

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA
FACULTÉ DE LA TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE



MEMOIRE

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER

FILIÈRE : GÉNIE MÉCANIQUE

SPÉCIALITÉ : CONCEPTION MÉCANIQUE ET PRODUCTIQUE

Thème

*Etude et conception d'une table élévatrice hydraulique à
simples ciseaux*

PROPOSÉ PAR : BOUTAANI. M.SAID

RÉALISÉ PAR :

ZEDDAM Mohamed Aymane

EXAMINÉ PAR :

PRÉSIDENT : M^R HADDAR

EXAMINATRICE : M^{ELLE} HIMED

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2016-2017

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À la mémoire de mes grands parents

*Aux plus belles personnes sur terre que Dieu a créé : **mes parents** :*

- ***Ma mère** : la source de patience, générosité et de tendresse, qui a été non seulement une maman mais même une des enseignantes dans mon parcours d'étude.*
- ***Mon père** : qui lui aussi a contribué dans mon parcours, il s'est toujours montré présent pour nous orienter et nous donner ses précieux conseils.*

Tous les remerciements ne pourront être efficaces pour montrer ma gratitude vers eux. Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde gratitude.

*À mes grands frères **Amine** et **Djamel**.*

*À mes sœurs, **Amina** et **Imane**.*

À toute ma famille.

À tous mes amis et collègues

À tous les étudiants de la promotion 2016/2017

Option : Conception Mécanique et Productique

À tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer

Remerciements

*Je tiens à remercier tout d'abord mon encadreur Monsieur, **BOUTAANI MOHAND SAID**, pour sa patience, et surtout pour sa confiance, ses remarques et ses conseils, sa disponibilité et sa bienveillance.*

Je voudrais également remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour toutes leurs remarques et critiques, ainsi que le personnel et les enseignants du département de Génie Mécanique à l'université de BEJAIA, qui ont contribué à ma formation.

Je tiens aussi à remercier mon ami l'étudiant BOUAFIA BOUALEM, qui m'a aidé à la réalisation de la maquette

A tous mes enseignants qui m'ont initié aux valeurs authentiques, en signe d'un profond respect !!!

Merci à vous tous...

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre 1

1. Généralités sur la manutention	3
1.1 Définition de la manutention	3
1.2. Les types de Manutention.....	3
1.3. Les appareils de manutention	5
1.4. Avantages, conséquences et conseils d'utilisation des systèmes de manutention :	6
1.4.1. Les avantage	6
1.4.2. Les conséquences	7
1.4.3. Conseils sécuritaires	7
1.5. Le bon choix de la manutention	8
2. Généralités sur les tables élévatrices	8
2.1. Définition des tables élévatrices :	8
2.2. Utilisation des tables élévatrices :	8
2.3. Les types de tables élévatrices :	9
2.4. Description des éléments standards constituant la table élévatrice.....	11
2.4.1. Le châssis de base ou le bâti.....	12
2.4.2. Le plateau ou la plateforme	12
2.4.3. Les ciseaux	12
2.4.4. La motorisation pour le plateau.....	13
3. Généralités sur les installations hydrauliques.....	14
3.1. Généralités sur les vérins.....	15
3.1.1. Définition de vérin.....	15
3.1.2. Types de vérins.....	15
3.1.3. Dimensionnement et choix de vérins.....	16
3.2.1. Types des pompes hydrauliques volumétriques	22
3.2.2. Les caractéristiques générales d'une pompe	24
3.3. Le réservoir.....	26

Chapitre 2

1. Etude fonctionnelle de la table élévatrice.....	27
1.1. Analyse du besoin de la table élévatrice.....	27
1.1.1. Saisir le besoin.....	27

1.1.2. Enoncer le besoin	27
1.2. Analyse fonctionnelle du besoin de la table élévatrice.....	28
1.3. Analyse fonctionnelle technique (interne) de la table élévatrice.....	30
1.3.1. Analyse fonctionnelle descendante SADT Niveau A-0	30
1.3.2. Diagramme FAST	30
2..Proposition des solutions.....	32
2.1. Table élévatrice fixe avec système vis écrou.....	32
2.2. Table élévatrice mobile à système vis écrou	33
2.3. Table élévatrice mobile avec un vérin et plateforme glissante.....	35
3. Choix de la table et ses éléments pour le projet	36
4. Cahier de charge	37

Chapitre 3

1. Etude cinématique de la table.....	39
1.2. Schéma cinématique 2D de la table à étudier.....	39
1.2. Graphe et tableau des liaisons	40
1.3. Objectif de l'étude cinématique de la table élévatrice.....	41
2. Dimensionnement de la table	41
2.1. Détermination des longueurs et angles.....	41
2.1.1. Détermination des longueurs et angles à la position maximale.....	42
2.1.2. Détermination des longueurs et angles à la position basse.....	44
2.1.3. Détermination de la course du vérin.....	44
2.2. Dimensionnement hydraulique :.....	45
2.2.1. Dimensionnement du vérin.....	45
2.2.2. Dimensionnement de la pompe	51
2.3. Dimensionnement mécanique des éléments de la table.....	52
2.3.1. Dimensionnement de la plateforme de la table	53
2.3.2. Dimensionnement des bras du ciseau :.....	56
2.3.3. Calcul du diamètre des tiges de fixation du vérin	59
2.3.4. Calcul du diamètre de l'axe d'articulation du ciseau.....	60

Chapitre 4

4.1. Maquette 3D des éléments de la table et analyse par élément fini (simulation).....	63
4.1.1. La plateforme de la table	63
4.1.2. Le châssis de la table	65
4.1.3. Le système pivot (ciseaux)	67
4.1.4. Système hydraulique (vérin).....	70

4.2. Présentation de la maquette 3D	72
4.3. Dessin d'ensemble de la table élévatrice et Mises en plans des éléments essentiels.....	73
Conclusion.....	75

Chapitre 1

Liste des figures :

Figure 1.1 : Exemple d'une table élévatrice à colonne.....	9
Figure 1.2: Table élévatrice à simple ciseau.....	11
Figure 1.3 : schéma du rôle d'un vérin.....	14
Figure 1.4 : Les dimensions d'un vérin	15
Figure 1.5 : Piston.....	16
Figure 1.6 : Schéma des efforts et dimensions d'un piston.....	17
Figure 1.7 : Schéma sur le flambement d'une tige de vérin.....	17
Figure 1.8 : Nomogramme pour le flambement.....	19
Figure 1.9 : Schéma sur l'effort radial sur la tige d'un piston.....	20
Figure 1.10 : Nomogramme pour les efforts radiaux	20
Figure 1.11 : pompe à engrenage interne	21
Figure 1.12 : Pompe à engrenage externe	22
Figure 1.13 : Constitution d'un réservoir	25

Liste des tableaux :

Table 1.1 : Appareils de manutention.....	6
Table 1.2 : Types des tables élévatrices	10
Table 1.3 : Les types de profilés.....	12
Table 1.4 : Les Vérins simples et doubles effets.....	15
Table 1.5 : Facteur de course d'un vérin.....	19

Chapitre 2

Liste des figures :

Figure 2.1 : Bête à cornes de la table élévatrice hydraulique.....	28
Figure 2.2 : Diagramme pieuvre.....	29
Figure 2.3 : Boite SADT Niveau A-0	30
Figure 2.4 : Diagramme FAST des solutions.....	31
Figure 2.5 : schéma simple de la première solution.....	32
Figure 2.6 : schéma simple de la deuxième solution.....	34
Figure 2.7 : schéma simple de la troisième solution.....	35

Liste des tableaux :

Table 2.1 : Table des questions	27
Table 2.2 : Fonctions de services	29

Chapitre 3

Liste des figures :

Figure 3.1 : Schéma cinématique de la table.....	39
Figure 3.2 : Graphe de liaison de la table.....	40
Figure 3.3 : Les positions de la table.....	41
Figure 3.4 : position haute de la table.....	43
Figure 3.5 : position basse de la table.....	44
Figure 3.6 : schéma d'une charge sur la table.....	45
Figure 3.7 : Mini Centrale hydraulique COMEO.....	51
Figure 3.8 : Schéma de montage d'une mini centrale hydraulique COMEO.....	52
Figure 3.9 : Plateforme de la table.....	53

Figure 3.10 : Schéma simple du Positionnement des cordons de soudure sur une traverse.....	55
Figure 3.11 : Le bras du ciseau.....	57
Figure 3.12 : effort sur le ciseau en position critique.....	59
Figure 3.13 : tiges de fixation du vérin.....	59
Figure 3.14 : vue de coupe SolidWorks de la vis d'articulation entre les ciseaux.....	60

Liste des tableaux :

Table 3.1 : Table de liaisons.....	40
Table e 3.2 : Calculs Euro-code de β_w et γ_{Mw}	56

Chapitre 4

Liste des figures :

Figure 4.1 : modèle 3D de la plateforme de la table.....	64
Figure 4.2 : contraintes de la plateforme de la table.....	64
Figure 4.3 : Facteurs de sécurité de la plateforme de la table.....	65
Figure 4.4 : modèle 3D du châssis de la table.....	66
Figure 4.5 : contraintes sur le châssis de la table.....	67
Figure 4.6 : Facteurs de sécurité du châssis de la table.....	67
Figure 4.7 : modèle 3D du profilé du ciseau	68
Figure 4.8 : modèle 3D des ciseaux.....	68
Figure 4.9 : Contraintes sur les ciseaux.....	69
Figure 4.10 : Facteurs de sécurité des ciseaux.....	70

Figure 4.11 : Vérin hydraulique.....	70
Figure 4.12 : Distribution des contraintes sur la tige du vérin.....	71
Figure 4.13 : Facteurs de sécurité dans la tige du vérin.....	71
Figure 4.14 : Déplacement de la tige du vérin.....	72
Figure 4.15 : modèle 3D de la table assemblée.....	72
Figure 4.16 : Vue SolidWorks PhotoView 360 de la conception de la table.....	73

Introduction

générale

Introduction générale :

En mécanique, on appelle les systèmes de manutention tous les appareils et machines qui possèdent des mécanismes ou des techniques pour effectuer les déplacements des charges, objets et mêmes des personnes.

Jusqu'à présent, l'homme ne cesse de développer de nouveaux appareils pour effectuer la manutention, venant de l'exemple des palans depuis les temps anciens jusqu'à arriver aux systèmes automatisés de nos jours.

D'abord on veut présenter le projet de manière générale. On fera une étude sur le dimensionnement des éléments constituant une table élévatrice et une simulation avec le logiciel SolidWorks.

Après la présentation de la problématique, ce rapport sera réparti en deux parties, chaque partie est divisée en deux chapitres. En ce qui concerne la première, on présentera dans son premier chapitre des généralités sur les systèmes de manutention et les tables élévatrices qui nous orienteront vers le but du projet et le choix de la table élévatrice comme sujet d'étude. Ensuite un deuxième chapitre dans lequel on va faire une étude fonctionnelle pour proposer des solutions à la problématique et enfin définir le cahier de charge, ce chapitre nous présentera des informations importantes pour le choix des éléments de la table qui sera proposée.

Pour la deuxième partie de notre travail qui contient elle aussi deux chapitres, un premier dans lequel on va effectuer le dimensionnement de la table et des éléments qui la constituent. Les vérifications des résultats de ce dernier, seront présentées dans le dernier chapitre de simulation à l'aide du logiciel SolidWorks 2014 et qui abordera aussi la présentation du travail final maquette et dessin d'ensemble.

Notons qu'il est important de bien comprendre cette partie puisque la procédure de fabrication en dépend.

Finalement, une conclusion à la fin du rapport présentera les recommandations et les aspects du projet. Le lecteur sera informé sur les documents techniques du projet et sur les dessins techniques des éléments constituant la table élévatrice qu'on concevra

Problématique :

Dans presque tous les secteurs d'activité les entreprises se trouvent dans l'obligation de gérer leurs propres problèmes liés aux conditions difficiles dans lesquelles les objets à déplacé se trouvent, ce problème se manifeste d'une façon très grande dans l'industrie vue l'importance du poids des pièces et la cadence du travail. Par exemple, lorsque le travail atteint son plein rythme dans un atelier de mécanique les ouvriers n'ont pas de temps à gérer leurs propres travail et à déplacer des pièces toutes autour d'eux.



Atelier de mécanique

Cette opération de déplacer ces pièces ou objets étant des charges s'appelle la manutention, plusieurs systèmes ont été créés par l'homme pour effectuer cette tâche. Et on voudrait concevoir l'un de ces mécanismes pour l'atelier de l'université.

Quel est le moyen ou le système le plus adéquat pour une utilisation au hall de l'université pour effectuer cette tâche ?

Comment le concevoir ?

Comment le fabriquer ?

L'université de Bejaia possède un hall de technologie, disposant de machines d'usinages destiné à la pratique, ce qui amène obligatoirement à entretenir, déplacer et même soulever des charges pouvant être des appareils ou même des pièces avec un poids important.

On a remarqué que les travailleurs n'utilisent pas de mécanismes pour cette tâche ce qui la rends plus difficile et mauvaise à leurs santé, et dans les cas où le poids est important ils utilisent une potence à câble, ils ont du mal à garder l'équilibre des charges déplacés lors de grandes distances.



Hall de Technologie

Plusieurs solutions existent, mais suite au manque de moyens et de temps, la seule solution qui semble praticable est la réalisation d'une table élévatrice. Les professeurs, les étudiants et les travailleurs au sein du hall peuvent l'utilisée.

Notre projet repose sur le dimensionnement et la conception d'une table élévatrice mobile, utile pour le hall de technologie, qui s'adapte aux moyens fournis, à l'espace et à l'aide qu'elle fournira pour les déplacements de charges par les enseignants, les travailleurs et les étudiants.

Chapitre 1

Cette recherche, sur les solutions existantes de système de manutention servira à justifier le projet en cours : de conception d'une table élévatrice. En effet, Il ne serait pas convenable de concevoir une table élévatrice à ciseaux déjà existante. Plusieurs types de tables existantes seront ainsi présentés dans cette section. Alors, il sera possible d'apprendre où se les procurer, leurs fonctionnent, leurs désavantages et la façon dont la nouvelle table élévatrice cherchera à régler ces problèmes.

Ce premier chapitre sera présenté dans trois parties :

- ➡ La première partie présente des généralités et aborde une approche sur les différents systèmes de manutention.
- ➡ La seconde partie présente les types de tables élévatrices.
- ➡ Finalement une dernière partie sur les installations hydrauliques.

1. Généralités sur la manutention : [1]

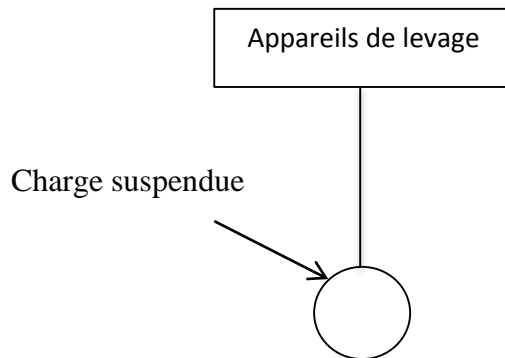
1.1. Définition de la manutention :

Un système de manutention est un mécanisme qui permet de déplacer une charge dans n'importe quel parcours désiré par l'utilisateur. Ainsi donc, avoir un système de manutention adéquat à l'environnement ou à l'entreprise permet de gagné du temps. Ils sont très importants et très utiles.

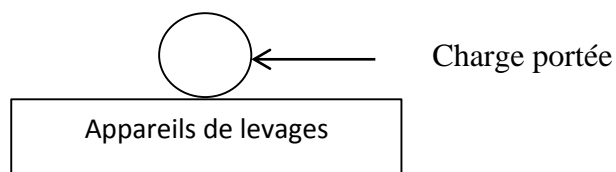
1.2. Les types de Manutention

Les systèmes de manutention peuvent être classés selon les matériels utilisés selon trois classes principales :

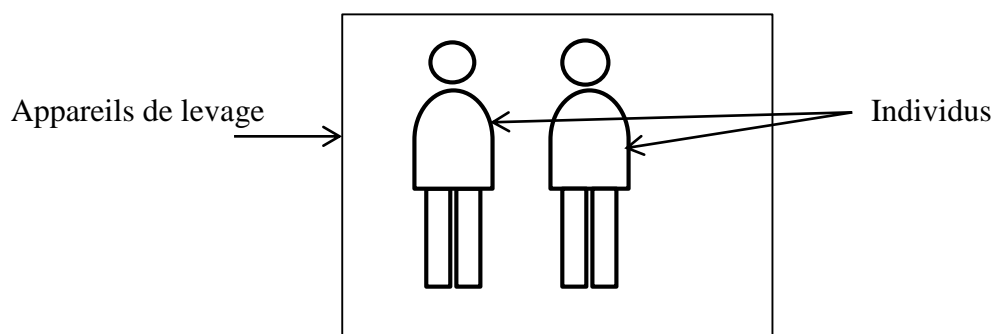
Déplacement suspendu : comme exemples des ponts roulants ; ponts portiques et semi-portiques ; grues sur portiques ; grues à tour; grues repliables; grues mobiles ; grues auxiliaires sur camion, potences fixes ou mobiles d'atelier, palans... ;



- **Déplacement porté ou déplacement au sol :** les charges sont portées sur les surfaces des appareils de levage, on cite comme exemples les chariots élévateurs, plates-formes, hayons élévateurs, gerbeurs, tables élévatrices... ;








- **Déplacement de personnes :** Dans ce cas de levage les charges sont des personnes. On cite les ascenseurs, monte-charges et téléphériques.



1.3. Les appareils de manutention :

Les appareils de manutention sont très utilisés dans le monde, on les trouve presque dans tous les secteurs. Par conséquent les fabricants ne cessent de développer de nouveaux appareils et de nouveaux systèmes pour effectuer cette tâche.

Dans le tableau ci-dessous, nous allons aborder différents types d'appareils et d'engins pour la manutention. Nous présentons ici les plus courants mais cette liste n'est pas exhaustive. [2]

Appareil	Figure
LES CRICS : servent à soulever des corps lourds sur de faibles hauteurs. Ils peuvent être hydrauliques ou à manivelle.	
LES GERBEURS / TRANSPALETTES ELEVATEURS : ces différents équipements servent à lever et ranger des colis en hauteur ou simplement à les poser les uns sur les autres.	
LES POTENCES : équipements en forme d'équerre auxquels on associe un dispositif de levage manuel ou motorisé.	
LES PALANS : ce sont des appareils de levage constitué par deux systèmes de poulies et d'une chaîne. Les poulies réduisent la force à exercer pour soulever des charges lourdes.	
LES PINCES : il en existe diverses variantes en fonction de la forme du colis à lever (cylindre, plateau, fagot...). Ces instruments de levage sont généralement composés de deux branchent qui saisissent et serrent le colis.	




<p>LES CHARIOTS À MATS RÉTRACTABLES : ce sont des véhicules automoteurs de taille moyenne, munis de fourches ou de pinces faciales ou latérales. Ils sont le plus utilisés pour les opérations de chargement / déchargement des véhicules ou de rangement / préparation des commande dans les entrepôts.</p>	
<p>LES GRUES : ce sont des engins de levage de grande dimension, munis d'un bâti et d'une flèche télescopique. Ils sont utilisés pour les opérations de chargement / déchargement.</p>	
<p>LES TABLES ELEVATRICES : dispositifs à commande manuelle ou motorisée permettant le levage des marchandises à une hauteur définie.</p>	

Table 1.1 : Appareils de manutention

1.4. Avantages, conséquences et conseils d'utilisation des systèmes de manutention : [3]

1.4.1. Les avantages :

La manutention se définit comme processus de déplacement, de levage, de protection et de stockage, pour des fins de la fabrication, la distribution ou encore la consommation. Ce processus est très important parce que tous les produits doivent être manipulés pour arriver à destination. En d'autres termes, une bonne manutention a pour objet:

- ⇒ Diminuer la probabilité des accidents.
- ⇒ Réduire le stress et les efforts des travailleurs.
- ⇒ Minimiser le temps.
- ⇒ Éliminer les tâches redondantes.
- ⇒ Appliquer une bonne manutention résulte d'économiser également de l'argent en éliminant des dépenses liées aux travailleurs supplémentaires.

1.4.2. Les conséquences :

Les processus de manutention conçus pour but d'aider les utilisateurs à déplacer des charges en utilisant moins d'efforts sont des processus qui ne sont pas complètement positifs. L'utilisation de ces appareils a des conséquences :

- ⇒ Les frais (main d'œuvre, achat de matériels).
- ⇒ Des pertes de temps (augmente les délais).
- ⇒ Augmente le prix de revient.
- ⇒ Des détérioration des produits et accidents.
- ⇒ Un besoin en zones de stockage (augmentation des surfaces et des taxes).

1.4.3. Conseils sécuritaires :

La manutention n'est pas une tâche facile. Cela est particulièrement vrai si les charges à déplacer ou à stocker sont de grandes quantités ou de grandes charges. Ce processus peut être la cause de nombreux accidents dans les entrepôts. Pour éviter ces tragédies, il faut s'assurer de :

- ⇒ Indiquer la charge maximale d'utilisation de tous les systèmes utilisés par un marquage clair et permanent.
- ⇒ Libérer l'espace de travail autour de systèmes utilisés, afin de faciliter les déplacements.
- ⇒ Empiler la marchandise de façon à assurer sa stabilité afin d'éviter une chute des charges.
- ⇒ S'assurer que des dispositifs de sécurité sont prévus et utilisés lors des activités de montage et d'entretien.
- ⇒ Pour la bonne utilisation des matériels, s'assurer de bien former les utilisateurs.

1.5. Le bon choix de la manutention :

Le bon choix de la manutention est défini comme le processus d'étudier et de trouver les appareils adéquats pour entreprise. Le bon choix de la manutention repose sur trois choses indispensables qui sont :

- ⇒ L'utilisation de travailleurs manutentionnaires bien formés et excellents pour la tâche à accomplir.
- ⇒ L'utilisation de Systèmes efficaces pour la manutention, ils peuvent économiser du temps, de l'argent et des efforts.
- ⇒ L'étude des tâches pour lesquelles les appareils de manutention sont destinés.

2. Généralités sur les tables élévatrices : [4]

Notre projet repose sur le choix d'une table élévatrice pour son dimensionnement, donc on présente par suit quelques informations et généralités qui abordent les types de ces dernières et leurs caractéristiques :

2.1. Définition des tables élévatrices :

Une table élévatrice représente une bonne alternative au monte-charge dans la manutention : comme lui, elle permet le transfert vertical de charge matérielle. La table élévatrice est composée d'une plateforme élévatrice qui se décline, selon vos besoins, dans de nombreuses dimensions, à condition qu'elle soit adaptée aux dimensions du châssis et aux ciseaux.

2.2. Utilisation des tables élévatrices :

Son usage général offre de nombreuses possibilités aux particuliers comme :

- ⇒ L'accès au grenier.
- ⇒ Le transfert de matériel à la cave ;
- ⇒ L'élévation de tous types de charges d'un niveau à un autre ;
- ⇒ Le déplacement d'une charge si la table est mobile.

2.3. Les types de tables élévatrices : [5]

Actuellement, il existe beaucoup de fabricants de tables élévatrices dans le monde industriel, chaque 'un ses caractéristiques de fabrication. Pour les classifiées il y a divers façons soit par :

- La motorisation des plateaux :
 - ⇒ Table élévatrice manuelle.
 - ⇒ Table élévatrice électrique.
 - ⇒ Table élévatrice hydraulique.

- Leurs mobilités :
 - ⇒ Table élévatrice fixe.
 - ⇒ Table élévatrice mobile.

- Types de pieds :
 - ⇒ Table élévatrice à ciseaux.
 - ⇒ Table élévatrice à colonne.



Figure 1.1 : Exemple d'une table élévatrice à colonne [5]

Le tableau suivant présente les modèles de tables élévatrices les plus courants, mais notons que cette liste n'est pas exhaustive:






Type	Figure	caractéristiques
Table élévatrice simple ciseaux (fixe)		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Alimentation de machines industrielles.
Table élévatrice double ciseaux horizontaux (fixe)		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Manutention verticale ou horizontale de charges lourdes (de 200kg à 5/6 tonnes) ➤ Grande stabilité. ➤ Rapidité et capacité importante.
Table élévatrice double ciseaux verticaux (mobile)		
Table élévatrice électrohydraulique (mobile)		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Manutention verticale et adaptée de charges lourdes. ➤ Amélioration du confort des opérateurs. ➤ Idéales aux milieux industriels (postes d'emballage, de palettisation...) ➤ Construction robuste.
Table élévatrice pneumatique (fixe)		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Manutention verticale des charges jusqu'à ➤ Sécurité garantie. ➤ Le confort. ➤ Fonctionnement automatique des colis.

Table 1.2 : Types des tables élévatrices [5]

2.4. Description des éléments standards constituant la table élévatrice : [6]

Les équipements des tables élévatrices se diffèrent essentiellement selon leurs types de systèmes utilisés pour effectuer le levage et selon leurs mobilités. Mais on peut citer les trois équipements principaux que contiennent toutes les tables élévatrices :

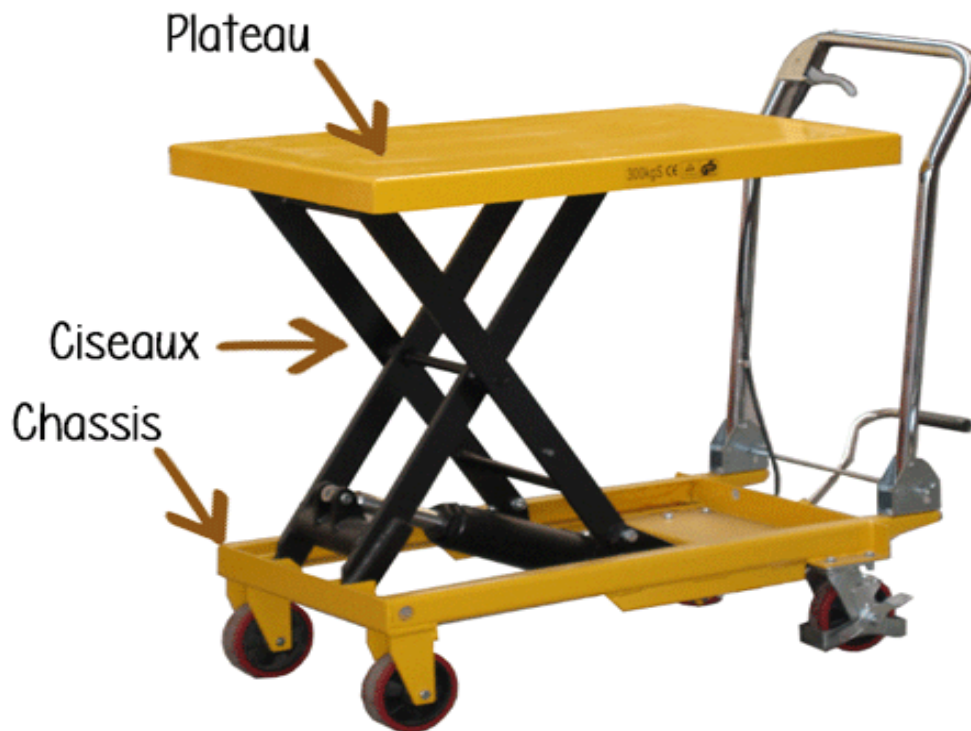


Figure 1.2: Table élévatrice à simple ciseau [7]

2.4.1. Le châssis de base ou le bâti :

Le châssis de base comme son nom l'indique soutient le reste de l'assemblage. Il doit être solide, rigide et stable. Dans la plupart des cas. Il est conçu soit :

- ⇒ Pour être posé au sol.
- ⇒ Construit dans une fosse (table élévatrice fixe).
- ⇒ Equipé de roues (table élévatrice mobile).

2.4.2. Le plateau ou la plateforme :

La plateforme est la partie supérieure de la table, peut être équipée d'une grande variété d'options, telles que convoyeurs, plateaux circulaires, plateformes basculantes. Il est à noter que doit avoir une taille compatible avec le châssis et les ciseaux, autrement dit elle ne peut pas être plus courte que la longueur des ciseaux ou la largeur du châssis de base.

2.4.3. Les ciseaux :

Les ciseaux c'est les éléments qui fournissent le mouvement vertical de la table, tout en soutenant la plateforme.

Dans le tableau suivant on limite la liste de nos choix des profilés. Autrement dit, on choisira la géométrie de nos profilés pour la structure depuis ce tableau : [8]


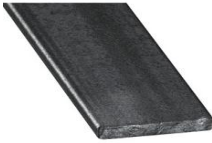



Type de profilé	figure
Les cornières	
Les profilés plats :	
Les profilés en U	
Les profilés carrés	
Les profilés rectangulaires	

Table 1.3 : Les types de profilés

2.4.4. La motorisation pour le plateau :

La motorisation signifie les moyens utilisés pour donner une puissance d'entrée pour que la table élévatrice assure sa fonction de soulever des charges. Il existe en général quatre systèmes pour donner le mouvement vertical à la plateforme des tables :

- ⇒ **Système manuel** : Généralement un système vis écrou pour les tables à simple ciseaux et un système vis sans fin pour les tables à double ciseaux.
- ⇒ **Système à vérin** : Divers types de vérins existent chaque' un ses caractéristiques. Par suite dans cette recherche bibliographique sont présenté des paragraphes abordant des généralités sur les vérins.
- ⇒ **Système automatisé** : alimenté généralement électriquement.

3. Généralités sur les installations hydrauliques : [9]

Dans notre projet on adoptera un système de vérin pour l'alimentation des ciseaux de la table ainsi, avant d'entamer la présentation de nos solutions il faut définir les composantes d'un circuit hydraulique.

Un circuit hydraulique industriel est constitué de trois zones :

- **1^{ère} zone : Zone de la source d'énergie** : c'est les sources génératrices de débit : centrale hydraulique, pompes, compresseurs...
- **2^{ème} zone : Zone de récepteur hydraulique** : c'est les organes qui transforment l'énergie hydraulique en énergie mécanique : vérin, moteur hydraulique...
- **3^{ème} zone : Liaison entre les deux zones précédentes**. On peut trouver dans cette zone :
 - Des éléments de distribution (distributeur).
 - Des éléments de liaison (tuyaux).
 - Des accessoires (appareils de mesure, de protection et de régulation)

3.1. Généralités sur les vérins :

3.1.1. Définition de vérin : [10]

Le vérin est un appareil qui comporte un mécanisme pour transformer l'énergie hydraulique définie par la pression ou le débit en une énergie mécanique définie par un mouvement rectiligne. Il a pour but de transmission de mouvement d'une pièce à une autre.

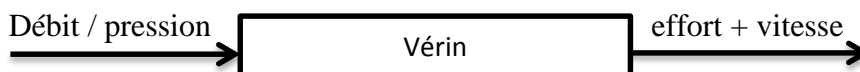


Figure 1.3 : schéma du rôle d'un vérin [10]

3.1.2. Types de vérins :

Il existe divers types de vérins dans l'industrie, notons les vérins simples ou doubles effets, les vérins rotatifs et même les vérins spéciaux, chaque types a ses caractéristiques, nous allons aborder les deux premiers types sachant qu'ils sont les plus utilisés :

	Symbole	Schéma
Vérin simple effet		
<p>L'ensemble tige piston peut se déplacer dans les deux sens sous l'action du fluide. L'effort en poussant est légèrement plus grand que l'effort en tirant.</p> <p>Avantages : plus souple, réglage plus facile de la vitesse, amortissement de fin de course réglable.</p> <p>Inconvénient : plus coûteux.</p>		

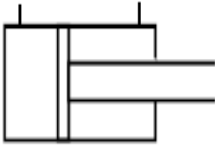
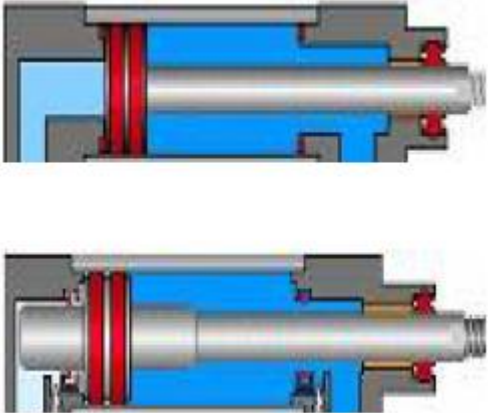
Vérin double effet		
<p>L'ensemble tige piston peut se déplacer dans les deux sens sous l'action du fluide. L'effort en poussant est légèrement plus grand que l'effort en tirant.</p> <p>Avantages : plus souple, réglage plus facile de la vitesse, amortissement de fin de course réglable.</p> <p>Inconvénient : plus coûteux.</p>		

Table 1.4 : Les Vérins simples et doubles effets [9]

3.1.3. Dimensionnement et choix de vérins : [11]

Lors de l'étude d'un système pneumatique ou hydraulique il est nécessaire de dimensionner chaque vérin en fonction du rôle qu'il joue. Le travail qu'il réalise conduit à déterminer le diamètre de son piston et / ou sa course. L'environnement dans lequel il évolue influence le choix du vérin (résistance aux actions extérieures).

- **Détermination de la course d'un vérin :**

La course est choisie en fonction du déplacement à réaliser. La longueur de course du vérin doit au moins être égale à la course souhaitée (la fin de course se fera en butant sur les fonds du vérin ou sur des butées extérieures). Selon le vérin choisi, la course sera standard (imposée par le constructeur) ou spéciale (réalisée à la demande).

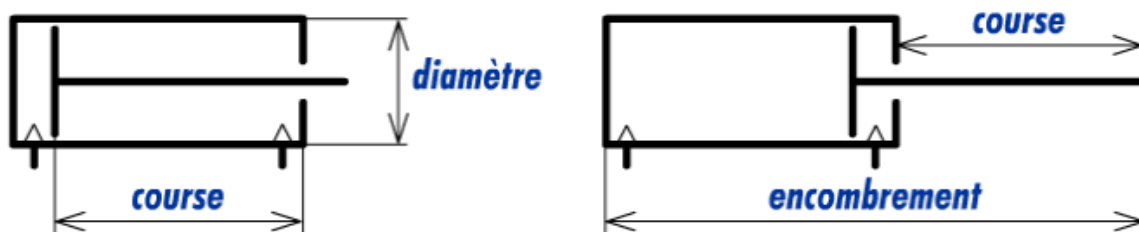


Figure 1.4 : Les dimensions d'un vérin [11]

- **Effort théorique et effort réel :**

L'air comprimé situé dans la chambre arrière applique une poussée sur toute la surface qui l'emprisonne entre autre, sur toute la surface du piston. Il en résulte un effort axial théorique développé par le vérin et transmis en bout de tige.



Figure 1.5 : Piston

$$P = F_t \times S \quad \dots\dots\dots(1)$$

Avec : F_t : effort théorique axial.

p : pression de service à l'intérieur de la chambre du vérin.

S : surface du piston sur laquelle la pression s'applique.

- **Calculs pratiques :**

La formule $F = p \times S$ permet de déterminer l'effort développé par un vérin donné ou de déterminer la section nécessaire pour développer un effort donnée.

$$F = P \times \pi \times R^2 \quad \Rightarrow \quad R = \sqrt{\frac{F}{P \cdot \pi}} \quad \dots\dots\dots(2)$$

- **Calcul de l'effort de rentrée de tige :**

Les calculs que nous venons d'aborder permettent de déterminer un vérin pour un effort axial en poussant. La méthode de calcul est la même pour le mouvement de rentrée de tige mais la surface du piston sur laquelle la pression de l'air comprimé agit n'est plus la même. En effet, il faut tenir compte de la tige du piston

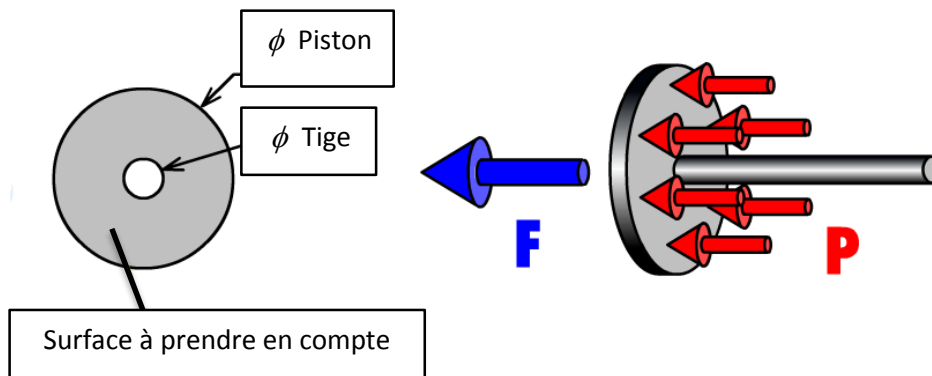


Figure 1.6 : Schéma des efforts et dimensions d'un piston

$$S = S_{\text{piston}} - S_{\text{tige}} \quad \dots (3)$$

$$S = \pi \cdot (R_{\text{piston}}^2 - R_{\text{tige}}^2) \quad \dots (4)$$

- **Résistance mécanique du vérin – Résistance au flambage :**

Les tiges de vérin en compression sont des poutres soumises au flambement.

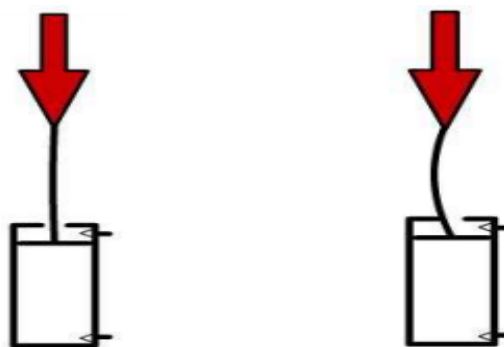


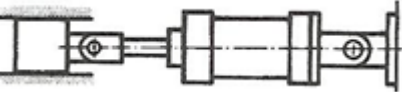
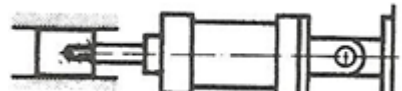
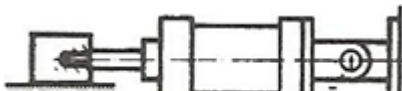
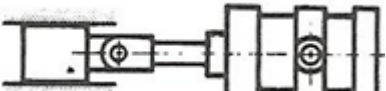


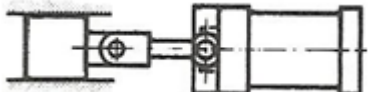
Figure 1.7 : Schéma sur le flambement d'une tige de piston [11]

Pour dimensionner les tiges de vérin, on applique la formule de la charge critique d'Euler F_c qui donne la charge maximum admissible en compression en fonction :

- du module de Young E du matériau
- du moment quadratique de la section de la tige

$$F_c = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{(G,\bar{Z})}}{L^2} \dots\dots\dots (5)$$

- de sa course L et K . Le facteur K dépend du mode de fixation du vérin et du type de guidage de l'extrémité de la charge. Ces coefficients sont en général donnés sous forme du tableau suivant : [12]

Désignation	Extrémité de tige	Type de montage	facteur de course K
Articulations arrière	Articulation guidée		2
	Filetage guidé		1,5
	Filetage non guidé		4
Tourillons Intermédiaires (placés sur le 1/3 avant du corps)	Articulation guidée		1,5
	Filetage guidé		1
	Filetage non guidé		3
Tourillons avant	Articulation guidée		1

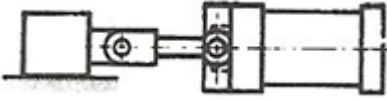
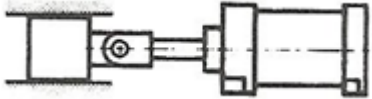
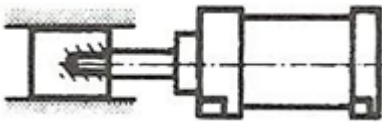
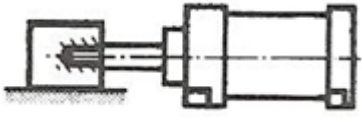
	Articulation non guidée		2
Equerres	Articulation guidée		0,7
	Filetage guidé		0,5
	Filetage non guidé		2

Table 1.5 : facteur de course d'un vérin [12]

Pour dimensionner les vérins, on utilisera l'abaque suivant :

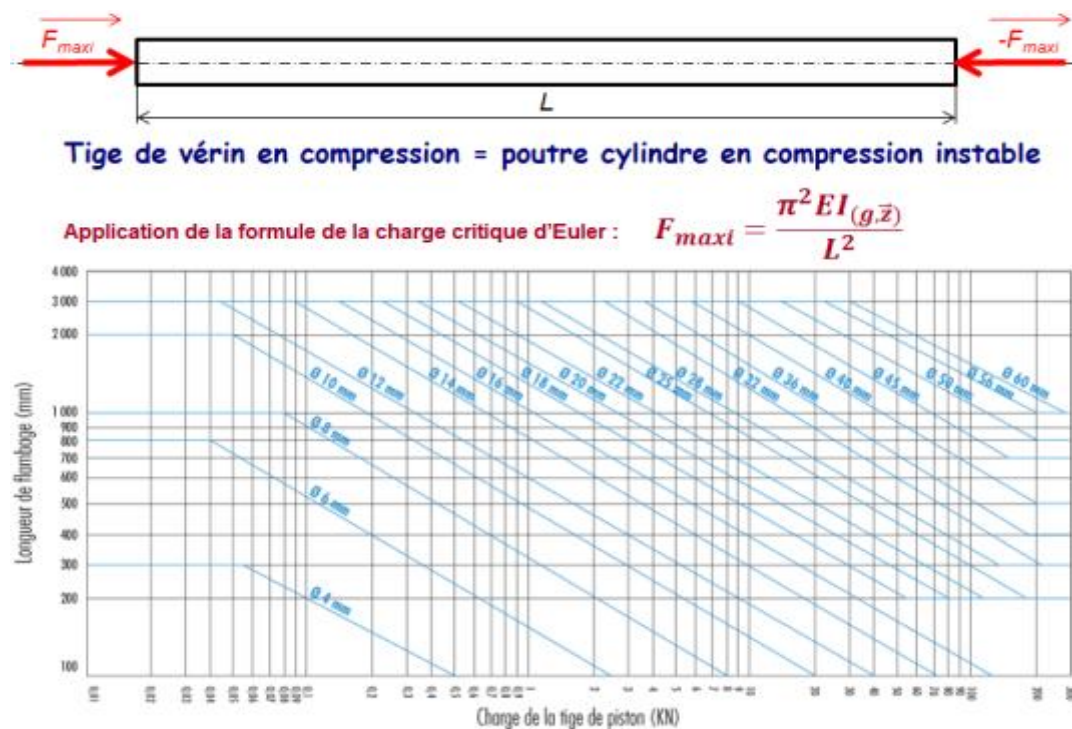


Figure 1.8 : Nomogramme pour le flambement [11]

- **Résistance mécanique du vérin – Action d’une charge radiale :**

Bien que le vérin soit prévu pour vaincre une charge axiale, dans bien des cas on ne peut éviter une charge radiale (poids de l’outillage, poids de la pièce en porte à faux ...). Il en résulte des actions mécaniques dans les guidages et paliers du vérin qui sont d’autant plus grande que la course est longue. Un vérin inapproprié verra ses joints s’user trop vite. Le diagramme ci-dessous permet de déterminer les limites de courses admissibles en fonction de la charge radiale et du diamètre de la tige.

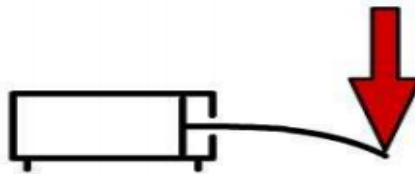


Figure 1.9 : Schéma sur l’effort radial sur la tige d’un vérin [11]

Comme dans le cas du flambement. Le diagramme ci-dessous nous permettra de déterminer les limites de courses admissibles en fonction de la charge radiale et du diamètre de la tige :

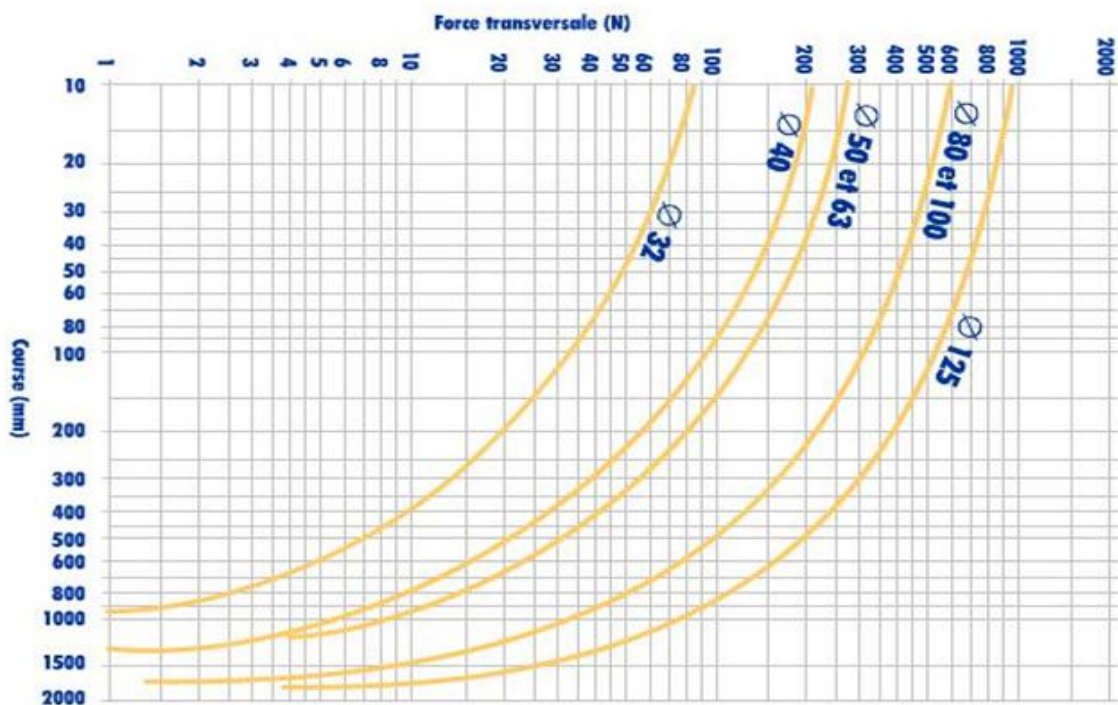


Figure 1.10 : Nomogramme pour les efforts radiaux [11]

3.2. Généralités sur les pompes hydrauliques : [9]

La pompe est destinée à transformer une énergie mécanique fournie par un moteur, en énergie hydraulique. Son rôle se limite à aspirer l'huile de réservoir et de la refouler.

La pompe fournit un débit. Elle est donc un générateur de débit.

3.2.1. Types des pompes hydrauliques volumétriques :

Ces des pompes dans lesquelles la chambre d'admission est séparée par des pièces mécaniques rigides de la chambre de refoulement, ce qui assure l'étanchéité entre ces deux chambres. Il existe plusieurs types :

i. Les pompes à engrenages :

- **Les pompes à engrenages extérieure** : Elle est constituée de deux engrenages tournant à l'intérieur du corps de pompe.

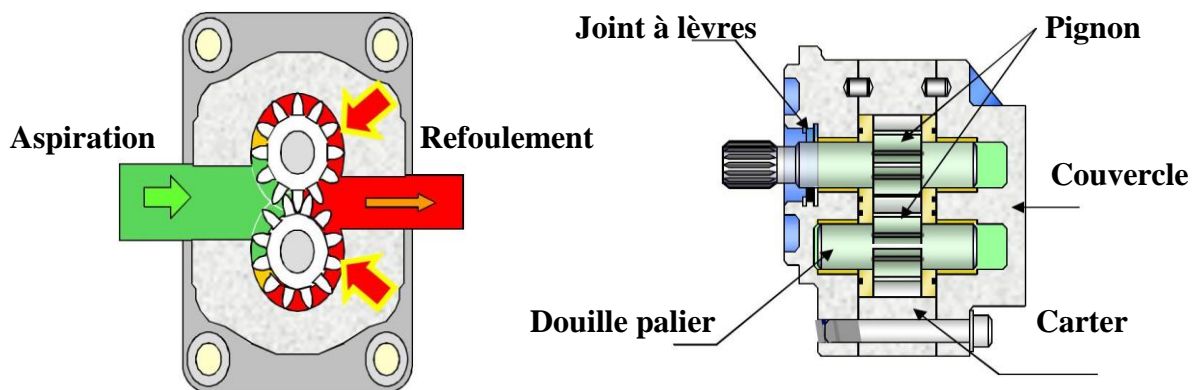


Figure 1.11 : pompe à engrenage interne [9]

- **Les pompes à engrenage intérieures** : Dans ce cas la pompe peut disposer d'une pièce intermédiaire en forme de croissant pour séparer entre l'entrée et la sortie permettant ainsi de diminuer les fuites internes et d'augmenter la pression de service.

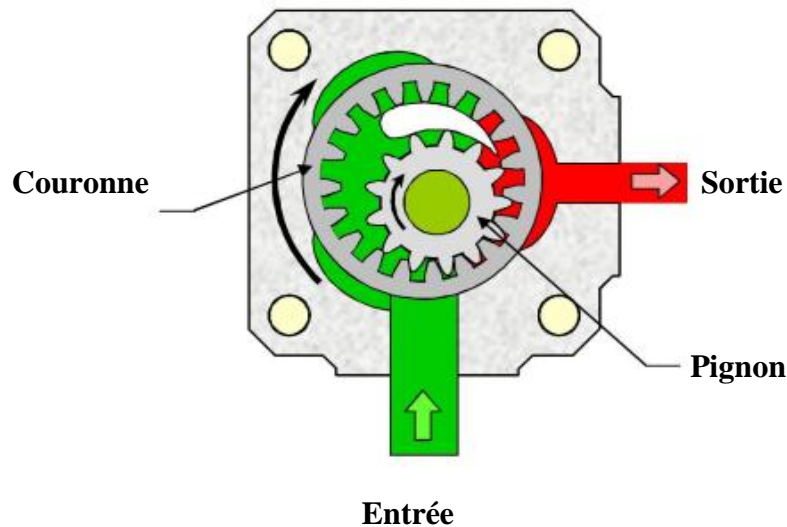


Figure 1.12 : Pompe à engrenage externe [9]

ii. Les pompes à palettes

Un corps cylindrique fixe (stator) communique avec les orifices d'aspiration et de refoulement. A l'intérieur se trouve un cylindre plein, le rotor, tangent intérieurement au corps de la pompe et dont l'axe est excentré par rapport à celui du stator. Le rotor est muni de 2 à 8 fentes diamétralement opposées deux à deux, dans lesquelles glissent des palettes que des ressorts appuient sur la paroi interne du stator. Le mouvement du rotor fait varier de façon continue les différentes capacités comprises entre les cylindres et les palettes en créant ainsi une aspiration du liquide d'un côté et un refoulement de l'autre.

iii. Les pompes à piston :

Le principe de fonctionnement des pompes à piston est d'utiliser les variations de volume occasionnées par le déplacement d'un piston dans un cylindre. Ces déplacements alternatifs produisent des phases d'aspiration et de refoulement. Quand le piston se déplace dans un sens, le liquide est comprimé, il y a donc fermeture du clapet d'admission et ouverture du clapet de refoulement. Le système s'inverse lors de l'aspiration du liquide dans la pompe.

3.2.2. Les caractéristiques générales d'une pompe:

Une pompe se caractérise par :

- **La cylindrée (C_{yl}) :** Elle correspond au volume d'huile théorique débitée par tour en $[cm^3]$ ou en $[l]$.

- **Les débits (Q_v):**

- débit moyen théorique :** C'est le volume d'huile que la pompe peut fournir pendant l'unité de temps pour une vitesse de rotation établie. $[L / min]$, il est donné par la relation :

$$Q_{v \text{ moy}} = C_{yl} \cdot N \quad \dots\dots\dots (6)$$

Avec : $Q_{v \text{ moy}}$: débit, en litres /minute (l/min) ;

C_{yl} : cylindrée, en litres (l/tr) ou en (cm^3/tr) ;

N : vitesse de rotation, en tours /minute (tr/min).

- le débit moyen réel :** C'est le volume refoulé par la pompe en pratique.

- **Les puissances (P) :**

- La puissance mécanique (P_m) :** C'est la puissance fournie à l'arbre d'entraînement de la pompe par le moteur et peut être donnée par les deux relations suivantes :

$$P_m = C \cdot \omega \quad \text{Ou} \quad P_m = Q_{vmoy} (p_{sth} - p_e) \quad \dots\dots\dots (7) \quad \text{Avec :}$$

C : Couple d'entraînement de pompe en $[Nm]$

ω : Vitesse angulaire en $[rad /s]$

P_{sth} : Pression de sortie théorique en $[Pa]$

p_e : Pression d'entrée en $[Pa]$

- La puissance hydraulique (P_h) :** C'est la puissance fournie par le fluide à la sortie de la pompe donnée par :

$$P_h = Q_{vmoy.r} (p_s - p_e) \quad \dots\dots\dots (8) \quad \text{Avec :}$$

p_s : est la pression mesurée réellement à la sortie en $[Pa]$.

- **Les rendements (η):**

- a. **Le rendement volumétrique (η_v):**

Compte tenu des fuites et de la compressibilité du fluide, le débit réel et toujours différent du débit théorique, on définit ainsi un rapport :

$$\eta_v = \frac{Q_{vmoy.r}}{Q_{vmoy}} < 1 \dots\dots\dots (9)$$

En pratique, le rendement volumétrique d'une pompe varie entre 70 % et 98 %.

- b. **Le rendement mécanique :** Le fluide à la pression d'entrée refoulé à la pression de sortie $p_e = p_s$. Une chute de pression due à des effets mécaniques et hydrauliques fait passer P_{sth} à p_s , ainsi on détermine :

$$\eta_m = \frac{(p_s - p_e)}{(P_{sth} - p_e)} \dots\dots\dots (10)$$

- c. **Le rendement global :** Le rendement global d'une pompe, traduit en termes de performance le rapport en la puissance hydraulique fournie par la pompe et la puissance mécanique reçue par le moteur. Soit :

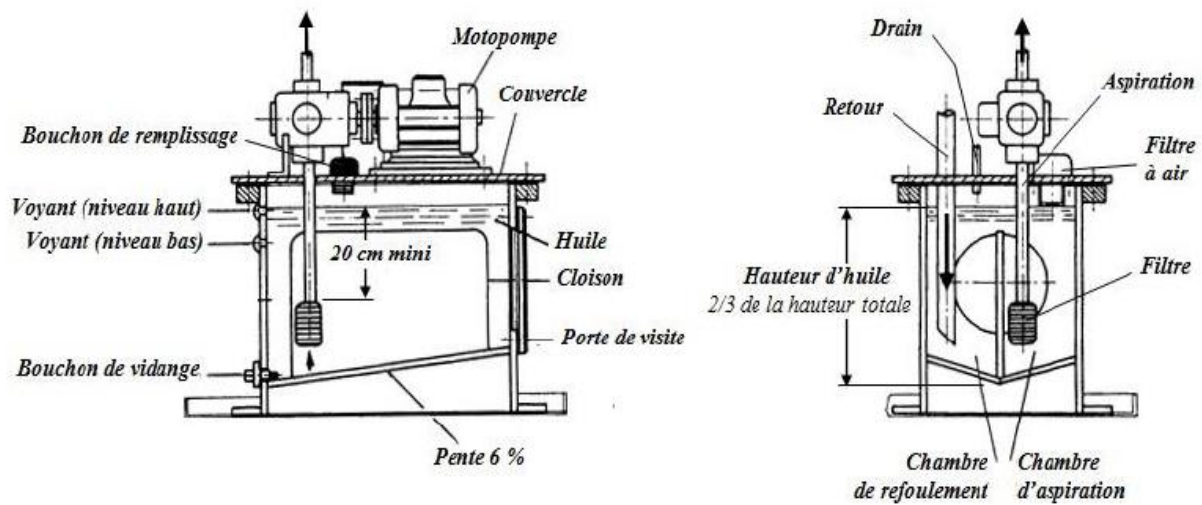
$$\eta_g = \frac{P_h}{P_m} \dots\dots\dots (11)$$

3.3. Le réservoir :

Le réservoir est un système de stockage utilisé pour le stockage des fluides. Il est constitué de :

- Une cuve en acier séparée en deux chambres par une cloison de stabilisation.
- Un couvercle assurant l'étanchéité et supportant l'ensemble motopompe.
- Un bouchon de vidange et éventuellement un autre de remplissage.
- Une porte de visite utilisée pour le changement du filtre, la réparation et le nettoyage.
- Deux voyants pour indiquer le niveau de fluide.

- Un filtre monté sur la tuyauterie d'aspiration.



Remarque : [9]

La capacité utile du réservoir est supérieure à trois fois la variation possible de volume du circuit.

Chapitre 2

Après avoir fait une recherche bibliographique sur les différents systèmes de manutention et certains de leurs mécanismes on a défini comme solution pour la problématique énoncé en haut le choix de la conception d'une table élévatrice hydraulique à simple ciseaux.

Donc, ce chapitre va faire objet d'une étude fonctionnelle pour analyser nos besoins et nos moyens dans le but d'aboutir enfin à définir le cahier de charge sur lequel on va se baser pour entamer la conception.

1. Etude fonctionnelle de la table élévatrice :

1.1. Analyse du besoin de la table élévatrice :

Dans cette partie on va présenter notre besoin :

1.1.1. Saisir le besoin :

Ce besoin consiste à l'étude et la conception d'une table élévatrice hydraulique mobile comme moyen de manutention dans l'atelier de l'université.

1.1.2. Enoncer le besoin :

Pour définir l'énoncé du besoin, Il faut exprimer avec précision le but de l'étude, pour ce fait on procédera par ces deux étapes :

- **Le tableau des questions :**

Questions	Réponses
A qui rend-il service ?	Ce système rend service aux utilisateurs.
Sur quoi le produit agit-il ?	Ce système agit sur les charges.
Dans quel but est conçu ce produit ?	Pour déplacer des charges verticalement et horizontalement.

Table 2.1 : Table des questions

- **L'outil de la bête à cornes :**

Cet outil nous permet de traduire le tableau au-dessus vers le schéma suivant :

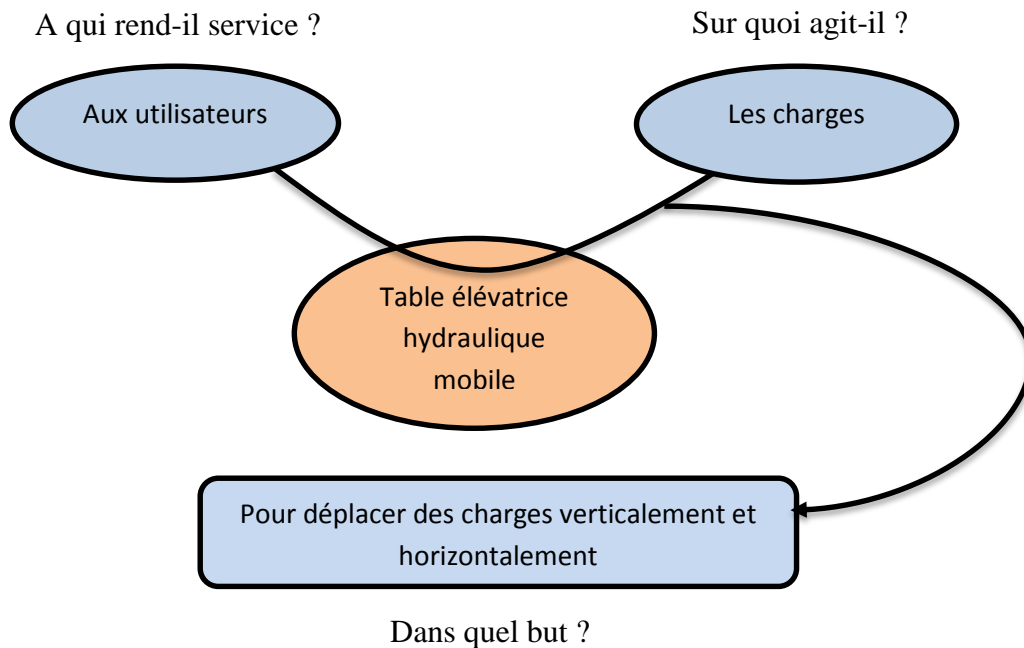


Figure 2.1 : Bête à cornes de la table élévatrice hydraulique

- **Enoncé du besoin :**

« Le produit rend service aux utilisateurs en leur permettant de déplacer des charges dans l'atelier de l'université ».

1.2. Analyse fonctionnelle du besoin de la table élévatrice :

L'analyse fonctionnelle du besoin consiste à identifier les fonctions de service vis-à-vis le milieu extérieur, grâce à un outil graphique qui est le graphe fonctionnel appelé aussi « Le Diagramme Pieuvre ».

Ce diagramme nous permet de déterminer les fonctions de service du produit vis-à-vis le milieu extérieur de la manière suivante :

- Les relations du produit avec son milieu extérieur (pour une phase de vie donnée) sont représentées par des traits.
- Chaque trait correspond à une Fonction de Service (F.S.)
- Chaque trait doit relier le produit à un élément du milieu extérieur (EME) ou bien relier plusieurs EME en passant par le produit.

Le diagramme suivant est le diagramme pieuvre de notre produit :

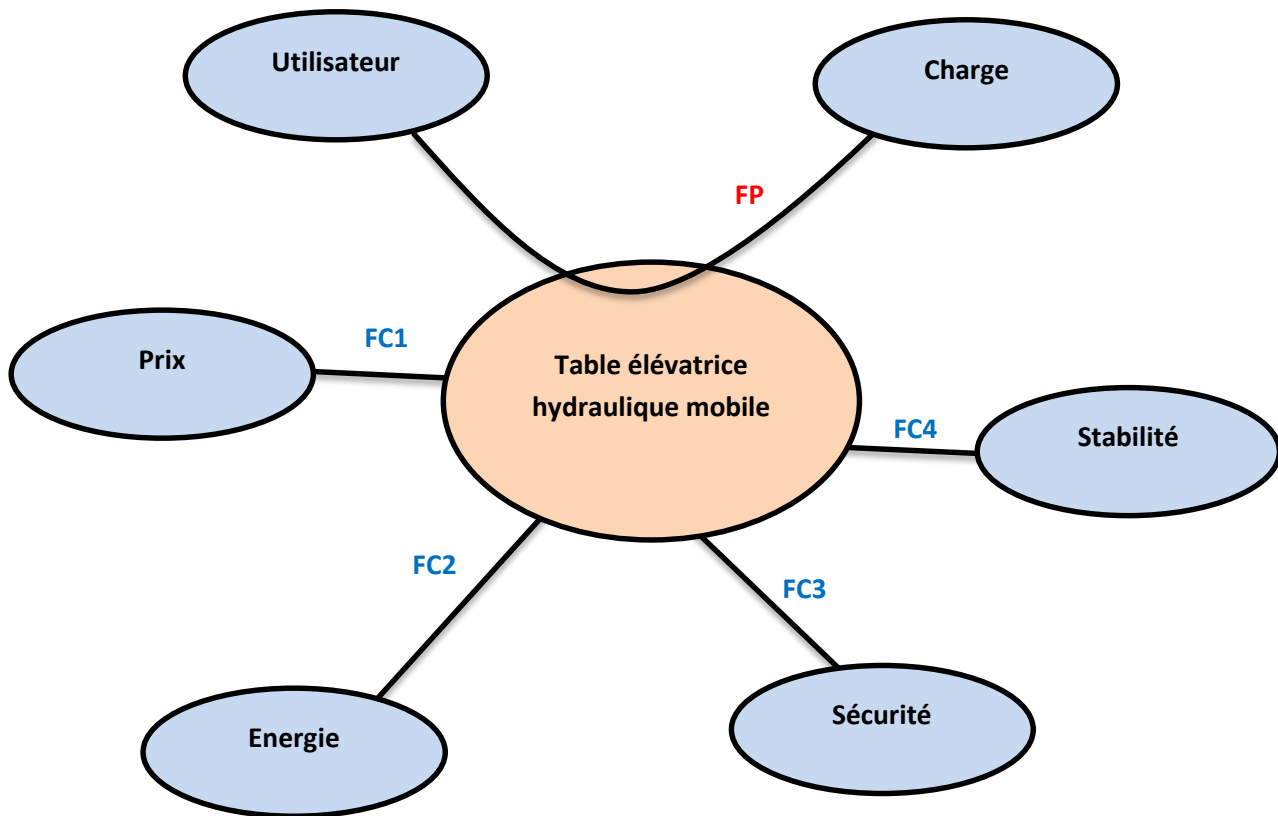


Figure 2.2 : Diagramme pieuvre

Fonctions	Rôles
Fonctions principales	FP : déplacer des charges par les utilisateurs à l'aide de la table élévatrice hydraulique
Fonctions complémentaires	FC1 : avoir un prix raisonnable
	FC2 : motoriser avec l'énergie hydraulique
	FC3 : diminuer tout risque de danger ou d'accident
	FC4 : stabilisation à la hauteur maximum

Table 2.2 : Fonctions de services

1.3. Analyse fonctionnelle technique (interne) de la table élévatrice :

Cette partie l'étude fonctionnelle sert à déterminer les solutions qui existent pour répondre aux fonctions de services noté au-dessus. En outre, l'analyse fonctionnelle technique (A.F.T.) permet de faire la transition entre l'Analyse Fonctionnelle du Besoin et la conception détaillée, qui entre dans les considérations technologiques. L'Analyse Fonctionnelle Technique est aussi appelée Analyse Fonctionnelle interne.

1.3.1. Analyse fonctionnelle descendante SADT Niveau A-0 :

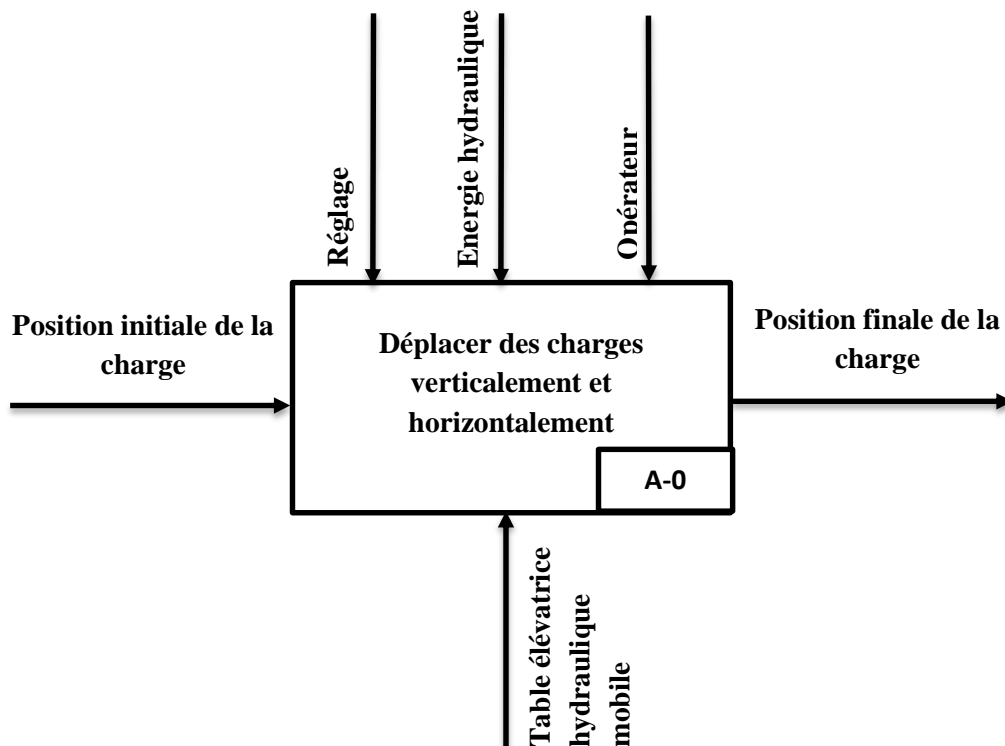


Figure 2.3 : Boite SADT Niveau A-0

1.3.2. Diagramme FAST :

Pour mener notre analyse fonctionnelle technique sur la table élévatrice, nous utiliserons l'outil du diagramme FAST.

Ce dernier servira à limiter notre étude, illustrer nos solutions et enfin définir notre choix.

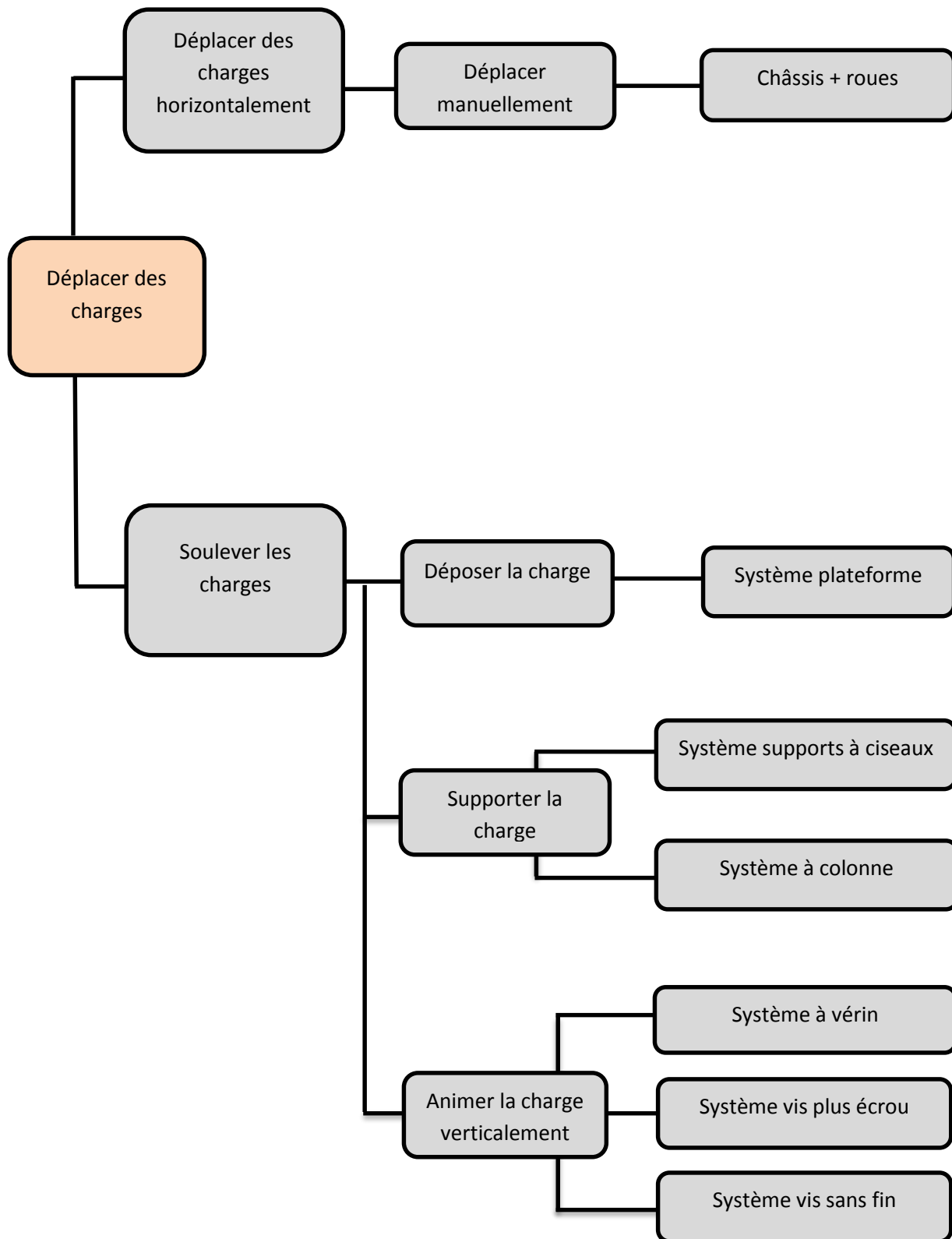


Figure 2.4 : Diagramme FAST des solutions

Après l'étude fonctionnelle, il nous reste à limiter nos choix de solutions pour les tables élévatrices, mais observant la grande diversité de modèles de ces dernières on proposera trois modèles dans lesquels on effectuera des études pour aboutir à un choix adéquat pour le hall de technologie.

2. Proposition des solutions:

Le premier critère de sélection qu'on s'est basé sur : est le choix d'une table élévatrice à simple ciseau, vu leurs utilités, facilité de fabrication et d'utilisation.

Voici les trois modèles qu'on propose :

2.1. Table élévatrice fixe avec système vis écrou : (voir le schéma)

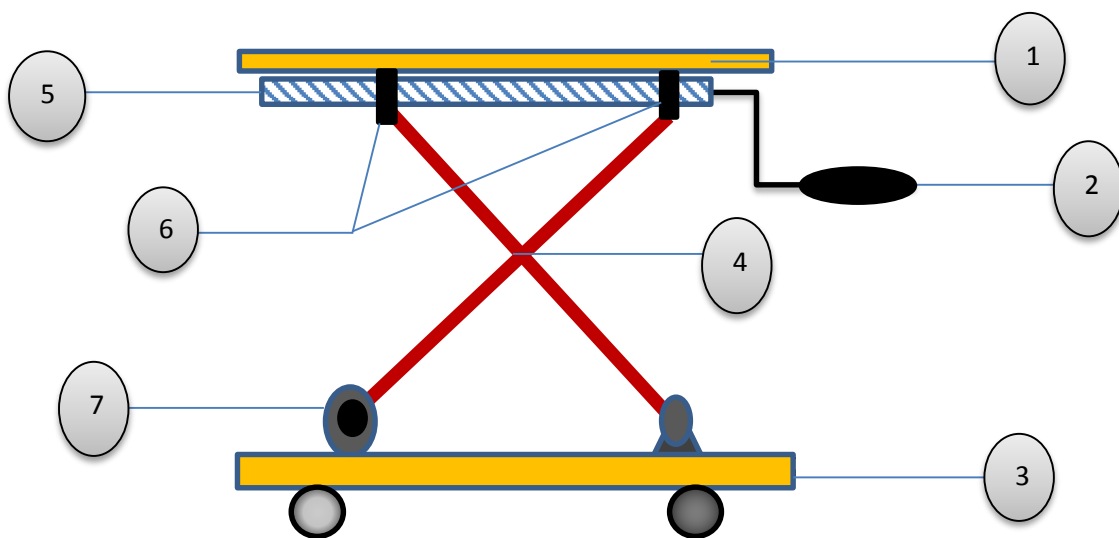


Figure 2.5 : schéma simple de la première solution

• Eléments qui constituent ce modèle de table :

- | | |
|--|--------------------------|
| (1) : La plateforme ; | (5) : Tige filetée ; |
| (2) : La manivelle ; | (6) : Support taraudés ; |
| (3) : La base de la table ; | (7) : Roue ; |
| (4) : Les pieds (comme deux paires de ciseaux) ; | |

- **Principe de fonctionnement de ce modèle:**

La manivelle (2) et la tige (5) sont reliées entre elle avec un système de vis, suivant le guidage du support (6) qui sont inversement taraudés et qui sont attachés avec la plateforme (1) du haut et les ciseaux (4) du bas. Ces derniers contiennent chaque un deux barres leurs extrémités supérieures sont soudées sous les supports (6) l'extrémité inférieure de l'un d'eux est fixe par rapport à l'autre qui est reliée à une roue (7) qui roule la base (9) de la table.

Lorsque l'utilisateur tourne la manivelle, la tige se met à tourner ce qui génère le mouvement du ciseau d'une façon à ce que l'une des barre à droite et l'autre à gauche (suite au filetage inverse des supports). L'ouverture et la fermeture du ciseau donne le mouvement vertical de la table.

- **Avantages et inconvénients :**

Ce modèle de table élévatrice présente des avantages qu'on peut citer en :

- ⇒ La facilité de son utilisation.
- ⇒ La facilité de sa fabrication.
- ⇒ Soulèvement de charges moyennes.

Et des désavantages aussi :

- ⇒ Fragilité aux grandes charges si la roue n'a pas un bon freinage sur la base de la table.

2.2. Table élévatrice mobile à système vis écrou : (voir le schéma)

Dans ce modèle de table, on propose d'ajouter des roues pour le premier modèle sous son châssis de base, afin d'avoir une table mobile qui assure le déplacement. Le schéma simplifié suivant illustre le modèle :

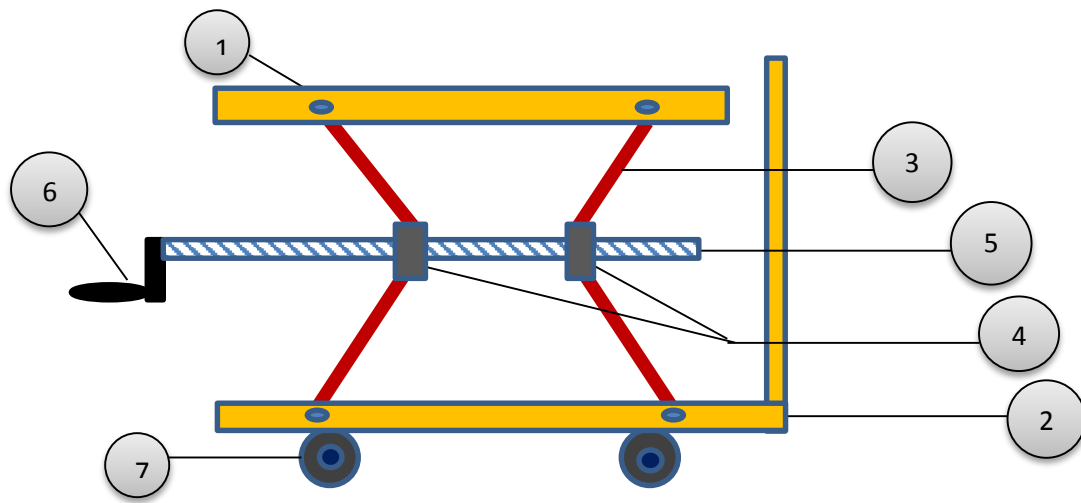


Figure 2.6 : schéma simple de la deuxième solution

- **Eléments qui constituent ce modèle de table :**

- | | |
|--------------------------------------|----------------------|
| (1) : La plateforme ; | (5) : Tige filetée ; |
| (2) : Le châssis de base ; | (6) : La manivelle ; |
| (3) : Les pieds de la table ; | (7) : Les roues ; |
| (4) : Supports inversement taraudés. | |

- **Principe de fonctionnement de ce modèle :**

Lorsqu'on tourne la manivelle (6), la tige filetée (5) tourne à l'intérieur des supports inversement taraudés (4), (l'une à droite et l'autre à gauche) comme une sorte d'écrous. Ce qui génère le pliage et le dépliage allant de 0° à 90° des profilés (3) montés comme sorte de ciseaux détachés et qui sont articulés aux supports (4). La plateforme (1) soudée aux extrémités du ciseau aura à son tour un mouvement vertical par rapport au châssis (2) qui est munie de roues (7) pour donner de la mobilité à cette table.

- **Avantages et inconvénients :**

Ce modèle présente à peu près les mêmes avantages que le modèle présenté précédemment, il reste à savoir que ce type est plus compliqué à réaliser et il est conçu pour soulever des charges moyennes.

2.3. Table élévatrice mobile avec un vérin et plateforme glissante : (voir le schéma)

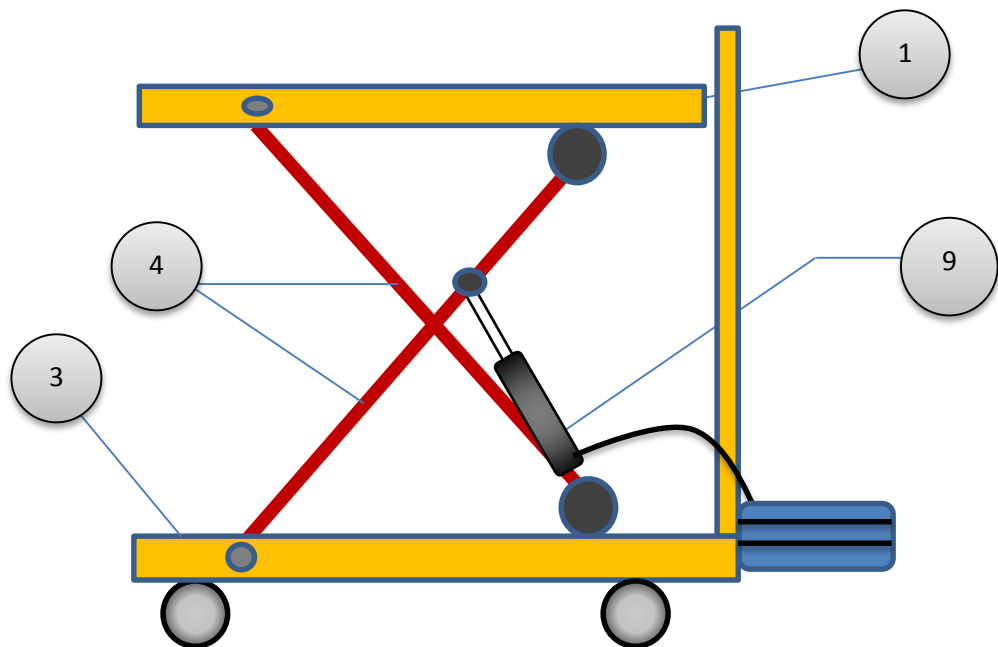


Figure 2.7 : schéma simple de la troisième solution

- **Principe de fonctionnement :**

Le vérin (9) est relié par une liaison pivot à une barre transversale soudée entre les ciseaux (4) du côté de sa chambre et sa tige reliée à une glissière entre les profilés du même ciseau. L'ouverture du vérin est sa fermeture engendre l'action de pliage ou du dépliage des ciseaux qui sont directement relié à la plateforme (1) par leurs autres extrémités (avec des

liaisons pivots). Ainsi donc, cette dernière reçoit le mouvement vertical par rapport au châssis de base (3).

Pour l'alimentation du vérin, je note qu'elle n'est pas mentionnée au schéma, juste le principe de fonctionnement qui est illustré

- **Avantages et inconvénients :**

Ce dernier modèle de table élévatrice proposé nous assure le levage et le transport des charges plus lourdes que celles des deux modèles précédents. Le vérin assure la transmission de puissance pour la table, il est facile à fabriqué, et plus facile à utiliser.

3. Choix de la table et ses éléments pour le projet :

Si on observe de l'angle de la facilité de fabrication et d'utilisation on déduira que tous les trois modèles proposés précédemment sont adéquats pour notre projet. Mais on se basant sur les informations acquises dans la recherche bibliographique et l'analyse fonctionnelle, on remarquera que la troisième table avec un système de vérin est la plus performante, elle permet de soulever et de déplacer des charges plus grandes. Donc pour notre projet on adopte pour la conception et le dimensionnement d'une table élévatrice mobile à simple ciseau à vérin.

En ce qui concerne le type de vérin pour la table on a également balayé quelques informations les concernant, on remarque par les recherches que les vérins hydrauliques sont les plus performants pour produire des efforts plus grands.

Et c'est de cette manière qu'on a définit l'ensemble du projet. Il adoptera l'étude de la conception d'une table élévatrice hydraulique mobile.

Par suite, on définit le cahier de charge sur lequel on va se baser pour entamer notre travail :

4. Cahier de charge :

- **Objectif :**

L'objectif du cahier de charge suivant est de définir le nouveau concept de la table, autrement dit c'est de définir les dimensions et le travail que doit fournir la table à concevoir. En les fixant on pourra entamer les calculs :

- **Description fonctionnelle de la table à concevoir :**

- ➡ Dimensions de la plateforme égale à 1.2 x 0.7 [m]
- ➡ Hauteur minimum en position de stockage de 200 [mm]
- ➡ Hauteur de maximum de 1000 [mm]
- ➡ Poids supporté qui sera fixé pour le travail en 500 à 1000 [kg]
- ➡ Temps de levage est fixé à 12s
- ➡ Durée de vie longue
- ➡ Système à un seul vérin hydraulique
- ➡ Coût le moins cher possible

Chapitre 3

Dans ce troisième chapitre nous allons dimensionner les différents éléments qui constituent cette table élévatrice. Mais avant de commencer il faudrait bien illustrer le fonctionnement des mécanismes que comporte cette dernière.

Ce chapitre sera donc réparti en deux parties :

- ➡ Etude cinématique des liaisons de la table
- ➡ Dimensionnement de la table

1. Etude cinématique de la table :

1.1. Schéma cinématique 2D de la table à étudier :

Le schéma cinématique 2D de la table élévatrice nous permet d'identifier les principales liaisons entre les éléments de conception de la table pour mieux comprendre son fonctionnement :

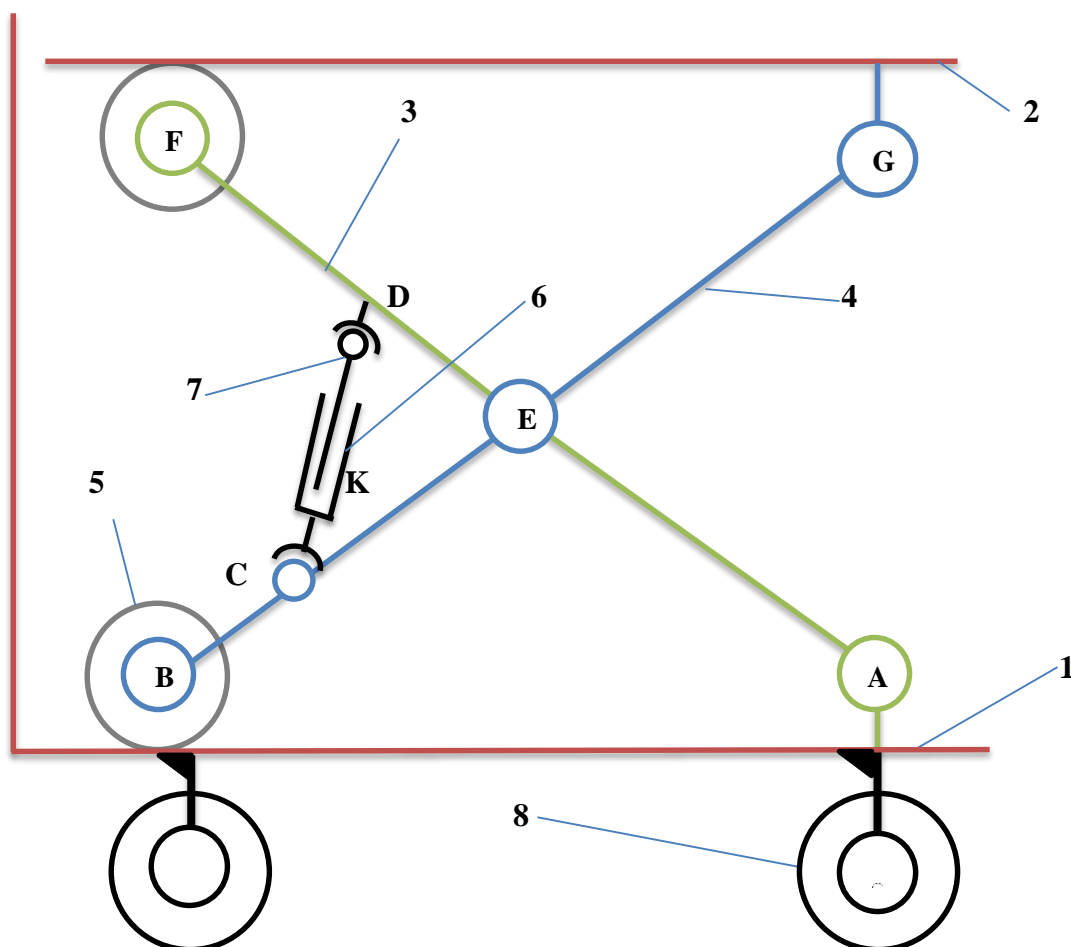


Figure 3.1 : Schéma cinématique de la table

1.2. Graphe et tableau des liaisons :

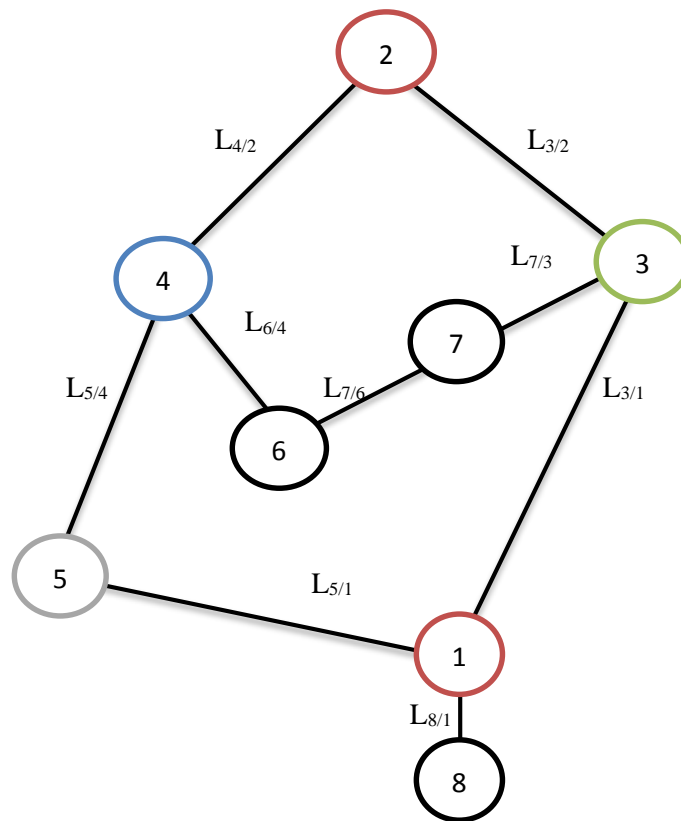


Figure 3.2 : Graphe de liaison de la table

liaisons	types	axes
$L_{8/1}$	Encastrement	/
$L_{5/1}$	Glissière	\vec{X}
$L_{3/1}$	Pivot	(C, \vec{Z})
$L_{7/6}$	Pivot glissant	(K, \vec{EF})
$L_{7/3}$	Pivot	(F, \vec{Z})
$L_{5/4}$	Pivot	(D, \vec{Z})
$L_{6/4}$	Pivot	(E, \vec{Z})
$L_{3/2}$	Pivot	(I, \vec{Z})
$L_{4/2}$	Pivot	(H, \vec{Z})

Table 3.1 : Table de liaisons

1.3. Objectif de l'étude cinématique de la table élévatrice :

L'étude cinématique des mécanismes en générale nous permet de mieux comprendre leurs fonctionnements et leurs systèmes constituants. Dans notre cas de la table élévatrice cette étude nous mènera à :

- ➡ Déterminer les liaisons mécaniques entre les éléments constituant la table élévatrice afin de définir les pièces qu'on nécessite pour la fabrication.
- ➡ Déterminer les efforts auxquels sont soumis ces éléments.
- ➡ Mieux comprendre le fonctionnement de la table.
- ➡ Dimensionner les éléments (les pièces) de la table.
- ➡ Dédire l'effort dont le vérin doit fournir pour soulever une charge donnée.

2. Dimensionnement de la table :

2.1. Détermination des longueurs et angles :

Avant de commencer la détermination des longueurs et des angles des éléments de la table élévatrice, il faut définir les longueurs entre les appuis. Soit les deux schémas suivants indiquant les deux positions haute et basse de la table :

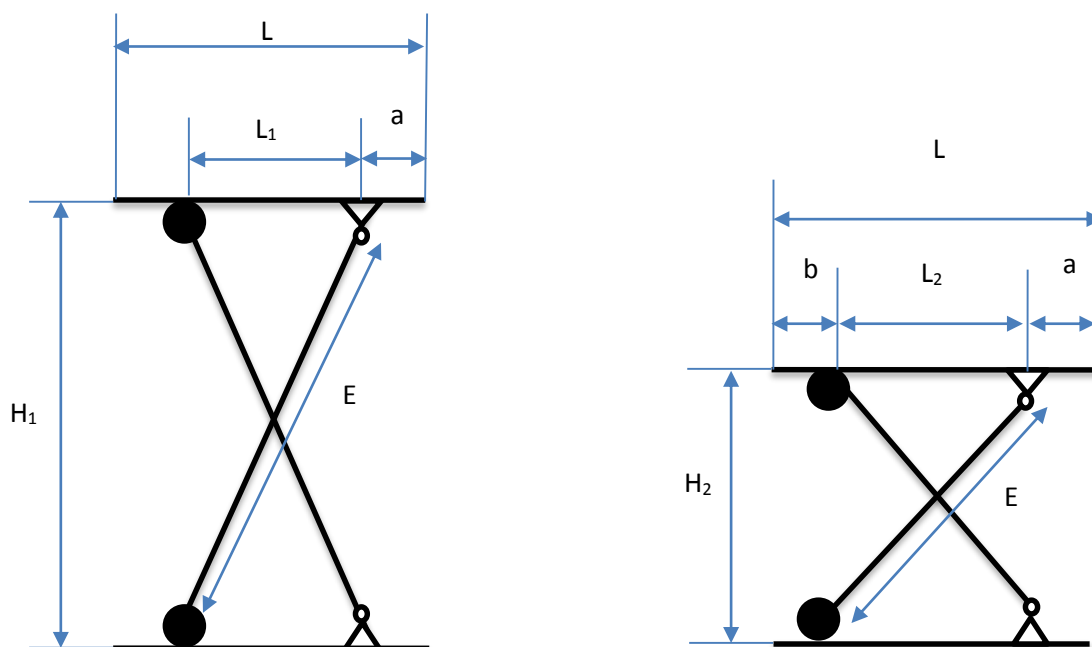


Figure 3.3 : Les positions de la table

Avec : $L = 1200mm$

$$H_1 = 1000mm$$

$$H_2 = 200mm$$

$$L_1 = 400mm$$

Le théorème de Pythagore nous permet de calculer la longueur du ciseau la position maximum notée (E) :

$$E = \sqrt{L_1^2 + H_1^2} \dots\dots(1) \quad \text{AN} \quad \Rightarrow \quad \boxed{E = \sqrt{400^2 + 1000^2} = 1077,03 \approx 1077mm}$$

Donc pour soulever à une distance $H_1 = 1000$ mm il faut avoir des bras de 1077 mm

Maintenant il reste à déterminer les longueurs a et b :

L'application du théorème de Pythagore à la position basse nous permet de déterminer la même valeur de (E) calculée précédemment soit :

$$E = \sqrt{L_2^2 + H_2^2} \dots\dots (2) \quad \Leftrightarrow \quad \sqrt{L_1^2 + H_1^2} = \sqrt{L_2^2 + H_2^2}$$

Sachant que : $L_2 = L - (a + b) \dots\dots(3)$ on remplace :

$$\sqrt{L_1^2 + H_1^2} = \sqrt{[L - (a + b)]^2 + H_2^2} \quad \Rightarrow \quad a + b = L - \sqrt{L_1^2 + H_1^2 - H_2^2}$$

$$\text{AN} \Rightarrow a + b = 1200 - \sqrt{400^2 + 1000^2 - 200^2}$$

On trouve : $a + b = 141,7mm \approx 142mm$; en remplaçant dans (3) on aura :

$$\boxed{L_2 = 1058,3mm \approx 1058mm}$$

On posera alors :

$$\boxed{a = 50mm \text{ Et } b = 92mm}$$

2.1.1. Détermination des longueurs et angles à la position maximale :

- La position maximale :

$$L_1 = 400mm$$

$$E = 1077mm$$

$$M = 200mm$$

$$D = 400mm$$

$$H_1 = 1000mm$$

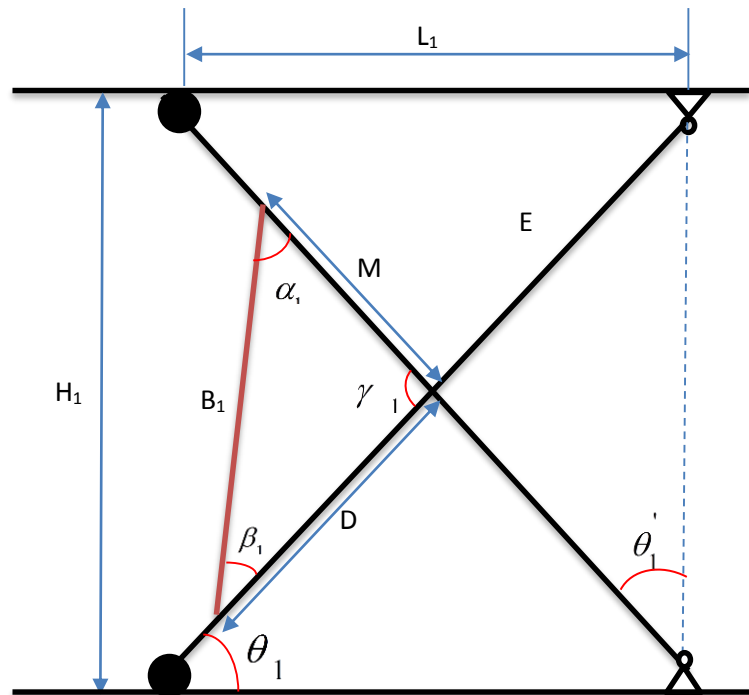


Figure 3.4 : position haute de la table

- Calcul de γ_1 :

On a : $\gamma_1 = 180^\circ - (2\theta'_1)$ mais on sait que :

$$\theta'_1 = 180^\circ - (90^\circ + \theta) = 22^\circ$$

$$\text{Avec : } \sin \theta_1 = \frac{H_1}{E} \Rightarrow \theta_1 = 68,20^\circ \simeq 68^\circ$$

$$\text{Alors : } \gamma_1 = 180^\circ - (2 \times 22^\circ) = 136^\circ$$

- Calcul de B_1 la longueur du vérin à la position max :

Pour calculer B_1 on utilise la règle des cosinus :

$$B_1^2 = M^2 + D^2 - 2MD \cos \gamma_1$$

$$\Rightarrow B_1 = \sqrt{200^2 + 400^2 - (2 \times 200 \times 400) \cos 136} = 561,33mm$$

$$\text{On prend : } B_1 \simeq 561mm$$

- Calcul de α_1 et β_1 :

Règle des sinus :

$$\frac{M}{\sin \beta_1} = \frac{D}{\sin \alpha_1} = \frac{B_1}{\sin \gamma_1}$$

AN \Rightarrow on trouve :

$$\beta_1 \approx 14,34^\circ \text{ Et } \alpha_1 \approx 29,66^\circ$$

2.1.2. Détermination des longueurs et angles à la position basse :

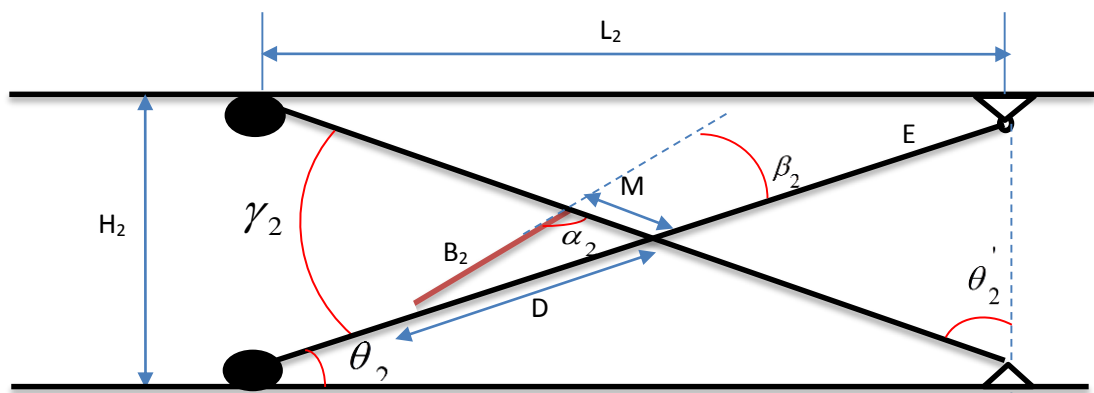


Figure 3.5 : position basse de la table

$$H_2 = 200mm$$

$$L_2 = 1058mm$$

En utilisant la même méthodologie de calcul dans la position max de la table on trouvera les résultats suivants :

$$\theta_2 = 10,9^\circ$$

$$\theta'_2 = 79,1^\circ$$

$$\gamma_2 = 21,79^\circ$$

$$B_2 = 226,8mm$$

$$\beta_2 = 19,11^\circ$$

$$\alpha_2 = 139,1^\circ$$

2.1.3. Détermination de la course du vérin :

La course du vérin qu'on note C est égale à :

$$C = 334,2mm$$

$$C = B_1 - B_2 = 561 - 226,8$$

2.2. Dimensionnement hydraulique :

Le dimensionnement hydraulique de la table signifie la détermination de la force du vérin nécessaire pour soulever la charge définie dans le cahier de charge et trouver la pompe adéquate pour l'alimenter.

2.2.1. Dimensionnement du vérin :

i. Calcul de la force du vérin :

Reprenant le schéma cinématique précédant de la table élévatrice, et ajoutons une charge de 1 Tonne comme suit :

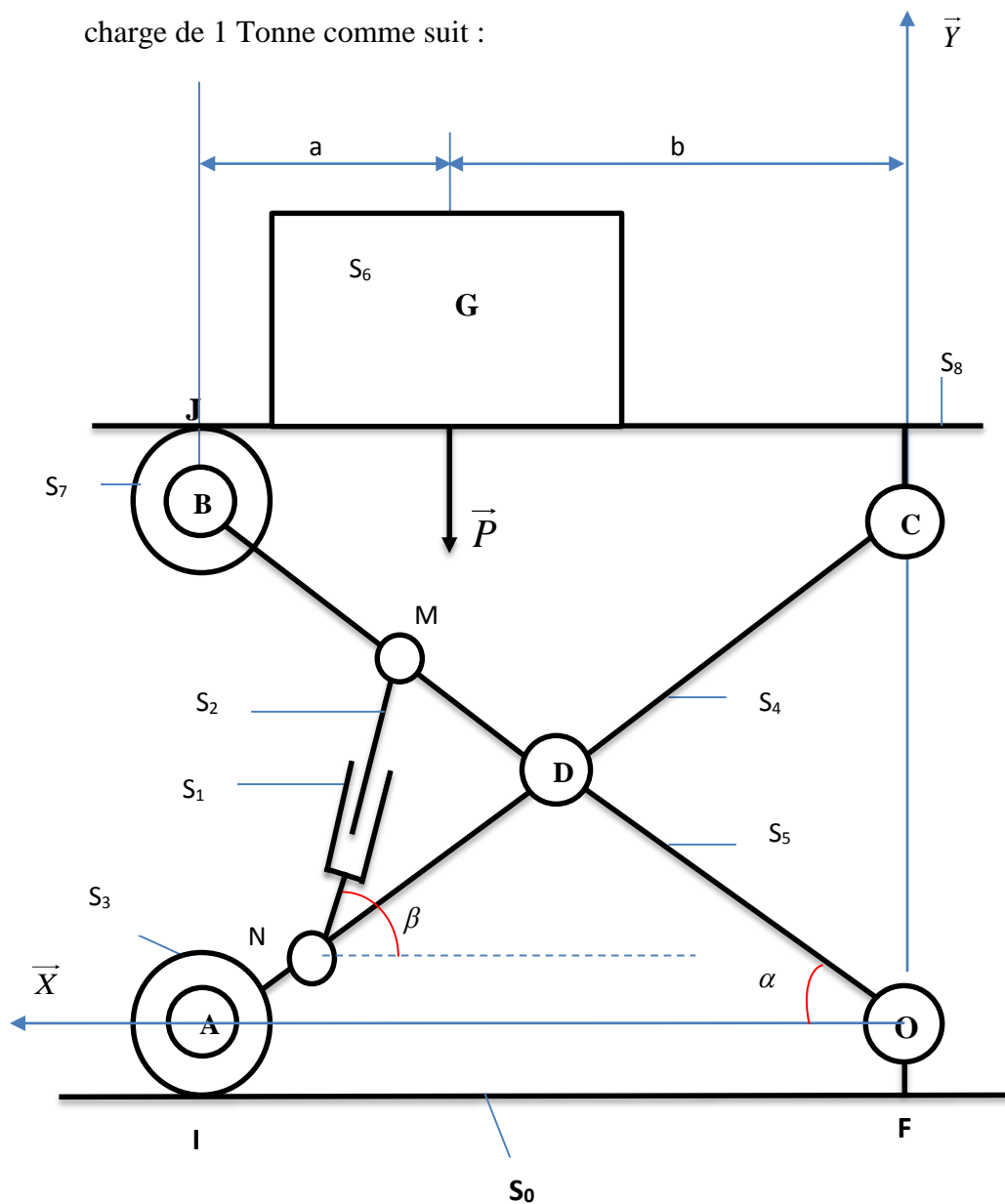


Figure 3.6 : schéma d'une charge sur la table

Pour calculer l'effort que doit fournir le vérin pour soulever une charge de 1 tonne, il faut calculer les réactions sur l'ensemble des éléments de la table.

Hypothèses :

- Le poids propre de chaque pièce est négligé.
- Tous les frottements entre les éléments de la table sont négligés sauf aux point I et J ou on prendra $f = 0,3 = \tan \varphi$ (φ est l'angle du vecteur résultante des réactions et frottements aux les points I et J).
- On considère la charge à soulever avec :

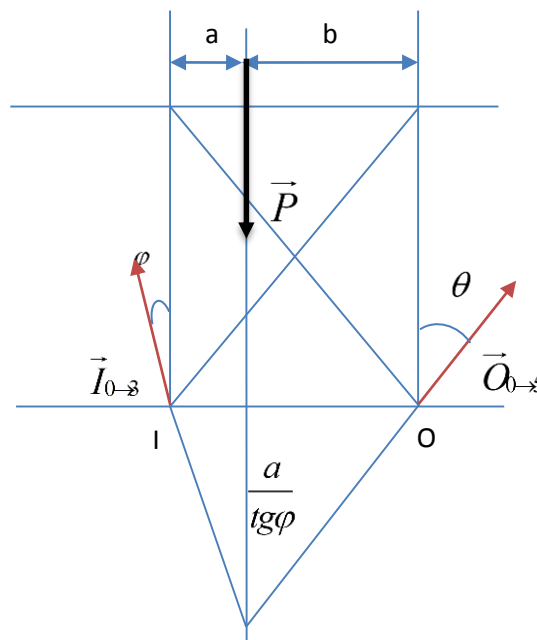
$$a = 120\text{mm}$$

$$b = 560\text{mm}$$

- $DA = DB = DC = DO = l = \frac{E}{2} = \frac{1077}{2} = 538,5\text{mm}$ et $DM = 200\text{mm}$

• Calcul des réactions dans la base de la table :

Isolement de la base de la table : le schéma suivant montre les réactions sur la base de la table :



$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Rightarrow$$

$$\vec{O}_{0 \rightarrow 5} + \vec{I}_{0 \rightarrow 3} + \vec{P} = \vec{0} \quad \text{Projection :}$$

$$\text{Selon X : } \vec{O}_{0 \rightarrow 5} \sin \theta - \vec{I}_{0 \rightarrow 3} \sin \varphi = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

Selon Y : $\vec{O}_{0 \rightarrow 5} \cos \theta + \vec{I}_{0 \rightarrow 3} \cos \varphi = \vec{P} \dots \dots \dots (2)$

$$\sum \vec{M}_{/I} = \vec{0} \Rightarrow$$

$$-a. \|\vec{P}\| + (a+b). \|\vec{O}_{0 \rightarrow 5}\| \cos \theta = 0$$

$$\|\vec{O}_{0 \rightarrow 5}\| \cos \theta = P. \frac{a}{a+b}$$

$$\tan \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) = \frac{a}{b \tan \varphi} \Rightarrow \theta = \left(\frac{\pi}{2} \right) - \arctan \frac{a}{b \tan \varphi}$$

$$A.N : \theta = \frac{\pi}{2} - \arctan \frac{120}{560 \times 0,3} = 54,46^\circ$$

$$\|\vec{O}_{0 \rightarrow 5}\| = 9810 \frac{120}{(560+120)0,58} = 2984,8N$$

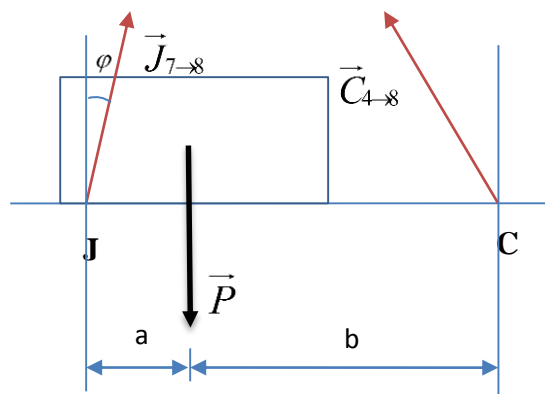
En remplaçant dans 2 on obtient :

$$\|\vec{I}_{0 \rightarrow 3}\| = \frac{\|\vec{P}\| - \|\vec{O}_{0 \rightarrow 5}\| \cos \theta}{\cos \varphi} \quad A.N :$$

$$\|\vec{I}_{0 \rightarrow 3}\| = 8430,6N$$

- **Calcul des réactions sur la plateforme de la table :**

Isolement de la plateforme : les réactions sur la plateforme de la table sont illustrées dans le schéma suivant :



$$\sum \vec{M}_{/C} = \vec{0} \Rightarrow b \cdot \|\vec{P}\| - (a+b) \cdot \|\vec{J}_{7 \rightarrow 8}\| \cos \varphi \Rightarrow$$

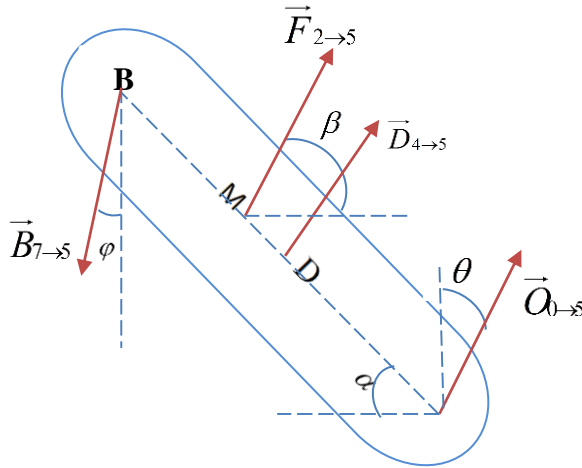
$$\|\vec{J}_{7 \rightarrow 8}\| = \frac{P \cdot b}{(a+b) \cos \varphi}$$

A.N :

$$\|\vec{J}_{7 \rightarrow 8}\| = \frac{9810,560}{(120+560) \cos 16,7} = 8415,4N$$

• Calcul des réactions sur les ciseaux :

Isolement du ciseau (5) :



- Calcul de la force du vérin :

$$\sum \vec{M}_{/D} = \vec{0} \Rightarrow \vec{DM} \wedge \vec{F}_{2 \rightarrow 5} + \vec{DB} \wedge \vec{B}_{7 \rightarrow 5} + \vec{DO} \wedge \vec{O}_{0 \rightarrow 5} = \vec{0} \Rightarrow$$

$$\|\vec{B}_{7 \rightarrow 5}\| l (\cos \varphi \cos \alpha + \sin \varphi \sin \alpha) - \|\vec{F}_{2 \rightarrow 5}\| DM \cos(\beta - \alpha) + \|\vec{O}_{0 \rightarrow 5}\| l (\cos \theta \cos \alpha + \sin \theta \sin \alpha) = 0$$

$$\|\vec{B}_{7 \rightarrow 5}\| l \cos(\varphi - \alpha) - \|\vec{F}_{2 \rightarrow 5}\| DM \cos(\beta - \alpha) + \|\vec{O}_{0 \rightarrow 5}\| l \cos(\theta - \alpha) = 0 \Rightarrow$$

$$\|\vec{F}_{2 \rightarrow 5}\| = \frac{\|\vec{B}_{7 \rightarrow 5}\| l \cos(\varphi - \alpha) + \|\vec{O}_{0 \rightarrow 5}\| l \cos(\theta - \alpha)}{DM \cos(\beta - \alpha)}$$

Sachant que : $\vec{B}_{7 \rightarrow 5} = -\vec{J}_{7 \rightarrow 8}$ alors : A.N :

À la position max de la table :

$$\|\vec{F}_{2 \rightarrow 5}\|_{\max} = \frac{8415,4 \times 538,5 \cos(16,76 - 68) + 2984,8 \times 538,5 \cos(54,46 - 68)}{200 \cos(14,34)} = 22780,07N$$

À la position min de la table :

$$\|\vec{F}_{2 \rightarrow 5}\|_{\min} = \frac{8415,4 \times 538,5 \cos(16,76 - 10,9) + 2984,8 \times 538,5 \cos(54,46 - 10,9)}{200 \cos(19,11)} = 30714,5N$$

Donc la force que doit fournir notre vérin qu'on notera F doit être :

$$\|\vec{F}\| \geq 30714,5N$$

- **Calcul de la réaction entre les ciseaux $\|\vec{D}_{4 \rightarrow 5}\|$:**

$$\sum \vec{M}_{/M} = \vec{0} \Rightarrow \vec{MD} \wedge \vec{D}_{4 \rightarrow 5} + \vec{MB} \wedge \vec{B}_{7 \rightarrow 5} + \vec{MO} \wedge \vec{O}_{0 \rightarrow 5} = \vec{0} \Rightarrow$$

$$\|\vec{B}_{7 \rightarrow 5}\| (l - DM)(\cos \varphi \cos \alpha + \sin \varphi \sin \alpha) - \|\vec{D}_{4 \rightarrow 5}\| DM \cos(\alpha) + \|\vec{O}_{0 \rightarrow 5}\| (l + DM)(\cos \theta \cos \alpha + \sin \theta \sin \alpha) = 0$$

$$\|\vec{B}_{7 \rightarrow 5}\| (l - DM) \cos(\varphi - \alpha) - \|\vec{D}_{4 \rightarrow 5}\| DM \cos(\alpha) + \|\vec{O}_{0 \rightarrow 5}\| (l + DM) \cos(\theta - \alpha) = 0$$

$$\|\vec{D}_{4 \rightarrow 5}\| = \frac{\|\vec{B}_{7 \rightarrow 5}\| (l - DM) \cos(\varphi - \alpha) + \|\vec{O}_{0 \rightarrow 5}\| (l + DM) \cos(\theta - \alpha)}{DM \cos(\alpha)}$$

A.N : on trouvera que :

$$\|\vec{D}_{4 \rightarrow 5}\| = 53145,58N \quad \text{à la position maximale de la table}$$

$$\|\vec{D}_{4 \rightarrow 5}\| = 22485,73N \quad \text{à la position minimale de la table}$$

ii. Calcul de la force dynamique du vérin :

Pour une utilisation optimale de l'actionneur il est recommandé de définir un actionneur tel que le taux de charge soit inférieur ou égale à 75% sachant que la force du vérin est F = 30714,5N

$$F_{dyn} = \frac{F}{0,75} = \frac{30714,5}{0,75} = 40952,67N$$

On retient une tige de **d=32mm** et un alésage de diamètre **D= 50mm**

iii. Vérification de flambement de la tige du vérin :

On vérifie la résistance de la tige au flambement à l'aide de la formule d'EULER comme mentionné dans le premier chapitre :

$$F_c = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{(G,\bar{Z})}}{L^2}$$

Avec :

F_c : Force critique ($F_c = 30714,5 \text{ N}$)

E : Module de Young ($E = 200000 \text{ N}$)

L : Longueur max de flambement

I : Moment d'inertie $I = \frac{\pi d^4}{64} \Rightarrow \text{A.N. :}$

$$I = \frac{3,14 \times (32)^4}{64} = 51445,76 \text{ mm}^4$$

On a : $F_c = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{(G,\bar{Z})}}{L^2} \Rightarrow L_{\max} = \sqrt{\frac{k \pi^2 E I_{(G,Z)}}{F_c}} \Rightarrow \text{A.N. :}$

$$L_{\max} = \sqrt{\frac{2 \times 3,14^2 \times 200000 \times 51445,76}{30714,5}} \Rightarrow L_{\max} = 2571,5 \text{ mm}$$

La course du vérin est $B = 334,2 \text{ mm}$ et le coefficient du facteur course $k = 2$

$L = C \times K = 334,2 \times 2 = 668,4 \text{ mm}$ On remarque que :

$$L \leq L_{\max}$$

Donc la résistance au flambement de la tige du vérin est vérifiée.

iv. Calcul de la pression de travail :

$$F = P \cdot S \Leftrightarrow P = \frac{F}{S} \quad \text{Avec :}$$

P : pression de travail [bar]

S : section du piston (vérin double effets) [cm^2] : $S = \frac{\pi d^2}{4} = 2827,4 \text{ mm}^2 = 28,27 \text{ cm}^2$

F : la force dynamique du vérin [daN]

A.N: $P = 144,86 \text{ bar}$

On prend $P = 150$ bar comme pression de travail dans nos calculs.

v. Calcul du débit du vérin :

Le débit du vérin est donné par la formule :

$$Q = V.S$$

Sachant que dans le cahier de charge on nous a imposé un temps d'élévation $t = 12$ s et que la course du vérin déjà calculée vaut $C = 334,2$ mm

Et sachant que:

$$V = \frac{C}{t} = \frac{334,2}{12} = 27,85 \text{ mm/s}$$

$$S = 2827,4 \text{ mm}^2$$

Donc : $Q = 78743,09 \text{ mm}^3 / \text{s}$ Ou $Q = 4,72 \text{ l/min}$

2.2.2. dimensionnement de la pompe : [13]

Avant d'entamer le dimensionnement de la pompe il faudrait savoir que l'objectif principal qui est le dimensionnement du vérin est atteint en déterminant la pression nécessaire pour le vérin ainsi son débit.

Donc en ce qui concerne son alimentation on va prendre une pompe qui génèrera un débit un peu plus grand que le débit nécessaire pour le vérin qui est de $4,72 \text{ l/min}$

On prend une mini centrale hydraulique de marque **COMEIO Professionnel Power Equipment**.



Figure 3.7 : Mini centrale hydraulique COMEIO

Avec les caractéristiques extraites du catalogue suivantes :

- boîtier de commande avec fil de 3 mètre.
- Moteur 12V avec une puissance de 1600 Watt et 2600 TPM.
- Réservoir en plastique de 8 litres.
- Pression de travail maximale de 200 Bars.
- Montage simple effet.
- Sortie huile 3/8BSP Certification **CE** par **Interreck**

Le schéma suivant indique son montage simple effet 200 bars :

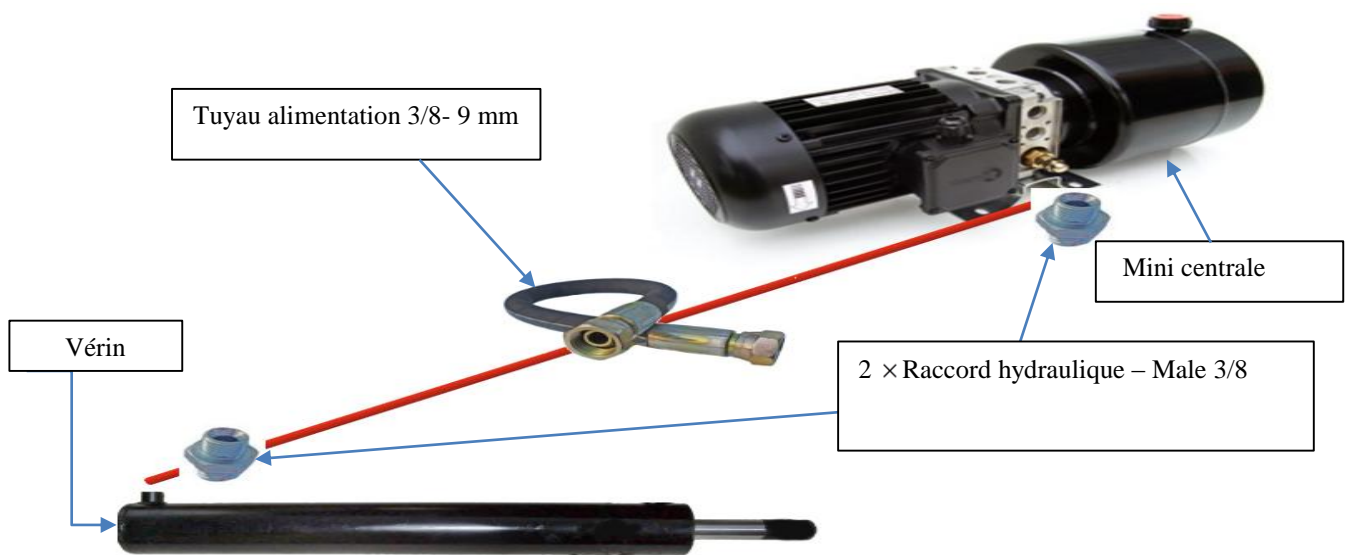


Figure 3.8 : Schéma de montage simple effet d'une mini centrale hydraulique COMEO

2.3. Dimensionnement mécanique des éléments de la table :

Dans cette partie d'étude nous allons calculer les résistances des éléments constituant la table élévatrice susceptible de supporter la charge à soulever.

Dans cette section nous allons calculer la résistance de :

- La plateforme de la table
- Les ciseaux de la table
- L'axe d'articulation des ciseaux
- Les tiges de fixation du vérin

2.3.1. Dimensionnement de la plateforme de la table :

La plateforme est constituée d'un cadre de profilés de soudages traversé par quatre traverses qui sont du même type de profilés. L'ensemble constituant un rectangle qui est la surface de la plateforme. La figure suivante illustre la plateforme de la table :

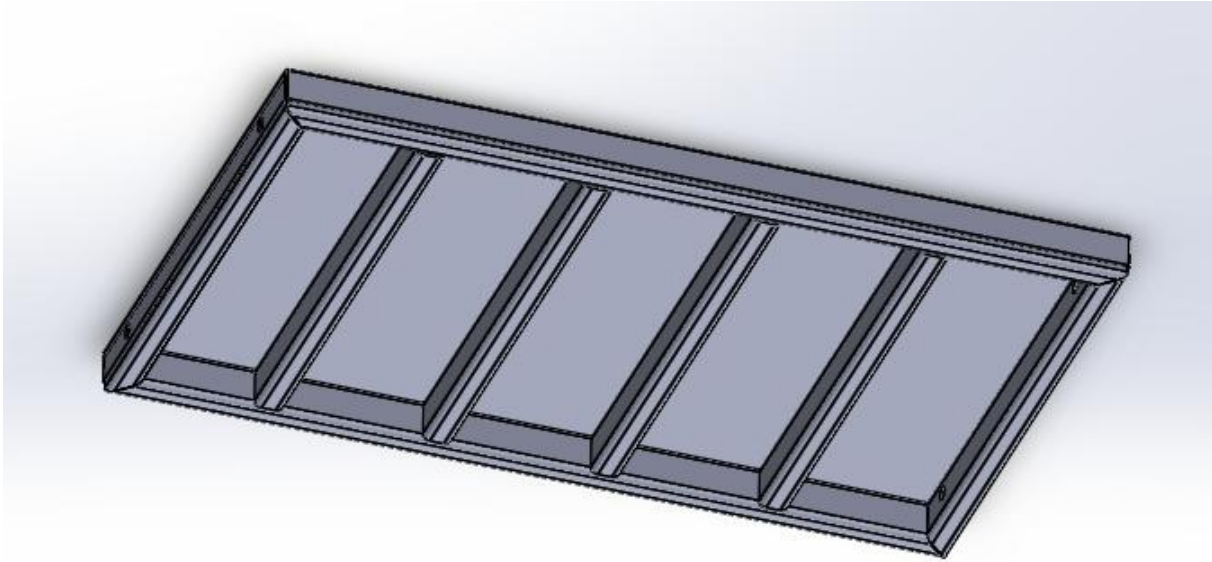


Figure 3.9 : Plateforme de la table

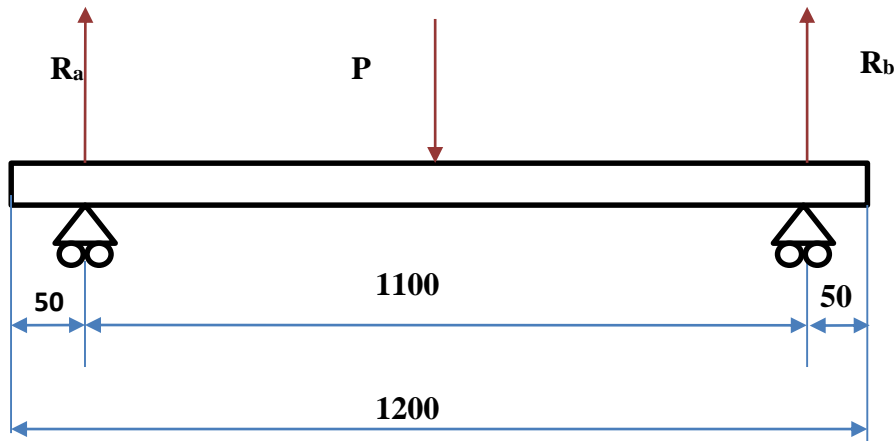
L'ensemble des six traverses et les deux profilés latéraux constituent le corps de la plateforme il est directement appuyés sur les ciseaux de la table, donc dimensionner les traverses revient à dimensionner la plateforme. Nous considérons la charge étant appliquée au milieu de la plateforme.

Masse = $1000 + m$ (kg) avec :

m : la masse de la tôle égale à $m = 7,85 \times 1,2 \times 0,75 \times 4 = 28,26 \text{ kg}$

Donc la masse totale est de 1028,26 kg alors $P = 10087,2 \text{ N}$

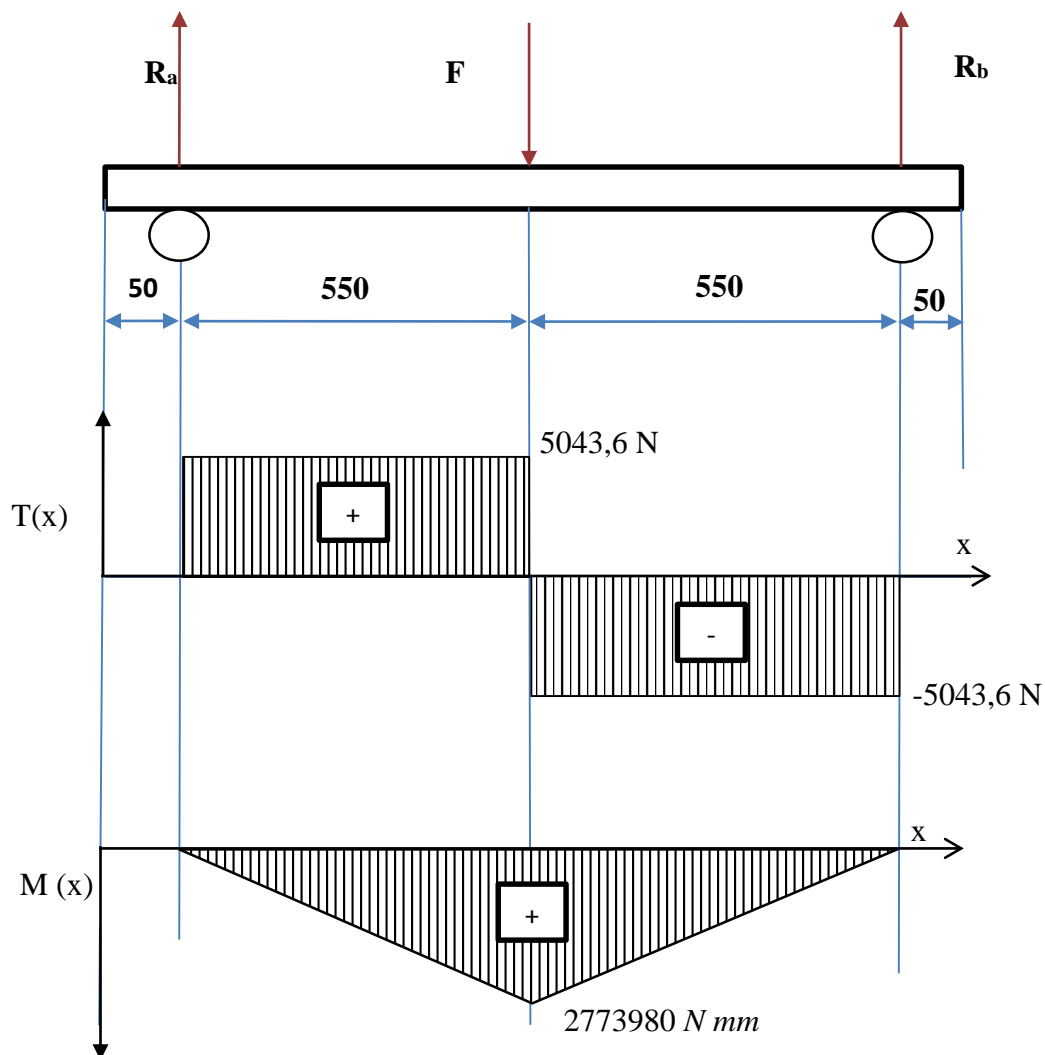
Soit le schéma suivant indiquant les efforts sur les traverses :



- Calcul des réactions :

$$R_a = R_b = \frac{P}{2} = 5043,6 \text{ N}$$

- Diagramme des efforts tranchants et moments fléchissant :



Le moment fléchissant maximum est $M_{f\max} = 2773980 \text{ N mm}$

Acier S355 : $R_e = 355 \text{ Mpa}$

En posant un coefficient de sécurité $s = 2$ alors :

$$\sigma_{adm} = \frac{R_e}{s} = \frac{355}{2} = 177,5 \text{ Mpa}$$

- **Condition de résistance :**

$$\sigma_{adm} \leq \frac{M_{f\max}}{W_f} \Leftrightarrow W_f \geq \frac{M_{f\max}}{\sigma_{adm}}$$

$$W_f = \frac{I}{V} \Rightarrow \frac{I}{V} \geq \frac{M_{f\max}}{\sigma_{adm}} \Rightarrow \boxed{\frac{I}{V} \geq 15628,05 \text{ mm}^3 = 15,6 \text{ cm}^3}$$

On prend : $W_f = 16,20 \text{ cm}^3$ il correspond au profilé de soudage rectangulaire de $(70 \times 40 \times 5)$ Sa masse linéique est de 7,64 kg/m [14]

- **Calcul de la longueur des cordons de soudure pour les traverses :**

Le schéma suivant montre l'emplacement des cordons de soudures dans une des traverses de la table

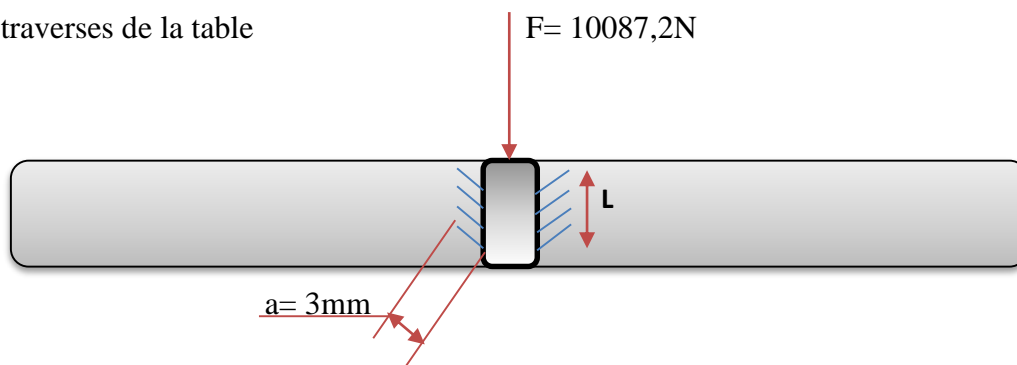


Figure 3.10 : Schéma simple du Positionnement des cordons de soudure sur une traverse

Pour vérifier la résistance des cordons de soudures des traverses reliés au cadre, on utilise la vérification suivante :

$$F_{wsd} \leq F_{wrd} \dots\dots\dots (12) \quad \text{avec :}$$

F_{wsd} : Effort revenant à chaque cordon de soudure, elle a pour expression :

$$F_{wsd} = \frac{N_{tsd}}{n} \text{ Avec :}$$

N_{tsd} : Effort exercé sur le cordon et n le nombre de cordons

F_{wrd} : Effort résistant revenant à chaque cordon de soudure, il vaut :

$$F_{wrd} = (a \times L) \times \frac{F_u}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{\beta_w \gamma_{Mw}} \text{ Avec :}$$

Acier	F_u	β_w	γ_{Mw}
S235	360	0.8	1.25
S275	430	0.85	1.3
S355	510	0.9	1.35

Table 3.2 : Calculs Euro-code de β_w et γ_{Mw}

Le matériau des profilés des traverses est supposé S355 dans nos calculs et sachant que chaque traverse est soudée dans ces deux cotés par rapport au cadre, soumise à un effort

$$N_{tsd} = \frac{F}{S} \text{ avec : } S = 2 \times 30 \times 3 \text{ alors : } N_{tsd} = \frac{10087,2}{2 \times 40 \times 3} = 42,02 N / mm$$

Alors l'équation 12 nous donne :

$$L \geq \frac{\sqrt{3} \times N \cdot \beta_w \cdot \gamma_{Mw}}{a \cdot N \cdot F_u} \text{ A.N : } L \geq \frac{\sqrt{3} \times 42,02 \times 0,9 \times 1,35}{3 \times 2 \times 510} = 0,0289m \approx 28,9mm$$

On prend :

$L = 29 \text{ mm}$

2.3.2. Dimensionnement des bras du ciseau :

Les ciseaux mis en place dans la constitution de la table sont des profilés de soudage rectangulaire similaires aux traverses de la plateforme, il reste à définir le dimensionnement de ces derniers pour qu'ils supportent la charge.

Tout d'abord il est à noter que la taille réelle du profilé du ciseau vaut $E=1000\text{mm}$ du 1077mm déterminée dans la première partie du calcul, en ajoutons les rayons des galets et des supports de pivotement on aboutira à la valeur 1077mm .

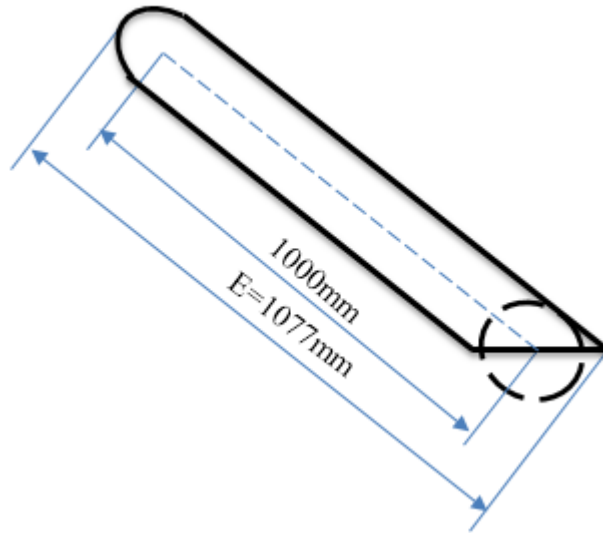


Figure 3.11 : Le bras du ciseau

Pour dimensionner notre profilé, notre hypothèse est comme suit : on le suppose en position horizontale, qui est la position critique, donc trouver sa résistance à la charge appliquée à la position critique revient à prouver que le profilé est capable de résister aux positions de la table, le schéma suivant indique le repositionnement de la charge appliquée sur l'un des ciseaux :

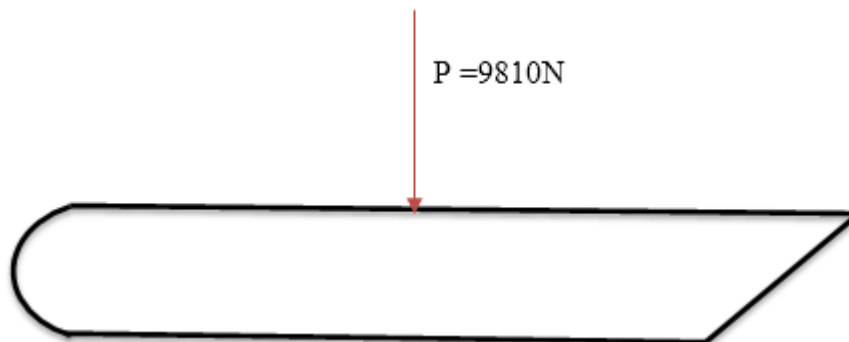
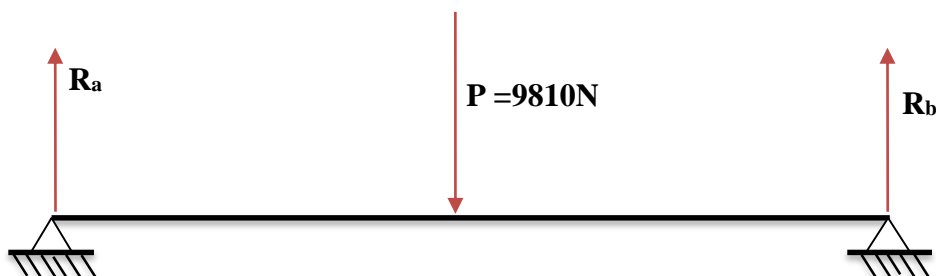


Figure 3.12 : effort sur le ciseau en position critique

Modélisons les efforts sur le ciseau en ce schéma suivant :



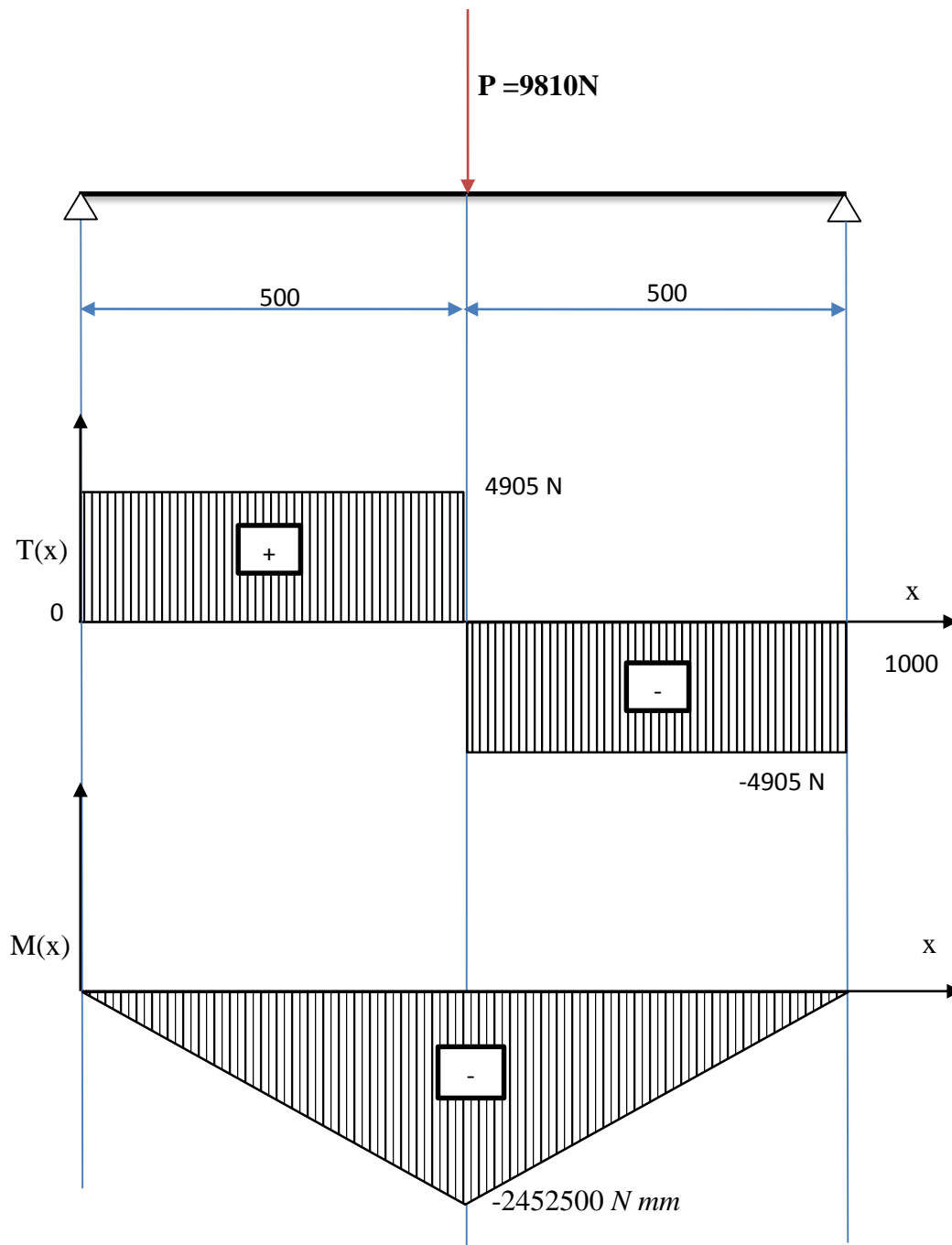
- **Calcul des réactions :**

$$\sum F_{ext} = \vec{0} \Rightarrow \vec{R}_a + \vec{R}_b + \vec{P} = \vec{0}$$

$$\text{Projection : } R_a + R_b - P = 0$$

$$R_a = R_b = \frac{P}{2} = 4905 N$$

- **Diagramme des efforts tranchants et moments fléchissant :**



- **Condition de résistance :**

$$W_f = \frac{I}{V} \Rightarrow \frac{I}{V} \geq \frac{M_{f \max}}{\sigma_{adm}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\frac{I}{V} \geq 13816,90 \text{ mm}^3 = 13,8 \text{ cm}^3}$$

On prend : $W_f = 16,00 \text{ cm}^3$ il correspond au profilé de soudage rectangulaire de $(50 \times 30 \times 2,5)$. [14]

2.3.3. Calcul du diamètre des tiges de fixation du vérin :

Pour fixer le vérin on utilisera deux tiges parallèles qui ont le même diamètre que la force du vérin double effet et la même en tirant et on poussant, la figure suivante montre l'emplacement du vérin :

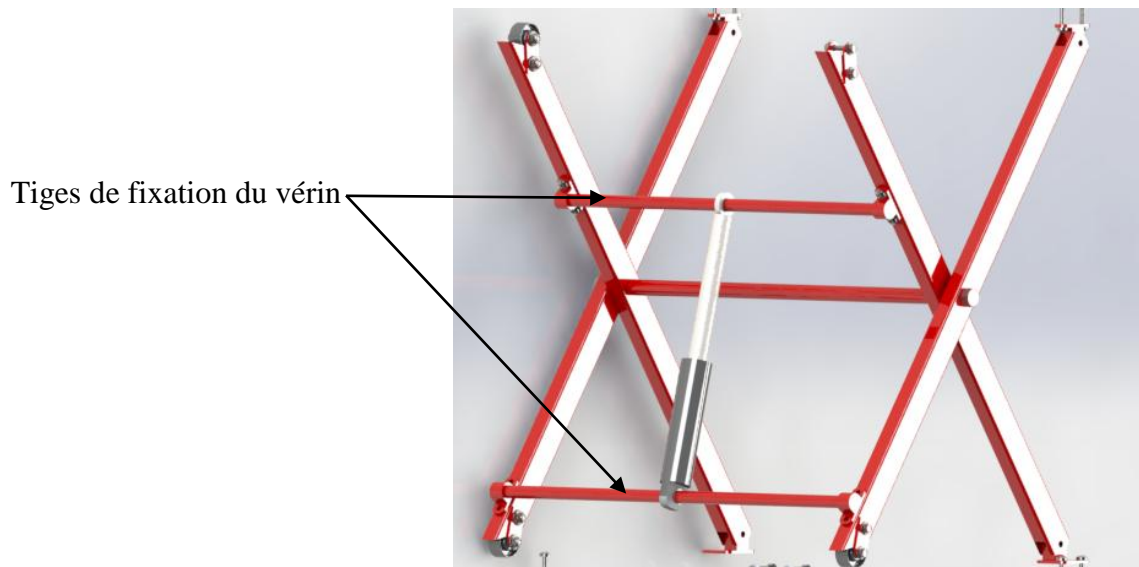
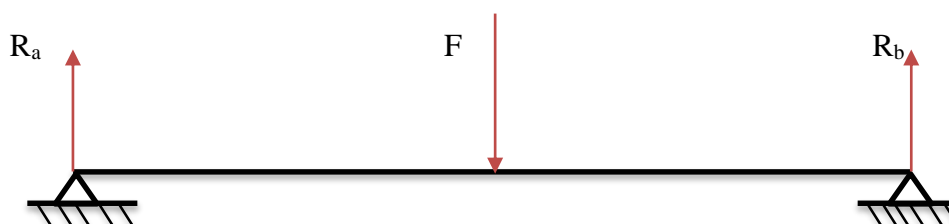


Figure 3.13 : tiges de fixation du vérin

Les deux tiges sont soumises à la flexion simple, soit le schéma suivant indiquant l'effort auquel elle est soumise l'une de ces tiges :



En suivant la même méthodologie de calcul que les précédent on trouvera que :

$$R_a = R_b = \frac{F}{2} = 15357,25N \text{ Et } M_{f \max} = 5238357,96Nmm$$

En appliquant la condition de résistance : (sachant que : $\sigma_{adm} = 177,5N / mm^2$)

$$W_f = \frac{I}{V} \Rightarrow \frac{I}{V} \geq \frac{M_{f \max}}{\sigma_{adm}} \Rightarrow \frac{\frac{\pi d^4}{32}}{\frac{d}{2}} \geq \frac{M_{f \max}}{\sigma_{adm}}$$

$$\Rightarrow \frac{\pi d^3}{16} \geq \frac{M_{f \max}}{\sigma_{adm}} \quad \text{A.N : } d \geq 53,18mm$$

On prend :

$$d = 55mm$$

2.3.4. Calcul du diamètre de l'axe d'articulation du ciseau :

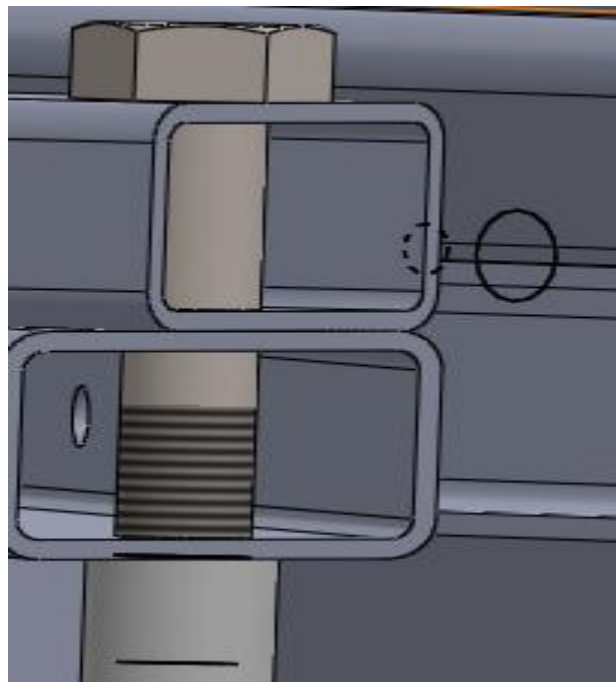


Figure 3.14 : vue de coupe SolidWorks de la vis d'articulation entre les ciseaux

L'axe d'articulation du ciseau dans notre conception est un boulon qui traverse deux profilés constituant un ciseau. La vis est soumise au cisaillement, cet effort est la force maximale qui a déjà été calculée dans la partie du dimensionnement du vérin elle vaut :

$$\|\vec{D}_{4 \rightarrow 5}\| = 53145,58N \quad : \text{à la position maximale de la table}$$

$$\|\vec{D}_{4 \rightarrow 5}\| = 22485,73N \quad : \text{à la position minimale de la table}$$

On prendra la plus grande charge, donc $F = \|\vec{D}\| = 53145,58N$, la condition de résistance au

cisaillement nous donne : $\tau = \frac{T}{S} \leq R_{pg} = \frac{R_{eg}}{s} \Rightarrow \frac{4T}{\pi d^2} \leq \frac{R_{eg}}{1,5}$ avec : $R_{eg} = 0,7R_e$ alors :

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \times T}{\pi R_{eg}}} \quad \text{A.N} \quad \Rightarrow \quad d \geq 16,9mm$$

On prend :

$$d = 18mm$$

Pour le choix des galets et des roues pour la table on a choisis ceux de la marque SEPT, entreprise française spécialiste dans la fabrication et le montage des roues et des roulettes industrielles, pour les dimensions elles sont attachées dans l'annexe à la fin du rapport avec les mises en plans. [15]

Chapitre 4

Les différentes tâches qui devront être réalisées avant la fin de la conception du support serviront à affiner ce dernier. Tous les calculs cités ci-dessus devront être faits. La stabilité et la sécurité lors de l'utilisation du système devront être étudiées. Des modifications ont été faites suite à cette étude. Les éléments du support jugés vulnérables devront être étudiés à l'aide de la méthode des éléments finis. La mise en plan pourra ainsi être réalisée.

Ce dernier chapitre présente une partie dans laquelle on va décrire, analyser et vérifier nos résultats de recherche et de dimensionnement effectué précédemment. Il sera partagé en trois parties :

- ➡ Pièces de constitution de la table et étude par élément fini (simulation)
- ➡ Présentation de la maquette 3D de la table élévatrice
- ➡ Mises en plan des éléments essentiels constituant la table

4.1. Maquette 3D des éléments de la table et analyse par élément fini (simulation) :

La conception de la table élévatrice a été séparée en plusieurs sous-systèmes pour faciliter le design de celle-ci. Il est à noter que la méthodologie utilisée jusqu'à maintenant pour réaliser ce projet est basée uniquement sur nos connaissances académiques acquises et ceux-ci ont été travaillés parallèlement puisque chacun d'eux sont inter-reliés.

Dans cette section nous allons présenter la modélisation SolidWorks 3D des structures essentielles constituant la table :

4.1.1. La plateforme de la table :

i. Maquette 3D :

La première étape pour commencer la conception de la table a été de modéliser la plateforme qui devra supporter par une charge définie en 1000kg. Cette modélisation permet d'aller chercher les différentes cotes d'encombrement que le support doit respecter. Ceci en position basse et en position haute.

La figure 4.1 représente les deux vues de dessus et de dessous de la plateforme de la table. Le type et la grosseur des profilés ont été choisis à l'aide de la partie de dimensionnement.

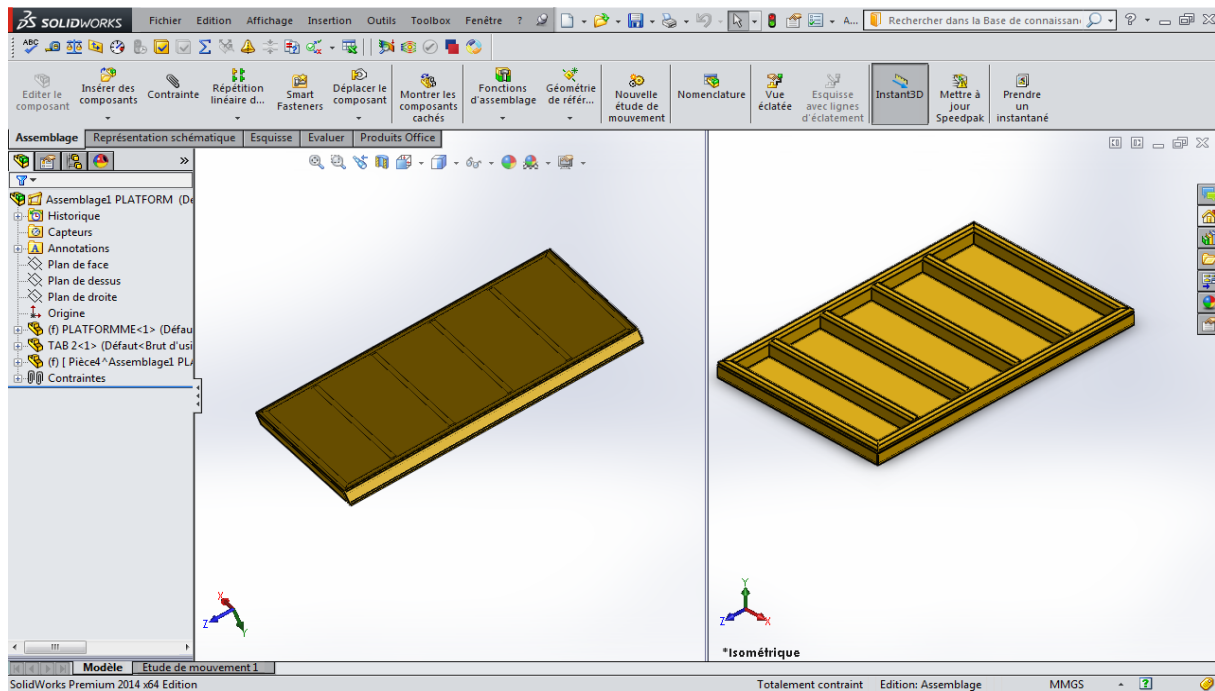


Figure 4.1 : modèle 3D de la plateforme de la table

ii. Analyse par élément fini :

L'analyse par élément fini vient supporter les calculs déjà fait à la main. Comme on peut constater sur les images s'y dessous nos calculs sont très près du logiciel. Suite à la première analyse, les résultats se sont avérés positifs. La figure 4.2 montre la distribution de la contrainte dans la barre. Cette distribution montre que la limite élastique de l'acier 355Nmm^2 n'est pas dépassée. La figure 4.3 montre que le coefficient de sécurité est autour de 6,7. La plateforme résistera donc à la charge de 1000KG soit 9810N.

Nom du modèle: Assemblage1 PLATFORM
 Nom de l'étude: Analyse statique 1(-Défaut-)
 Type de tracé: Analyse statique contrainte nodale Contraintes1
 Echelle de déformation: 562.878

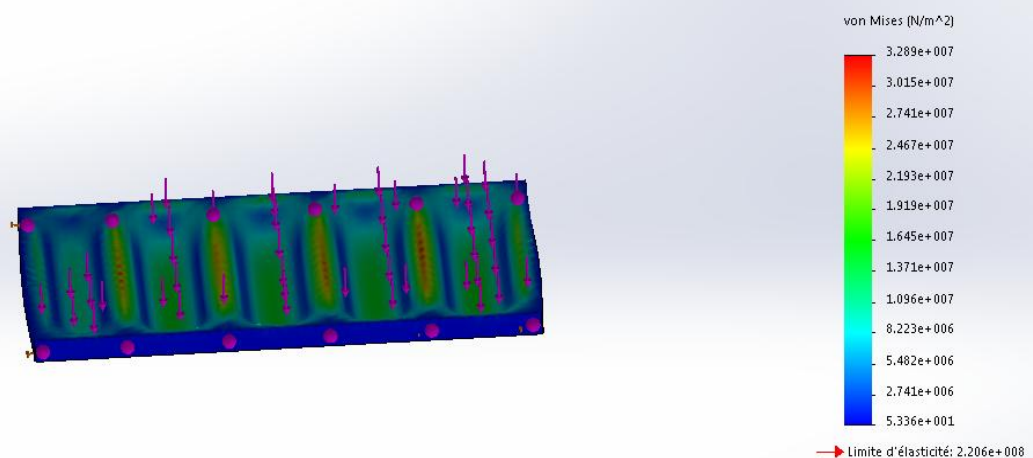


Figure 4.2 : contraintes de la plateforme de la table

Nom du modèle: Assemblage1 PLATFORM
 Nom de l'étude: Analyse statique 1(-Défaut-)
 Type de tracé: Coefficient de sécurité Coefficient de sécurité1
 Critère : automatique
 Distribution du coefficient de sécurité: CS Min = 6.7

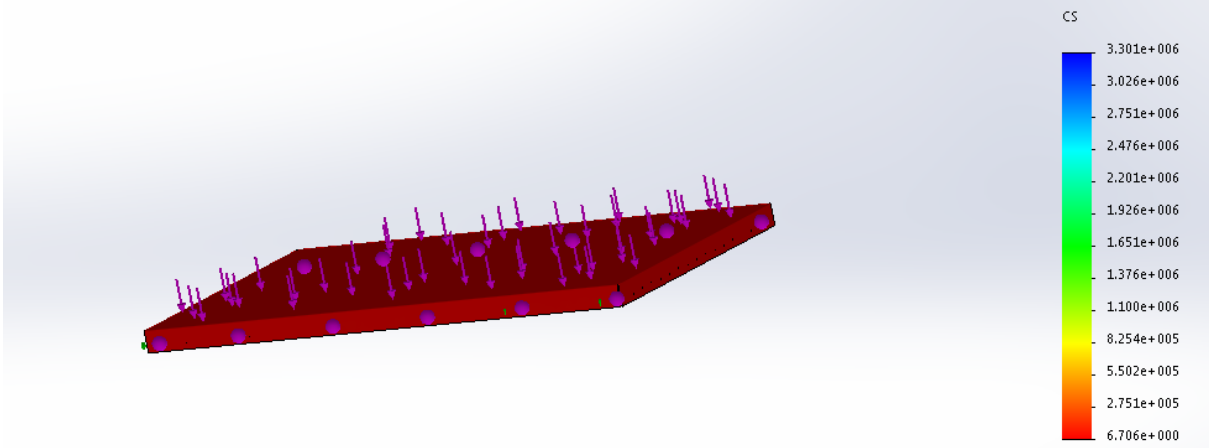


Figure 4.3 : Facteurs de sécurité de la plateforme de la table

4.1.2. Le châssis de la table :

i. Maquette 3D :

La base de la plateforme a été dimensionnée grossièrement en respectant l'encombrement de cotes dicté par le calcul effectué dans le début du troisième chapitre. Le profilé a également été choisi de manière à pouvoir être utilisé avec les autres sous-systèmes de la table. Ceci le rend uniforme. Une étude plus approfondie devra être effectuée pour confirmer le choix de ce profilé.

La figure 4.2 présente les vues de face, dessus, gauche et isométrique du châssis mobile de la table, des rails ont été soudés sur la face supérieure de la base pour guider en translation les galets des ciseaux.

Les choix des roues a été exclus de l'étude de dimensionnement on a choisis parmi les modèles qui existent dans le marché vue la diversité de ces dernières, un dessin de définition des roues sera attaché dans le rapport.

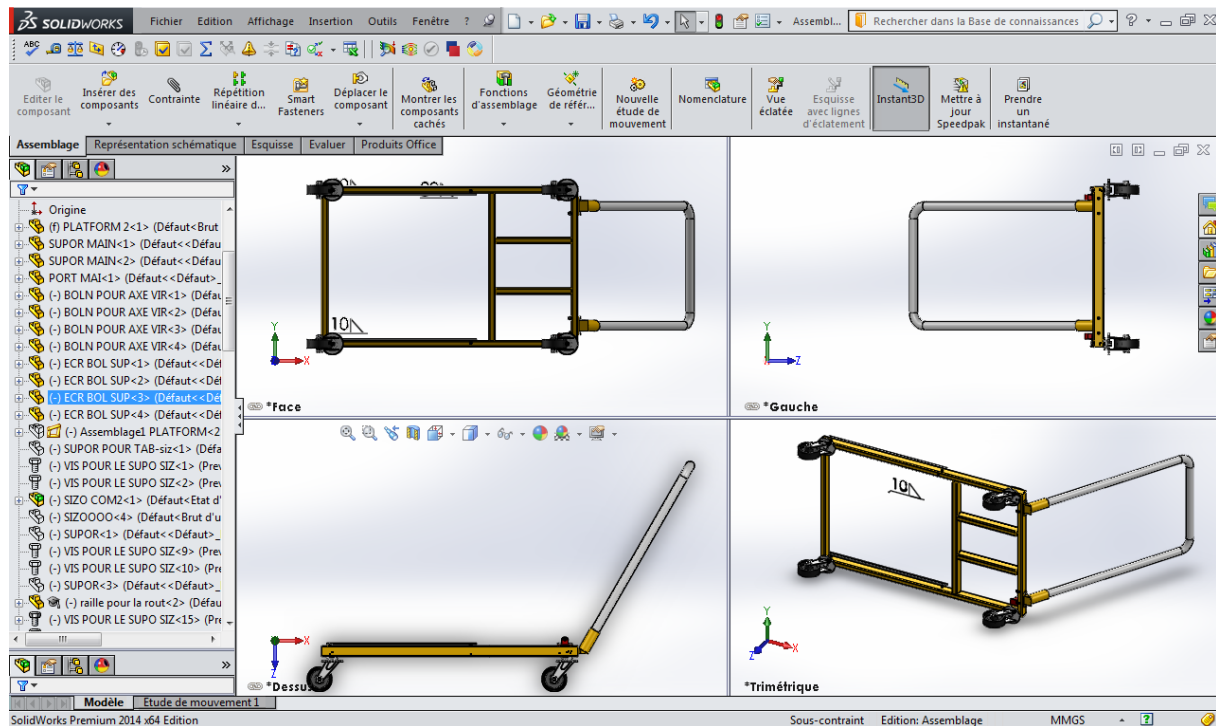


Figure 4.4 : modèle 3D du châssis de la table

ii. Analyse par élément fini :

La première analyse sur la base de la table avant a révélée des faiblesses. Étant donné les efforts auxquels elle est soumise, alors nous avons conclu qu'il était préférable d'ajouter des fers plats des traverses du même profilé que le cadre, parcourant une distance de 360mm. On affecte les conditions aux limites à la position la plus vulnérable. À la deuxième analyse, les résultats se sont avérés positifs. La moyenne des coefficients de sécurité sur notre pièce est d'environ 1. Les figures 4.5 et 4.6 montrent la répartition des contraintes et des facteurs de sécurité du concept de la base de la table, on peut constater sur les images la zone la plus faible semble être celle du centre des profilés de longueur. Mais lors de l'assemblage ces deux profilés serviront à monter les rails soudé qui permettra de répartir les contraintes adéquatement sur d'autres ensembles.

Notons que le coefficient de sécurité sera supérieur à l'actuel qui vaut 1, puisque les conditions aux limites et de chargement ont été définies à la position critique.

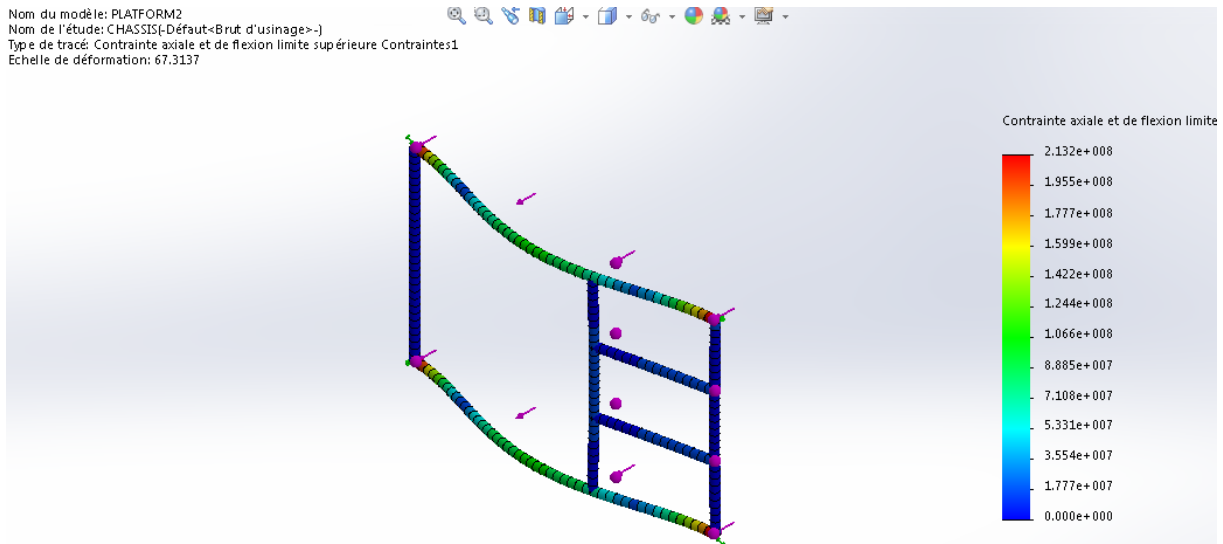


Figure 4.5 : contraintes sur le châssis de la table

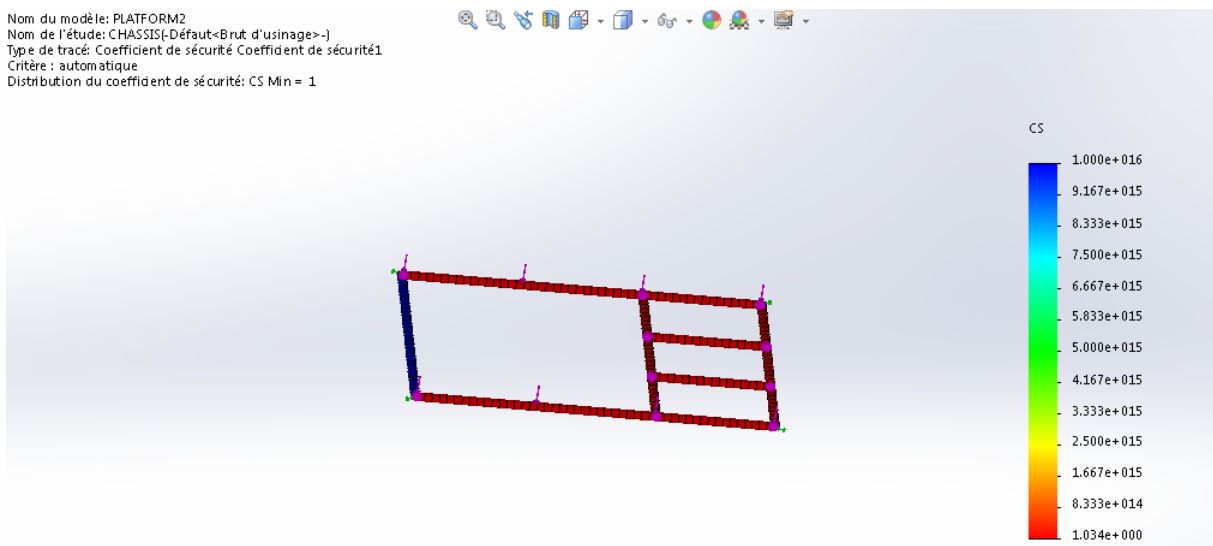


Figure 4.6 : Facteurs de sécurité du châssis de la table

4.1.3. Le système pivot (ciseaux) :

i. Maquette 3D :

La géométrie du système de pivot a été élaborée en regardant les autres systèmes disponibles sur le marché et avec une touche d'amélioration aux niveaux des extrémités pour le montage des supports et des galets.

On a opté pour le choix d'un profilé qui est le même que celui pris pour la plateforme et la base. Ceci pour les mêmes raisons énumérées plus tôt, et pour donner de la souplesse à l'assemblage. Les figures 4.7 et 4.8 représentent la forme du profilé conçus pour les ciseaux ainsi que son montage pivot :

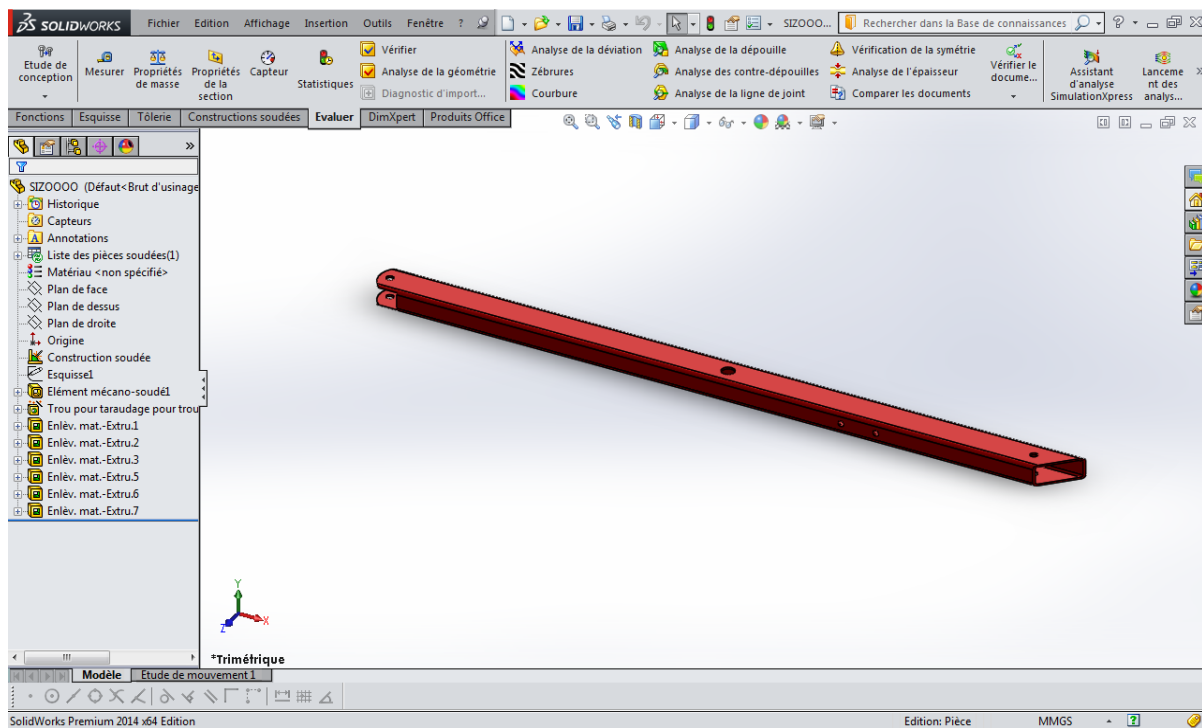


Figure 4.7 : modèle 3D du profilé du ciseau

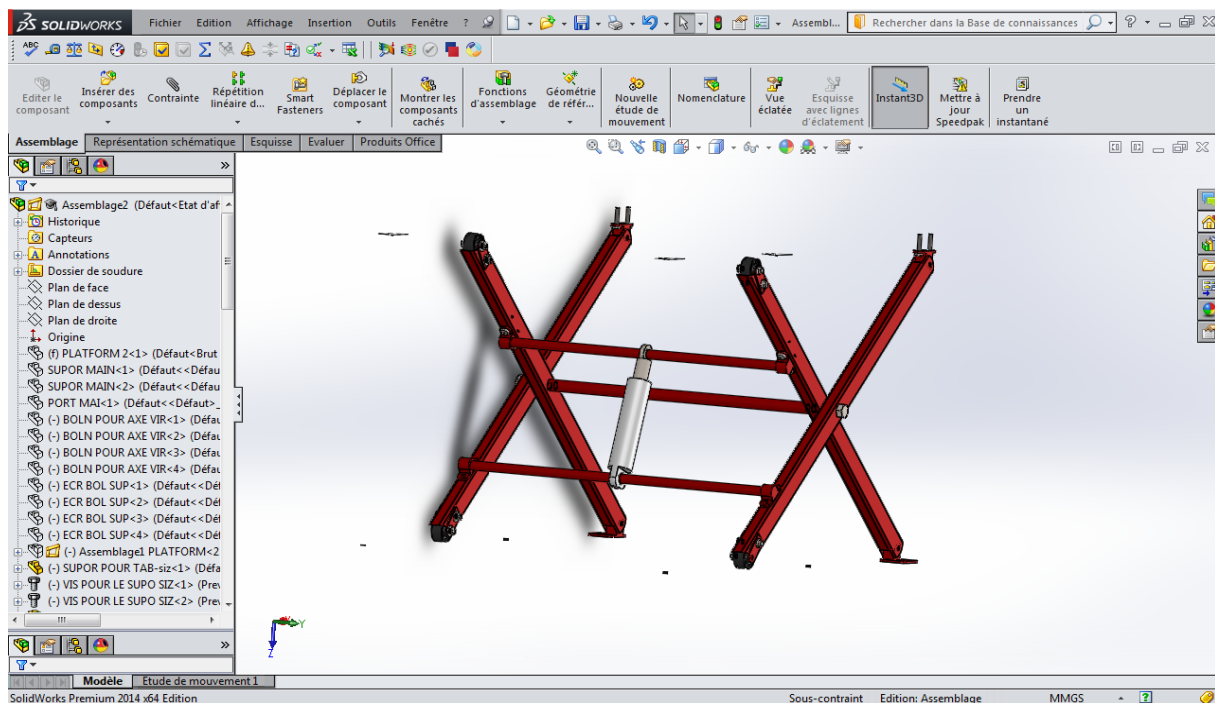


Figure 4.8 : modèle 3D des ciseaux

ii. Analyse par élément fini du pivot :

Le système de pivot permet de faire le lien entre la position basse et haute de la plateforme de la table. Le système de levage par vérin vient également s'y attacher pour lever la charge. Les aspects à respecter lors de la conception de ce système sont très importants. Le profilé choisi doit résister à la charge dans les deux positions et tout au long du levage. La géométrie du système doit en position basse favoriser le levage de la charge. Les axes de rotation doivent être conçus adéquatement pour minimiser l'usure prématurée des différentes membrures. Le même profilé rectangulaire utilisé dans les autres systèmes devrait nous être adéquat. Tandis qu'un simple système goujon et écrous avec jeu devrait faire l'affaire pour les axes de rotation. Différents calculs ont été effectués pour ce système dans le chapitre du dimensionnement sur lesquels on s'est basé pour déterminer ces cotes et concevoir ce système. On remarque bien d'après les figures 4.9 et 4.10 que les résultats de simulation et de nos calculs sont très proche et, donc on déduit que le pivot résistera à la charge et aux efforts exercés sur lui.

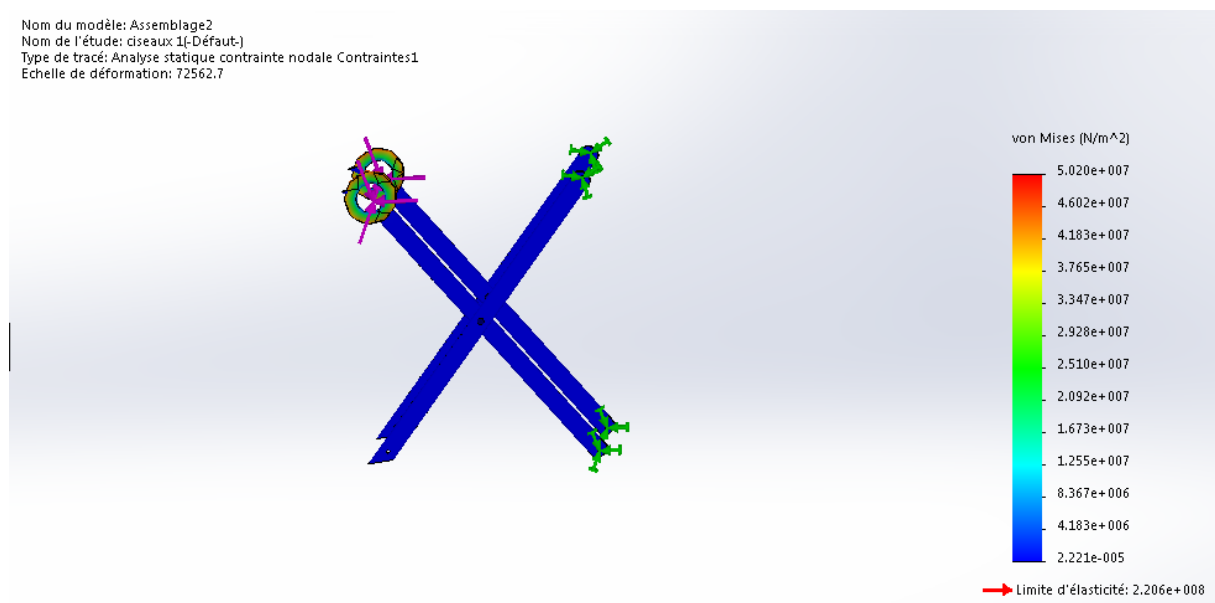


Figure 4.9 : Contraintes sur les ciseaux

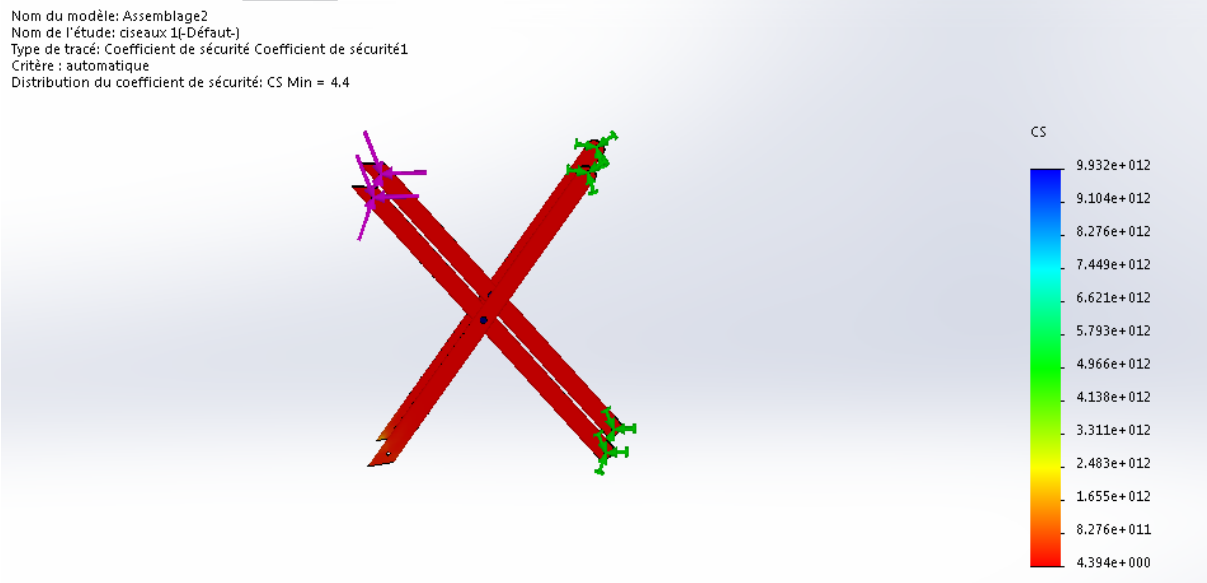


Figure 4.10 : Facteurs de sécurité des ciseaux

4.1.4. Système hydraulique (vérin) :

i. Maquette 3D :

Le système permettant de donner le mouvement aux ciseaux a été choisi d'après l'étude fonctionnelle et les exigences du promoteur comme étant hydraulique. Son dimensionnement est appuyé avec des calculs conventionnels. Notons que le dimensionnement de la pompe du vérin a été fait sans concevoir son modèle 3D suite au manque de temps.

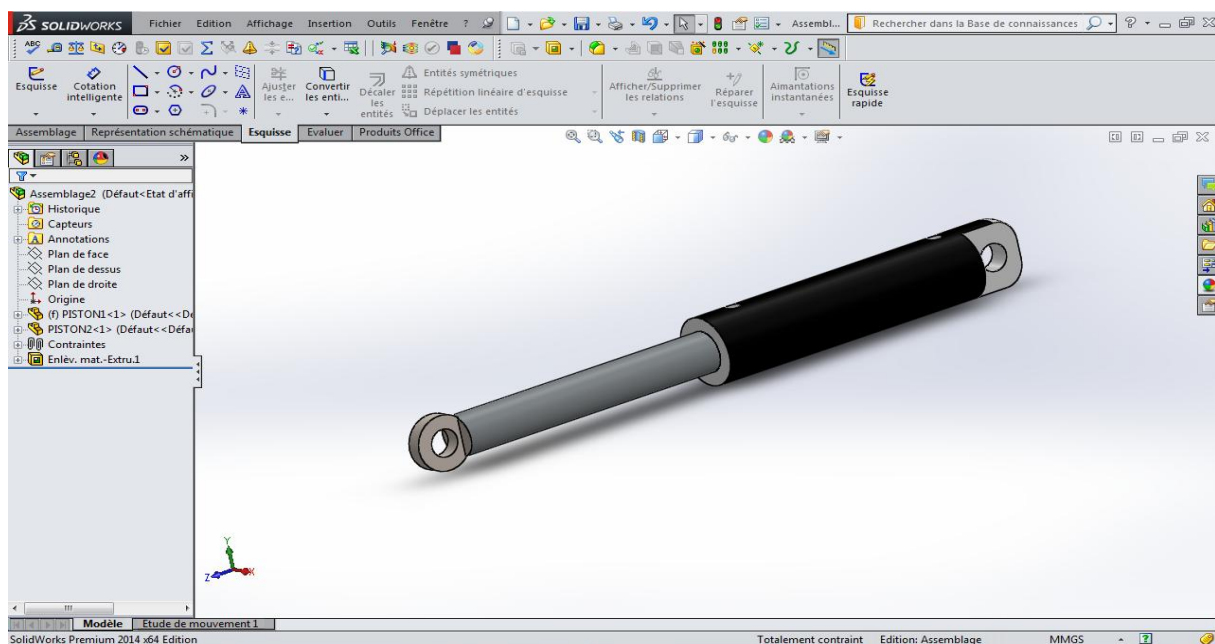


Figure 4.11 : Vérin hydraulique

ii. Analyse par élément fini :

Vérifier la résistance d'un vérin revient à la vérification du flambage de sa tige. On a porté une analyse de flambage par élément fini sur la tige de cette dernière vue que c'est la composante qui subit l'effort, on remarque d'après les résultats que le coefficient de sécurité vaut approximativement 0,7 qui est une valeur assez proche de 1 qui est défini dans nos calculs. Les figures 4.12, 4.13 et 4.14 illustrent les contraintes exercées sur la tige ainsi que la distribution des facteurs de sécurité et le déplacement, on remarque que la distribution de ce dernier est située sur l'extrémité reliée à au support de fixation qui a une valeur très minime.

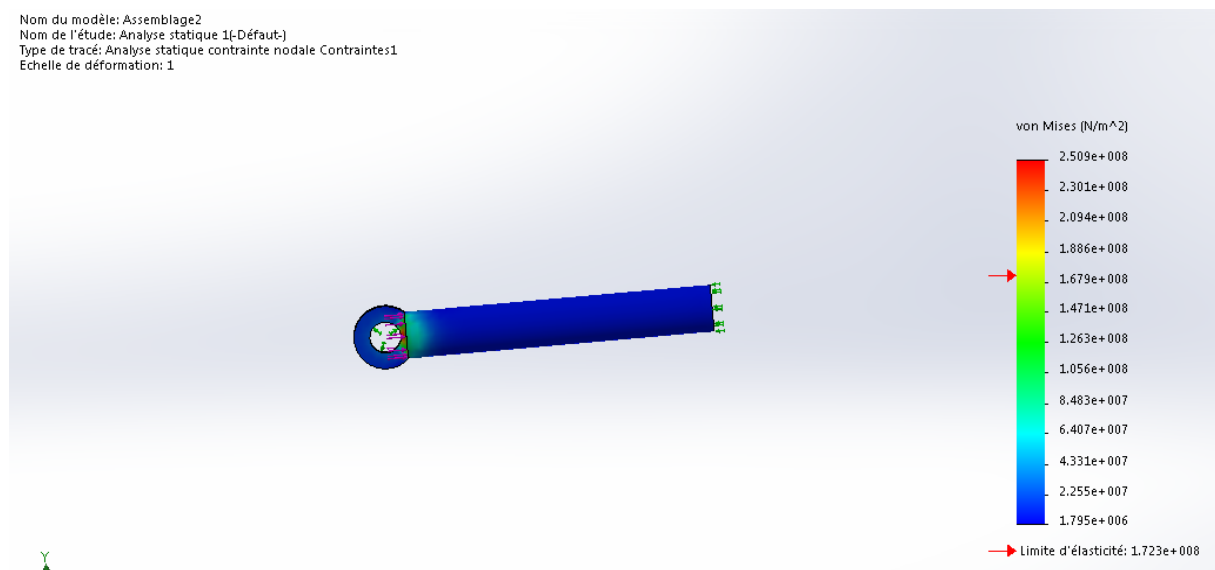


Figure 4.12 : Distribution des contraintes sur la tige du vérin

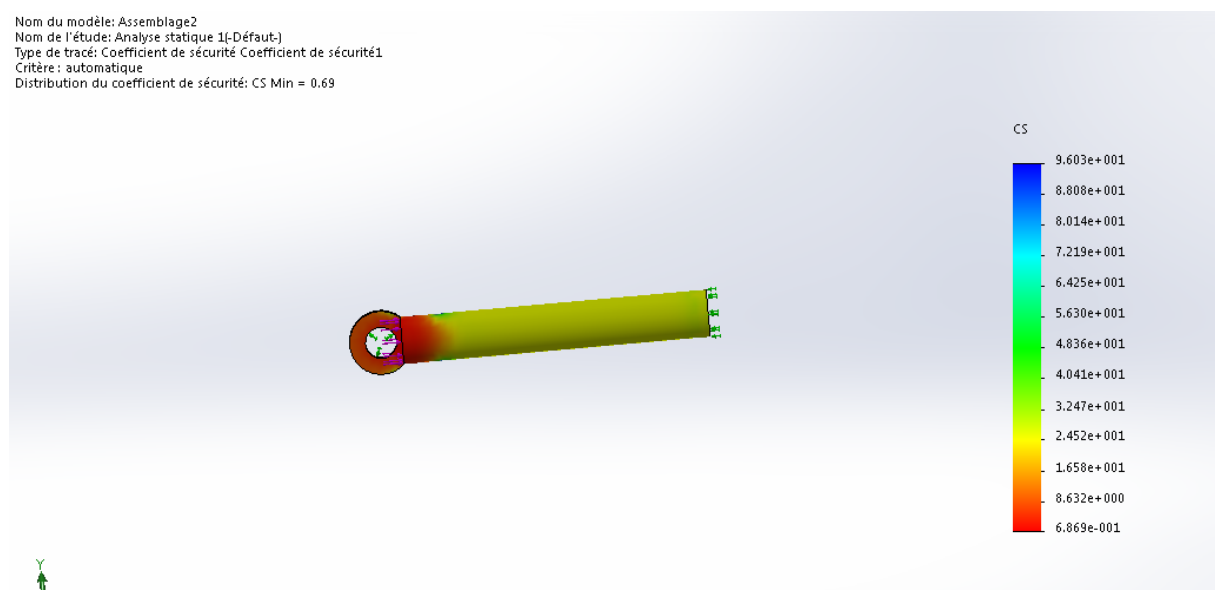


Figure 4.13 : Facteurs de sécurité dans la tige du vérin

Nom du modèle: Assemblage2
 Nom de l'étude: Analyse statique 1[-Défaut-]
 Type de tracé: Déplacement statique Déplacements1
 Echelle de déformation: 1

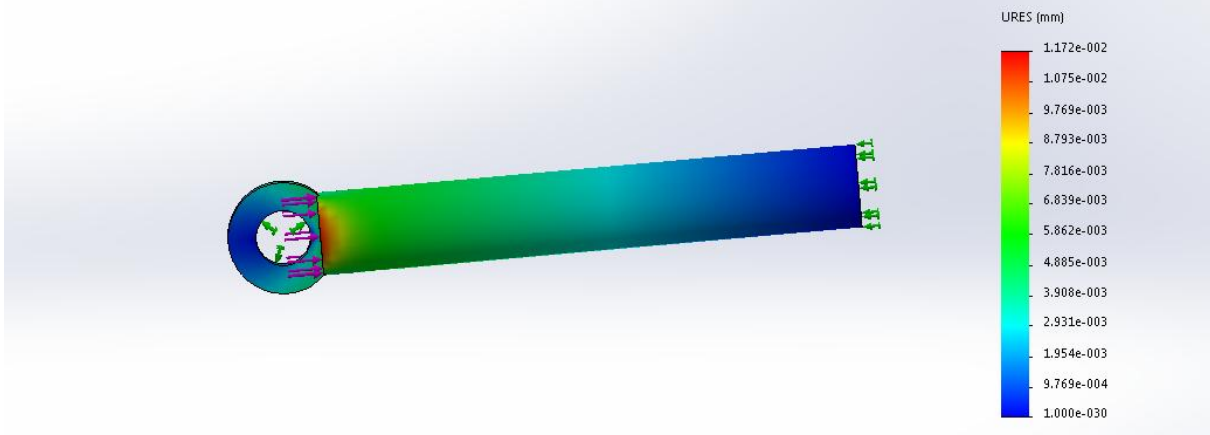


Figure 4.14 : Déplacement de la tige du vérin

4.2. Présentation de la maquette 3D :

Les figures 4.15 et 4.16 illustrent notre maquette 3D qu'on a conçue à l'aide du logiciel SolidWorks 2014 :

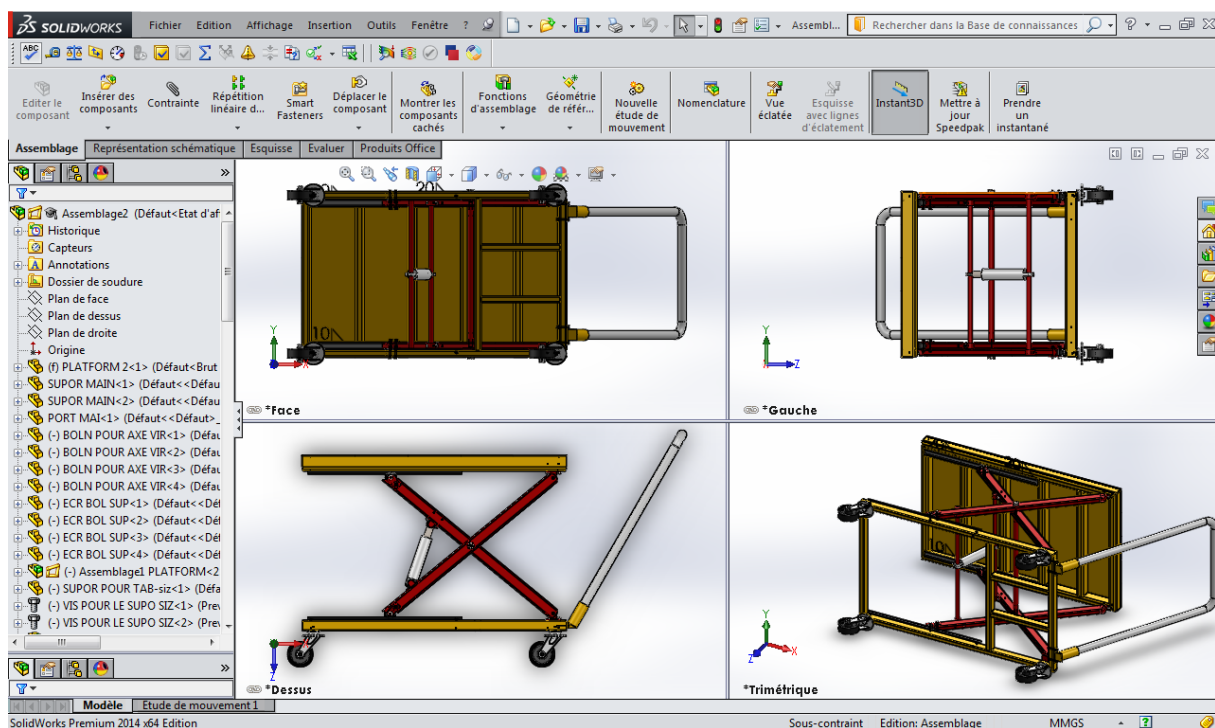


Figure 4.15 : modèle 3D de la table assemblée



Figure 4.16 : Vue SolidWorks PhotoView 360 de la conception de la table

4.3. Dessin d'ensemble de la table élévatrice et Mises en plans des éléments essentiels:

Dans la section qui suit on va attacher le dessin d'ensemble de la maquette de la table qu'on a conçue ainsi que les mises en plan des éléments suivants :

- La plateforme de la table
- Le profilé du ciseau (bras de la table)
- Le support de fixation des ciseaux

Ils sont attachés dans l'annexe.

Conclusion générale

Conclusion

Au cours de ce travail nous avons essayé de fournir un maximum d'informations sur la table élévatrice qu'on a proposé comme solution, que ce soit dans le coté de son mécanisme, son dimensionnement et même du coté de sécuritaire. Ces informations peuvent être utilisées dans le cas d'une éventuelle étude de fabrication qui a un rapport avec le projet de conception d'un nouveau système de manutention utile dans l'atelier de l'université.

Au début on a remarqué que les travailleurs dans l'atelier n'utilisent pas généralement un système de manutention pour le déplacement de des charges, alors on a commencé par observer et avoir des idées.

On a commencé par mentionner quelques généralités sur les divers systèmes de manutention qui existent, et c'est à partir de là qu'on a défini pour le projet : la conception d'une table élévatrice mobile. Il a fallu donc définir les divers types de tables qui existent ainsi que leurs caractéristiques pour en arriver avec une étude fonctionnelle à tracer l'objectif final qui est le choix de la table à simples ciseaux motorisée par un vérin. Pour ce dernier, la première partie a présenté quelques généralités sur les systèmes hydrauliques incluant tous ses composants, les méthodes de dimensionnement et de fonctionnement. A cette étape du travail on a donc on a défini l'ensemble du projet qui est la conception et le dimensionnement d'une table élévatrice mobile hydraulique.

Le vrai travail dans ce projet a était partagé en deux parties par l'encadreur, la première partie dans laquelle on a effectué des calculs et le dimensionnement des éléments constituant la table. Tandis que la deuxième s'est occupée des vérifications des résultats.

Enfin grâce à notre essai de concevoir cette table, on a réussi à atteindre nos objectifs en offrant à une éventuelle équipe de fabrication toutes les données et les informations dont ils auront besoin pour fabriquer ce concept dans les délais.

- [1] Claude PELLETIER, Technique de l'ingénieur « Appareils de levages et chariots de manutention ». Réf. internet 42118.

- [2] Publication du groupe Logistique conseil – Douala – Cameroun « Le matériel de manutention et les accessoires ».

- [3] Kardex group, France 2017 [catalogue].

- [4] www.ascenseur-particulier.ooreka.fr, consulté le 12 janvier 2017.

- [5] www.manutan.fr, consulté le 14 janvier 2017.

- [6] Mini projet sur l'étude de conception d'une table élévatrice, présenté à l'Institut Supérieur Des Sciences Appliquée et de Technologie de Sousse, par [anon.] le 28 mai 2013.

- [7] www.manu-tension.org, consulté le 14 janvier 2017.

- [8] www.castorama.fr, consulté le 28 janvier 2017.

- [9] Chouchène Mohamed, Institut Supérieur des Etudes Technologiques de Siliana, « les circuits hydraulique de transmission de puissances ».

- [10] Philippe HOARAU, professeur au lycée de TAAONE, « généralités sur les vérins - Cours ». www.bannaladi.fr, consulté le 02 février 2017

[11] Thierry Schanen, Le guide des automatismes industriels, 2005.

[12] Thierry Cortier. Cours : « Hydraulique : de la mécanique des fluides à la transmission de puissance ». www.unilim.fr, consulté le 02 Mai 2017

[13] COMEO, Professionnel Power Equipment, France, [catalogue], site internet : www.comeo-france.fr, consulté le : 25/06/2017

[14] Extrait des Tableaux de calcul des producteurs et/ ou de la norme EN 10210 - 2, « Tube carré et rectangulaire »

[15] SEPT ROULETTES, [Catalogue], site internet : www.sept-roulettes.com, consulté le 25 Mai 2017

Annexe

Notre choix des roues et des galets pour la table est celui de la marque SEPT, les dimensions sont indiquées dans les extraits du catalogue suivant :

- Pour les roues :

ROULETTE INDUSTRIELLE

Roue Caoutchouc Noir

Capacité de charge de 50 à 300 Kgs

Monture à oeil en tôle zinguée
Pivotement sur 2 couronnes de billes protégé
Blocage avant à double effet sur roue et pivot
Roue à bandage caoutchouc noir
Corps de roue en plastique
Moyeu à rouleaux
Axe démontable
Température d'utilisation de -10°C à +60°C

80	99	36	12	50
100	124	38	12	70
125	154	38	12	100
160	190	52	16	135
200	235	54	16	205



SOP630	SOB630
SOP640	SOB640
SOP650	SOB650
SOP660	SOB660
SOP670	SOB670

- Pour les galets de guidage :

ROULETTE INDUSTRIELLE

Roue Polyamide CHARGE LOURDE

Capacité de charge de 250 à 1700 Kgs

Roue monobloc polyamide blanc renforcée
Moyeu lisse* ou à billes
Axe démontable
Température d'utilisation de -20°C à +80°C

80*	30	12	40	250				
100	35	12	40	500				
125	45	15	50	600				
150	50	20	60	900				
150	50	25	60	900				
200	50	20	60	1500				
200	50	25	60	1500				
250	58	25	75	1700				
250	58	30	75	1700				

SR3307
SR3422
SR3515
SR3603
SR3624
SR3722
SR3723
SR3826
SR3824

