de protection et de sécurité contre les brûlures.

La seconde, on a proposé un dispositif pour le déplacement des corps des boites et les monter facilement.

## II- L'analyse fonctionnelle et l'élaboration d'un CDCF

Une fois les besoins et les attentes du client (ONCF) recensés, il faut chercher des solutions afin de répondre à ceux-ci. Cependant, la transition des besoins et attentes du client vers une solution concrète relève d'avantage d'un art que d'une science.

L'analyse fonctionnelle repose uniquement sur la méthode RESEAU et sa démarche est composée de cinq principales étapes. Les trois premières étapes visent à formuler le plus précisément possible les fonctions, alors que les deux dernières permettent de les évaluer, tant du point de vue de leur importance que de leur valeur.

La méthode RESEAU :

**R** : Recherche intuitive.

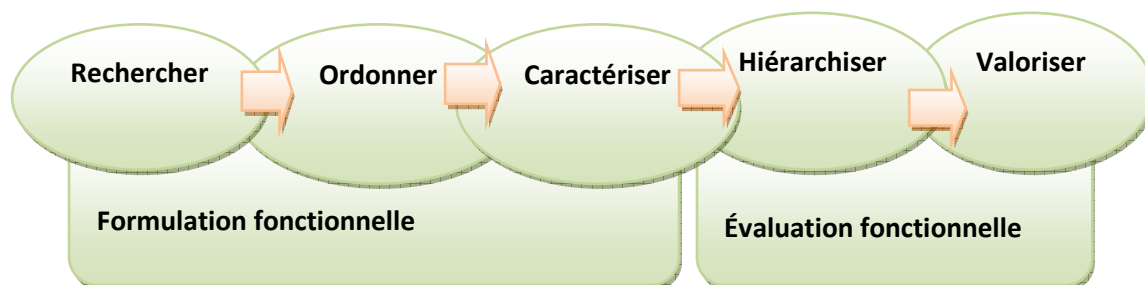
**E** : Examen de l'environnement (méthode des interacteurs).

**S** : Sequential Analysis of Functional Element (SAFE).

**E** : Examen des efforts de mouvement.

**A** : Analyse d'un produit de référence.

**U** : Utilisation des normes et de règlements.



*Figure 2.8 : la démarche de la méthode réseau*

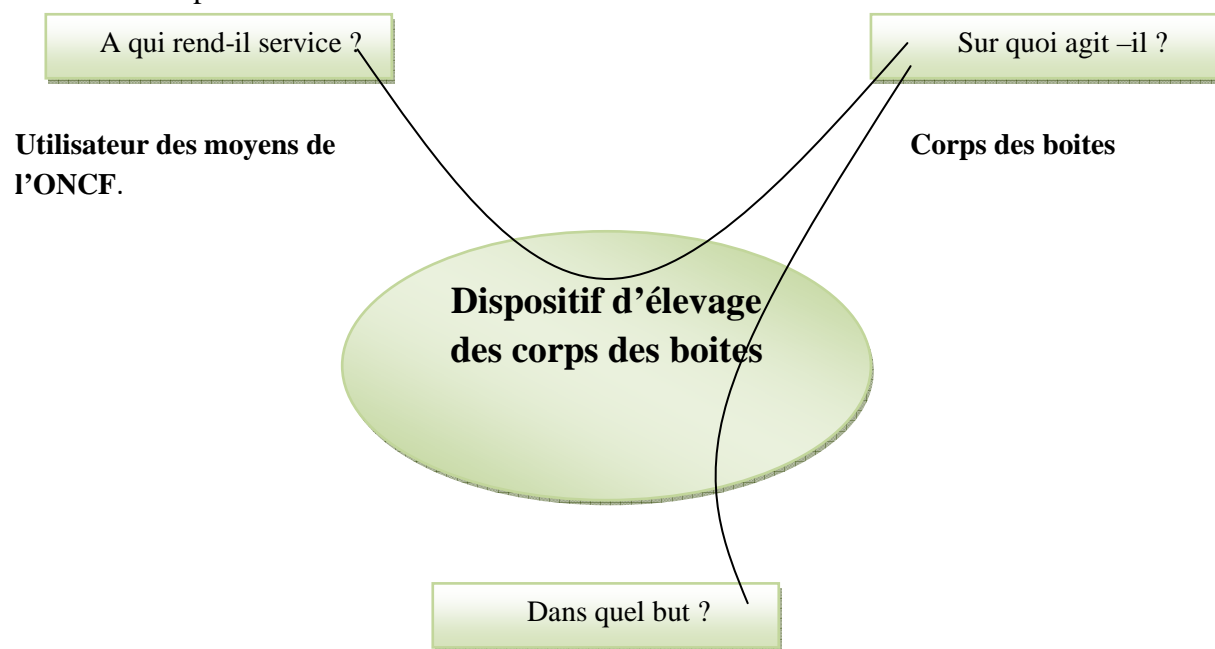
### Analyse du besoin (AFB) : exprimer le besoin

Il s'agit d'exprimer avec rigueur le but et les limites de l'étude. Pour cela, il faut expliciter l'exigence fondamentale qui justifie la conception ou la reconception d'un produit.

#### Le diagramme de bête à cornes

Le diagramme bête à cornes permet de définir la raison d'être d'un système, dans notre cas c'est le dispositif pour élever et déplacer les corps des boîtes d'essieux.

Il s'agit d'un dispositif facile à se déplacer sur terre et ayant une hauteur variable selon notre choix, sa fonction essentielle est d'élever et de déplacer les corps des boîtes d'essieux pour les monter sur les roulements qui sont déjà montés sur la fusée de l'essieu, afin de faciliter la tâche pour les agents à monter ces corps.



**Faciliter le levage et le déplacement des corps des boîtes d'essieux.**

*Figure 2.9 : diagramme de bête-à-corne.*

#### 1. La recherche des fonctions :

Cette première étape de l'analyse fonctionnelle a pour objectif de formuler toutes les fonctions de notre produit (Grue d'atelier). Il existe plusieurs méthodes pour le faire.

Certaines sont générales, d'autres très spécifiques à certains types de produits. Pour notre produit on va utiliser les plus courantes méthodes chez les praticiens de l'analyse fonctionnelle : la recherche intuitive et l'étude du cycle de vie et de l'environnement.



### **1.1. La recherche intuitive :**

Comme son nom l'indique, cette méthode fait appel à l'intuition. Un avantage de cette méthode est qu'elle permet de trouver en très peu de temps, de 50% à 60% des fonctions qui nous mène à 60% de solution. Ainsi elle fait un rappel des objectifs, consultation des informations des études préalables, critiques, formulation des fonctions, définition des caractéristiques, et l'inscription d'une première liste de fonctions de CDCF :

Soulever les corps des boîtes	Favoriser la réalisation	Être ergonomique
Déplacer les corps des boîtes.	Être abordable.	Être esthétique
Supporter le poids des corps des boîtes	Améliorer la productivité	Être rigide.
Diminuer les pertes de temps dans le montage des corps des boîtes	Se déplacer	Assurer la sécurité
		Diminuer les aides personnes dans l'insertion des corps des boîtes

*Figure 2.10 : tableau de la recherche intuitive*

#### **1.1.1 Étude du cycle de vie et de l'environnement :**

Au cours de sa vie, un produit franchira plusieurs étapes. Il se trouvera alors en interaction avec des lieux, des systèmes et des gens différents. Il devra alors s'adapter à ces contextes, de manière à continuer à rendre les services attendus. L'étude du cycle de vie et de l'environnement est la méthode privilégiée pour identifier l'ensemble des fonctions qui doivent réaliser par notre produit afin de s'adapter à ses interacteurs et fait également découvrir l'ensemble d'influences du milieu environnant sur chaque étape du cycle de vie de notre produit (qui s'entend ici de la naissance industrielle du produit pour se terminer à la fin de son usage) . Elle se réalise en quatre principales étapes :

- **Identification des interacteurs.**
- **Caractérisation des interacteurs.**
- **Les fonctions d'adaptation.**
- **Les fonctions d'interactions**

### Etude de la faisabilité :

Qui se fait suivant le schéma ci-dessous

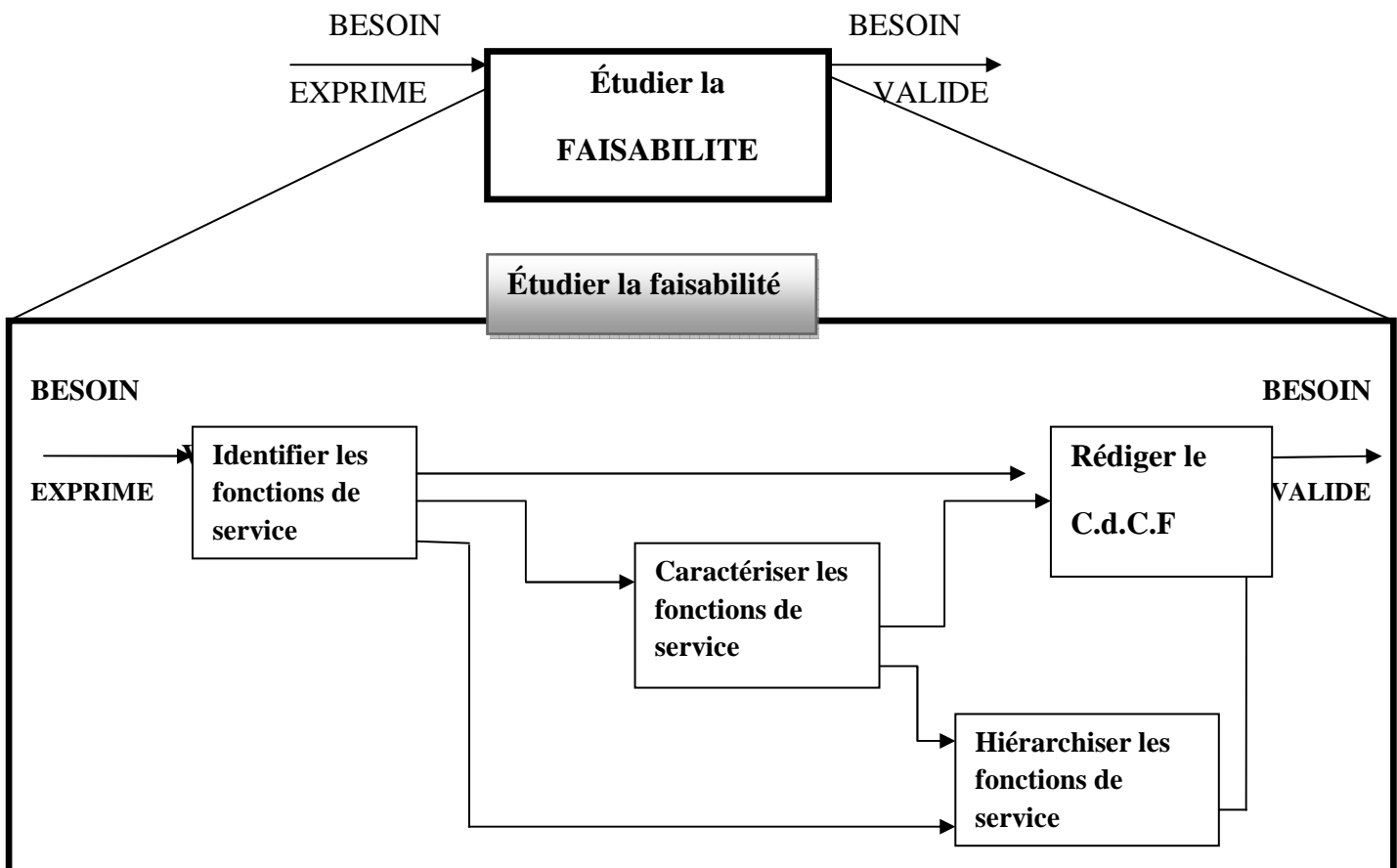


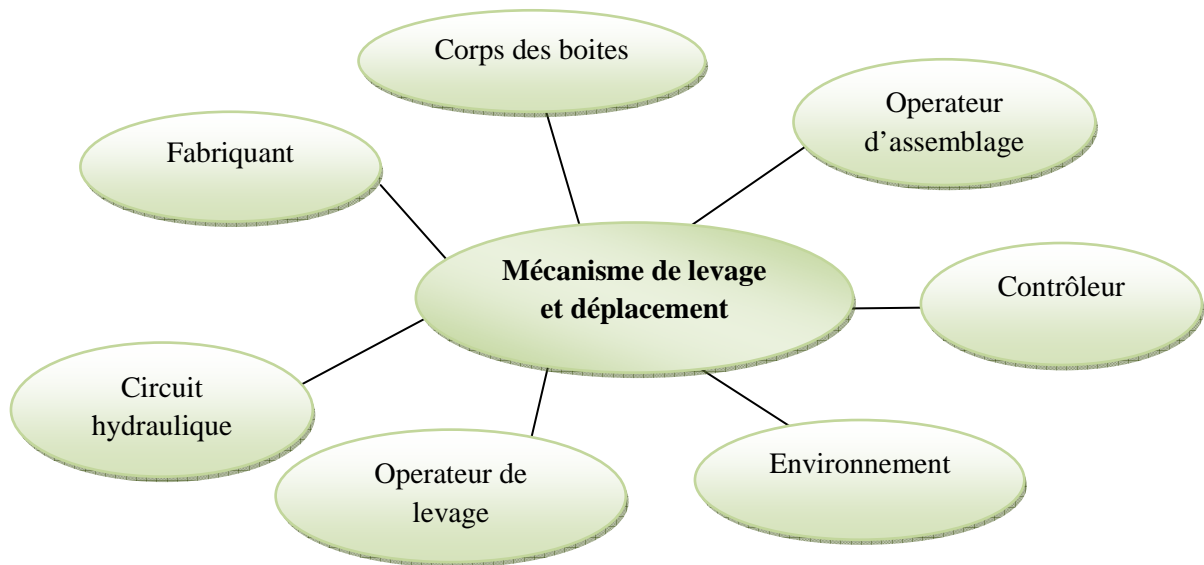
Figure 2.11 : schéma d'étude de la faisabilité

#### Identifier les fonctions de services :

Un produit est conçu pour répondre au besoin des utilisateurs c'est à dire pour leur procurer des satisfactions. Ainsi, selon ce point de vue, il doit être considéré comme un agencement de fonctions et non comme un assemblage de solutions. Ce raisonnement permet d'exprimer des exigences de résultats. On appelle ces fonctions des fonctions de service.

#### 1.2.1. Identification des interacteurs :

Les interacteurs se sont l'ensemble des éléments d'environnement interne ou externe qui interagissent avec notre produit (Système de levage)

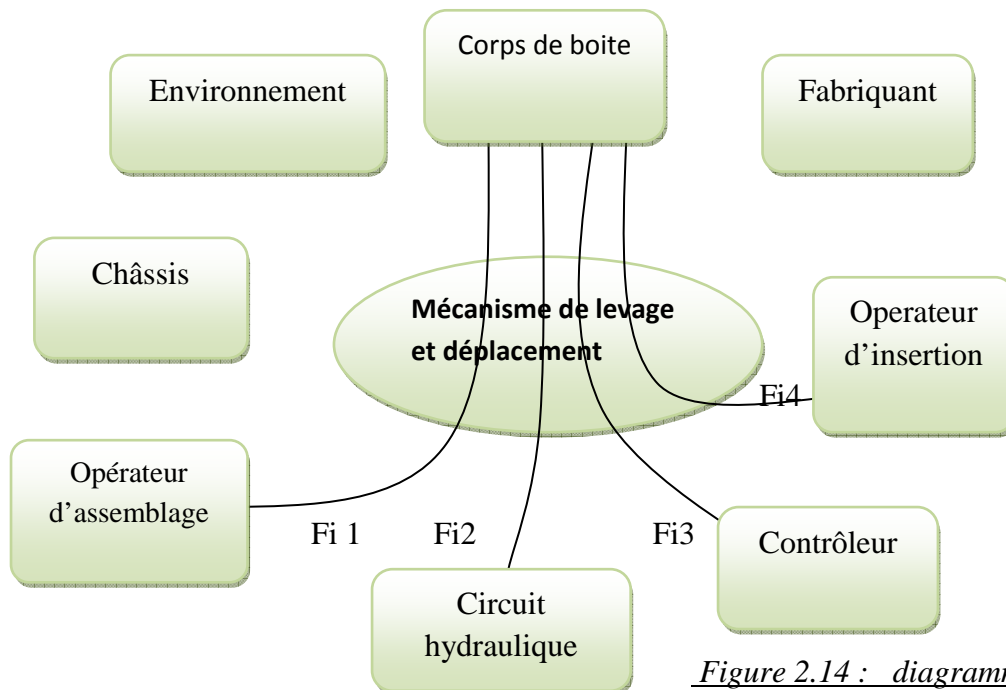


*Figure 2.13 : diagramme d'identification des interacteurs*

### **Replacer le produit dans son milieu :**

Il s'agit pour chaque phase du cycle de vie du produit de dresser la liste exhaustive des éléments du milieu environnant (éléments humains, physiques, énergétiques, d'ambiance...) appelés aussi interacteurs qui se trouve en situation d'interagir avec lui. On utilise pour cela un autre outil de la méthode APTE :

#### **« Diagramme de pieuvre »**



*Figure 2.14 : diagramme de pieuvre*





### 1.2.2. Caractéristiques des interacteurs :

Après que la quasi-totalité des interacteurs ont été identifiés, on passe maintenant à ressortir leurs caractéristiques. Ceci permet de mieux connaître les interactions et de les prendre en considération de manière optimisée :

<b>Les interacteurs</b>	<b>Caractéristiques</b>
<b>Corps des boîtes</b>	Poids, forme
<b>Circuit hydraulique</b>	Pression, sortie disponible
<b>Operateurs de levage</b>	Longueur, effort fournie pour lever et déplacer les corps des boîtes, position de travail.
<b>Contrôleurs</b>	Position en travail, temps perdu dans le déplacement et le levage des corps des boîtes
<b>Operateurs d'insertion</b>	Position en travail, temps perdu dans le déplacement et le levage des corps des boîtes.
<b>Operateurs d'assemblage</b>	<b>Format, longueur...</b>

*Figure 2.15 : tableau des Caractéristiques des interacteurs du système de leva*



### 1.2.3 .Les fonctions d'adaptations :

Ce sont les fonctions qui résultent de la méthode des interacteurs et qui permettent à notre produit de s'adapter aux interacteurs :

<b>L'interacteur</b>	<b>Les fonctions qui doivent réaliser par notre produit pour s'adapter à l'interacteur</b>
<b>Corps des boites</b>	Enlever et déplacer les corps des boites rapidement S'adapter à la forme des corps des boites Protéger les corps des boites
<b>Circuit hydraulique</b>	Utiliser le circuit hydraulique S'adapter à la pression S'adapter aux sorties disponibles S'adapter aux charges exercées
<b>Châssis</b>	Respecter les longueurs des barres S'adapter aux charges exercées Être rigide
<b>Fabriquant</b>	Facile à fabriquer
<b>Opérateur d'assemblage</b>	Assurer l'assemblage des barres Assurer les rotations et le mouvement du produit
<b>Contrôleur</b>	S'adapter à la position du travail du contrôleur Assurer le contrôle de déplacement de levage des corps des boites
<b>Opérateurs d'insertion</b>	Assurer l'insertion des corps des boites en position d'équilibre Diminuer le temps perdu (par l'opérateur d'insertion dans le déplacement et levage des corps des boites)
<b>Environnement</b>	Éviter l'encombrement de l'espace Éviter la pollution des ateliers

*Figure 2.16 : tableau des fonctions d'adaptation aux interacteurs*



### 1.2.4 Les Fonction d'interaction :

FI 1 : Facilité de la mise en place des corps des boites dans le support d'insertion.

FI 2 : permettre à l'opérateur de lever et déplacer facilement les corps des boites.

FI 3 : Exploiter l'énergie hydraulique dans le déplacement et le levage des corps des boites.

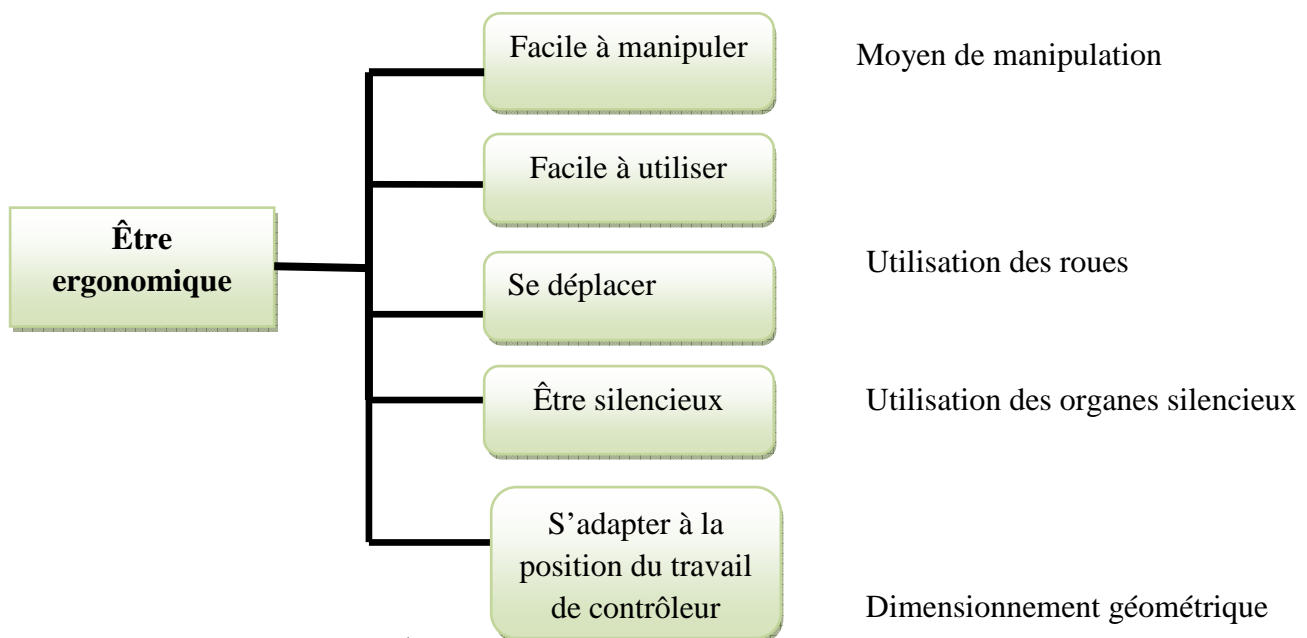
FI 4 : Permettre au contrôleur de déplacer facilement les corps des boites.

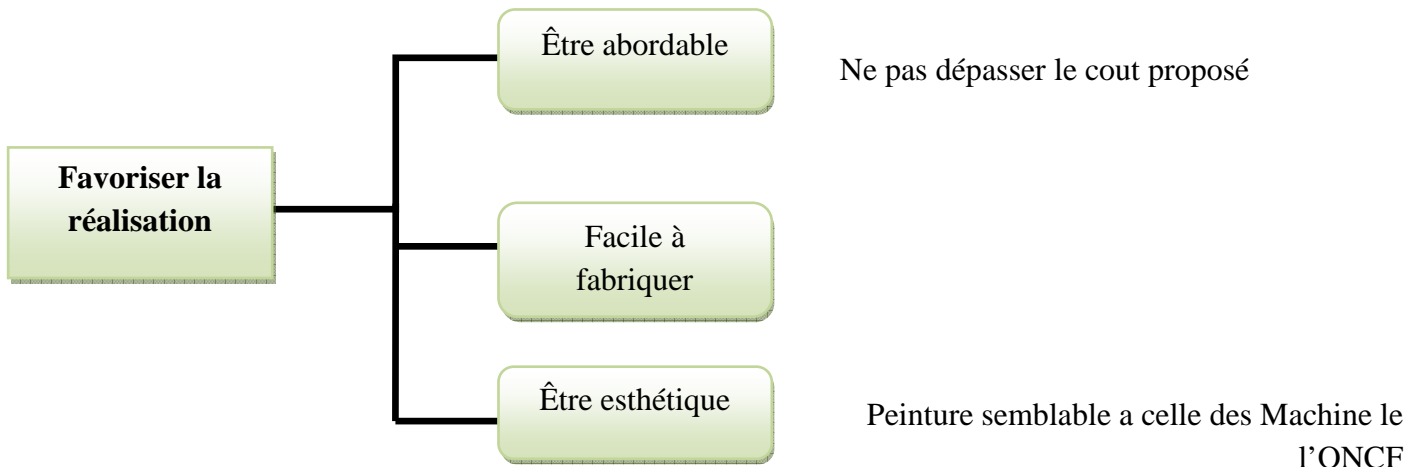
### 2. Ordonner les fonctions :

C'est la deuxième étape de l'analyse fonctionnelle. Son but consiste à organiser les fonctions entre-elle, qui va nous aider à mieux comprendre le fonctionnement du produit, contribue à faire la synthèse des fonctions et met en lumière une limite claire entre les fonctions les plus générales et celles les plus spécifiques.

Pour notre produit on va utiliser la méthode de l'arbre fonctionnelle qui consiste essentiellement à regrouper les fonctions par famille ou par système en vue de leur donner une structure logique, selon cette méthode, il faut partir de la fonction la plus générale du produit pour aller vers les fonctions les plus spécifiques

#### 2.1. L'arbre fonctionnel





*Figure 2.17 : arbre fonctionnel*

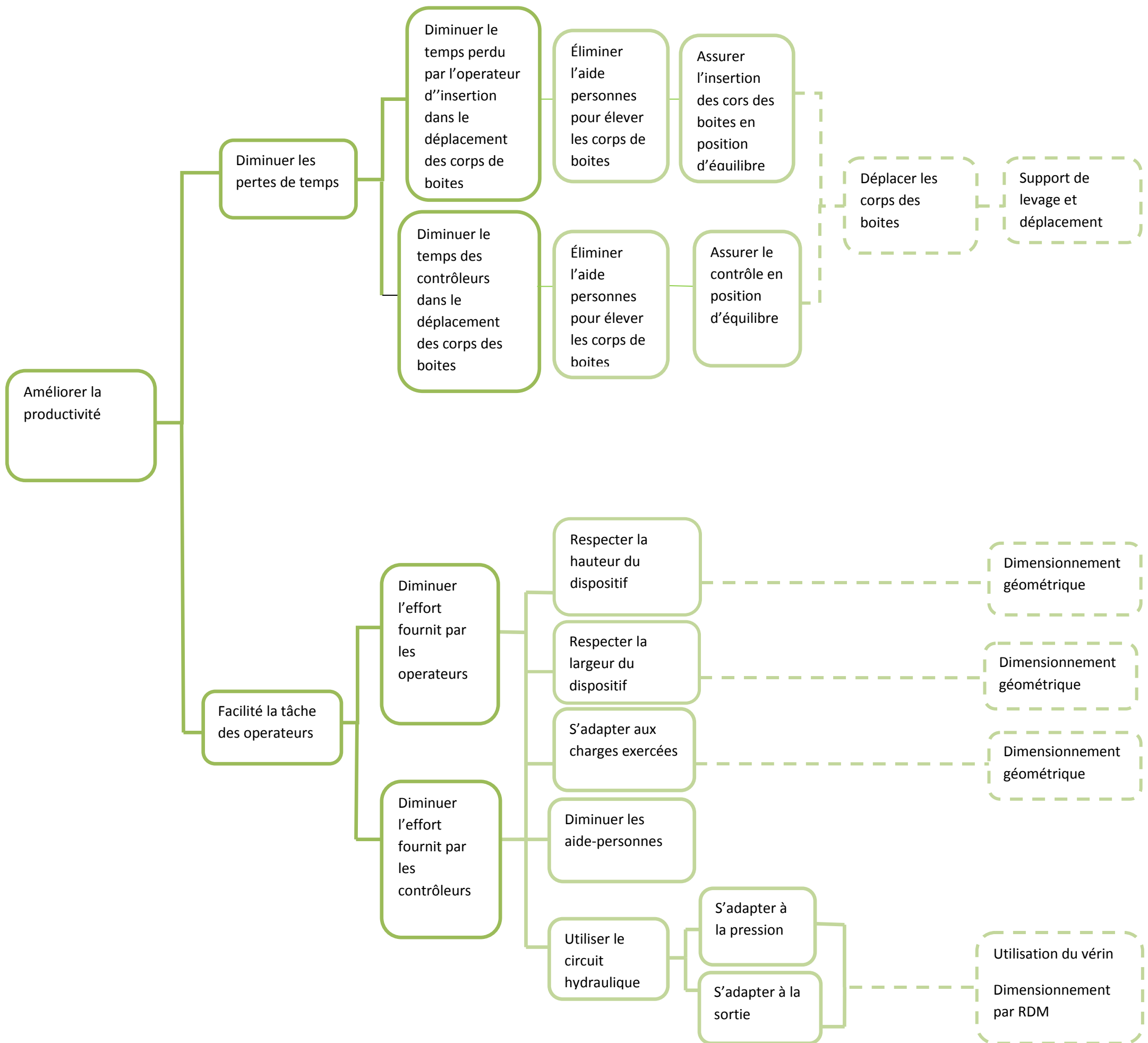


Figure 2.18 : diagramme de Faste



### 3. Caractériser les fonctions :

Cette phase doit exprimer les performances, attendues par l'utilisateur, de chacune des fonctions de service qui consiste à **énoncer les critères d'appréciation, définir le niveau de chaque critère et assortir chaque niveau d'une flexibilité.**

Fonctions générales	Fonctions moins générales	Fonctions spécifiques	critères	niveau	flexibilité
<b>Être ergonomique</b>		Facile à utiliser	L'effort fourni par l'opérateur	Test	–
		Facile à manipuler	Position du moyen de manipulation	Test	–
		Se déplacer	Facilité de déplacement (roues)	Test	–
		S'adapter à la position du travail du contrôleur	Hauteur du système	140 mm	±10mm
<b>Favoriser la réalisation</b>		Facile à fabriquer	L'avis du fabriquant	Simplicité des éléments	–
		Assurer la sécurité	Fonctionnement du système d'insertion	Test	–
		Être abordable	Coût de réalisation	2000dh	+200 dh - ouvert
		Être esthétique	peinture	gris	–
<b>Améliorer la productivité</b>	Diminuer les pertes de temps	Élever et déplacer les corps de boîte facilement	Temps d'élevage et de déplacement	3min	±1min
	Facilité la tâche des opérateurs	Respecter la largeur des cors des boîtes	Largeur du système		



<b>Améliorer la productivité</b>	Respecter la hauteur demandée pour le montage	La hauteur du système		
	S'adapter à la pression disponible (circuit hydraulique)	Pression de fonctionnement		
	S'adapter aux sorties disponibles (du circuit hydraulique)	Nombre de sorties		±0
	Diminuer les aides personnes dans le montage des corps des boites	Nombre des aides-personnes		±0

Figure 2.19 : tableau critères d'appréciation des fonctions du système leur niveau et leur

#### **4. Hiérarchiser les fonctions :**

Cette phase permet de quantifier l'importance relative des fonctions de service. Les résultats de cette analyse permettront, lors de la conception de faire coïncider la répartition des coûts avec cette hiérarchisation (il est en effet logique que le coût des solutions technologique adoptées pour remplir une fonction de service soit proportionnelle à l'importance qu'on lui accorde).

##### **4.1. Effectuer la comparaison des fonctions :**

Le principe est de comparer les fonctions une à une à l'aide d'une matrice et d'attribuer une note en supériorité de 0 à 3 :

- 0 : Niveau égal
- 1 : Légèrement supérieure
- 2 : Moyennement supérieure
- 3 : Nettement supérieure

Les fonctions de notre système sont les suivantes :

**FI 1** : Facilité de la mise en place des corps des boites dans le support d'insertion.

**FI 2** : Permettre à l'opérateur de lever et déplacer facilement les corps des boites.



**FI 3** : Exploiter l'énergie hydraulique dans le déplacement et le levage des corps des boites.

**FI 4** : Permettre au contrôleur d'ajuster facilement les corps des boites pour le montage.

Alors la matrice de comparaison sera comme suit :

FONCTIONS				POINT	%
	F2	F3	F4		
F1	F2/3	F1/2	F1/ 3	5	25
F2		F2/3	F2/3	9	45
F3			F4/3	3	15
F4			F4	3	15
TOTALE				20	100

Figure 2.20 : la matrice de comparaison

Explication :

Pour la fonction F1 est moyennement supérieure à F3 et nettement supérieur à F4, et son point est la somme des notes de comparaison (entre 0 et 3) suivant la colonne et la ligne correspondant à F1, pour F1 on a 2+3=5. Ainsi de suite pour les autres fonctions.

On remarque que la fonction F2 est la plus importante par rapport aux autres fonctions.

**6.2 L'histogramme des fonctions**

Il s'agit de rendre significatifs les résultats de la hiérarchisation fonctionnelle en représentant sous forme de graphique les pourcentages attribués à chaque fonction.

On rappelle ici que le but de cette hiérarchisation est d'attribuer un budget pour la réalisation technique de chaque fonction proportionnel à leur importance.

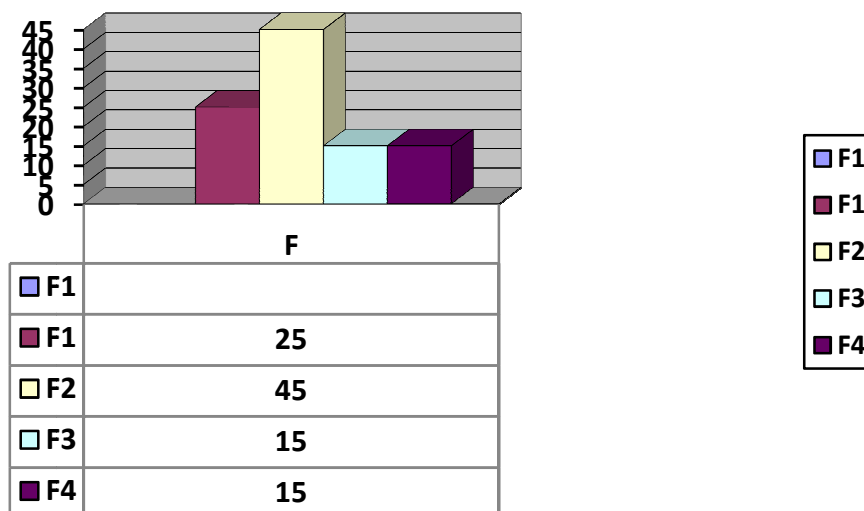


Figure 2.21 : histogramme de comparaison des fonctions

Le résultat de cette analyse (étude de faisabilité), à laquelle il faut ajouter les réflexions issues de l'analyse de besoin, permet de formuler le service à rendre sous forme de document appelé **Cahier des Charges Fonctionnel**.

**II-LE CAHIER DE CHARGE FONCTIONNELLE (C.D.C.F) :**





Le C.D.C.F est un document par lequel le demandeur exprime son besoin en termes de fonctions de service. Pour chacune d'elles sont définis des critères d'appréciations et leurs niveaux de flexibilité.

Le C.D.C.F a pour objectifs :

- Diriger la conception de notre système de levage.
- Faire le lien entre les besoin de l'entreprise(ONCF) et la génération des concepts pour notre système de levage.
- Mettre en évidence l'ensemble des fonctions à réaliser par le produit.

Les tables suivantes représentent la meilleure méthode pour décrire le cahier de charge fonctionnelle associé à notre système de levage.

Fonctions générales	Fonctions moins générales	Fonctions spécifiques	critères	niveau	flexibilité
<b>Être ergonomique</b>		Facile à utiliser	L'effort fourni par l'opérateur	Test	–
		Facile à manipuler	Position du moyen de manipulation	Test	–
		Se déplacer	Facilité de déplacement (roues)	Test	–
		S'adapter à la position du travail du contrôleur	Hauteur du système	140 mm	±10mm
<b>Favoriser la réalisation</b>		Facile à fabriquer	L'avis du fabricant	Simplicité des éléments	–
		Assurer la sécurité	Fonctionnement du système d'insertion	Test	–
		Être abordable	Coût de réalisation	2000dh	+200 dh - ouvert
		Être esthétique	peinture	gris	–



<b>Améliorer la productivité</b>	Diminuer les pertes de temps	Élever et déplacer les corps de boîte facilement	Temps d'élevage et de déplacement	3min	±1min
	Facilité la tâche des operateurs	Respecter la largeur des cors des boites	Largeur du système		
		Respecter la hauteur demandée pour le montage	La hauteur du système		
<b>Améliorer la productivité</b>		S'adapter à la pression disponible (circuit hydraulique)	Pression de fonctionnement		
		S'adapter aux sorties disponibles (du circuit hydraulique)	Nombre de sorties		±0
		Diminuer les aides personnes dans le montage des corps des boites	Nombre des aides-personnes		±0

N°	Désignation	K	Critère	Niveau	Flexibilité	F
<b>Fonctions d'excitations</b>						
1	Se déplacer	2	Facilité de déplacement	Test	–	–
2	Facile à fabriquer	4	L'avis du fabricant	Simplicité des éléments	–	–



3	Être abordable	5	Coût de réalisation	2000 DH	+200dh -ouvert	0
4	Être esthétique	1	peinture	gris	–	–
<b>K : 0.primordiale-1.utile-2.nécessaire-3.important-4.très important-5.vital</b> <b>F : 0.impératif-1.peu négociable-2.négociable-3.très négociable</b>						

N <sub>o</sub>	Désignation	K	Critères	Niveau	Flexibilité	F
<b>Les fonctions de contraintes</b>						
1	Assurer la sécurité	0	Fonctionnement du système d'insertion	Test	–	–
2	Respecter la largeur du système	0	Respecter la largeur du système	≤150mm	±10mm	0
3	S'adapter à la pression disponible (du circuit hydraulique)	0	Pression de fonctionnement	200 bars	±0,5	0
4	S'adapter à la forme des boîtes	0	Caractéristiques géométriques du système de levage : Flèche  Barre  châssis	Lon: 1000mm Lar : 130mm Lon : 1400mm Lar1: 250mm Lar2: 180mm Lon : 1400mm Lar1: 14mm	±10 mm ±5mm ±10mm ±5mm ±5mm ±5mm ±10mm	1 1 1 1 1 1
5	Supporter le poids des corps des boîtes	0	Poids maximal à supportes	500 kg	±10 Kg	1
<b>K : 0.primordiale-1.utile-2.nécessaire-3.important-4.très important-5.vital</b> <b>F : 0.impératif-1.peu négociable-2.négociable-3.très négociable</b>						



N°	Désignation	K	Critère	Niveau	Flexibilité	F
<b>Fonction de base</b>						
1	Déplacer et lever les corps des boîtes	0	Temps de levage et de déplacement	3min	±2min	2
<b>K : 0.primordiale-1.utile-2.nécessaire-3.important-4.très important-5.vital</b> <b>F : 0.impératif-1.peu négociable-2.négociable-3.très négociable</b>						

Figure 2.22 : les tableaux de CDCF

### Troisième partie

#### I- LA GENERATION DES CONCEPTS :

Après avoir élaboré le CDCF dans cette partie on va essayer de les exploiter en commençons par la convergence dans la génération des concepts en utilisant la matrice morphologique en essayant de converger vers un concept final par l'analyse des rangées de la matrice morphologique. Par la suite on va enchaîner par la concrétisation de ces concepts.

##### 1.1.Génération de concepts

Vu notre problématique cette phase est sensé de rassembler les concepts pour la résoudre d'une façon optimale, en exploitant les méthodes existant de la créativité.

##### 1.2. Matrice morphologique

C'est un outil nécessaire pour nous aider à trouver des concepts pour les diverses fonctions. Il vise à explorer toutes les possibilités existantes.

Fonction	1	2	3
<b>Déplacer les Corps des boîtes rapidement et facilement</b>	Avec vérin hydraulique	Avec vérin pneumatique	Système poulies
<b>Facile à utiliser S'adapter à la position du travail du contrôleur</b>	Un support adaptable à la position du travail de 3 roues	Un support avec un châssis de 3 roues	
<b>S'adapter à la pression disponible</b>	Dimensionnement et choix du vérin par RDM	Choix du vérin par normalisation iso afnor	
<b>Se déplacer</b>	Roue sans frein	Roue avec frein	
<b>Être esthétique</b>	Peinture gris pareil aux machines de la société	Choix volontaire	



<b>Supporter le poids des corps des Boîtes</b>	Dimensionnement par RDM et cours mécanique	Expérience du fabricant	
--	--	-------------------------	--

Figure 3.1 : tableau de la matrice morphologique

### 1.3. Diminution du nombre de combinaison de concepts possible

Après avoir effectué la matrice morphologique qui nous a mené un nombre de combinaisons de concepts qui vont paralysé notre travail. Alors il est indispensable de trouver une méthode pour gérer tous ces concepts en éliminant ce nombre de combinaisons. Pour cela on a choisi comme méthode **l'analyse des rangés de la matrice morphologique** qui s'avère la plus adéquate pour ce travail. Elle se résume dans la démarche suivante :

Fonction	1	2	3	Cause de choix
<b>Déplacer les corps des boîtes rapidement et facilement</b>	Avec vérin hydraulique	<del>Avec vérin pneumatique</del>	<del>Système poulies</del>	Facile à le fabriquer et abordable
<b>Facile à utiliser S'adapter à la position du travail du contrôleur</b>	Un support adaptable à la position du travail avec de 3 roues	<del>Un support avec un châssis de 4 roues</del>	_____	Pour éviter la Complexité géométrique et l'encombrement d'espace
<b>S'adapter à la pression disponible</b>	Vérin existé dans la société	<del>Choix du vérin par normalisation ISO AFNOR</del>	<del>Dimensionnement et choix du vérin par RDM</del>	_____
<b>Se déplacer</b>	Roue sans frein	<del>Roue avec frein</del>	_____	Pour que notre système se déplace librement
<b>Être esthétique</b>	Choix volontaire	<del>Peinture gris pareil aux machines de la société</del>	_____	_____



<b>Supporter le poids des corps des Boites</b>	Dimensionnement par RDM et cours mécanique	<del>Expérience du fabricant</del>	—	Pour avoir des dimensionnements plus précis.
--	--	------------------------------------	---	--

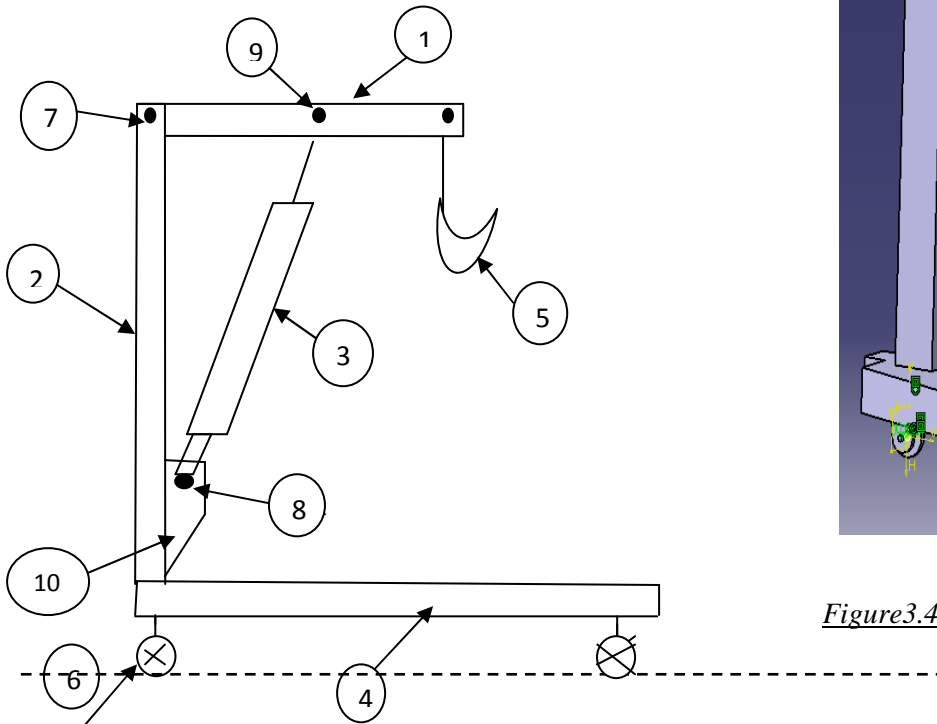
***Figure 3.2 : tableau de la diminution du nombre de combinaisons du concept***

Pour chacune des fonctions (ranger), on analyse les divers concepts en regard de la spécification du produit et on passe à classifier les concepts par ordre prioritaire, (le concept le plus intéressant est placé dans la colonne de gauche, l'autre dans la deuxième colonne, et ainsi de suite.

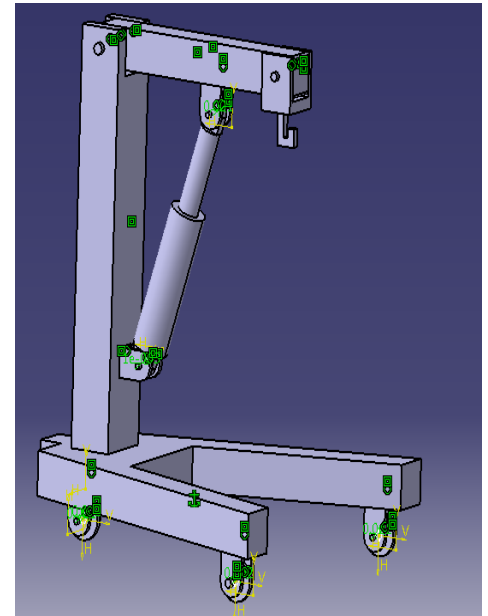
Au cours de cette analyse il se peut de rejeter certain concepts à cause de complexité géométrique, cout élevé ou absence de produit dans le marché.

### Choix des concepts finaux :

Après la diminution du nombre des concepts des combinaisons. On a précisé les éléments de notre système alors il ne reste qu'à combiner entre eux pour mieux expliquer notre choix :



*Figure 3.3 : dessin du système (grue d'atelier)*



*Figure 3.4 : photos du système*

- 1 : le bras.
- 2 : La barre fixe.
- 3 : Vérin hydraulique.
- 4 : Châssis.
- 5 : Outil d'insertion (crochet).
- 6 : Roue.
- 7 : Liaison pivot (entre la flèche et la barre fixe).
- 8 : Liaison pivot (entre le vérin et son support).
- 9 : Liaison (pivot entre le vérin et la flèche).
- 10 : Support du vérin.

Le vérin va effectuer une course avec une force sortante pour lever les corps des boîtes avec une charge maximal de 850 N

Après avoir rassemblé tout les concepts nécessaires pour réaliser notre système on doit par la suite suivre la démarche suivante pour faciliter la tâche du fabriquant :

Le dimensionnement du vérin hydraulique en se basant sur les spécifications du CDCF :

Dimensionnement géométrique de la flèche du système en utilisant la RDM tout en respectant les spécifications du CDCF et les consignes du fabricant.

Dimensionnement de la barre fixe.

Dimensionnement du crochet.

### Dimensionnement du vérin :

Notre système de levage doit appliquer une force montante pour soulever les corps des boîtes, ce qui nous oblige à utiliser un vérin hydraulique pour faciliter le levage de la charge,

Pour assurer le levage d'une charge d'environ 1000 N avec une course de 420 mm en respectant le cahier de charge imposée par la société.

Après plusieurs recherches dans les catalogues internationaux, le vérin suivant est le moins cher et répond à la contrainte du cahier de charge.

Avantage :

Tube glacé

Tige chromée

Pression maxi : 200 bars

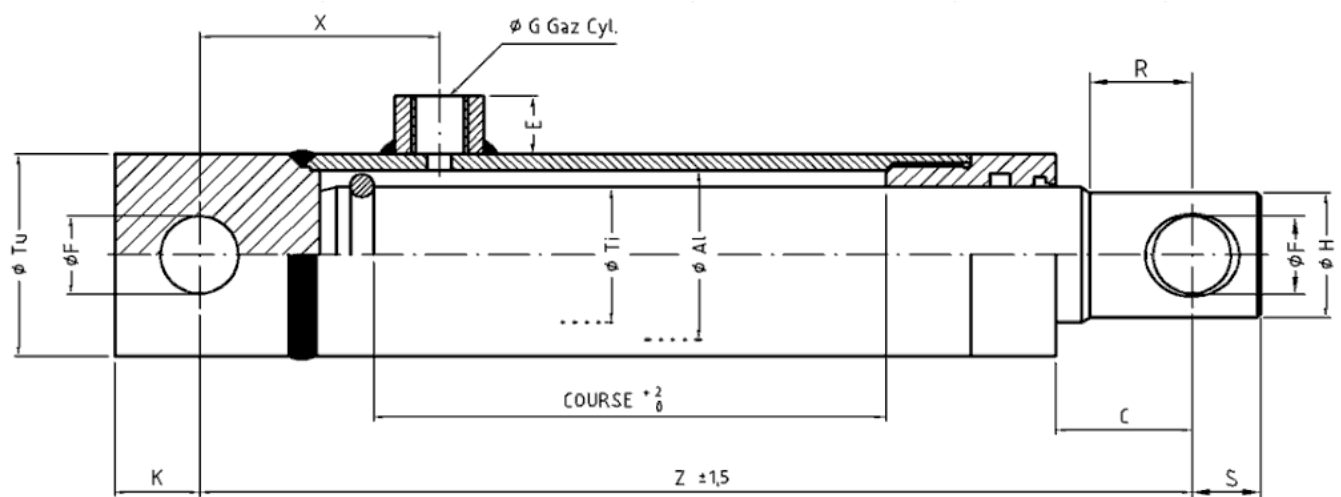


Figure 3.5. : Schéma du vérin

Référence	ØTi mm	Ø Al Mm	ØTu mm	Course mm	Z mm	ØG mm	ØX mm	ØC mm	ØR mm	ØS mm	ØF mm	ØK mm	ØE mm	ØH mm
SE30400	30	40	50	400	500	3/8	42	26	21	16	16	16	17	27

Figure 3.6. : Tableaux des caractéristiques du vérin

### la section de la tige :

$$S_t = (\pi \times D_t^2) \div 4 \quad \text{Avec } D_t : \text{ le diamètre de la tige}$$

$$S_t = (3.14 \times 30^2) \div 4$$





$$S_t = 706.5 \text{ mm}^2$$

### La section du piston

$$S_p = (\pi \times D_p^2) \div 4 \quad \text{Avec } D_p : \text{ le diamètre du Piston}$$

$$S_p = (3.14 \times 40^2) \div 4$$

$$S_p = 1256 \text{ mm}^2$$

### La pression suffisante pour soulever la charge :

$$P = F/S \quad \text{Avec } F = 1100 \text{ N}$$

$$S = S_p - S_t \quad ; \quad S = 1256 - 706.5 \quad ; \quad S = 549.5 \text{ mm}^2$$

$$P = 1100 \div 0.0005495 = 2001819,836 \text{ Pa}$$

$$P \cong 21 \text{ bar}$$

Et pour vérifier ses dimensions voila les relations nécessaires pour le calcul :

#### ▪ La force sortante et la force entrante du vérin :

On a

$$D = 40 \text{ mm} \quad d = 30 \text{ mm} \quad P = 200 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Avec :

D : le diamètre de l'alésage du vérin.

d : le diamètre de la tige

P : la pression du vérin

#### La force sortante :

$$\begin{aligned} F_d &= p \cdot S = p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= (200 \cdot 10^5) \cdot 0,785 \cdot (40 \cdot 10^{-3})^2 \\ &= 25132,74 \text{ N} \end{aligned}$$

#### La force entrante :

$$\begin{aligned} F_d' &= p \cdot 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \\ &= (200 \cdot 10^5) \cdot 0,785 \cdot ((40 \cdot 10^{-3})^2 - (30 \cdot 10^{-3})^2) \\ &= 14137,16 \text{ N} \end{aligned}$$

### 1.3.1. Etude de la pompe à main :

Pour que notre système soulève la charge voulu à l'aide du vérin hydraulique il est nécessaire d'utiliser une pompe hydraulique, alors pour notre cas la pompe trouvée dans les ateliers de la société nous a été utile et c'était une pompe à main.

Fonctionnement de la pompe à main :

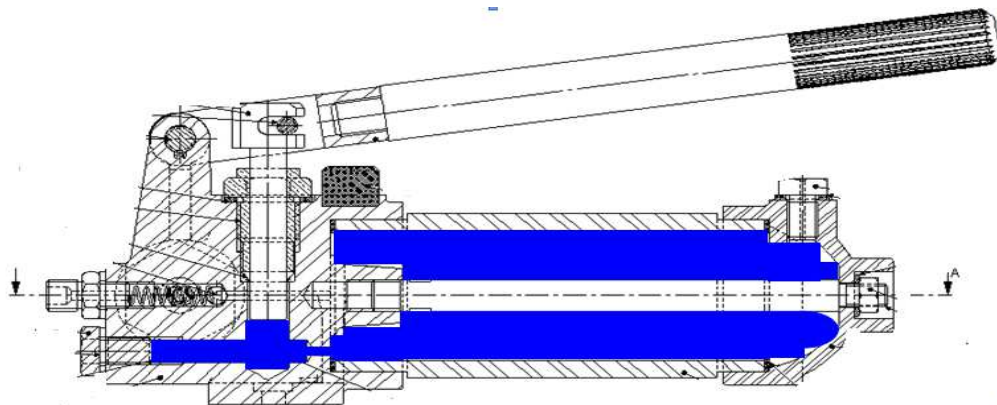


Figure 3.7 : schéma de la pompe à main

On a deux phases de fonctionnement Aspiration et refoulement :

**L'aspiration :** c'est la première phase qui s'effectue lors de déplacement du levier vers le haut afin d'aspirer la quantité suffisante d'huile pour avoir la pression nécessaire pour soulever la charge voulue.

**Le refoulement :** c'est la deuxième phase qui se déroule juste après l'aspiration maximale, et elle se fait en déplaçant le levier à son état initial (d'équilibre).

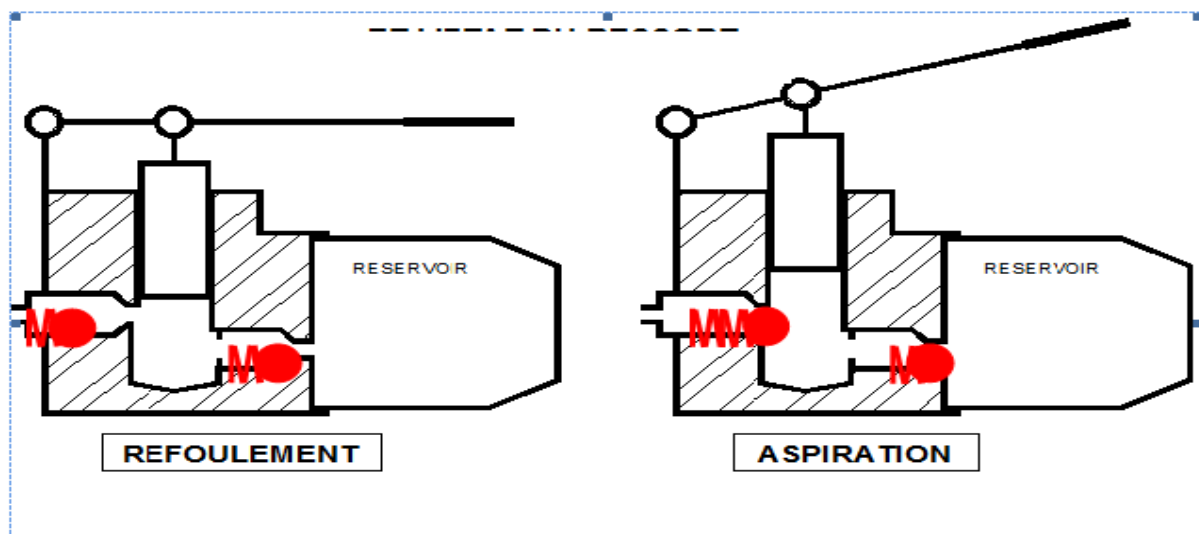


Figure 3.8 : photo de refoulement et aspiration d'une pompe

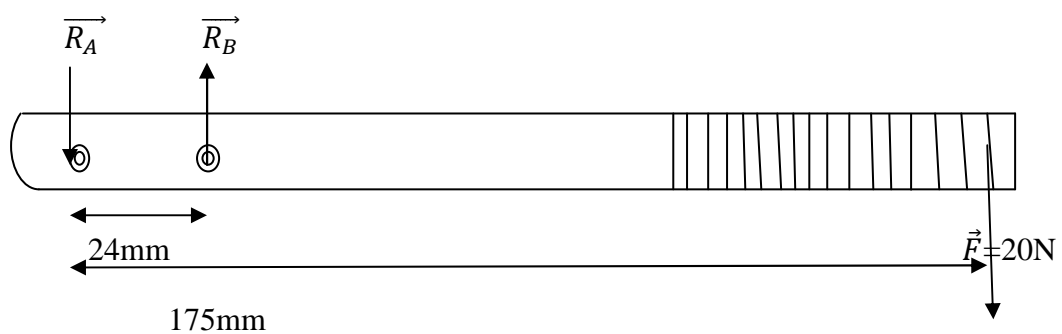


- Caractéristiques de la pompe à main :

Type de pompe	Capacité huile utilisable (cm <sup>3</sup> )	Référence	Pression nominale (bar)	Déplacement par course (cm <sup>3</sup> )	Effort max. sur le levier (kg)
Une vitesse	295	P-18	200	2,62	26
	3277	P-25	175	9,50	27
	3277	P-50	350	4,75	27
	819	P-51	200	4,10	27

Figure 3.9. : Tableau des caractéristiques de la pompe

- Équilibre du levier de la pompe



$$\text{On a } \sum \vec{F} = \vec{0} \implies -F - R_A + R_B = 0 \implies R_B = F + R_A$$

$$\text{Et on a } \sum M_A = 0 \implies R_B * 24 \cdot 10^{-3} - F * 175 \cdot 10^{-3} = 0$$

$$R_B = \frac{175 \cdot 10^{-3} * 20}{24 \cdot 10^{-3}}$$

Alors

$$R_B = 145,83 \text{ N}$$

$$R_A = R_B - F$$

$$R_A = 125,83 \text{ N}$$



### 1.3.2. Etude du système :

Calcul des efforts extérieurs du système :

#### Tubes rectangulaires



Dimensions extérieures	Epaisseur	Masse linéique	Surface de la section métallique	Moment d'inertie de flexion	Moment d'inertie de flexion	Rayon de giration	Rayon de giration	Module d'inertie de flexion	Module d'inertie de flexion	Moment d'inertie de torsion	Constante de torsion
b x h mm	s mm	Kg/m	A cm <sup>2</sup>	Ix cm <sup>4</sup>	Iy cm <sup>4</sup>	ix cm	iy cm	Wx cm <sup>3</sup>	Wy cm <sup>3</sup>	J cm <sup>4</sup>	C cm <sup>3</sup>
50 x 30	3,2	3,61	4,60	14,20	6,20	1,760	1,160	5,68	4,13	14,20	6,80
	4,0	4,39	5,59	16,50	7,08	1,720	1,130	6,60	4,72	16,60	7,77
	5,0	5,28	6,73	18,70	7,89	1,670	1,080	7,49	5,26	19,00	8,67
	6,3	6,33	8,07	20,60	8,50	1,600	1,030	8,26	5,66	21,10	9,36
	7,1	6,91	8,80	21,30	8,66	1,560	0,990	8,54	5,78	21,80	9,56
60 x 40	3,2	4,62	5,88	27,80	14,60	2,180	1,570	9,27	7,29	30,80	11,70
	4,0	5,64	7,19	32,80	17,00	2,140	1,540	10,90	8,52	36,70	13,70
	5,0	6,85	8,73	38,10	19,50	2,090	1,500	12,70	9,77	43,00	15,70
	6,3	8,31	10,60	43,40	21,90	2,020	1,440	14,50	11,00	49,50	17,60
	7,1	9,14	11,60	45,90	22,90	1,980	1,400	15,30	11,50	52,70	18,50
	8,0	10,00	12,80	47,90	23,70	1,940	1,360	16,00	11,90	55,40	19,20

Figure 3.10. : Tableau de référence de la barre

- Calcul du poids de la barre :**

On a  $A_p = 1,82 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$  (la section pleine du bras)

$A_p' = 1,56 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$  (la section pleine du bras)

On a la masse linéaire :  $P = A \cdot \rho$  avec  $\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$

Alors  $P = 2,6 \cdot 10^{-3} \cdot 7850 = 20,41 \text{ Kg/m}$

Et la masse du bras sera :

$M = P \cdot L = 20,41 \cdot 1$  avec  $L = 1 \text{ m}$

$M = 20,41 \text{ kg}$



- **Le moment d'inertie du bras :**

On la section de la barre creuse est  $A=2,6 \cdot 10^{-3} \text{m}^2$

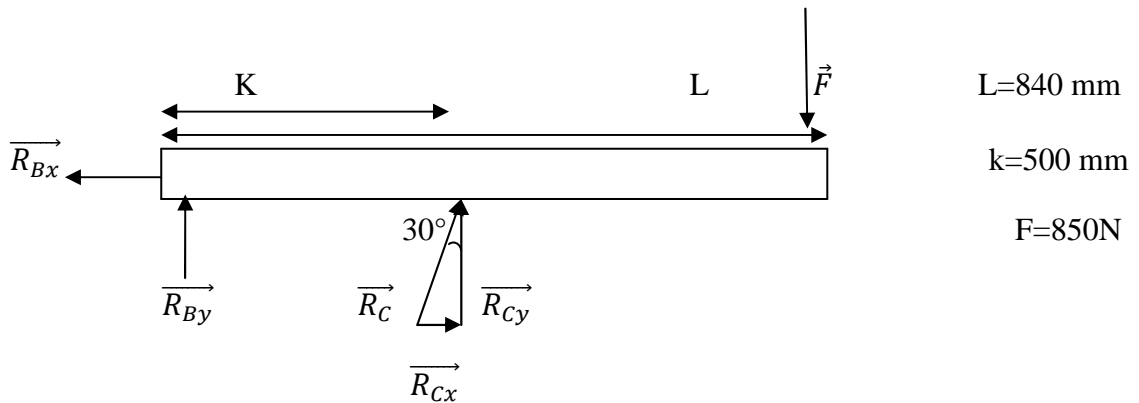
Et le moment inertie correspondant  $I_y = 7,75 \cdot 10^6 \text{mm}^4$

- **DCL du bras**

On  $\vec{F} = 850 \text{N}$

$L (\text{bras2}) = 1000 \text{mm}$

Etude des forces sur le bras 2 :



ON a:

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \quad (\text{Oy}): R_{By} + R_C \cdot \cos(30) - F = 0$$

$$(\text{Ox}): -R_{Bx} + R_C \cdot \sin(30) = 0$$

On aussi :

$$\sum M_B = 0 \implies 0,5 \cdot R_C \cdot \cos 30 - 0,84 \cdot F = 0$$

$$\implies 0,5 \cdot R_C \cdot \cos 30 - 0,84 \cdot F = 0$$

$$\implies R_C = \frac{0,84 \cdot F}{0,5 \cdot \cos 30} = 1648,91 \text{ N}$$

$$\implies R_{By} = -577,99 \text{ N}$$

$$\implies R_{Bx} = 824,45 \text{ N}$$



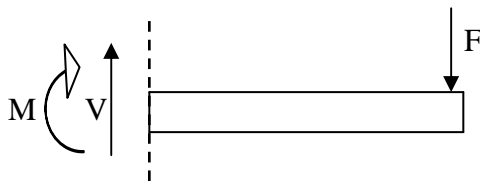
• **Calcul des efforts internes :**

Dans cette partie on va utiliser la méthode des sections

Pour la première partie du bras :

- DCL :

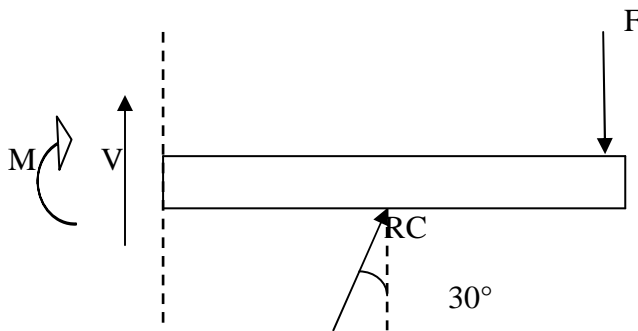
On va couper le bras avant la force RC :



$$\sum F = 0 \implies -F + V = 0 \implies V = F$$

$$\sum M_c = 0 \implies -M + (x * -F) = 0 \implies M = -x * F$$

2eme cas : on effectue une coupe après la force du vérin:



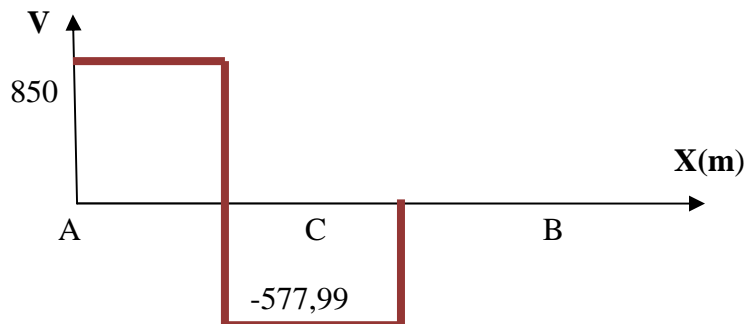
$$-F + R_C * \cos 30 + V = 0 \implies V = F - R_C * \cos 30 = -577,99 \text{ N}$$

$$-M + (x - 0,34) * R_C * \cos 30 - x * F = 0 \implies M = (x - 0,34) * R_C \cos 30 - x * F$$

$$\implies M = 577,99 * x - 485,51$$

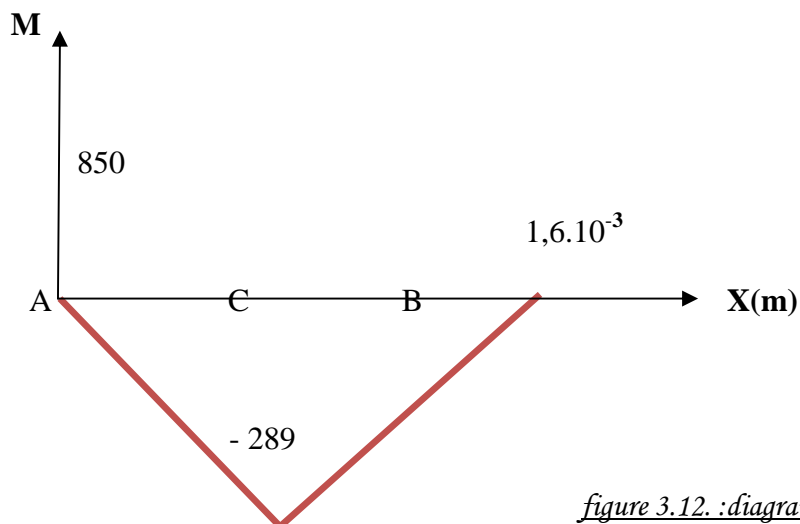


- **Diagramme des moments Tranchants :**



*figure 3.11. :diagramme des moments Tranchants*

- **Diagramme des moments Fléchissants :**



*figure 3.12. :diagramme des moments Fléchissants*

• **Calcul de la flèche :**

On a

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

Avec  $E = 210 \cdot 10^9 \text{ Pa}$  et  $I = 7,75 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

Alors



$$\begin{aligned} - \varphi(x) &= \int \frac{-F*x}{E*I} dx + C1 = \int \frac{-850*x}{E*I} dx + C1 \\ &= (850/E*I)*(x^2/2) + C1 \end{aligned}$$

$$\varphi(x) = \frac{425}{E*I} * x^2 + C1$$

On a

$$- V = \int \varphi(x) dx + C2 = \int \left( \frac{425}{E*I} + C1 \right) dx + C2$$

$$V = - (141,66/E*I) * x^3 + C1x + C2$$

On a

$$- \varphi_2(x) = \int \frac{M}{E*I} dx + C'1 = \int \frac{577*x - 485,51}{E*I} dx + C'1$$

$$\varphi_2(x) = \frac{288,99*x^2 - 485,51x}{E*I} + C'1$$

$$- V_2(x) = \int \varphi_2(x) dx + C'2 = \int \left( \frac{288,99*x^3 - 485,51*x}{E*I} + C'1 \right) dx + C'2$$

$$V_2(x) = \frac{96,33*x^3 - 242,75*x^2}{E*I} + C'1x + C'2$$

Cherchons les C1, C2, C'1 et C'2

- Les conditions aux limites :

$$*A \quad V_C = 0 = \frac{-141,66*x^3}{E*I} + C1x + C2 = 0$$

Alors

$$1) \quad 0,34 * C1 + C2 = \frac{141,66 * 0,34^3}{E*I} = 3,44 * 10^{-6}$$

$$*B \quad V_B = 0 = \frac{96,33*x^3 - 242,75*x^2}{E*I} + C'1x + C'2$$

$$C'1 * 0,84 + C'2 = \frac{-96,33 * 0,84^3 + 242,75 * 0,84^2}{E*I}$$

$$3) \quad C'1 * 0,84 + C'2 = 7,01 * 10^{-5}$$

$$*A \quad V_C = 0$$





$$C_1' * 0,34 + C_2' = - \frac{96,33 * 0,34^3 + 242,75 * 0,34^2}{E * I}$$

$$4) C_1' * 0,34 + C_2' = 1,49. 10^{-5} \implies C_2' = 1,49. 10^{-5} - C_1' * 0,34$$

$$*V_B = 0$$

$$2) C_1' * 0,84 + C_2' = 5,19. 10^{-5}$$

En remplaçant C'2 dans l'équation 1 ou 2 et on trouve que :

$$C_2' = -2,2. 10^{-5} \text{ et } C_1' = 1,104. 10^{-4}$$

De la même manière on trouve que

$$\begin{array}{l} *a V_C = 0 \quad 0,34 * C_1 + C_2 = 3,44. 10^{-6} \\ *a V_B = 0 \quad 0,84 * C_1 + C_2 = 5,19. 10^{-5} \end{array} \implies \left\{ \begin{array}{l} C_1 = 9,69. 10^{-5} \\ C_2 = -2,94. 10^{-5} \end{array} \right.$$

- Cherchons la flexion totale :

On a

$$V(X_A) = \frac{-141,66}{E * I} * X^3 + 9,69. 10^{-5} * X - 2,94. 10^{-5}$$

- Pour  $X_A = 0,84$  on a

$$V(X_A) = 7,11. 10^{-8} \text{ m} \sim 0$$

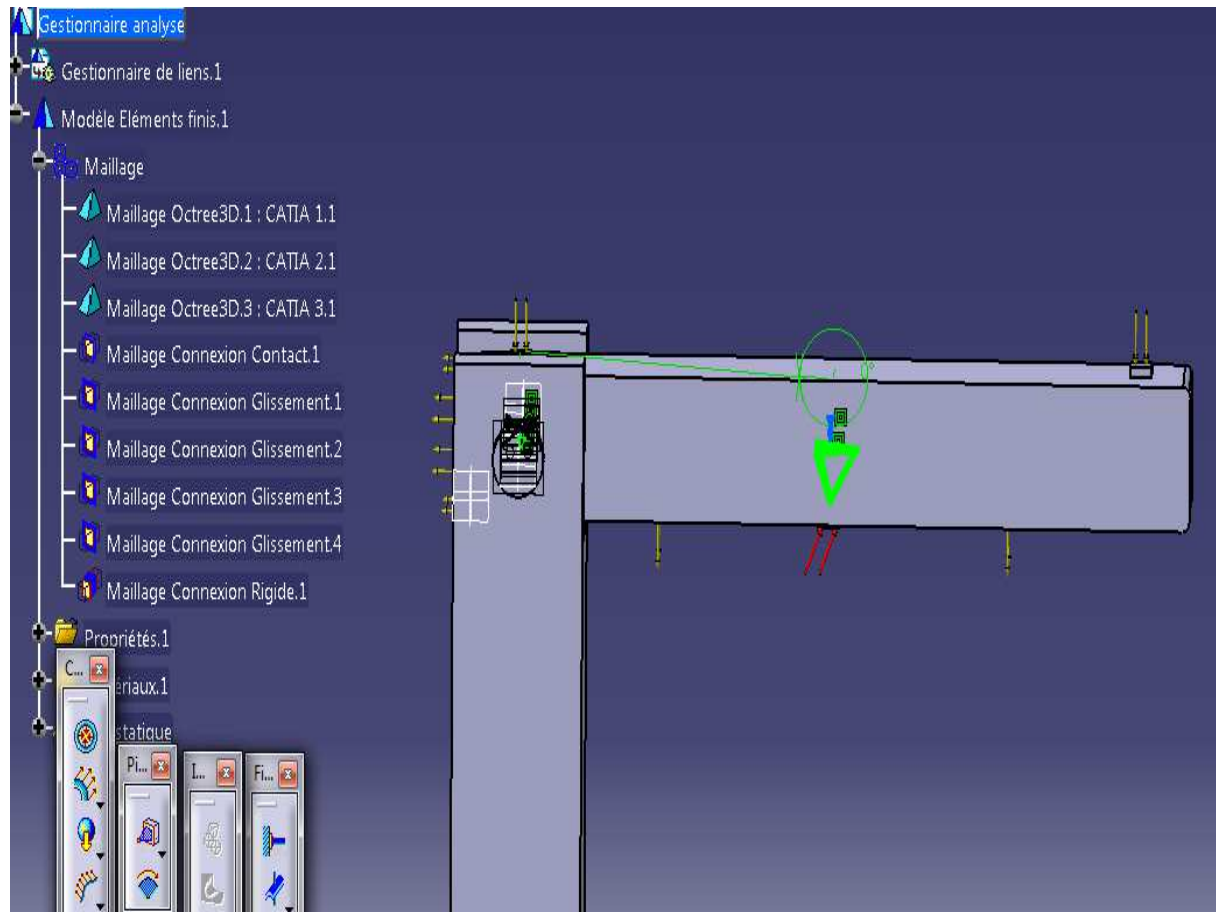
- pour  $x = 0,34$  on a

$$V(X_A) = 1,02. 10^{-7} \text{ m}$$

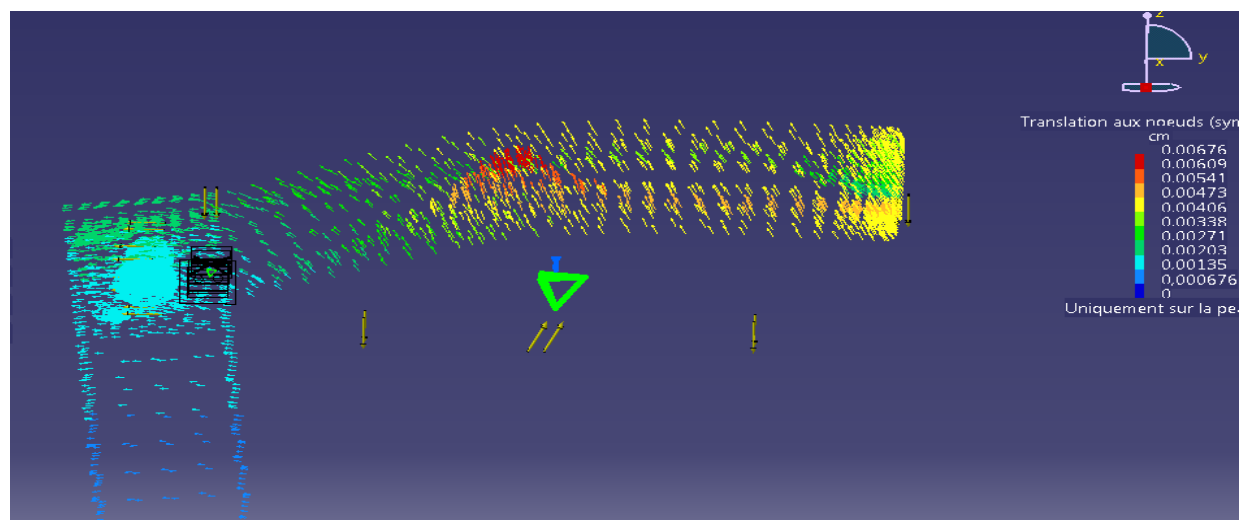
On remarque que la barre ne subit pas à une flexion car  $V(X_A)$  tend vers zéro.



## Les forces applique : sur CATIA

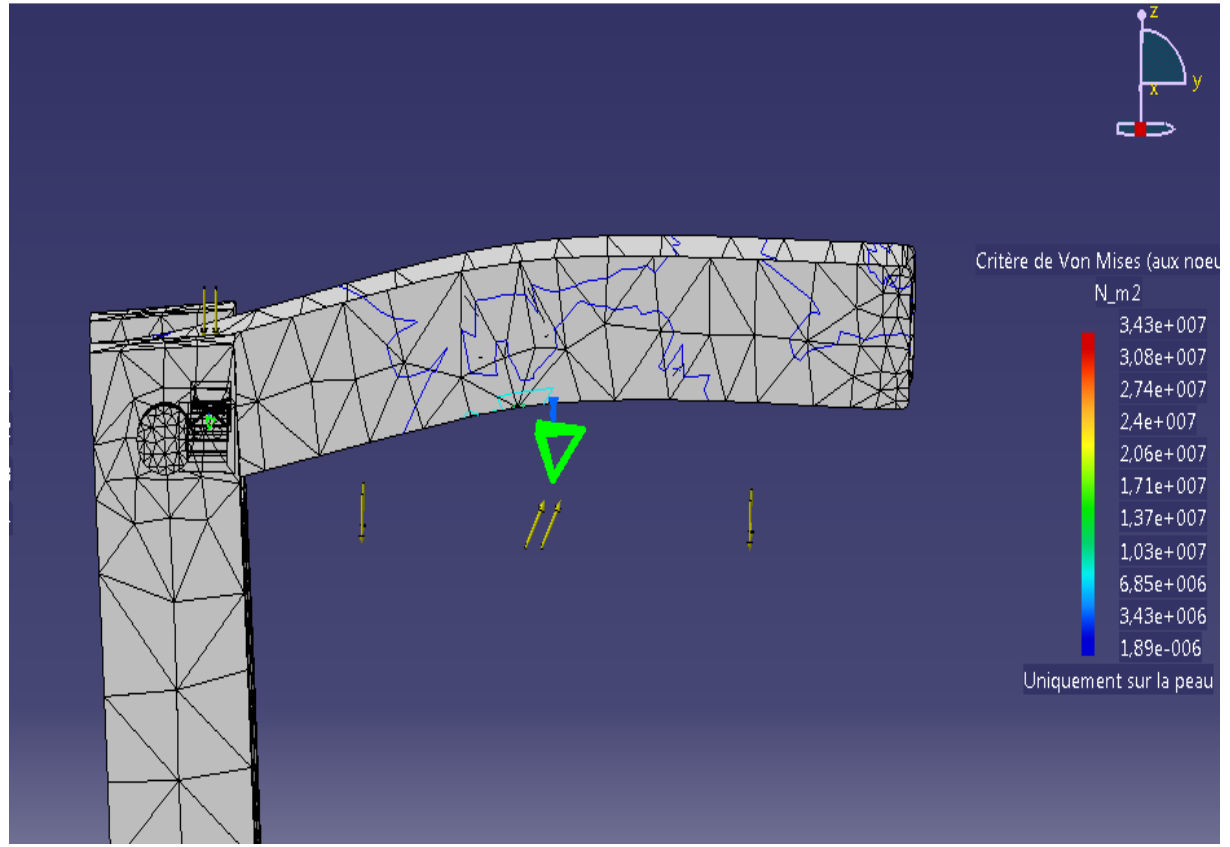


## La Flèche sur CATIA





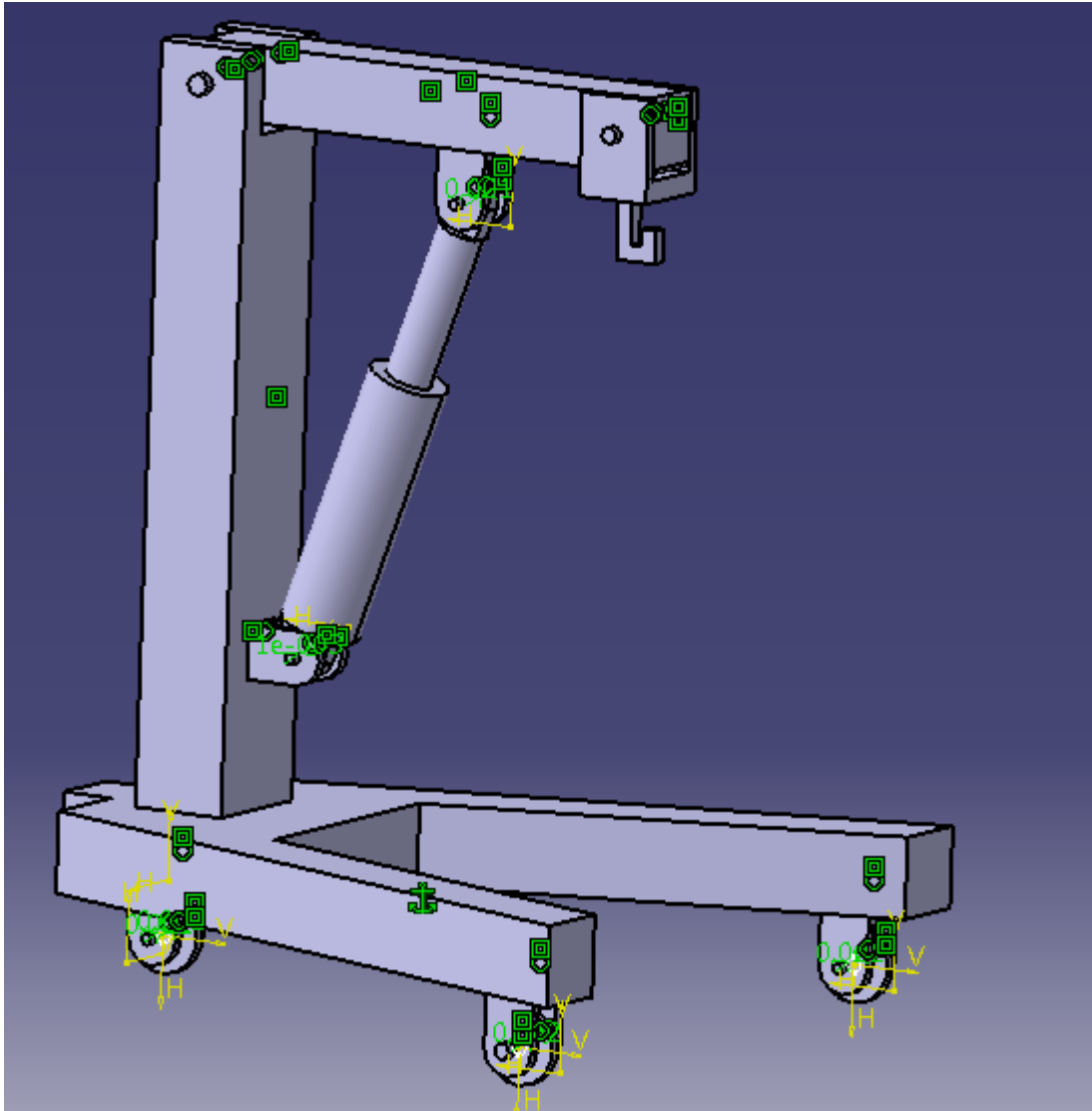
### Critère de Von Mises sur CATIA





#### 1.4. Les schémas du système :

La grue hydraulique



*Figure3.13 : photos grue d'atelier sur catiaV5*

Schéma cinématique de système

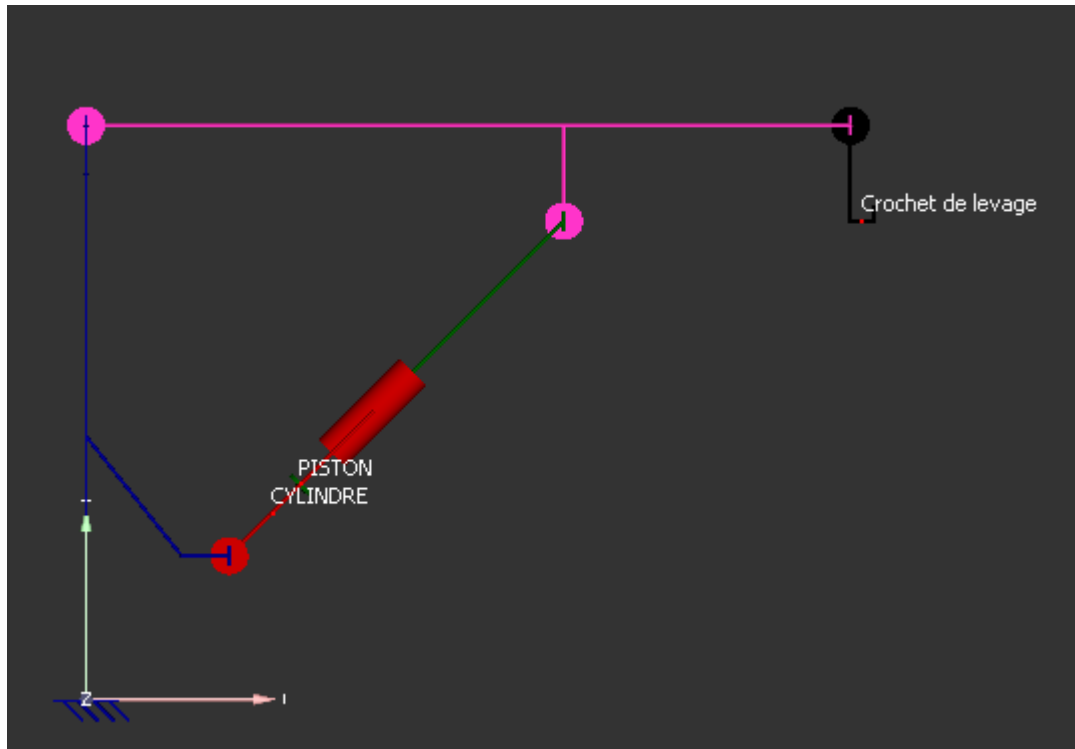


Figure 3.14 : Schéma cinématique sur OpenMeca

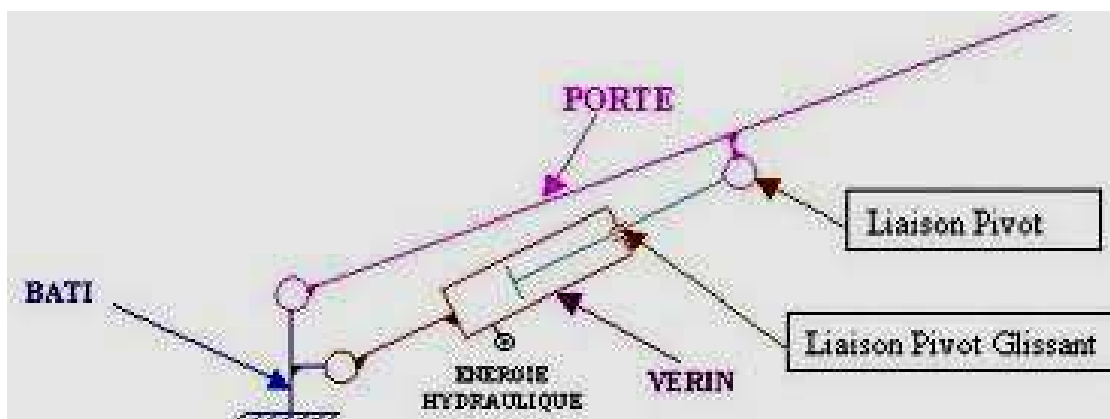


Figure 3.15 : dessin schéma cinématique du système



Les classes d'équivalence

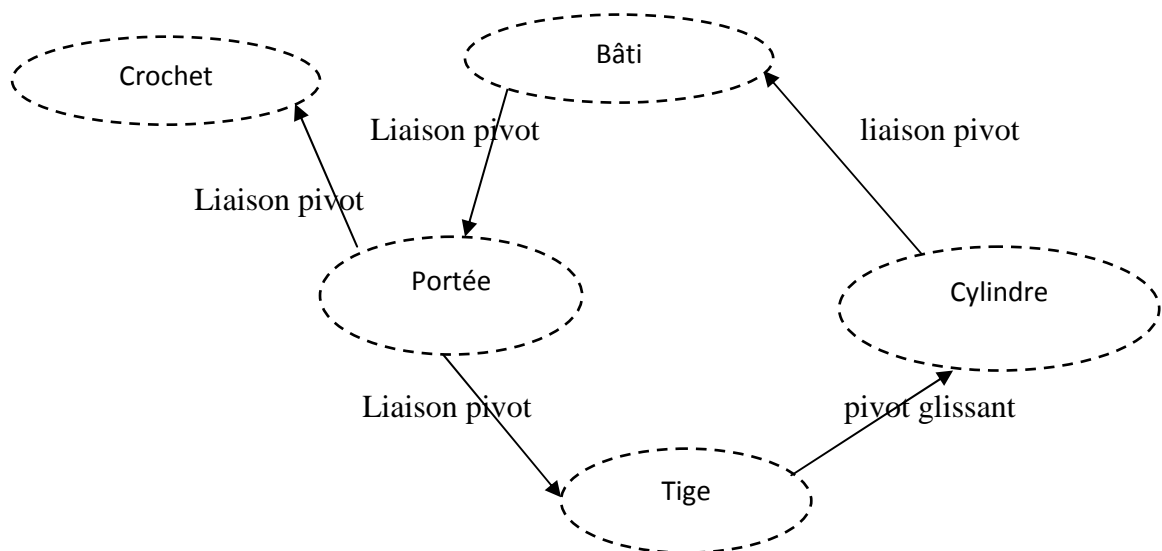
Classe 1 : { Bâti }

Classe 2 : { porté }

Classe 3 : { Cylindre }

Classe 4 : { tige }

Classe 5 : { Crochet }



*Figure 3.16 : diagramme des classes d'équivalence*

On a une Liaison pivot entre :

- Le bâti et la portée
  - le Cylindre et le bâti
  - le crochet et la portée
  - la portée et la tige
- Et une seule liaison pivot-glissant entre :
- la tige et le Cylindre.



Les vues de face, de gauche et de dessous des différentes pièces du système :

1. le corps fixe :

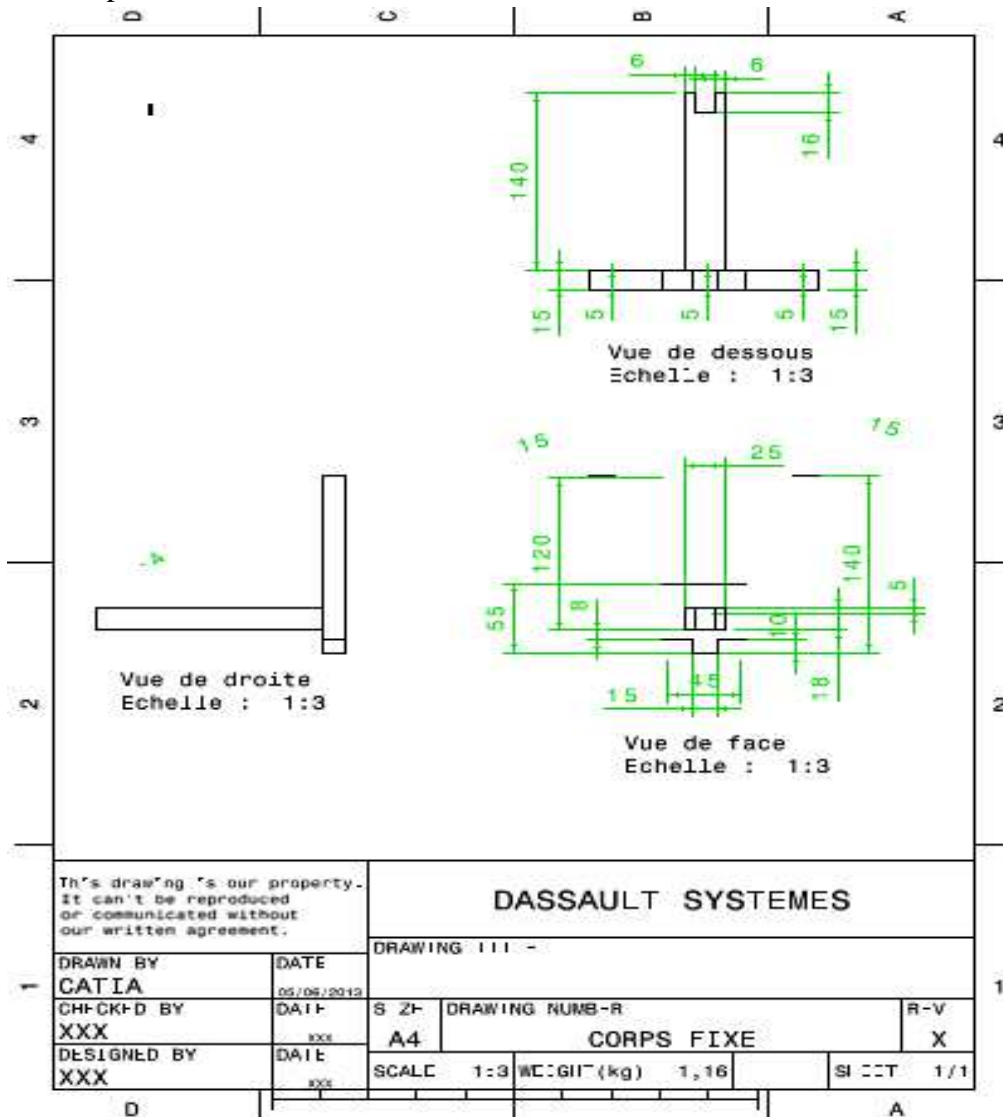


Figure 3.17 : les trois vues du corps fixe



2. Le vérin hydraulique :

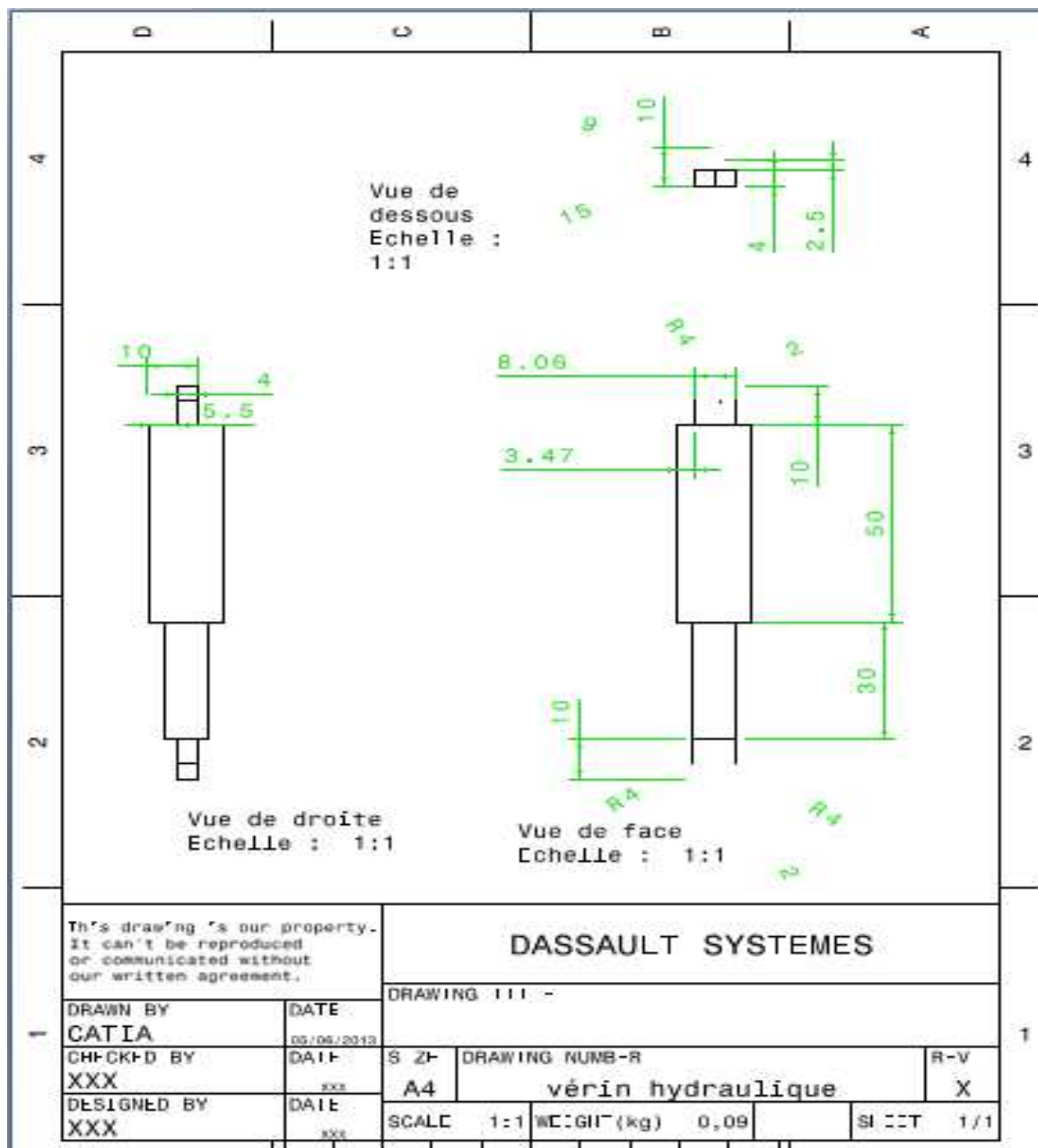


Figure 3.18 : les trois vues du vérin





Crochet de levage

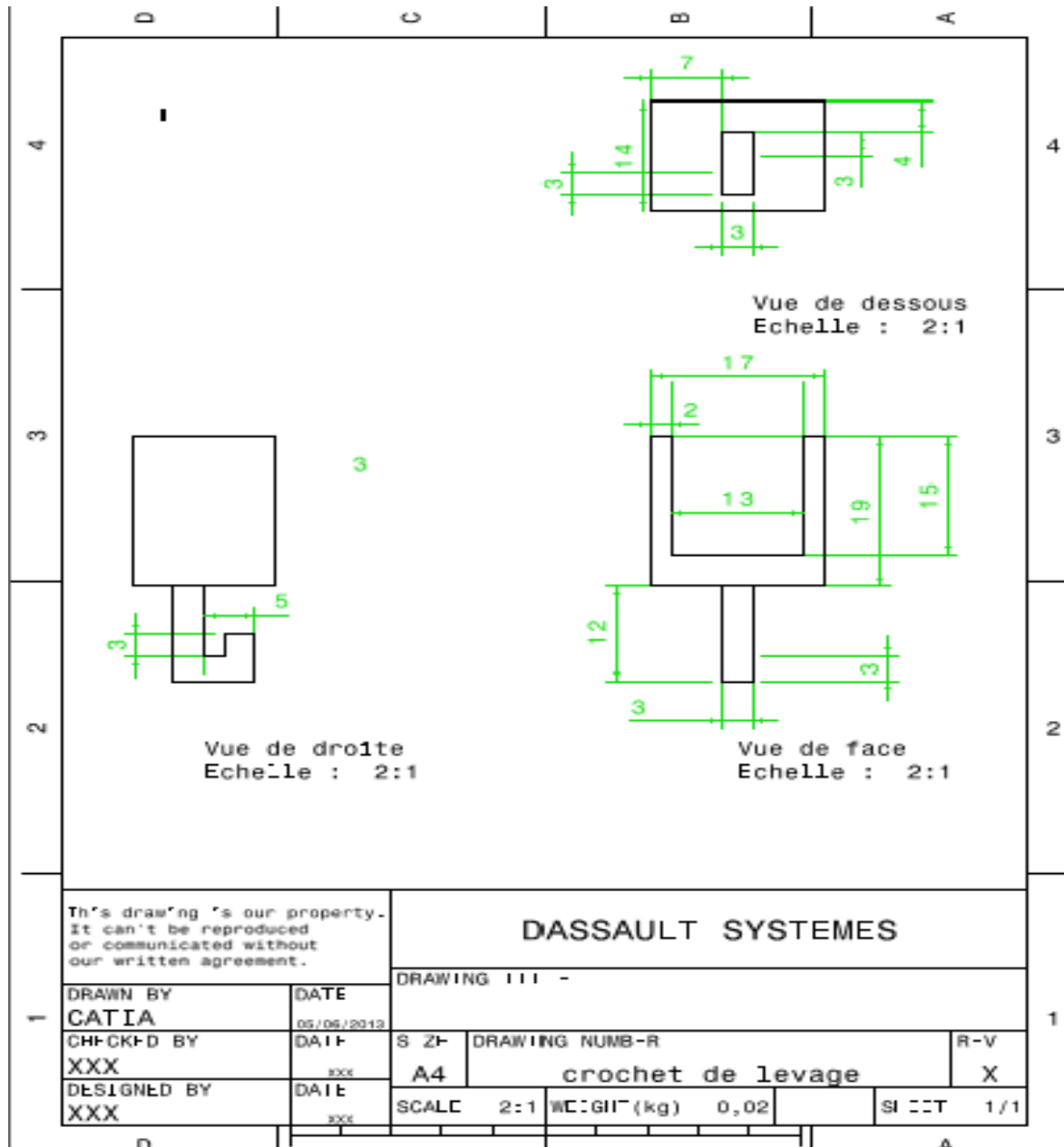
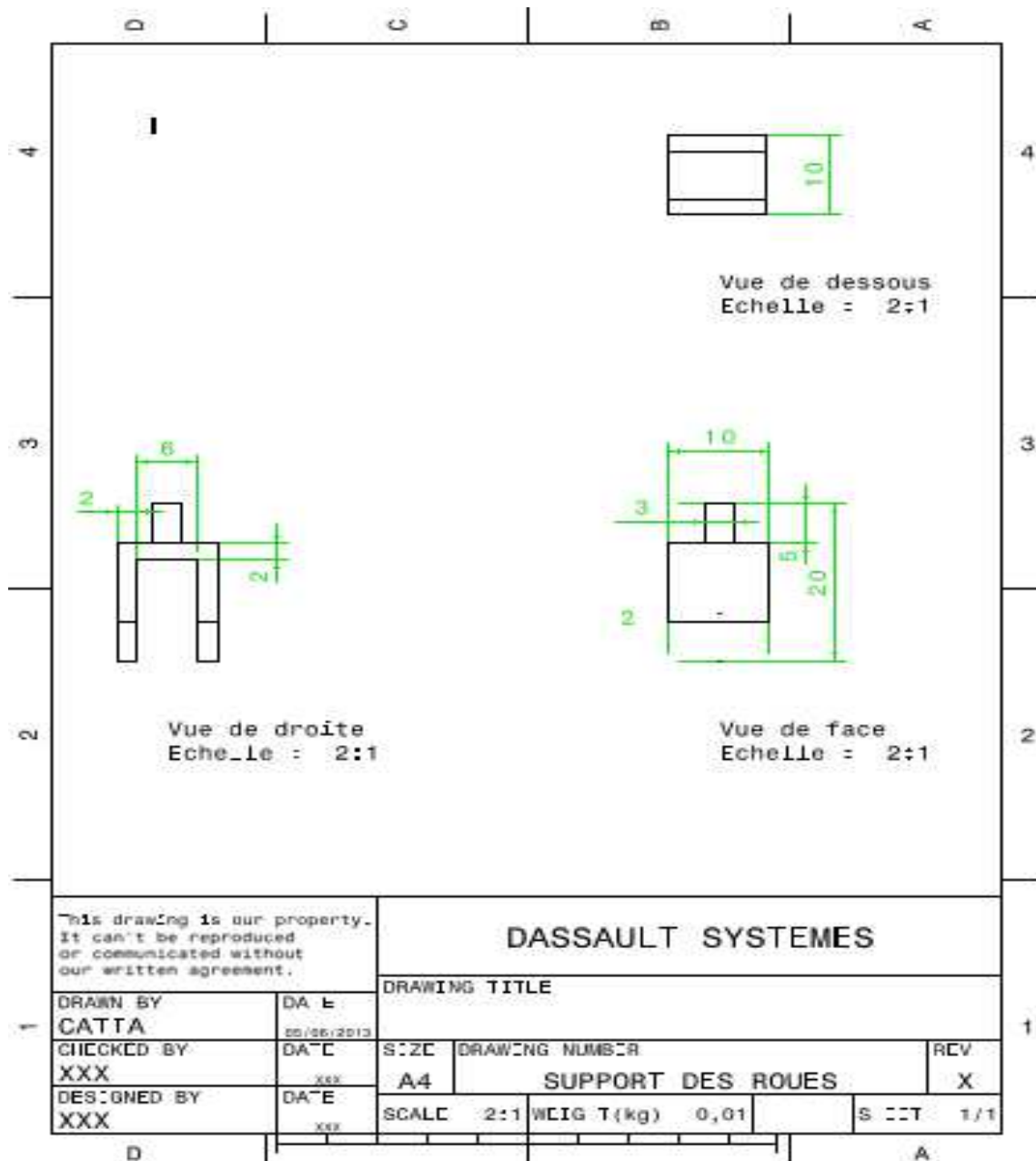


Figure 3.19 : les trois vue du crochet



Supports des roues





## Conclusion :

Ce projet de fin d'étude nous a permis tout d'abord une immersion dans le monde de l'entreprise.

On a eu la chance de travailler dans une structure ouverte avec un accès direct à la production.

Le premier défi consistait à s'intégrer le plus rapidement possible avec le personnel de l'entreprise pour bénéficier de sa collaboration, ses conseils et son expertise.

Sur le plan technique, on a pu constater que les connaissances qu'on a acquises à la faculté des Sciences et Techniques de Fès sont suffisamment riches pour aborder des problèmes concrets dans la conception mécanique.

Ces connaissances nous ont aidés à résoudre des problèmes techniques et organisationnels au niveau de processus du levage et de déplacement des corps des boîtes d'essieux, dans l'atelier A2 et exactement dans l'unité de production essieux.

Après avoir déterminé les activités inutiles engendrant ce problème, analyse ces activités et proposé des solutions, à l'aide de la démarche de l'analyse fonctionnelle, notre projet est détourné vers la conception d'un dispositif de levage et de déplacement des corps des boîtes d'essieux, ce qui a porté après la réalisation, plusieurs améliorations permettant de s'inscrire dans le registre de la production à valeur ajoutée par la :

- Diminution du temps de réponse et des délais.
- Augmentation de la productivité.
- Augmentation de la capacité de productivité.

Au vu des résultats, nous pouvons dire que nous avons réussi à répondre correctement au cahier des charges qui nous a été proposé, et principalement l'objectif de productivité que nous avons pu atteindre.

Finalement, 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.