

Table de matière

Remerciements.....	1
Dédicaces	2
Introduction.....	5
Chapitre I: Présentation de la société	7
I. Présentation de l'ONCF	8
I.1. Historique de l'ONCF	8
I.2. Statut et missions	8
I.3. Rôle économique de LONCF	9
I.4. Quelque Chiffre clés 2017.....	9
I.5. Organigrammes.....	10
II. Présentation d'unités de production d'EMMRF :.....	13
II.1. Unité de production des matériels voyageurs :.....	13
II.2. Unité de production tour en fosse :.....	16
II.3. Unité de production matériel moteur :.....	16
Chapitre II: Traitement du sujet.....	18
I. Mise en situation :.....	19
II. Définition de tampon de choc	19
II.1.Utilité	19
II.2.Composants.....	19
III La maintenance du tampon de choc	20
IV Le processus de cette opération	20
IV.1 le démontage du tampon de choc	20
IV.2 le remontage du tampon	20
V : La problématique :.....	21
V.1-Les difficultés rencontrées durant l'opération :.....	21
ANALYSE FONCTIONNELLE :.....	22
I Analyse fonctionnel du besoin	22

I-1 Saisir le besoin.....	22
I-2 Enoncé du besoin.....	22
I-3 Valider le besoin.....	23
II Fonction globale du système.....	24
III Cycle de vie, séquence d'utilisation.....	25
IV Analyse de la séquence utilisation.....	26
IV-1 Validation des fonctions de service.....	28
IV-2 Hiérarchisation des fonctions de service.....	28
V Analyse de la séquence hors utilisation.....	32
VI-Analyse fonctionnelle technique	34
LA SOLUTION PROPOSEE.....	35
1. Fonctionnement.....	36
2. les avantages de ce mécanisme.....	36
Chapitre III: Etude théorique.....	37
I. Les caractéristiques du tampon de choc	38
II. Dimensionnement du vérin.....	38
III. Le calcul du RDM.....	40
III.1. la méthode des sections.....	41
III.2. La méthode de singularité.....	43
Calcul avec le Logiciel RDM 6 :.....	47
IV. L'étude technologique.....	49
Chapitre IV: Conception du système à l'aide du logiciel CATIA...51	
Conclusion générale.....	56
Bibliographie.....	57

L' introduction

La formation en Licence Sciences et Techniques Conception et Analyse Mécanique se complète par un stage dans une entreprise d'une durée de 2mois. Ce dernier constitue une étape obligatoire et primordiale pour l'obtention du diplôme.

On a choisi d'effectuer notre stage au sein de l'Office National des Chemins de Fer FES (ONCF) plus précisément dans l'Etablissement de Maintenance des Matériaux Remorqués (EMMRF)

Cet établissement a comme mission d'effectuer des visites générales des trains chaque deux années et des visites à l'arrivée de chaque train. Lors de cette visite il est indispensable d'entretenir les tampons de choc car ils présentent les éléments d'amortissement de choc des voitures.

Ce projet a pour but de concevoir un mécanisme pour démonter et remonter les tampons de choc en toute sécurité et rapidité

Actuellement, la maintenance de ces tampons dans cet établissement se fait à l'aide d'un chariot élévateur en exerçant des chocs. Ce dernier présente une insécurité sur le tampon et sur le personnel et nécessite un grand effort.

Il existe une solution qui été déjà proposée antérieurement mais elle ne répond pas aux exigences de l'établissement.

Ce rapport est constitué de quatre chapitres :

Chapitre 1 :

- Présentation succincte de l'entreprise

Chapitre 2 :

- Problématique de façon générale
- Solution proposée
- Analyse fonctionnelle

Chapitre 3 :

- Etude théorique

Chapitre 4:

- Conception du système à l'aide du logiciel CATIA

Enfin, ce rapport est clôturé par une conclusion générale et des perspectives.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA SOCIETE

I. Présentation de l'ONCF :

I.1. Historique de L'ONCF

Les Chemins de Fer au Maroc ont fait leur apparition sous le Protectorat français à partir de 1911. Trois compagnies concessionnaires françaises se partageaient, à l'époque, l'exploitation du chemin de fer marocain : la Compagnie des Chemins de Fer Marocains (CFM) sur les réseaux de Marrakech-Oujda et Tanger-Fès (TF) et la Compagnie du Maroc Oriental (CMO) pour la ligne Oujda-Bouarfa.

Après la déclaration d'indépendance, l'état a racheté ces trois compagnies et a institué par Dahir du 05 août 1963 l'Office National des Chemins de Fer Marocain (ONCFM).

1912	Début de construction des 1 ^{ères} lignes	
1916	Début d'exploitation des lignes de voie 0,60m	
1923	Construction des voies à écartement normal et exploitation du réseau par trois Compagnies concessionnaires privées	
1963	Rachat des concessions et création de l'ONCF par Dahir n° 1-63-225 du 14 rebia I 1383 (5 août 1963),	
2013	100 ans d'existence chemins de fer au Maroc 50 ^{ème} anniversaire de création de l'ONCF	

I.2. Statut et missions :

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

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

I.3. Rôle économique 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.

I.4. Quelques Chiffres clé 2017 :

A. Réseau ferré et matériel roulant :



3600 km de longueur des voies



37 rames automotrices



2110 km de longueur des lignes



560 voitures à voyageurs



133 gares ferroviaires



5 500 wagons à marchandises



250 locomotives en circulation

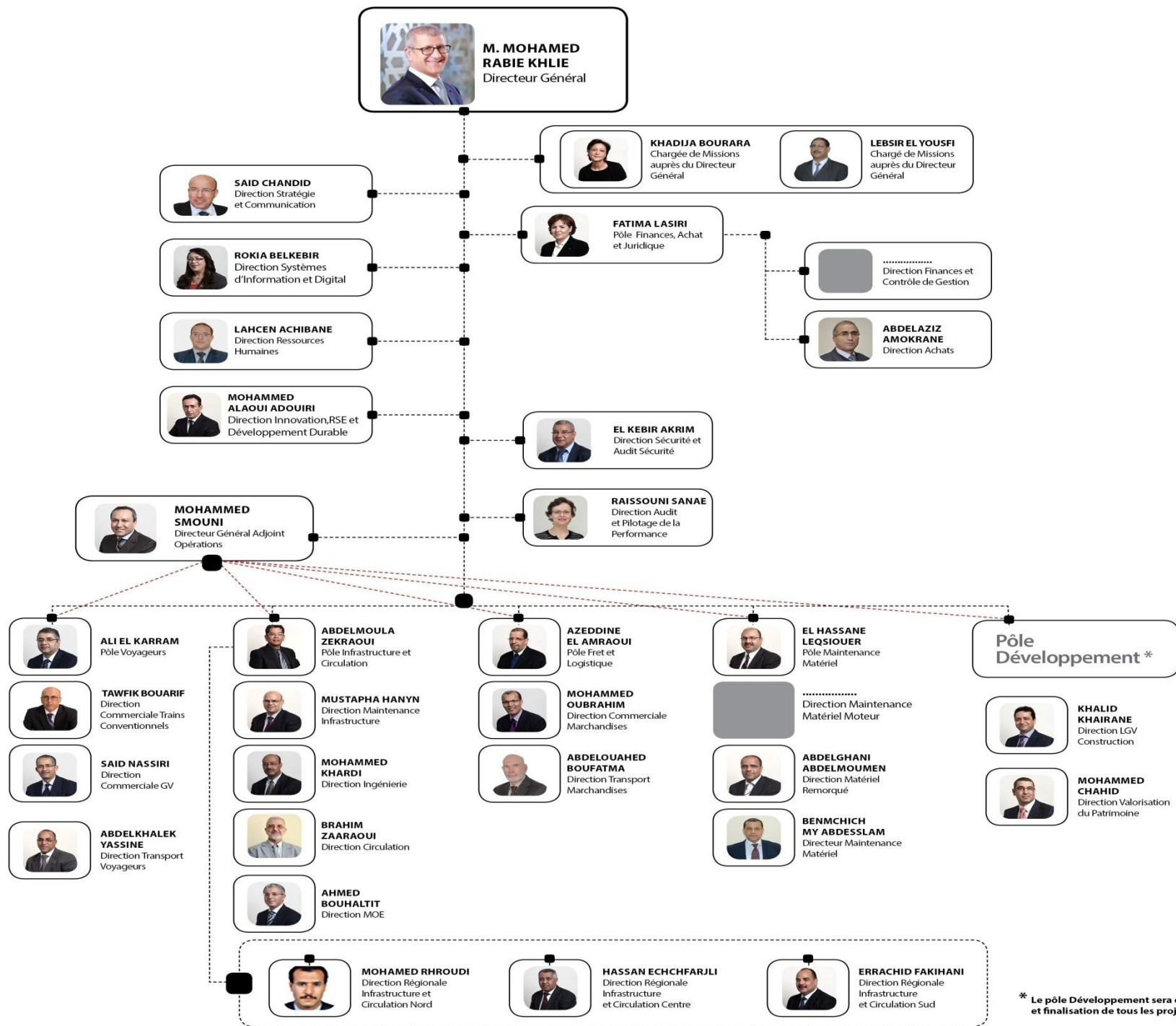


73 % des lignes électrifiées

B. Transport voyageurs :

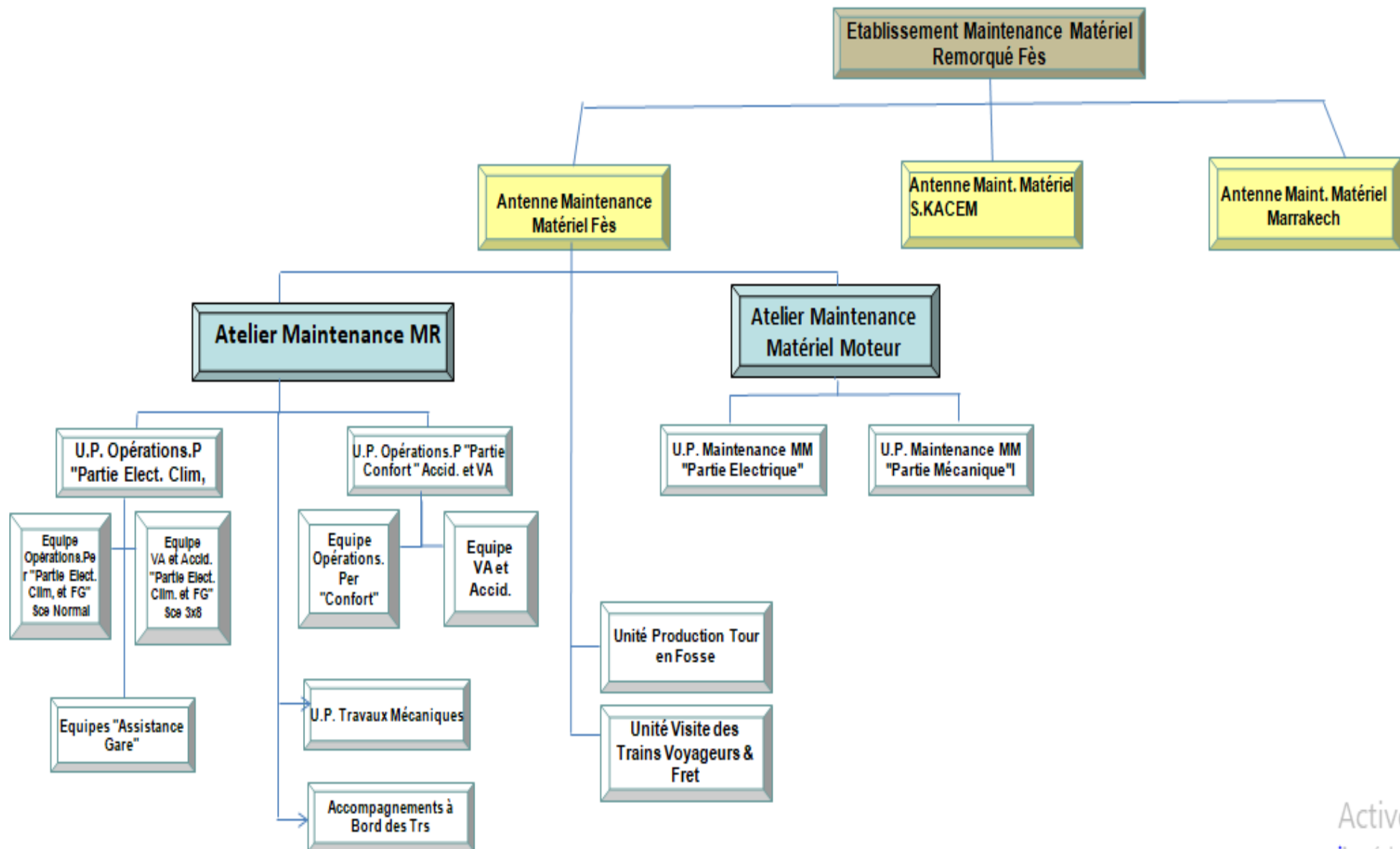
 38 millions de voyageurs	 140 000 voyageurs aux heures de pointe
 210 trains par jour	 37 rames automotrices
 20 millions de voyageurs à bord des trains grandes lignes	 560 voitures à voyageurs
 17,6 millions de voyageurs à bord des trains navette rapide	 60 distributeurs automatiques de tickets
 110 523 places offertes/jour	 74 % taux de satisfaction des clients

I.5. Organigrammes :



* Le pôle Développement sera dissout après achèvement et finalisation de tous les projets liés à la LGV

ORGANIGRAMME DE L'ETABLISSEMENT MAINTENANCE MATERIEL REMORQUE FES



II. Présentation des unités de production d'EMMRF :

II.1. Unité de production des matériels voyageurs (UP1) :

Cette unité consiste à faire la maintenance corrective et préventive ainsi que l'entretien des matériels remorqués à voyageurs de G.V (grande vitesse) à la suite d'une visite à l'arrivée (VA) et une visite générale.



1.1. Visite générale :

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

1.2. Visite à l'arrivée :

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

Cette visite exige le contrôle des parties suivantes :

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

1.3. La climatisation :

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

- cas de ventilation:
- cas de chauffage:
- cas de refrigeration:

A. La ventilation :

C'est pour assurer la pureté d'air, technique consiste à aspirer l'air de l'extérieur de la voiture et le refoule vers l'intérieur et cela se fait à travers des filtres .

Ce système est assuré par un moteur électrique de puissance environ 1,5 KW.

B. le chauffage :

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

Fonctionnement :

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

C. la réfrigération :

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

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

Fonctionnement :

Le compresseur assure la circulation du fréon au niveau du circuit, ce fréon passe au condenseur et change son état du gaz à liquide avec une haute pression, puis il passe par le détendeur pour diminuer sa pression.

Ensuite il passe au niveau de l'évaporateur et sort sous forme de gaz (vapeur) de base pression .

Enfin le froid sera transmis par les ejecto-convecteurs aux passagers.

2.1. Partie mécanique :

Dans cette partie on fait la vérification des organes suivants :

A. Organes de roulement :

La vérification se fait par un gabarit combiné de :

(Epaisseur , hauteur des boudins et de QR)

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

B. Choc :

Vérification de :

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

C. Traction

D. Corps de boîte

E. Organes de suspension

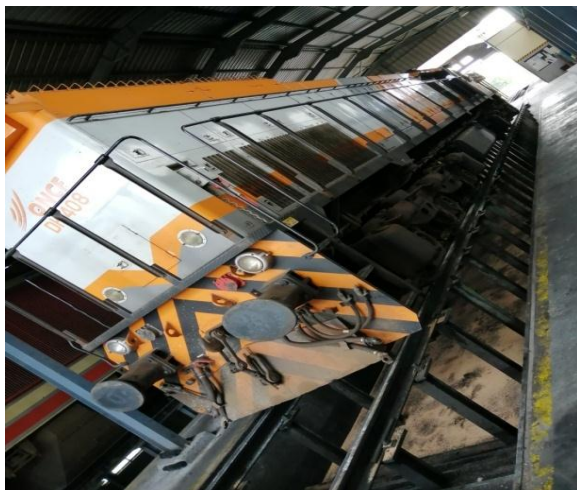
F. Frein à vis

III.1. Unité de production tour en fosse :



Le tour en fosse est un atelier contient une machine de marque HEGESCHIEDT de haute performance pour l'usinage des roues et des disques de frein des essieux montés. Ce dernier se fait par une commande CNC du type SINUMERIK

III.2. Unité de production MATERIEL MOTEUR:



III.3.1. Qu'est ce qu'une visite à l'arrivée (VA)?

En principe une VA d'une locomotive s'effectue à la rentrée de chaque machine à l'atelier après savoir assuré un train ou une manœuvre :

III.3.2. Lecture obligatoire du carnet de bord :

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

III.3.3. Organes et appareillage à visiter systématiquement :

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

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

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

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

III.3.4. partie mécanique :

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

III.3.5. Renseignement du carnet de bord et cahier de réparation

❖ Il existe plusieurs types des locomotives à l'ONCF :

Loco électrique : E1100/E1200/1250/E1300/E1350/E1400.

Loco Diesel : DM600/DG200/DF 100/DI500/DH350/DH370/DH400.

Les locomotives E1250, E1400 sont offerts à l'activité voyageurs, elles ne nécessitent pas un fourgon générateur. Par contre les locomotives E1300 nécessitent un fourgon générateur.

Chapitre II: Traitement du Sujet

- **La problématique**
- **L'analyse fonctionnelle**
- **La solution proposée**

I. Mise en situation :

Dans l'établissement maintenance matériel remorqué et spécifiquement dans l'unité de production 1 (UP1) s'effectue un entretien pour les voitures : les wagons. Dans ces derniers, il est indispensable de faire l'entretien des tampons de choc qui assurent le contact entre deux voitures.



II. Définition des tampons de choc :

Les tampons représentent les organes de choc des véhicules ferroviaires dont la hauteur est définie par des normes internationales.

II.1. Utilité :

- + Assurent le contact entre deux voitures de voyageurs successives de telle façon à limiter les mouvements des voitures les unes par rapport aux autres.
- + Assurent un plus grand confort

II.2. Composants :

- Boisseau en acier
- Plongeur en acier :
 - 6 éléments tecspack en caoutchouc
 - 7 rondelles intercalaires
- Gousille
- Clavette

- Goupille



III. La maintenance du tampon de choc :

Puisque les éléments tecspack représentent l'unité d'amortissement de choc entre les voitures, alors il est primordial de remplacer ceux endommagés par des nouveaux.



IV. Le processus de cette opération :

IV.1. le démontage du tampon de choc :

D'abord on retire la goupille de la clavette et ensuite on applique une pression sur le plateau du plongeur afin d'enlever la clavette, puis on extrait le plongeur qui possède le goussille et enfin on dégage les éléments tecspack.

IV.2. le remontage du tampon :

En premier lieu, on remonte dans le boisseau les éléments tecspack empilés par talk et le plongeur. En deuxième lieu, on exerce un effort sur le plongeur pour engendrer une compression des éléments tecspack afin d'apercevoir le logement de



la clavette et l'insérer. Finalement, on ouvre la goupille à 180° et on graisse le plateau du plongeur.

V. La problématique :

A l'heure actuelle, la maintenance des tampons de choc se fait à l'aide d'un chariot élévateur qui présente :

- un danger pour le technicien
- un gaspillage de temps
- une difficulté au niveau de la manipulation

Tout d'abord l'opération consiste à exercer des chocs successifs sur le plateau du plongeur afin de libérer la clavette.

Le technicien dégage la clavette, puis le chauffeur du chariot élévateur tient à mettre les fourches sous le plongeur et enfin deux agents tirent le plongeur pour le stabiliser sur les fourches.

V.1. Les difficultés rencontrées durant l'opération :

- Besoin au moins de deux agents.
- Un grand effort fourni par l'agent.
- Risque de déformation du plongeur.
- Risque de chute par terre.
- Dans certains cas, les éléments ne sont pas tous endommagés, de ce fait on maintient seulement les plus endommagés.

Conclusion :

Pour simplifier, rendre plus efficace, facile, rapide et avec un coût moins cher l'opération maintenance des tampons de choc, nous sommes tenus à faire une conception et réalisation d'un mécanisme permettant le montage et le démontage des tampons de choc plus performant.

ANALYSE FONCTIONNELLE :

Le produit, lors de sa réalisation, passe par l'analyse fonctionnelle de besoin et l'analyse fonctionnelle technique afin de :

- Identifier le besoin à satisfaire.
- Exprimer le besoin, le traduire en fonctions et les caractériser.
- Structurer et organiser la conduite du processus de conception

I. Analyse fonctionnelle du besoin :

L'analyse fonctionnelle est une démarche qui consiste à analyser un produit d'une manière systématique en l'examinant aussi bien de l'intérieur que de l'extérieur afin de savoir dans quel objectif le produit fonctionne. L'analyse de besoin est basée sur les éléments suivants :

I.1. Saisir le besoin :

Le démontage et remontage du plongeur du tampon de choc sont des opérations obligatoires pour la maintenance des éléments tecspak à l'intérieur du boisseau, ce qui exige un mécanisme fiable afin d'assurer ces opérations en respectant les normes de sécurité et d'adaptation exigées.

I.2. Enoncé du besoin :

Il s'agit d'exprimer avec précision les buts et les limites de l'étude du système en se posant les 3 questions suivantes :

- ✓ A qui rend-t-il ce service (A quoi ?)
- ✓ Sur qui (sur quoi) agit-il ?
- ✓ Dans quel but ?

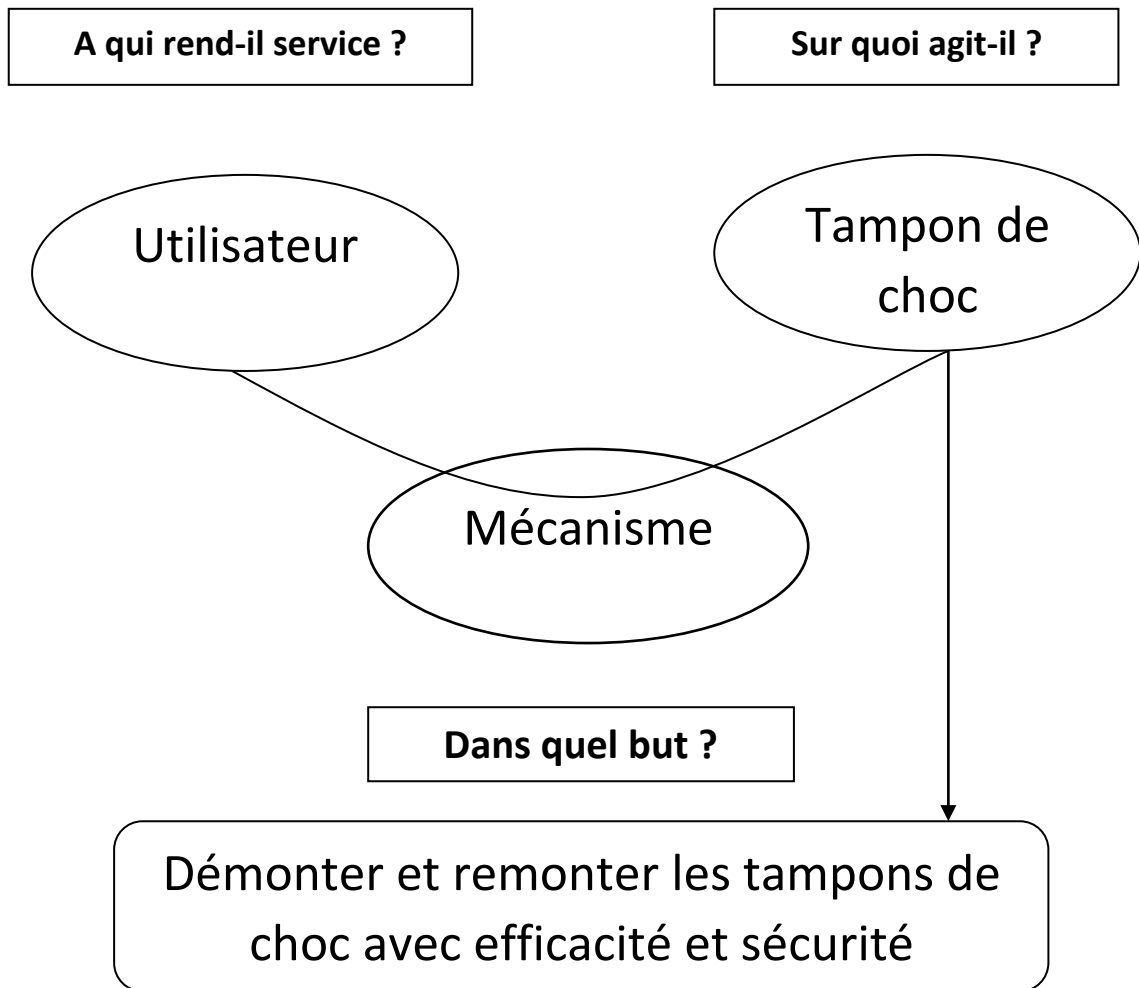


Figure: Schéma de la Bête à Cornes

I.3. Valider le besoin

Une fois le besoin est défini, il est nécessaire de vérifier sa durabilité dans le temps

Q1 : Pourquoi ce besoin existe-t-il ?

→ Assurer et faciliter le démontage et remontage du plongeur du tampon de choc

Q2 : Qu'est-ce qui pourrait faire disparaître ce besoin ?

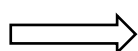
→ Rien

Q4 : Pensez-vous que les risques de vouloir disparaître ou évoluer ce besoin sont réels dans le proche futur ?

→ NON

Q3 : Quelle est la probabilité de disparition de ce besoin ?

→ Nulle



Validation du produit à long terme

II. Fonction globale du système

Démonter et remonter le plongeur du tampon de choc dans des conditions sécurisées et conformes aux normes internationales.

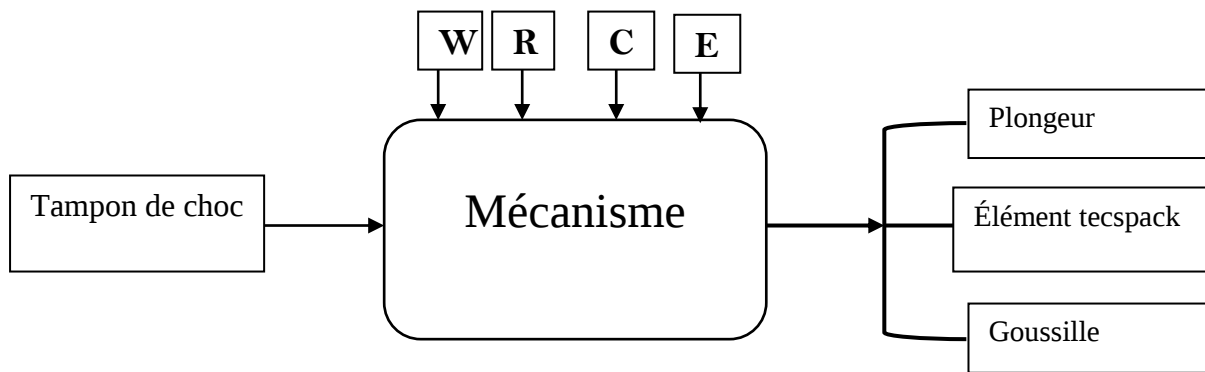


Figure: Schéma de l'actigramme

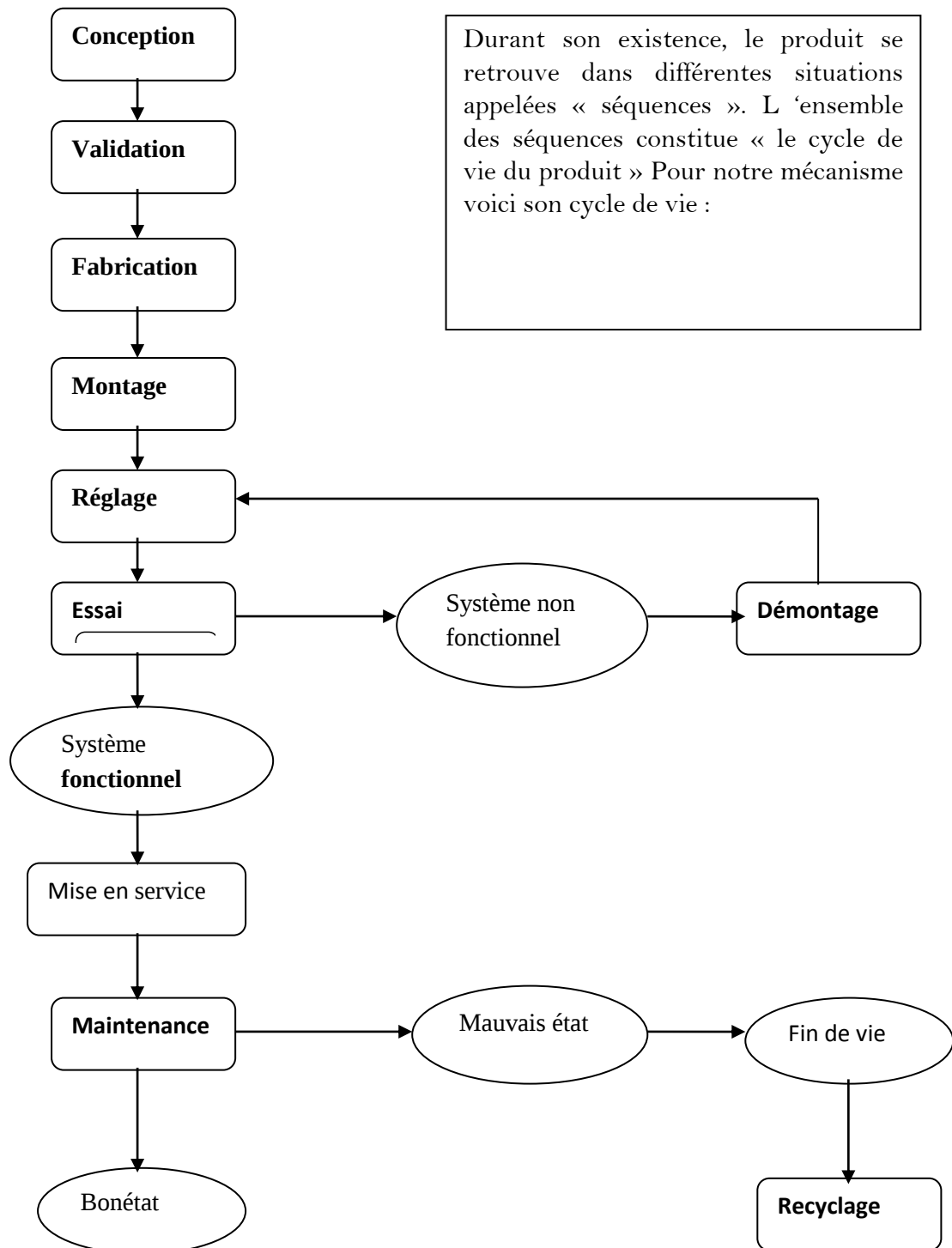
W : Energie mécanique

R : Réglages

C : configuration / mode de marche

E : cric et manivelle

III. Cycle de vie, séquence d'utilisation



Comme les fonctions attendues du produit et les contraintes de fonctionnement sont spécifiques à chaque séquences, il est nécessaire de préciser sur quelle séquence ou ensemble de séquences l'étude sera-t-elle accentuée ? Pour ceci on définit les deux familles de séquences suivantes : Les séquences « en utilisation » : qui correspond à un usage direct du produit. Ceci concerne exclusivement aux séquences « système en marche » et « système en arrêt ».

Les séquences « hors utilisation » : qui correspond à un usage auxiliaire du produit ou à des situations intermédiaires ou postérieures indispensables.

IV. Analyse de la séquence utilisation:

La frontière de l'étude : le mécanisme

Les éléments constituant l'environnement du système :

- Utilisateur
- Tampon de choc
- énergie
- Sécurité
- Disponibilité
- Moyens de bord
- Emplacement
- Adaptation
- Environnement

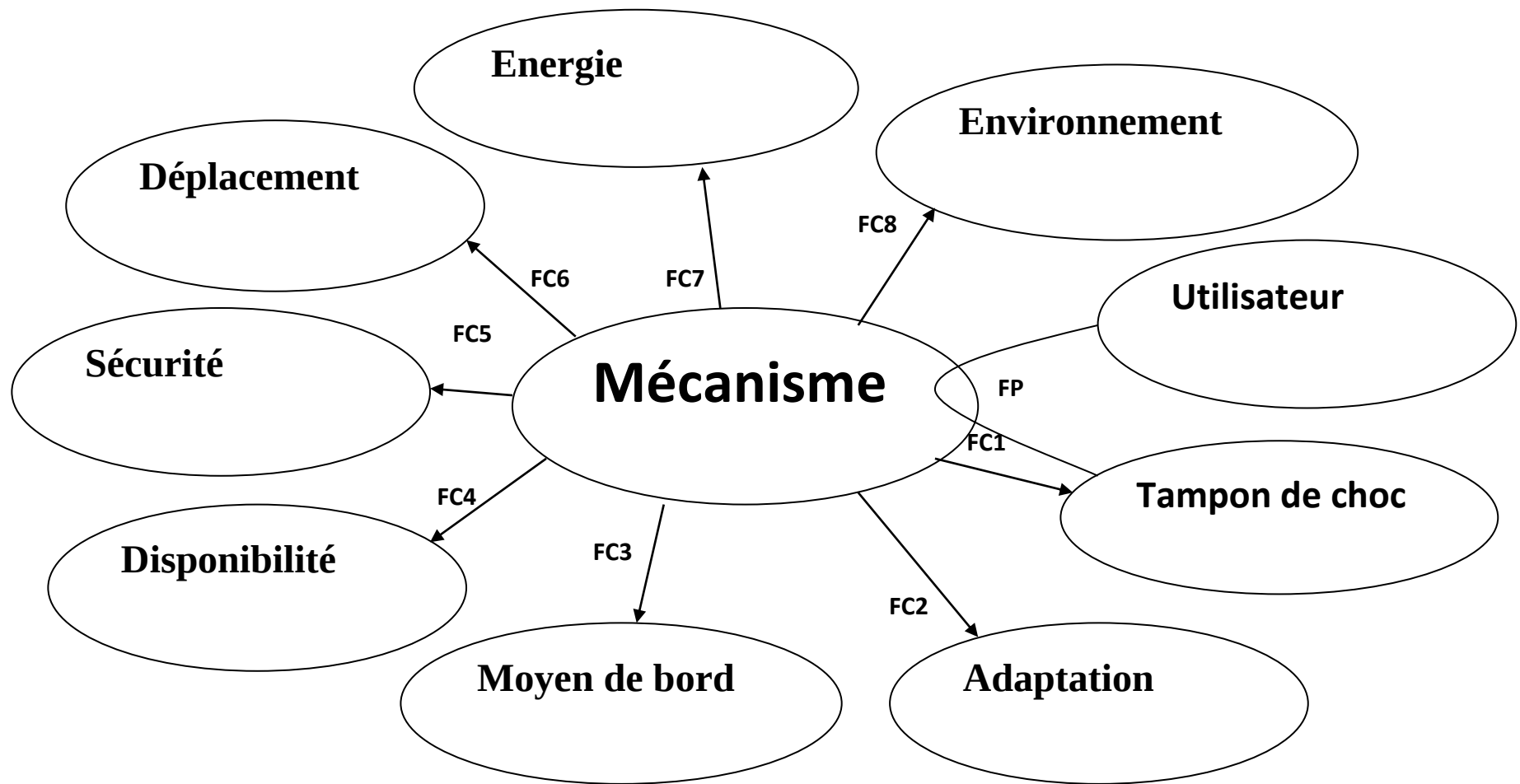


Figure : schéma du diagramme pieuvre

FP	Permettre l'utilisateur de démonter et remonter les tampons de choc
FC1	Respecter la force suffisante pour déplacer le plongeur et retirer la clavette
FC2	Adapter le mécanisme pour les différentes séries de voitures
FC3	Réaliser le mécanisme avec les moyens de bord disponible et proposés
FC4	Etre disponible pour l'utilisation à tout moment de besoin
FC5	Assurer la sécurité du personnel et du matériel
FC6	Garantir le déplacement du plongeur pour maintenir les éléments tecspak
FC7	S'adapter à l'énergie disponible (vérin)
FC8	Respecter l'environnement ambiant et utiliser des composants renouvelables

IV.1. Validation des fonctions de service

- FP: Permettre à l'utilisateur de démonter et remonter les tampons de choc

- Q1 : Dans quel but FP existe-t-elle ?

Démonter et remonter les plongeurs lors de la maintenance des tampons de choc

- Q2 : Pour quelle raison FP existe-t-elle ?

Faciliter la maintenance des tampons de choc

- Q3 : Qu'est ce qui pourrait faire disparaître ou évoluer FP ?

Rien

- Q4 : Quelle est la probabilité de disparition ou d'évolution de FP ?

Nulle

⇒ FP est validée (impérative)

- FC1:Respecter la force suffisante pour déplacer le plongeur et retirer la clavette

- Q1 : Dans quel but FC1 existe-t-elle ?

Démonter et remonter le plongeur correctement

- Q2 : Pour quelle raison FC1 existe-t-elle ?

Eviter la casse du plongeur et protéger les composants du tampon de choc

- Q3 : Qu'est ce qui pourrait faire disparaître ou évoluer FC1 ?

Rien

- Q4 : Quelle est la probabilité de disparition ou d'évolution de FC1 ?

Nulle

⇒ FC1 est validée (impérative)

FC2: Adapter le mécanisme pour les différentes séries de voitures

- Q1 : Dans quel but FC2 existe-t-elle ?

Utiliser un seul mécanisme pour les différentes séries de voitures

- Q2 : Pour quelle raison FC2 existe-t-elle ?

La validité du mécanisme pour toutes les voitures utilisées

- Q3 : Qu'est ce qui pourrait faire disparaître ou évoluer FC2 ?

Rien

- Q4 : Quelle est la probabilité de disparition ou d'évolution de FC1 ?

Faible

⇒ FC2 est validée (impérative)

FC3: Réaliser le mécanisme avec les moyens de bord disponible

- Q1 : Dans quel but FC3 existe-t-elle ?

Utiliser les composants existants dans les ateliers

- Q2 : Pour quelle raison FC3 existe-t-elle ?

S'inspirer des composants proposés et réaliser un mécanisme adéquat

- Q3 : Qu'est ce qui pourrait faire disparaître ou évoluer FC3 ?

L'achat d'autres composants nécessaires pour la réalisation du mécanisme voulu

- Q4 : Quelle est la probabilité de disparition ou d'évolution de FC3 ?

Probable

⇒ FC3 est validée (peu négociable)

FC4: Être disponible pour l'utilisation à tout moment de besoin

- Q1 : Dans quel but FC4 existe-t-elle ?

Avoir un mécanisme fonctionnel dans les moments de besoin

- Q2 : Pour quelle raison FC4 existe-t-elle ?

Eviter le retard et faciliter la maintenance des tampons de choc

- Q3 : Qu'est ce qui pourrait faire disparaître ou évoluer FC4 ?

Rien

- Q4 : Quelle est la probabilité de disparition ou d'évolution de FC4 ?

Nulle

⇒ FC4 est validée (impérative)

FC5: Assurer la sécurité du personnel et du matériel

- Q1 : Dans quel but FC5 existe-t-elle ?

Répondre aux normes de sécurité exigées

- Q2 : Pour quelle raison FC5 existe-t-elle ?

Eviter les blessures du personnel et les pannes du matériel

- Q3 : Qu'est ce qui pourrait faire disparaître ou évoluer FC5 ?

Rien

- Q4 : Quelle est la probabilité de disparition ou d'évolution de FC5 ?

Nulle

⇒ FC5 est validée (impérative)

FC6:Garantir le déplacement du plongeur pour maintenir les éléments tecspak

- Q1 : Dans quel but FC6 existe-t-elle ?

Faciliter le déplacement du plongeur loin des autres composants

- Q2 : Pour quelle raison FC6 existe-t-elle ?

Améliorer les conditions de maintenance des éléments tecspak du tampon

- Q3 : Qu'est ce qui pourrait faire disparaître ou évoluer FC6 ?

Rien

- Q4 : Quelle est la probabilité de disparition ou d'évolution de FC6 ?

Faible

⇒ FC6 est validée (peu négociable)

FC7:S'adapter à l'énergie proposée (Vérin Hydraulique manuel)

- Q1 : Dans quel but FC7 existe-t-elle ?

Respecter les moyens de bord de l'entreprise

- Q2 : Pour quelle raison FC6 existe-t-elle ?

Eviter le gaspillage des ressources et utiliser le disponible

- Q3 : Qu'est ce qui pourrait faire disparaître ou évoluer FC6 ?

Rien

- Q4 : Quelle est la probabilité de disparition ou d'évolution de FC6 ?

Faible

⇒ FC7 est validée (peu négociable)

FC8 : Respecter l'environnement ambiant et utiliser des composants renouvelables

- Q1 : Dans quel but FC8 existe-t-elle ?

Dans le cadre d'adopter des systèmes eco-friendly

- Q2 : Pour quelle raison FC8 existe-t-elle ?

Préserver l'environnement et l'entourage de l'être humain avec des composants renouvelables

- Q3 : Qu'est ce qui pourrait faire disparaître ou évoluer FC8 ?

Rien

- Q4 : Quelle est la probabilité de disparition ou d'évolution de FC8 ?

Faible

⇒ FC8 est validée (peu négociable)

IV.2. Hiérarchisation des fonctions de service

La méthode des tris croisés est un outil fréquemment utilisé pour hiérarchiser les fonctions de service sur la base de leur analyse comparative deux à deux. Pour chaque couple de fonction,

On utilise deux variables :

- ☐ Une variable logique: plus important que...
- ☐ Une variable réelle positive : Elle sert à quantifier le degré d'importance relative.

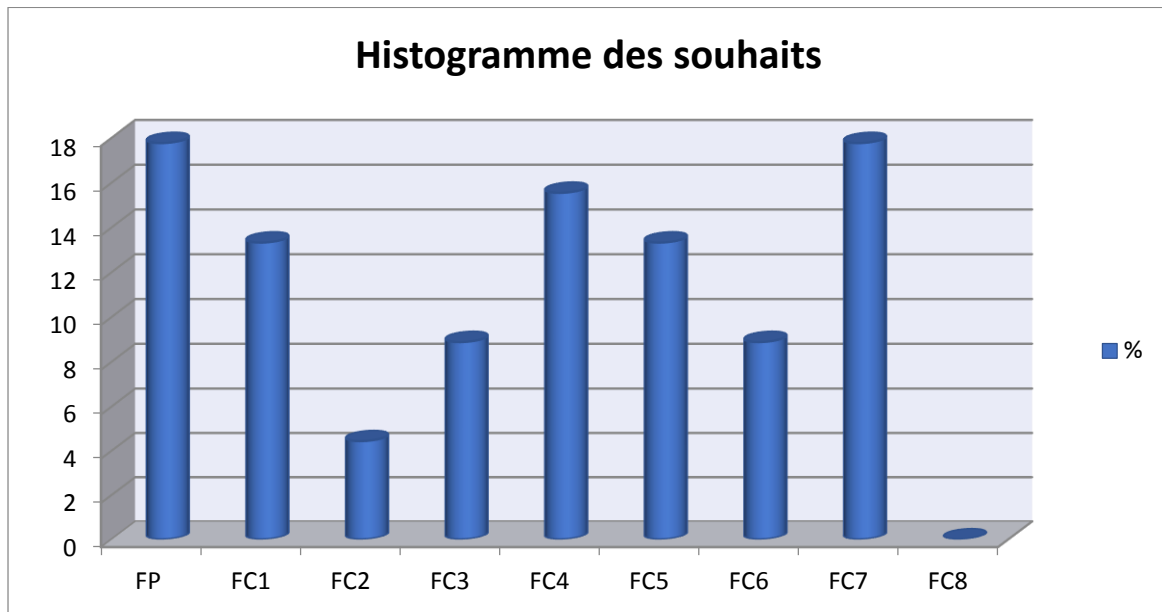
Elle est décidée par un consensus selon un barème prédéfinie par le groupe de travail :

Importance relative								Note		
Légèrement supérieure								1		
Moyennement supérieure								2		
Nettement supérieure								3		
Equivalente (usage exceptionnel)								-		

FP	FC1 : 2	FP : 1	FP : 2	FC4 : 1	FC5 : 1	FP : 2	FC7 : 1	FP : 3	8	17,777778
	FC1	FC1 : 2	FC1 : 1	FC4 : 1		FC1 : 1		FC1 : 1	6	13,333333
		FC2	FC3 : 1	FC4 : 1	FC5 : 1	FC6 : 1	FC7 : 1	FC2 : 2	2	4,444444
			FC3		FC5 : 1	FC6 : 2		FC3 : 2	4	8,888889
				FC4	FC4 : 2	FC4 : 1	FC7 : 1	FC4 : 1	7	15,555556
					FC5	FC5 : 1	FC7 : 1	FC5 : 2	6	13,333333
						FC6	FC7 : 2	FC6 : 1	4	8,888889
							FC7	FC7 : 2	8	17,777778
								FC8	0	0
								Total	45	100

Tableau de la hiérarchisation des fonctions de service de la séquence d'utilisation

Le résultat de la hiérarchisation des fonctions de service est synthétisé sous la forme d'un Histogramme des souhaits :



Conclusion :

On remarque que la fonction de service FP et FC7 présentent les pourcentages les plus importants.

La fonction de service FC8 présente le taux faible mais cela n'empêche pas d'affirmer son importance au niveau de la conception du mécanisme et au niveau de l'environnement.

On constate aussi que les fonctions de service FC4, FC1 et FC5 ont des pourcentages assez intéressants puisque ces fonctions traduisent aussi le plus attendu du mécanisme.

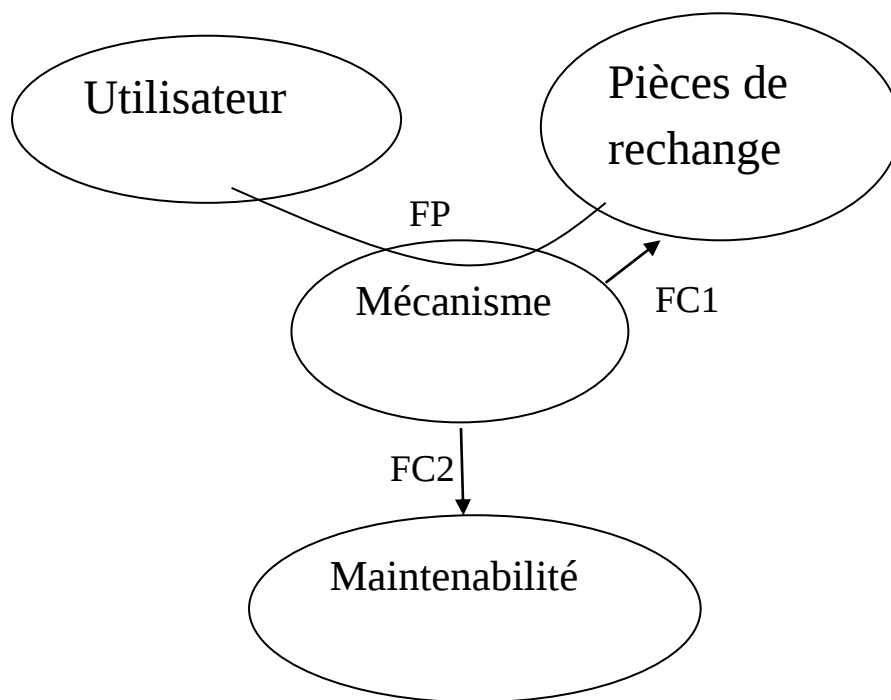
Lors de l'élaboration du produit, il faut donner une très grande importance aux fonctions de service présentant un pourcentage assez important mais sans négliger, toutefois, les autres qui se manifestent moins consistant.

V. Analyse de la séquence hors utilisation

Frontière de l'étude : Utilisateur et environnement d'utilisation

Eléments d'environnement :

- Maintenabilité
- Utilisateur
- Pièces de rechange



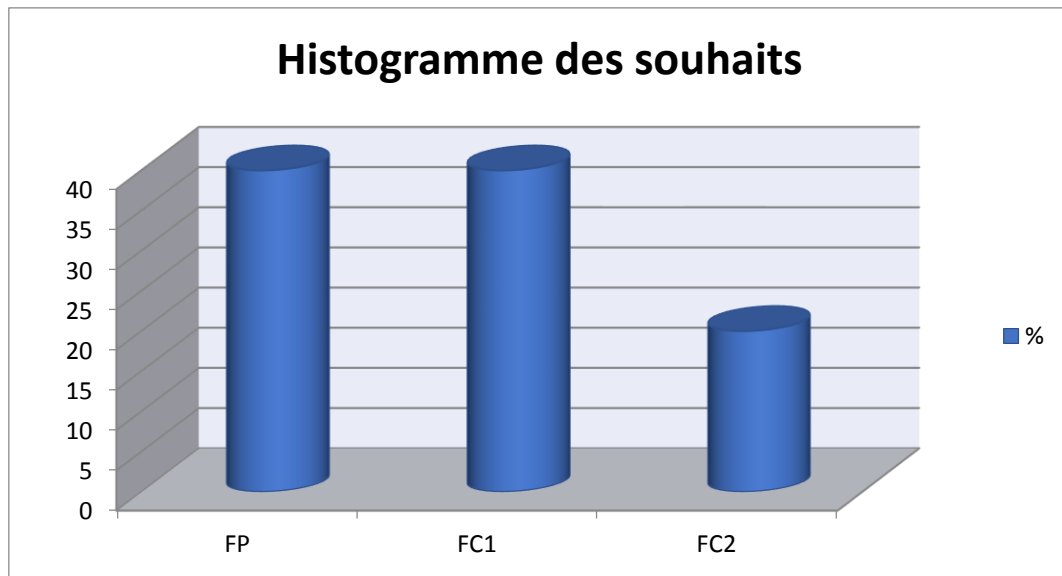
FP	Faciliter l'accès et l'intervention
FC1	Trouver les pièces de rechange facilement
FC2	Maintenir le système sans difficultés

Hiérarchisation des fonctions de service

FP	FC1	FC2	Points	%
FP	FC1 : 2	FP : 2	2	40
	FC1	FC2 : 1	2	40
		FC2	1	20
		Total	5	100

Tableau de la hiérarchisation des fonctions de service de la séquence hors utilisation

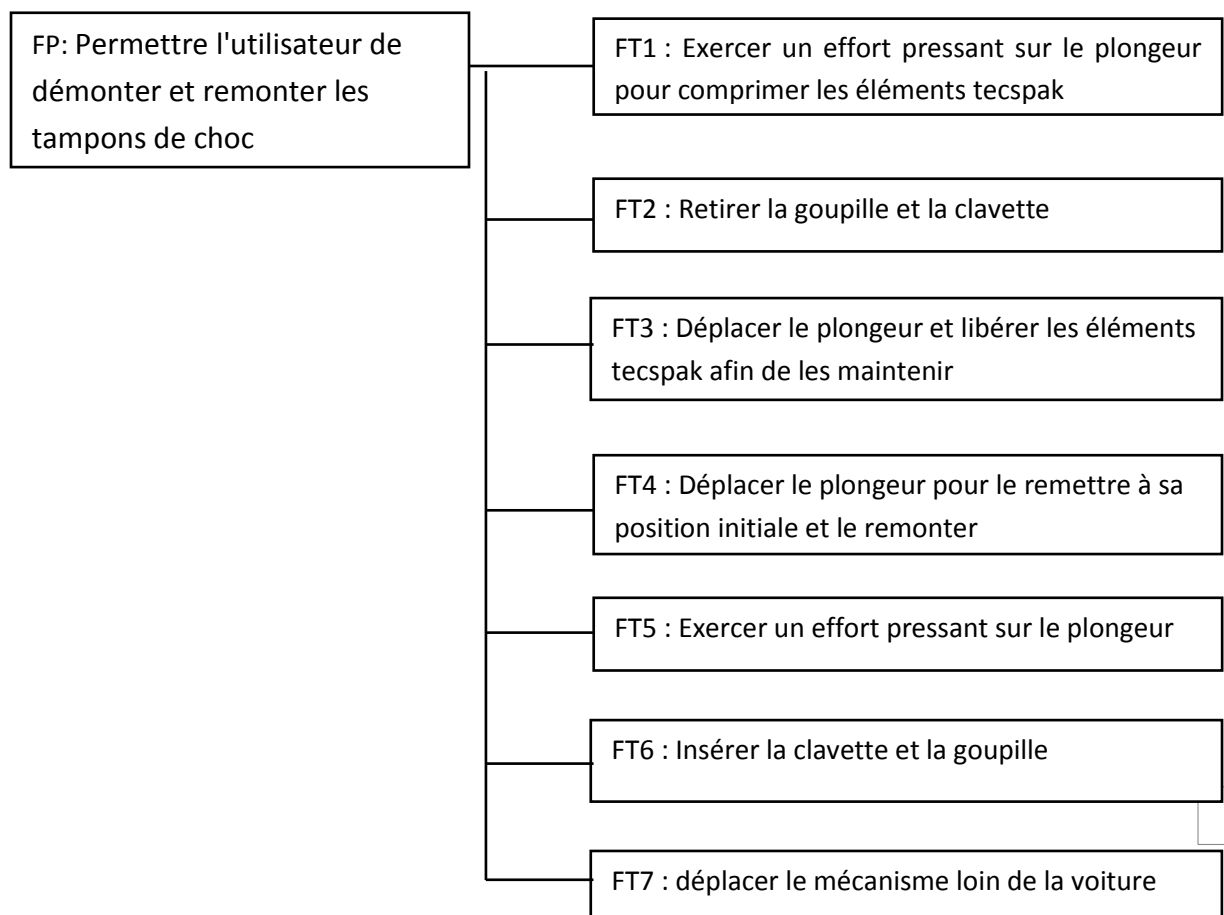
On propose de présenter le résultat de la hiérarchisation des fonctions de service sous la forme d'un histogramme des souhaits :



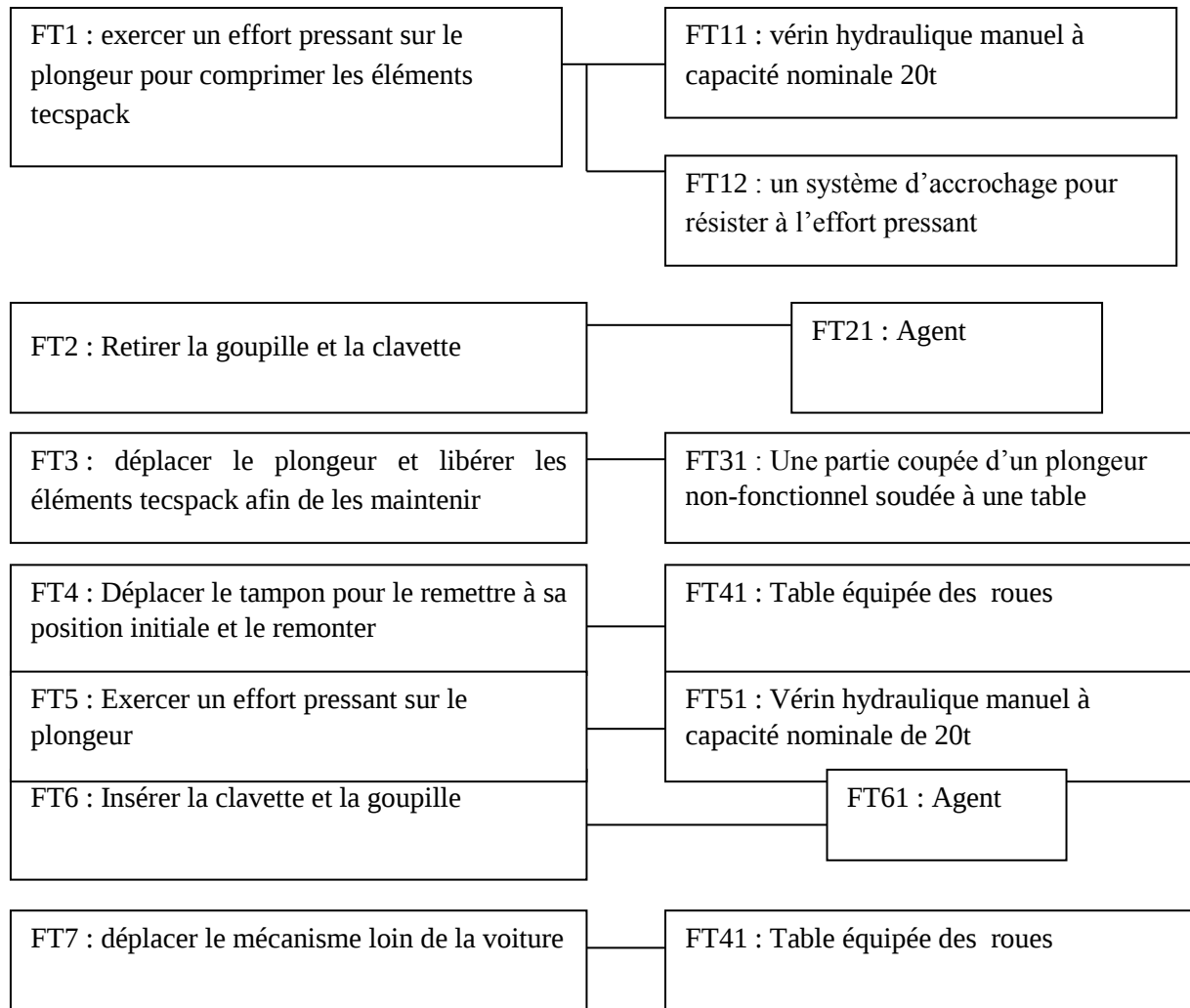
VI. Analyse fonctionnelle technique

Après la réalisation de cahier de charge fonctionnel, on doit chercher les solutions techniques qui satisfont les fonctions de service et s'assurer que le produit possède la qualité souhaitée par l'utilisateur. Pour trouver le maximum de solutions, il est nécessaire de procéder à une recherche progressive et descendante des fonctions techniques à partir de chacune des fonctions de service. L'outil permettant de réaliser cet enchainement est le diagramme FAST créatif.

A. Décomposition des fonctions de service en fonctions techniques:



Représentation de diagramme FAST créatif :



LA SOLUTION PROPOSEE

Nous avons proposé comme solution un mécanisme composé de:

- ✓ **Une table élévatrice mobile** : pour ajuster la hauteur voulue et déplacer le plongeur.
- ✓ **Un vérin hydraulique** : pour avoir la pression suffisante.
- ✓ **Les supports**: le premier pour le plongeur «c'est un demi plongeur usé » et le deuxième pour le vérin.
- ✓ **Une table logée** : pour l'adaptation aux différentes séries de voitures.

- ✓ **Un épaulement** : c'est le système d'accrochage de notre mécanisme avec la traverse du wagon. 'Réglable aux différentes séries de voitures.

1. Fonctionnement :

A-Pour le démontage :

Grâce au logement troué, on peut régler la table horizontalement selon le type de la voiture.

Le levé de la table se fait par un vérin afin d'avoir une liaison linéaire annulaire entre le plongeur et son support, on retire la goupille, puis on exerce une pression par le vérin sur le plateau du plongeur pour comprimer les éléments d'amortissement et avoir un jeu pour libérer facilement la clavette.

Après la libération de la clavette on retranche la goupille de l'épaulement et on tire la table dans le but de séparer le plongeur au boisseau à l'aide d'un petit épaulement soudé sur le support du plongeur.

B-Pour le remontage :

Après la maintenance des éléments d'amortissements, et en gardant la même position initiale du plongeur, puis on fixe l'épaulement par la goupille, ensuite on applique une force sur le plateau afin d'introduire la clavette.

2. Les avantages de ce mécanisme :

- facile à déplacer et simple à manipuler
- demande peu d'effort
- facilite la compression des plongeurs
- facilite le retrait et la mise en place des plongeurs
- plus sécurisé en vers les agents et les plongeurs
- adaptable aux différentes séries de voitures

CHAPITRE III : ETUDE THEORIQUE

I. Les caractéristiques du tampon de choc :

Le matériau du tampon de choc est l'acier de construction S355J2G3 de désignation 'EN 10027/AFNOR'.

- Parmi les particularités de cet acier de construction on trouve :
- Résistance aux chocs
 - Dureté
 - Résistance à la déformation
 - Mauvaise résistance à la corrosion

Avant de passer au calcul et au dimensionnement, il faut savoir la pression nécessaire pour comprimer les 6 éléments d'amortissement tecspack, pour cela on va faire un essai sur une presse hydraulique.

✓ On a trouvé comme résultat de compression : 150 bars.

II. Dimensionnement du vérin :

Un vérin se caractérise par le diamètre de la tige, sa course, et la pression qu'il est capable d'admettre.

On prend la pression maximale : 200 bars

$$P_{\max} * S_1 = P_s * S_2$$

$$S_1/S_2 = P_s/P_{\max} \rightarrow 150/200 = 0.75$$

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{D^2}{d^2} \rightarrow \frac{D^2}{d^2} = 0.75$$

$$\Rightarrow \frac{D}{d} = 0.86$$

On prend le diamètre de la tige : $\varnothing = 63\text{mm}$

$$\text{Puisque, } \frac{\varnothing_{\text{piston}}}{\varnothing_{\text{tige}}} = 0.86$$

$$\varnothing_{\text{piston}} = 63 * 0.86 = 54.18\text{mm}$$

La force nécessaire pour la compression des éléments tecspack :

$$F_t = P_s * S_{\text{tige}}$$

$$F_t = 150 * \frac{\pi}{4} * (63 \cdot 10^{-3})^2 * 10^5$$

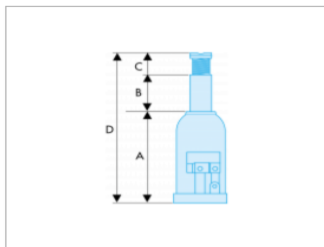
$$F_t = 46758,67 \text{ N}$$

→ La détermination de la course :

La course de 50mm est largement suffisante pour exercer la compression

L'établissement EMMRF nous a imposé d'utiliser un vérin qui existe déjà dans leur magasin.

C'est un cric hydraulique dont la pression de fonctionnement maximale est de



	A [MM]	B [MM]	C [MM]	D [MM]	CAPACITÉ D'HUILE [CM³]	TONNES [T]	[KG]
DL.20BT	270	160	-	430	62	20	13

200 bars.

L'effort nécessaire pour comprimer les éléments tecspack est :

$$F_t = P_t * S_t$$

Avec, F_t : effort compressant

P_t : pression de compression

S_t : section active des éléments tecspack

$$\rightarrow F_t = 150 * 10^5 * \frac{\pi}{4} * (59)^2 * 10^{-6} = 41 \text{ KN}$$

On doit exprimer la pression P que doit fournir le cric pour engendrer une force F_t afin de comprimer les éléments d'amortissement.

On considère l'effort pour déplacer le plongeur d'une masse m approximative de 90Kg

$$\rightarrow Pp = m * g$$

$$Pp = 90 * 9,81 = 882,9 \text{ N}$$

Pour l'effort total :

$$F = F_t + Pp = 41882,9N$$

Alors, l'équation d'équivalence vaut :

$$F = P * Sp$$

Avec, P : pression dans la chambre

Sp : section du piston

F : force pour la compression

$$\rightarrow P = \frac{F}{Sp}$$

$$\rightarrow P = \frac{41882,9}{\frac{\pi}{4} * (53 * 10^{-3})^2} = 1478.42 \text{ bars}$$

La capacité du cric hydraulique est de 20t donc, il est donc capable de soulever un poids de :

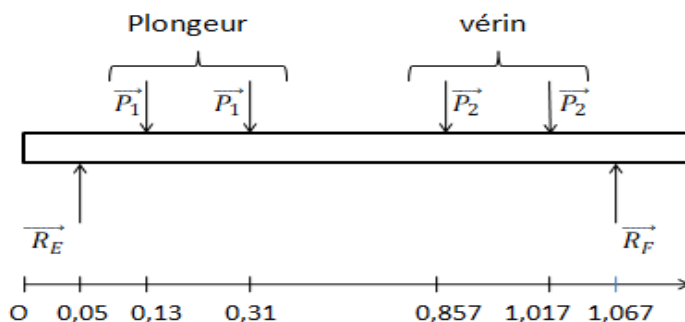
$$F_{cric} = 20 * 10^3 * 9.81 = 196\,200\,N$$

En comparant l'effort totale avec la capacité du cric, on tient que :

$$196\,200\,N > 41\,882,9N$$

➤ On conclut que le cric est convenable.

III. Le calcul du RDM (la résistance des matériaux):



On a :

$$P_1 = (Poids \text{ du plongeur} + Poids \text{ de son support})/4$$

$$P_1 = \frac{(90 * 9,81) + (27 * 9,81)}{4} = 286,9N$$

On a :

$$P_2 = (\text{Poids du vérin} + \text{Poids de son support})/4$$
$$P_2 = \frac{(13 * 9,81) + (12 * 9,81)}{4} = 61,31N$$

Calcul des réactions :

$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$

$$\vec{R}_E + \vec{P}_1 + \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{P}_2 + \vec{R}_F = \vec{0}$$

$$\vec{R}_E + \vec{R}_F + 2\vec{P}_2 + 2\vec{P}_1 = \vec{0}$$

$$R_E + R_F = 2P_1 + 2P_2$$

$$\sum \vec{M}_E = \vec{0}$$

$$\overrightarrow{EA} \wedge \vec{P}_1 + \overrightarrow{EB} \wedge \vec{P}_1 + \overrightarrow{EC} \wedge \vec{P}_2 + \overrightarrow{ED} \wedge \vec{P}_2 + \overrightarrow{EF} \wedge \vec{R}_F = \vec{0}$$

$$0.08\vec{i} \wedge (-P_1)\vec{j} + 0.26\vec{i} \wedge (-P_1)\vec{j} + 0.807\vec{i} \wedge (-P_2)\vec{j} + 0.967\vec{i} \wedge (-P_2)\vec{j} + 1.017\vec{i} \wedge \vec{R}_F = \vec{0}$$

$$-0,08 * 286,9 - 0,26 * 286,9 - 0,807 * 61,31 - 0,967 * 61,31 + 1,017 * R_F$$

$$= 0$$

$$1,017R_F = 206,3$$

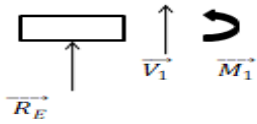
$$R_F = 203,4N$$

$$R_E = -R_F + 2P_1 + 2P_2$$

$$R_E = -203,4 + 2 * 286,9 + 2 * 61,31$$

$$R_E = 493,02N$$

III.1. La méthode des sections :



- $0,05 \leq x < 0,13$

$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$

$$\vec{R}_E + \vec{V}_1 = \vec{0}$$

$$\Rightarrow V_1 = -R_E$$

soit $V_1 = -493,02N$

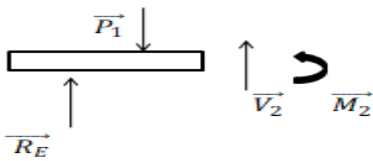
$$\sum \vec{M}_G = \vec{0}$$

$$\vec{M}_1 + \vec{GE} \wedge \vec{R}_E = \vec{0}$$

$$\vec{M}_1 - (x - OE)\vec{i} \wedge \vec{R}_E = \vec{0}$$

$$M_1 = (x - OE)R_E$$

- $0,13 \leq x < 0,31$



$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$

$$\vec{R}_E + \vec{V}_2 - \vec{P}_1 = \vec{0}$$

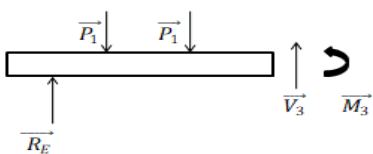
$$V_2 = -R_E + P_1$$

Alors $V_2 = -206,12N$

$$\sum \vec{M}_H = \vec{0}$$

$$\vec{M}_2 - (x - OE)\vec{i} \wedge \vec{R}_E - (x - OA)\vec{i} \wedge (-P_1)\vec{j} = \vec{0}$$

$$M_2 = (x - OE)R_E - (x - OA)P_1$$



- $0,31 \leq x < 0,857$

$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$

$$\vec{R}_E + \vec{V}_3 + 2\vec{P}_1 = \vec{0}$$

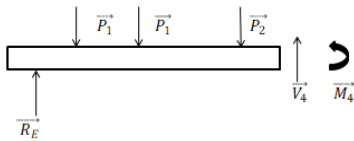
$$V_3 = -R_E + 2P_1$$

Alors $V_3 = 80,78N$

$$\sum \vec{M}_I = \vec{0}$$

$$\vec{M}_3 - (x - OE)\vec{i} \wedge \vec{R}_E - (x - OA)\vec{i} \wedge (-P_1)\vec{j} - (x - OB)\vec{i} \wedge (-P_1)\vec{j} = \vec{0}$$

$$M_3 = (x - OE)R_E - (x - OA)P_1 - (x - OB)P_1$$



• $0,857 \leq x < 1,017$

$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$

$$\vec{R}_E + \vec{V}_4 + 2\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \vec{0}$$

$$V_4 = -R_E + 2P_1 + P_2$$

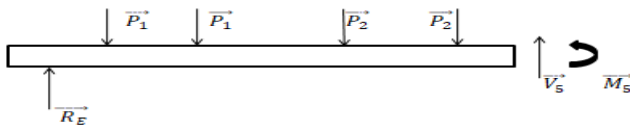
Alors $V_4 = 142,09N$

$$\sum \vec{M}_I = \vec{0}$$

$$\vec{M}_4 - (x - OE)\vec{i} \wedge \vec{R}_E - (x - OA)\vec{i} \wedge (-P_1)\vec{j} - (x - OB)\vec{i} \wedge (-P_1)\vec{j} - (x - OC)\vec{i} \wedge (-P_2)\vec{j} = \vec{0}$$

$$M_4 = (x - OE)R_E - (x - OA)P_1 - (x - OB)P_1 - (x - OC)P_2$$

• $1,017 \leq x < 1,06$



$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$

$$\vec{R}_E + \vec{V}_5 + 2\vec{P}_1 + 2\vec{P}_2 = \vec{0}$$

$$V_5 = -R_E + 2P_1 + 2P_2$$

Alors $V_5 = 203,4N$

$$\sum \vec{M}_I = \vec{0}$$

$$\vec{M}_5 - (x - OE)\vec{i} \wedge \vec{R}_E - (x - OA)\vec{i} \wedge (-P_1)\vec{j} - (x - OB)\vec{i} \wedge (-P_1)\vec{j} \\ - (x - OC)\vec{i} \wedge (-P_2)\vec{j} - (x - OD)\vec{i} \wedge (-P_2)\vec{j} = \vec{0}$$

$$M_5 = (x - OE)R_E - (x - OA)P_1 - (x - OB)P_1 - (x - OC)P_2 - (x - OD)P_2$$

III.2. Méthode de singularité

$$M(x) = < x - OE > R_E - < x - OA > P_1 - < x - OB > P_1 - < x - OC > - < x - OD > P_2$$

$$= 493.03 < x - 0.05 > - 286.9 < x - 0.13 > - 286.9 < x - 0.31 > - 61.31 < x - 0.857 > - 61.31 < x - 1.017 >$$

$$V(x) = -\frac{dM(x)}{dx} = -R_E + 2P_1 + 2P_2$$

Calcul de la pente et la flèche:

$$EI_z \frac{dv}{dx} = \int M_z dx + C1$$

$$EI_z \varphi(x) = \int M_z dx + C1$$

$$= \int [R_E < x - OE > - P_1 < x - OA > - P_1 < x - OB > - P_2 < x - OC > - P_2 < x - OD >] dx + C1$$

$$= \frac{R_E}{2} < x - OE >^2 - \frac{P_1}{2} < x - OA >^2 - \frac{P_1}{2} < x - OB >^2 - \frac{P_2}{2} < x - OC >^2 - \frac{P_2}{2} < x - OD >^2 + C1$$

$$= \frac{493.02}{2} < x - 0.05 >^2 - \frac{286.9}{2} < x - 0.13 >^2 - \frac{286.9}{2} < x - 0.31 >^2 - \frac{61.31}{2} < x - 0.857 >^2 - \frac{61.31}{2} < x - 1.017 >^2 + C1$$

$$= 246.51 < x - 0.05 >^2 - 143.45 < x - 0.13 >^2 - 143.45 < x - 0.31 >^2 - 30.65 < x - 0.857 >^2 - 30.65 < x - 1.017 >^2 + C1$$

$$EI_z v(x) = \int [\int M_z dx] dx + C1x + C2$$

$$= \frac{R_E}{6} < x - OE >^3 - \frac{P_1}{6} < x - OA >^3 - \frac{P_1}{6} < x - OB >^3 - \frac{P_2}{6} < x - OC >^3 - \frac{P_2}{6} < x - OD >^3 + C1x + C2$$



$$= 82.17 < x - 0.05 >^3 - 47.81 < x - 0.13 >^3 - 47.81 < x - 0.31 >^3 - 10.21 < x - 0.857 >^3 - 10.21 < x - 1.017 >^3 + C_1 x + C_2$$

Détermination des constantes C1 et C2 :

Les conditions limites :

$$V(0) = 0$$

Soit :

$$82.17(-0.05)^3 - 47.81(-0.13)^3 - 47.81(-0.31)^3 - 10.21(-0.857)^3 - 10.21(-1.017)^3 + C_1 * 0 + C_2 = 0$$

$$C_2 = -18,68$$

$$V(L) = 0$$

$$82.17 < 1,067 - 0.05 >^3 - 47.81 < 1,067 - 0.13 >^3 - 47.81 < 1,067 - 0.31 >^3 - 10.21 < 1,067 - 0.857 >^3 - 10.21 < 1,067 - 1.017 >^3 + C_1 * (1,067) + C_2 = 0$$

$$C_2 = -7,38$$

Calcul de la flèche maximale

$$V_{max} \varphi(x) = 0$$

$$246.51 < x - 0.05 >^2 - 143,45 < x - 0.13 >^2 - 143.45 < x - 0.31 >^2 - 30.65 < x - 0.857 >^2 - 30.65 < x - 1.017 >^2 + C_1 = 0$$

$$-101,69x^2 + 216,455x - 77,162 = 0$$

$$\Delta = (-216,455)^2 - 4(-101,69) * (-77,162) = 15466,35$$

$$x_1 = \frac{-216,455 + \sqrt{15466,35}}{2 * (-101,69)} = 0,4528m$$

$$x_2 = \frac{-216,455 - \sqrt{15466,35}}{2 * (-101,69)} = 1,67m$$

On va prendre $x_1 = 0,4528m$ car x_2 dépasse la longueur de la table.

Alors la flèche est maximale au point $0,4528m$

$$\bar{Y} = \frac{1}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4} (A_1 \bar{Y}_1 + A_2 \bar{Y}_2 + A_3 \bar{Y}_3 + A_5 \bar{Y}_5)$$

$$= \frac{1}{2(645 * 20) + 2(20 * 60) * 10} (2 * 20 * 60 * 50 + 645 * 20 * 90 + 645 * 20$$

$$I_{Z_{C1}} = I_{Z_{C4}}$$

$$I_{Z_{C3}} = I_{Z_{C2}} = \frac{bh^3}{12}$$

Moment quadratique:

$$\begin{aligned} I_{Z_c} &= \sum_1^4 \frac{1}{12} b_i h_i^3 + A_i (y_i - \bar{y})^2 \\ &= \frac{1}{6} b_1 h_1^3 + 2A_1 (y_1 - \bar{y})^2 + \frac{1}{6} b_2 h_2^3 + 2A_2 (y_2 - \bar{y})^2 \\ &= \frac{1}{6} 645 * 20^3 + 2 * 645 * 20 * (90 - 50)^2 + \frac{1}{6} 20 * 60^3 \\ &\quad + 2 * 60 * 20 * (50 - 50)^2 \\ &= 42860000 mm^4 \end{aligned}$$

$$I_{Z_c} = 4286 cm^4$$

Les contraintes maximales :

En $x = 0.31$

$$\begin{aligned} \sigma_{compression} &= \frac{-MY_{max}}{I_z} \\ &= \frac{-76.5432 * 0.04}{4286 * 10^{-8}} \\ &= -71435.55 Pa \\ \sigma_{tension} &= \frac{-MY_{min}}{I_z} \\ &= \frac{-76.5432 * (-0.04)}{4286 * 10^{-8}} \\ &= 71435.55 Pa \end{aligned}$$

En $x = 1.067 m$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{compression} &= \frac{-MY_{min}}{I_z} \\
 &= \frac{-0.54786 * (-0.04)}{4286 * 10^{-8}} \\
 &= 511.3019 \text{ Pa} \\
 \sigma_{tension} &= \frac{-MY_{max}}{I_z} \\
 &= \frac{-0.54786 * (0.04)}{4286 * 10^{-8}} \\
 &= -511.3019 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

On vérifie que :

$$\begin{aligned}
 \sigma_{max} &\leq R_{pe} \\
 \text{Avec } R_{pe} &= \frac{R_e}{S}
 \end{aligned}$$

S: le coefficient de sécurité

R_e : La limite élastique

Si on prend l'acier 45SCD6 dont $R_e = 1450 \text{ MPa}$

Dans le domaine du réseau ferroviaire le coefficient de sécurité est compris entre : 2.5 et 3.

Donc on prend : $S = 3$

Alors $\sigma_{max} \leq R_{pe}$

Calcul avec le logiciel RDM 6 :

Digramme des efforts tranchants

EFFORT TRANCHANT [N]

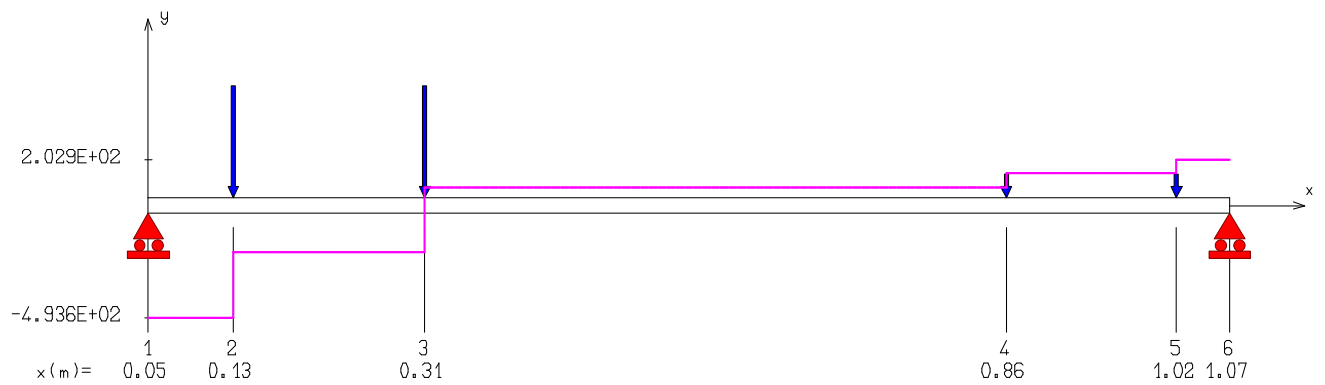


Diagramme des moments fléchissants :

MOMENT FLECHISSANT [N.m]

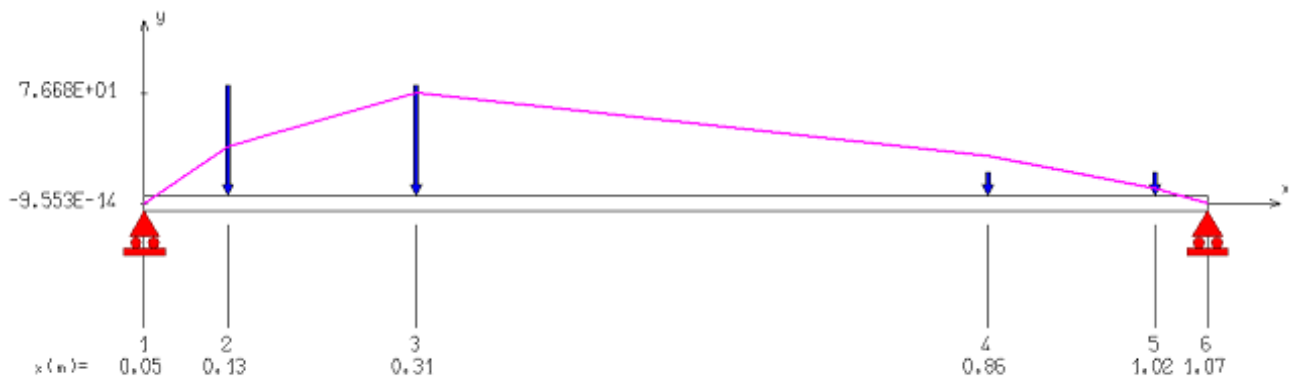


Diagramme de la flèche

FLECHE [m]

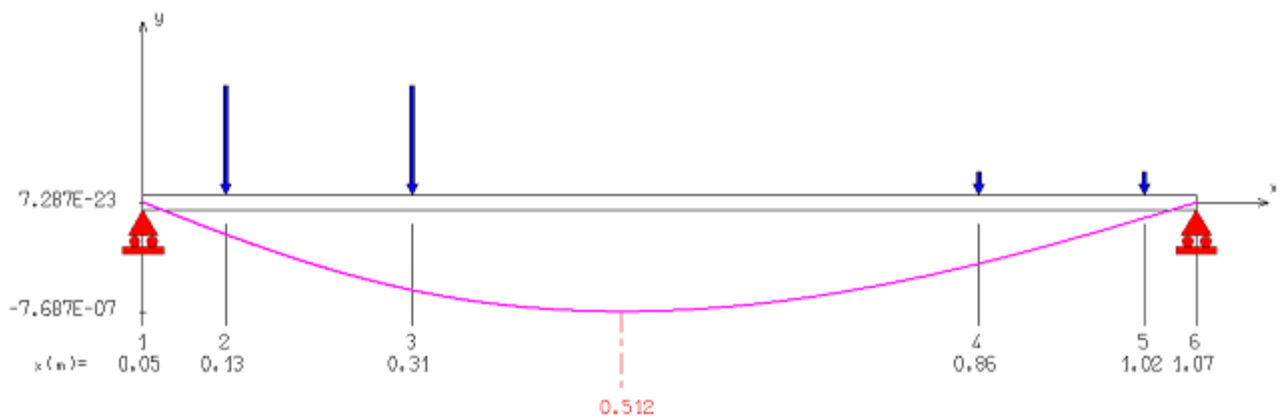


Diagramme des contraintes normales

CONTRAINTE NORMALE [MPa]

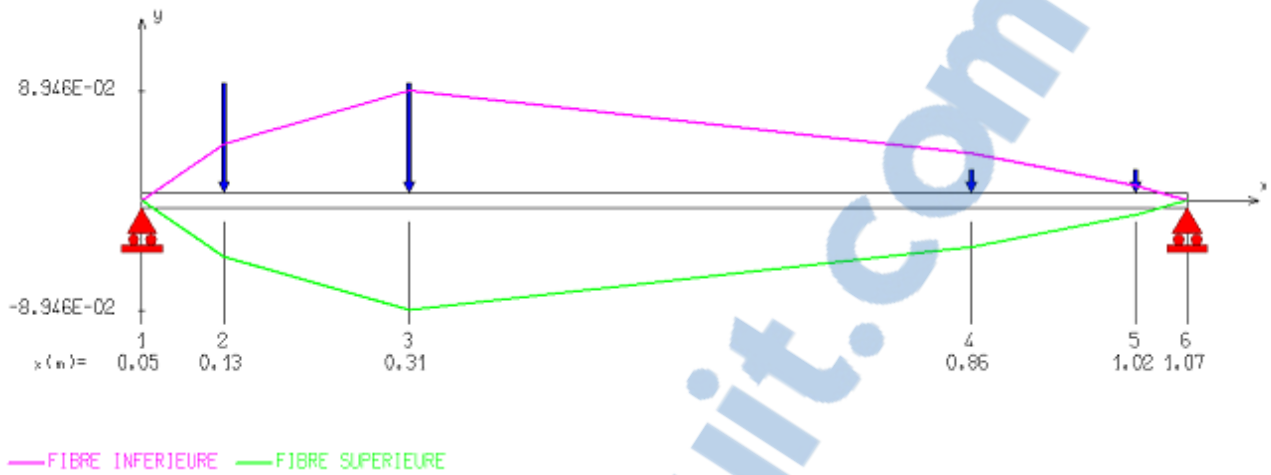
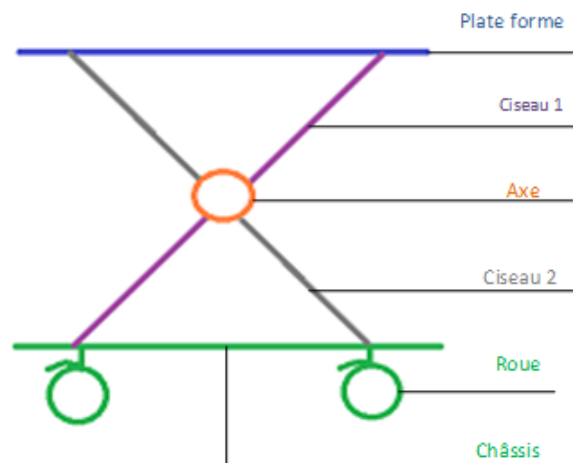


Diagramme de la pente

PENTE [radian]



IV. L'ETUDE TECHNOLOGIQUE :



IV.1. Les Classes d'équivalences :

Classe 1 : Plate forme, table, Epaulement, vérin _ tampon

Classe 2 : Ciseau 1

Classe 3 : Ciseau 2

Classe 4 : Châssis, Roues

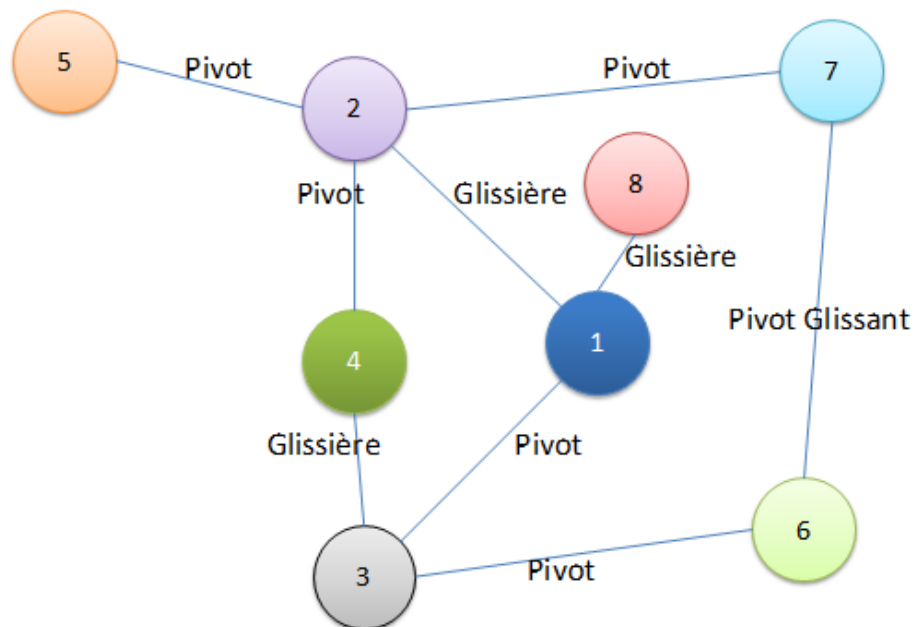
Classe 5 : Axe

Classe 6 : Vérin _ Table

Classe 7 : Tige _ vérin _ table, Piston _ vérin _ table

Classe 8 : Tige _ vérin _ tampon, Piston _ vérin _ tampon

IV.2. Le graphe des liaisons :



Dans notre mécanisme existe une partie verrouillable :

Les classes d'équivalences :

Classe 1 : Table «Bati »

Classe 2 :Le système d'accrochage

Graphe des liaisons :

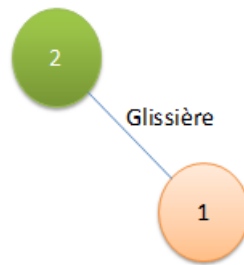
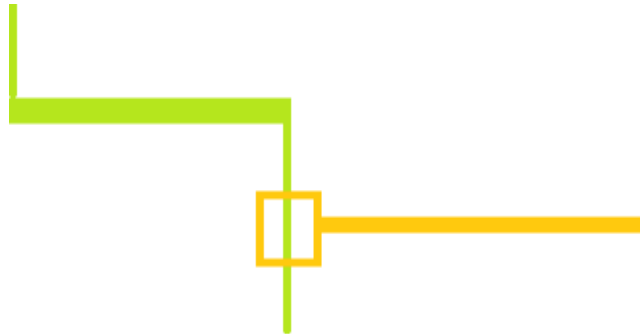
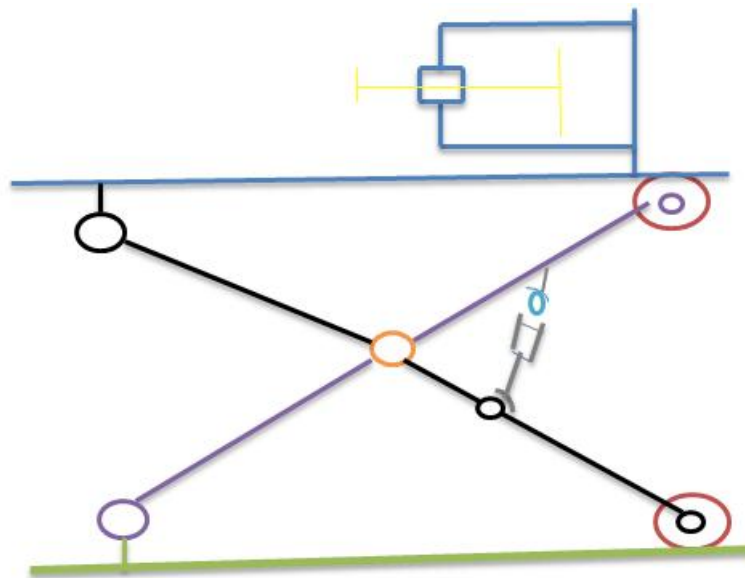


Schéma cinématique :



IV.1. Le schéma cinématique du mécanisme:



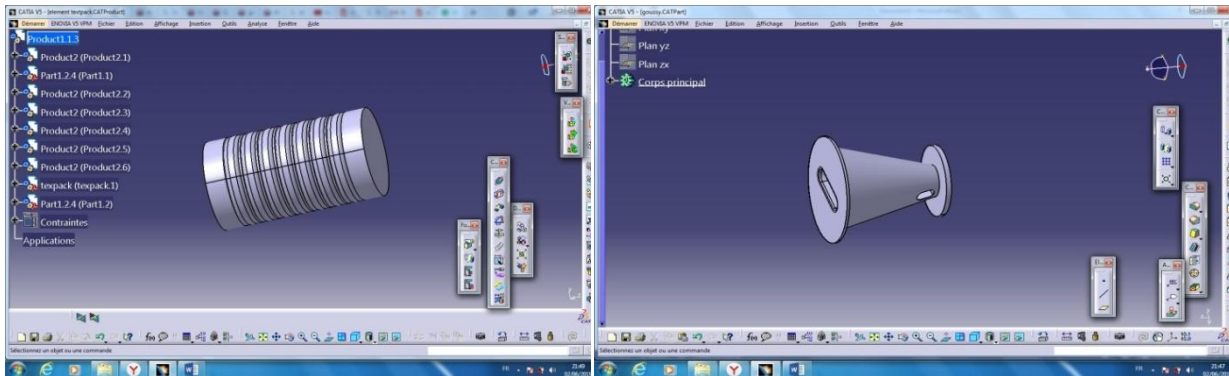
CHAPITRE IV :
Conception du système à l'aide du
logiciel CATIA

CATIA : « Conception Assistée Tridimensionnelle Interactive Appliquée » est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO)

I. la conception du tampon de choc et ses composants:

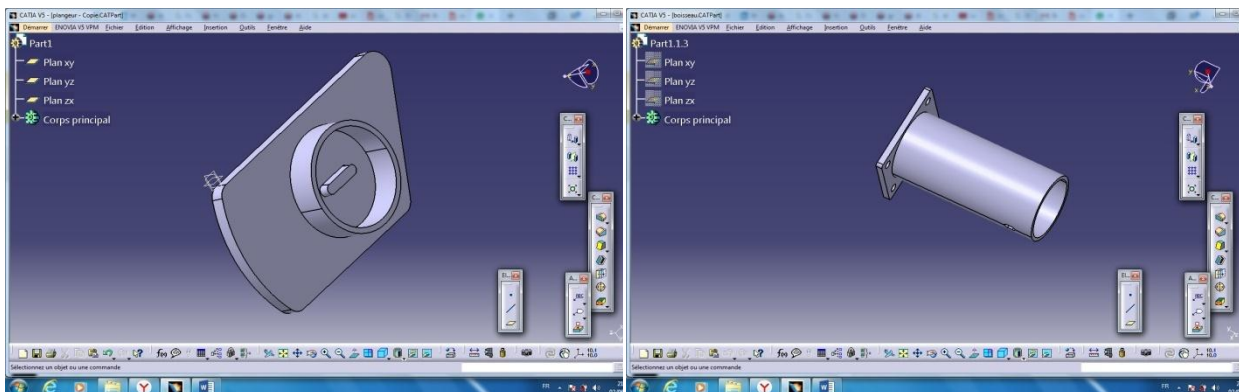
les éléments tespacks

Gousseille



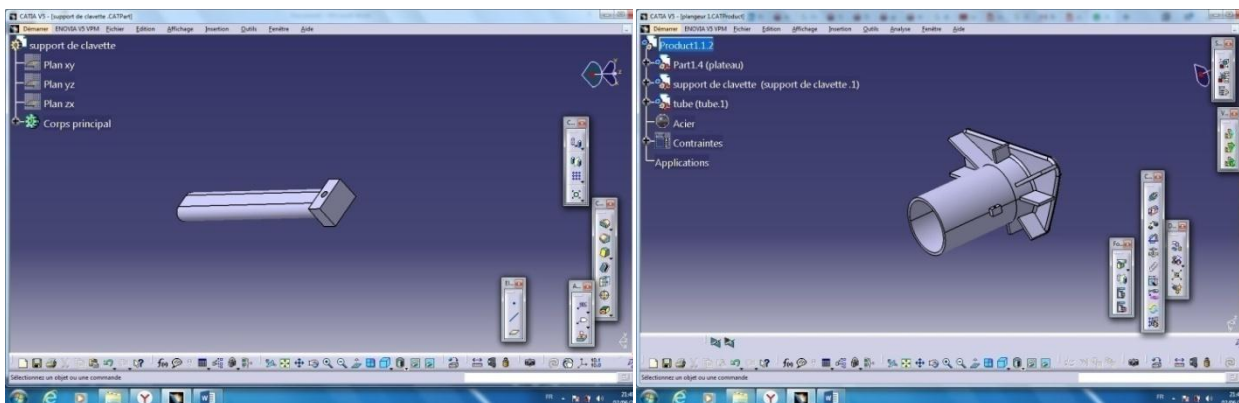
le plateau du plongeur

le boisseau

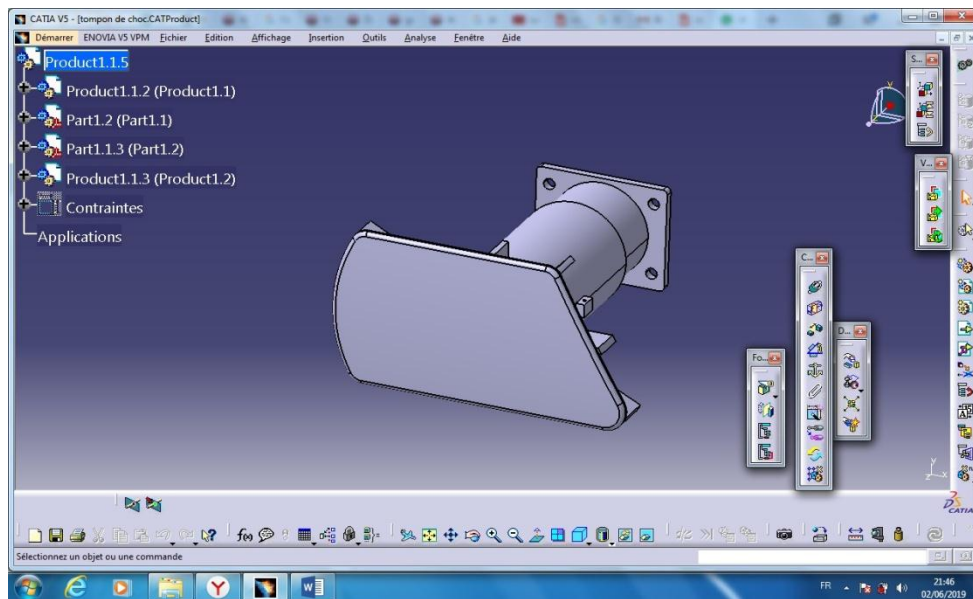


la cavette :

le plongeur



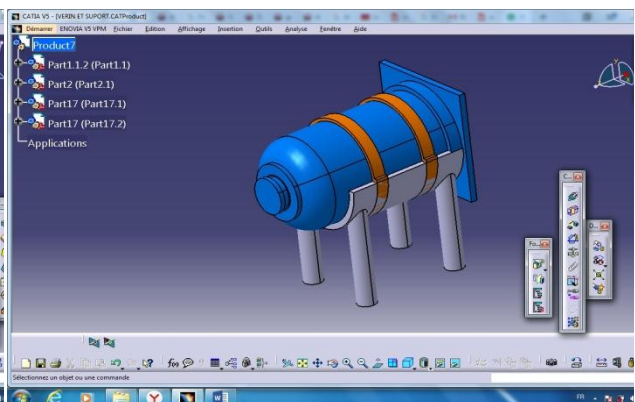
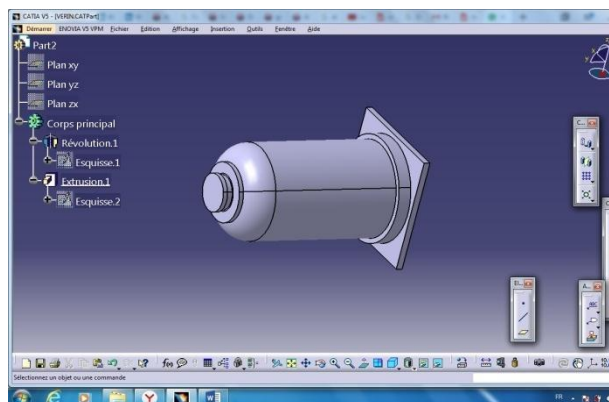
le tampon de choc :



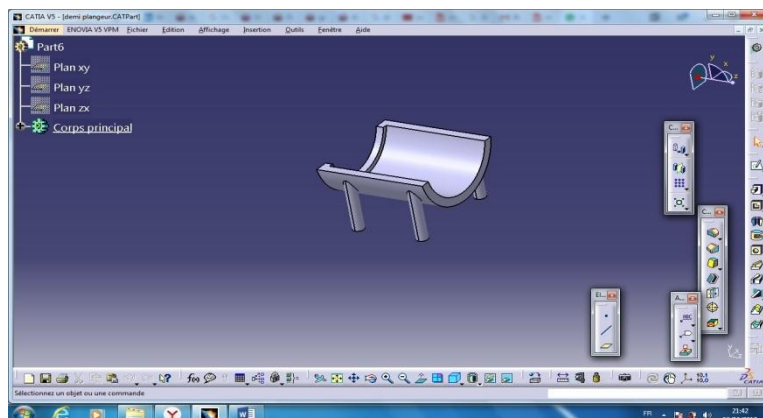
II. La conception des éléments du mécanisme :

Le vérin

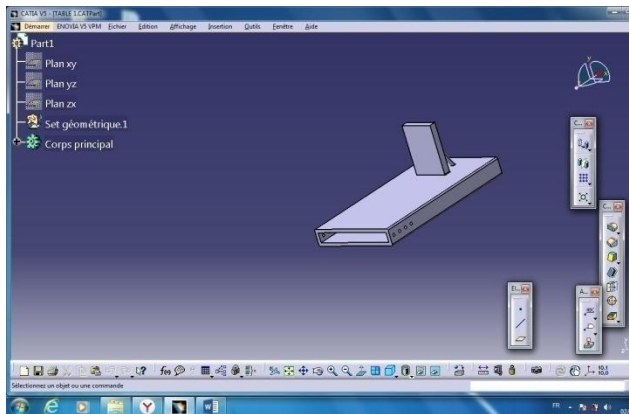
le vérin et son support



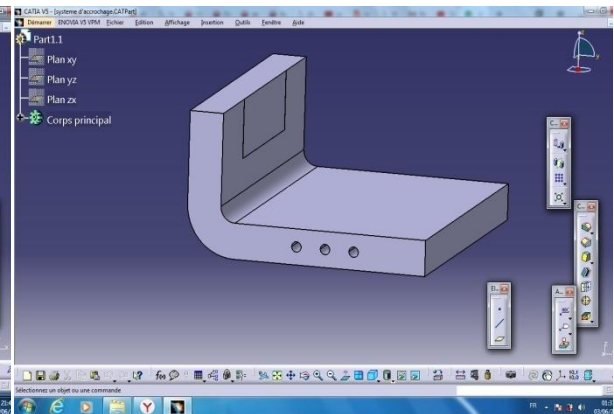
le support du tampon



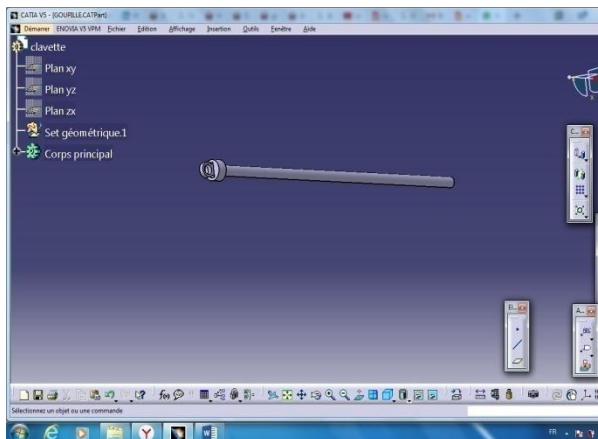
le plate forme



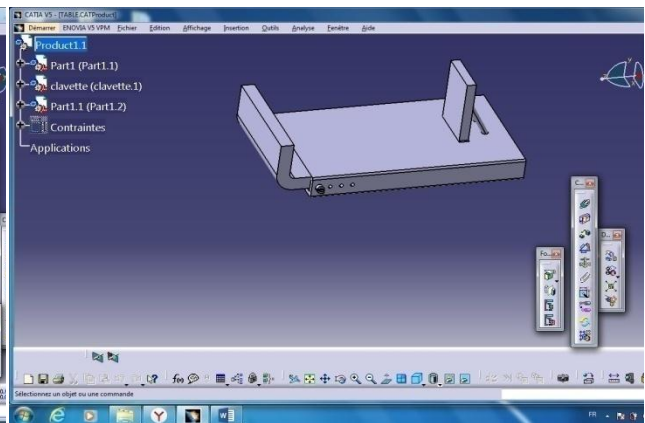
Le système d'accrochage



la goupille de fixation

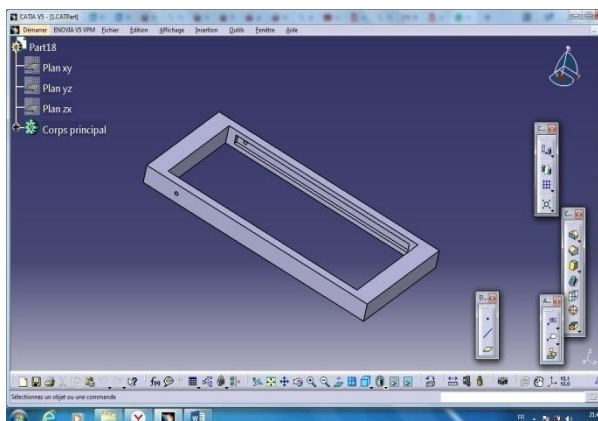


la partie supérieure du mécanisme

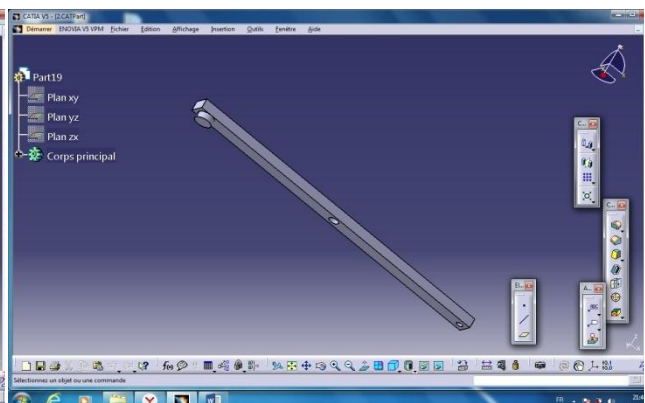


III. La conception de la table élévatrice :

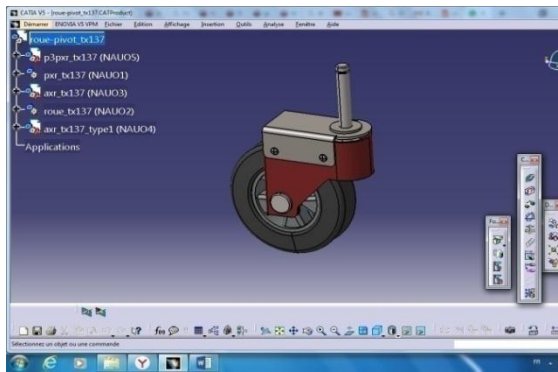
Le support des ciseaux



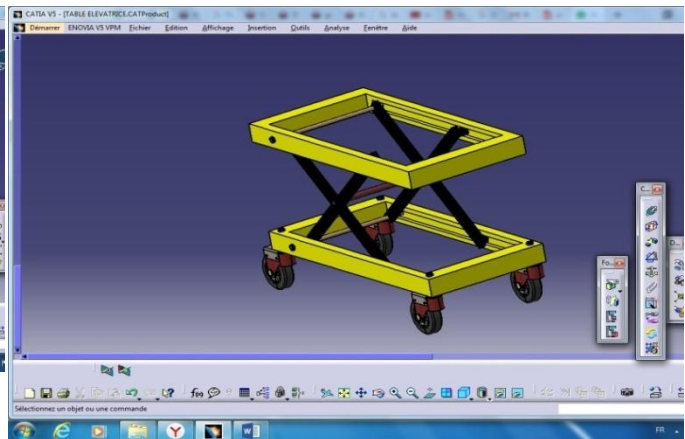
Le ciseau



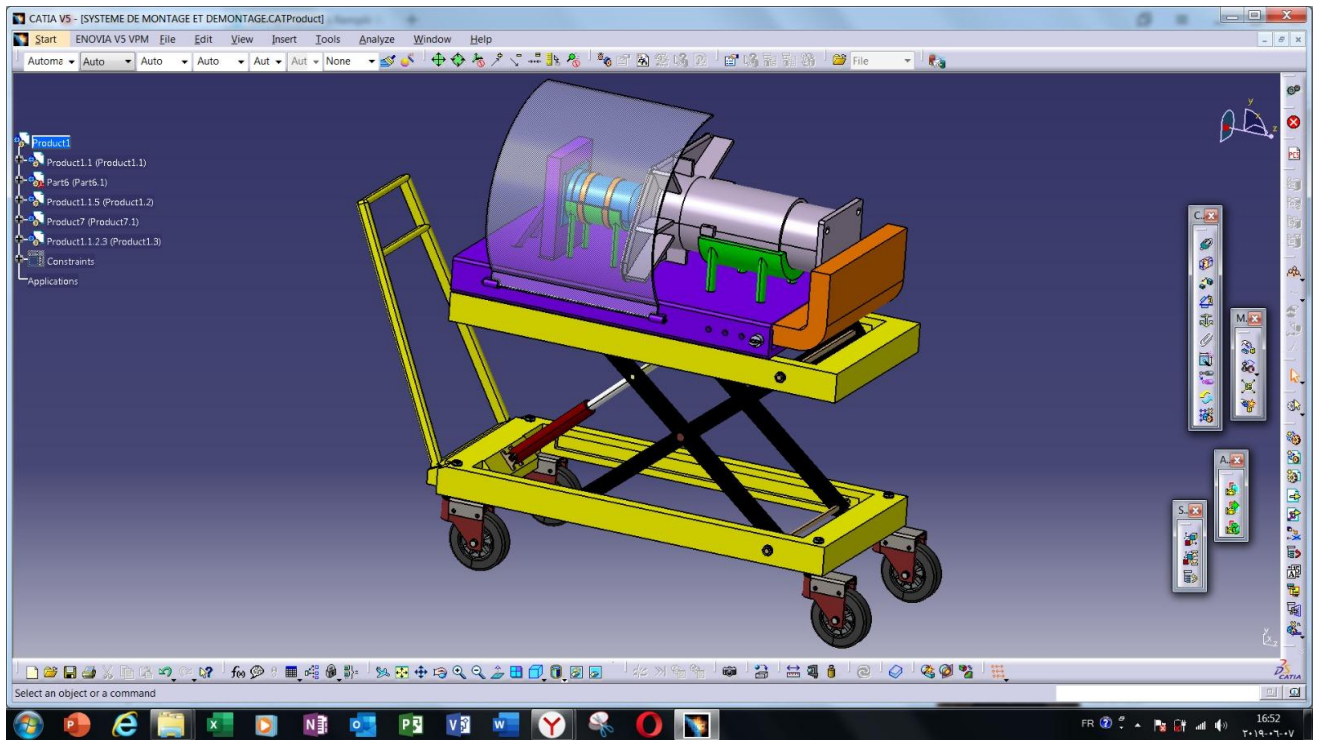
la roue



la table elevatrice



IV. Le mécanisme final :



Conclusion générale

En guise de conclusion, nous sommes satisfaites de ce projet de fin d'étude puisque nous avons atteint notre objectif.

En effet ce PFE nous a permis d'acquérir et d'apprendre à maîtriser les outils mécaniques utilisés pour la conception et le dimensionnement d'une table soumise à des charges ponctuelles.

La partie théorique a été effectuée par un calcul RDM. Ce calcul théorique a été comparé à une étude numérique par utilisation du logiciel RDM6. Les deux résultats reflètent une bonne concordance. Tandis que la conception de notre mécanisme a été effectuée à l'aide du logiciel CATIA V5.

Nous pouvons résumer nos interventions comme suit :

- Analyse fonctionnelle «diagramme technique et pieuvre ».
- Solution proposée qui est basée sur le diagramme FAST : «mécanisme économique avec un vérin pour comprimer les éléments de choc ».
- Etude et conception assisté par ordinateur 'logiciel CATIA V5'.

Nous sommes convaincues que le travail élaboré n'est qu'une étape primaire aussi bien pour des études plus approfondies.

Bibliographie

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

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

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

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Tampon_\(chemin_de_fer\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Tampon_(chemin_de_fer))

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

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