

Université de Gafsa

Institut Supérieur des Sciences Appliquées et de Technologie de GAFSA

Département des Engins Lourds



**Etude et dimensionnement d'un monte-charge industriel pour le bâtiment de
filtration de l'atelier phosphorique**

Présenté et soutenu par :

YOUSSEF Wejden

JLALI Asma

En vue de l'obtention de

Licence National en génie mécanique

Sous la Direction de :

Mr GAMMOUDI Khaled

Mr HIDOURI Riadh

Soutenu le 07/06/2023

Devant le jury composé de :

Président : M. Yamen BEN AMMAR

Rapporteur : M. Mohsen HAMDI

2022/2023

Remerciements

*En préambule à ce projet, nous remercions « **ALLAH** » qui nous a aidé et nous a donné la patience et le courage durant nos études.*

Ce travail est réalisé dans l'entreprise « Groupe Chimique Tunisien secteur M'Dhilla »

*Nous tenons également à remercier « **Mr HIDOURI Riadh** », l'encadreur Industriel de notre projet, pour sa confiance et ses conseils durant ces quatre mois.*

*Nous tenons à remercier notre professeur et notre encadrant, « **Mr GAMMOUDI Khaled** », qui nous a encouragé durant ce travail.*

*Mes remerciements particuliers vont à « **Mr SAHBI Sofien** », chef de département des engins lourds.*

Nous remercions nos familles pour leur soutien.

Enfin, Nous tenons à remercier tout le corps professoral et le personnel de l'Institut Supérieur des Sciences Appliquées et de la Technologie de Gafsa.

Dédicace

A mes chers parents :

Merci à ma mère « **GASMI Chahla** » de m'avoir soutenu et encouragé durant ces années d'études. Puisse-t-elle trouver ici un témoignage de profonde gratitude.

Merci à mon père « **YOUSSEF Sami** » pour son affection pour moi et tous les efforts qu'il a fait.

A mon frère « **YOUSSEF Med Amin** » qui a partagé tous les moments difficiles

Je dédie « **GHARIB Montassar** » qui m'a soutenu durant cette période

.

A ma famille, à mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

A mon meilleur ami « **ADOULI Naim** »

A ma binôme « **JLALI Asma** »

qui m'ont toujours encourra..... Je souhaite plus de succès. A tous ceux que j'aime.

(Wejden Youssef)

Dédicace

À ma famille :

Mon père « **Jlali Mabrouk** », tu as toujours été à ma coté pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

Ma mère « **Jlali Karima** » » quoi que je fasse ou je dise, je ne saurais jamais te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à ma côté a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

Mes frères « **Abdelkader, Issawy, Ayoub** »

Mes sœurs « **Nourhene, Israa, Oumaima** »

À mon binôme :

« **Youssef Wejden** » je tenais à vous dédier ces quelques mots pour vous exprimer toute ma gratitude et ma reconnaissance pour cette collaboration fructueuse tout au long de notre projet de fin d'études.

(Asma j'safi)

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise	2
I. Présentation de l'usine de M'dhilla :.....	3
II. Organisation de l'usine :	4
III. Déroulement de la production :.....	4
IV. Les différents services de l'usine :.....	6
V. Description du service utilisé :	8
Conclusion :.....	8
Chapitre 2 : Etude bibliographique	9
VI. Le monte-charge industriel :	14
VII. la différence entre un ascenseur et un monte-charge :.....	16
VIII. Conclusion :	16
Chapitre 3 : Problématique et étude technique.....	17
Introduction :	18
I. Analyse fonctionnelle externe :.....	18
II. Analyse fonctionnelle interne:	24
III. choix des solutions technologiques :.....	27
IV. Critère de choix :	32
V. Conclusion de chapitre :.....	35
Chapitre 4 : Dimensionnement des organes du monte-charge industriel.....	36
I. Introduction :	37
II. Présentation du modèle :	37
III. Calcul et choix du câble de levage :.....	37
IV. Choix du moteur :	40
V. Etude de la descente de la cabine :.....	42
VI. Calcul des poulies :	42
VII. Calcul du roulement :.....	45
VIII. Calcul du tambour rainuré multicâble :.....	46
IX. Calcul de dimensionnement de la clavette :.....	49
X. Résistance de la structure métallique	52
XI. Conclusion partielle :	57

Chapitre 5 : Partie électrique	58
Introduction :	59
I. La partie opérative :Etude des composants électrique :	59
II. Partie commande : armoire de commande	62
III. Partie automatisme :.....	65
Conclusion générale	69
Références bibliographiques	70
Annexes	71

Liste des figures

Figure 1 : Localité de l'usine.....	3
Figure 2: Organigramme du GCT (M'dhilla)	4
Figure 3: Diagramme S.A.D.T.	5
Figure 4. les types palans	11
<i>Figure 5. Palan verlinde</i>	11
Figure 6. les types des tables élévatrices.....	12
Figure 7. ascenseur.....	12
Figure 8. Types des ascenseurs	13
Figure 9. Les types de monte-charge industriel	15
Figure 10. Bête à cornes de monte-charge industriel	18
Figure 11. Diagramme de séquence d'utilisation.....	20
Figure 12. Diagramme de séquence hors utilisation	20
Figure 13. Modélisation de monte-charge industriel	24
Figure 14. Moteur diesel	27
Figure 15. Réducteur de vitesse	28
Figure 16. Variateur de vitesse.....	28
Figure 17. Pignon chaîne.....	29
Figure 18. Galet glissière	29
Figure 19. Pignon crémaillère	30
Figure 20. Béton.....	30
Figure 21. Charpente métallique	31
Figure 22. Avantages et inconvénients du capteur de position.	31
Figure 23. Capteur de position	31
Figure 24. Modèle d'étude.	37
Figure 25. Nombre de cycles de flexion en fonction du diamètre nominal du câble [4].	39
Figure 26. Nombre de cycles de flexion en fonction du diamètre de la poulie [4].	39
Figure 27. Nombre de cycles de flexion en fonction de la tension [4].	40
Figure 28. Bilan des forces.....	42
Figure 29. Modélisation de l'axe de la poulie.....	43
Figure 30. Quelques dimensions du tambour[7]	47
Figure 31. Tambour.....	47
Figure 32. tambour arainuré multicâble	48

Figure 33 : Frein à disque SB 8.2	49
Figure 34. Clavette	50
Figure 35. Les cannelures.....	52
Figure 36. Dimensions de la poutre IPE180	53
Figure 37. Implantation en gaine des capteurs de position	60
Figure 38. Schéma de puissance	64
Figure 39. schéma de commande	65
Figure 40. Présentation du monte-charge.....	66

Liste des tableaux

Tableau 1. Eléments d'environnement.....	19
Tableau 2. Matrice de pondération des fonctions.....	21
Tableau 3. Caractéristique de fonction de service.....	22
Tableau 4. Barème d'évolution du degré d'importance.	22
Tableau 5. Pondération des fonctions service	23
Tableau 6. Histogramme des fonctions de service	24
Tableau 7. Avantages et inconvénients du moteur électrique	27
Tableau 8. Avantages et inconvénients du moteur diesel	27
Tableau 9. Avantages et inconvénients du réducteur de vitesse	28
Tableau 10. Avantages et inconvénients du variateur de vitesse	28
Tableau 11. Avantages et inconvénients du pignon chaîne.....	29
Tableau 12. Avantages et inconvénients du galet glissière	29
Tableau 13. Avantages et inconvénients du pignon crémaillère	30
Tableau 14. Avantages et inconvénients du béton	30
Tableau 15. Avantages et inconvénients de la charpente métallique	31
Tableau 16. Valorisation d'intérêt.....	32
Tableau 17. Valorisation globale.....	32
Tableau 18. Choix de système de transformation d'énergie	32
Tableau 19. Choix de système de la modification de vitesse.....	33
Tableau 20. Choix de système du Transmission mouvement	34
Tableau 21. Choix de matériaux	34
Tableau 22. Caractéristiques générales du câble DRAKO 250T [2]	38
Tableau 23. Caractéristiques du câble choisi [2].....	38

Liste des symboles et abréviations

m/s : mètre par seconde

Kg : kilogramme

M : mètre

N : Newton

Nm: Newton mètre

S: second

W:watt

Kw : kilowatt

Tr/min : tour par minute

Introduction générale

Actuellement, l'objectif des nouvelles études est toujours dans le sens de la réduction des coûts et de l'amélioration des équipements. Ceci est le cas du Groupe Chimique Tunisien, secteur M'dhilla qui est toujours en phase de développement et d'amélioration de son équipement.

Notre formation est d'acquérir des connaissances spécialement dans les domaines techniques en particulier en génie mécanique. Afin de l'accomplir et de l'approfondir, notre établissement **ISSAT GAFSA** et en particulier le département génie mécanique a programmée un projet de fin d'études (PFE) en collaboration avec le Groupe Chimique Tunisien (GCT) usine M'dhilla. Notre PFE est intitulé « Etude et dimensionnement d'un monte-charge industriel pour le bâtiment de filtration de l'atelier phosphorique ». Dans ce cadre, nous sommes appelé à développer une étude afin de dimensionner un monte-charge industriel qui répond aux exigences du cahier des charges tout en adaptant des solutions adéquates et performantes.

Nous avons organisé la présentation de ce rapport en six chapitres. Le premier chapitre sera consacré à la présentation de la société. Le second chapitre est une étude bibliographique sur les différents types de systèmes de levage et les types de monte-charge industriel. Le troisième chapitre sera réservé à l'analyse du besoin du système mécanique du monte-charge. L'objectif de ce chapitre est de choisir la bonne solution pour le système mécanique du monte-charge industriel. Le calcul et le dimensionnement des organes du monte-charge industriel sont détaillés dans le quatrième chapitre. La partie conception et élaboration du dossier technique sera l'objet du cinquième chapitre. Finalement, la partie électrique (Partie Opérative, partie commande et automatisme) sera développée dans le sixième chapitre.

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise

Le Groupe Chimique Tunisien

Le Groupe Chimique Tunisien est un établissement public à caractère industriel et commercial qui présente un agent de croissance durable sur les plans économiques et sociaux.

Les usines du Groupe Chimique sont situées à :

- Sfax (usine de super phosphate triple)
- M'dhilla (usine de TSP)
- Gabes (usines de DAP, DCP, AN)
- Skhira (usine d'acide phosphorique)

I. Présentation de l'usine de M'dhilla :

1. Historique :

L'usine de M'dhilla a démarré au mois de mars 1985 et ayant pour mission de production du Triple Super Phosphate (**TCP**) granulé. La capacité nominale de production de TSP est 1350 tonnes par jour.

En 1989, l'ICG est absorbée par la SIAPE qui s'est fusionnée en 1992 avec la SAEPA pour créer le GCT.

En 1994, le GCT et la CPG sont unifiés par la nomination d'un seul Président Directeur Général et en 1996 les structures commerciales de la CPG et du GCT sont fusionnées.

2. Localisation :

Le Groupe Chimique Tunisien (secteur M'Dhilla). Elle appartient au département de GAFSA située dans le centre ouest du pays.

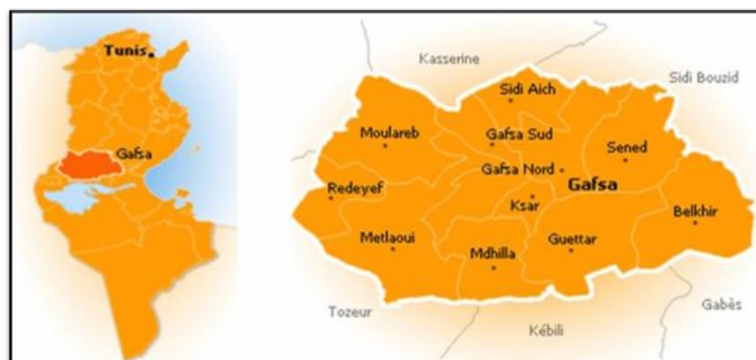


Figure 1 : Localité de l'usine

II. Organisation de l'usine :

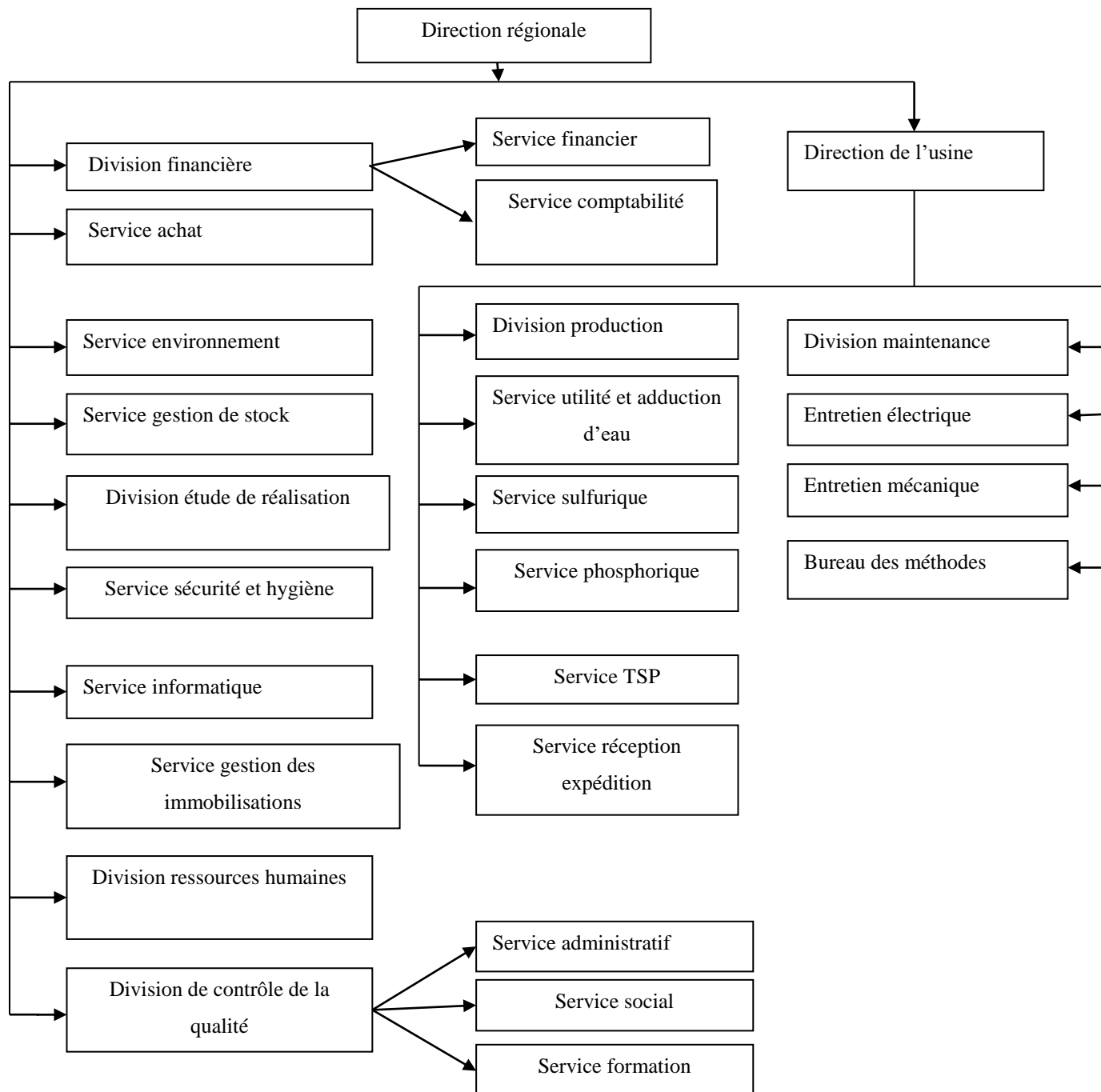


Figure 2: Organigramme du GCT (M'dhilla)

III. Déroulement de la production :

L'usine a un rôle de produire le TSP (triple super phosphate) et se déroule en trois étapes :

- La 1^{ère} étape consiste à transformer le soufre brut en acide sulfurique.
- La 2^{ème} étape consiste à transformer le phosphate sec en acide phosphorique en le mélangeant avec l'acide sulfurique.
- La 3^{ème} étape consiste à transformer l'acide phosphorique avec le phosphate humide en TSP (triple super phosphate).

On choisit la méthode S.A.D.T (Structure Analysis and Design Technic) pour expliquer le déroulement.

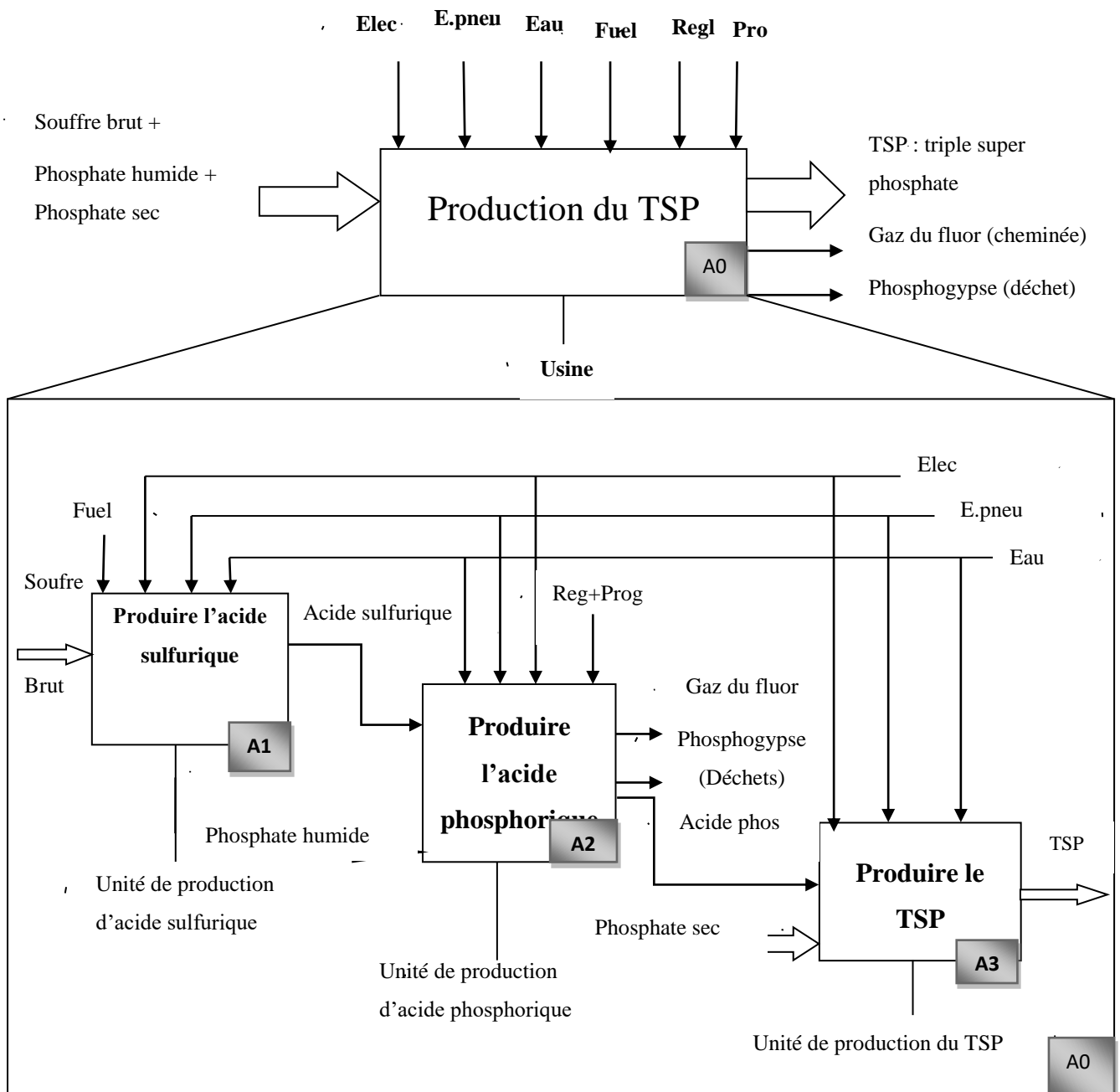


Figure 3: Diagramme S.A.D.T.

IV. Les différents services de l'usine :

L'usine est constituée par plusieurs services et divisions possédant chacun ou chacune son propre tâche :

1. Service hygiène sécurité :

Il assure, pour chaque élément de l'usine, des connaissances sur l'hygiène et la sécurité.

2. Service sulfurique :

Il produit de l'acide sulfurique à 98.5% de concentration à partir de l'oxydation du soufre et l'absorption du SO_3 . La capacité nominale de ce service est 1500 tonnes /jour.

Il présente ainsi une surcapacité de production d'acide sulfurique par rapport aux besoins des autres estimés à 1350 tonnes/Jour.

Les principales étapes de la production de l'acide sulfurique sont :

- La fusion, la filtration, la neutralisation et le stockage du soufre liquide ;
- La combustion du soufre ;
- La conversion du SO_2 en SO_3 ;
- L'absorption du SO_3 .

3. Service phosphorique:

Il produit l'acide phosphorique (H_3PO_4) en utilisant, comme matière première brute, l'acide sulfurique et le phosphate humide.

Se produit selon des proportions et des conditions bien déterminées et la bouillie passe par un filtre pour récupérer l'acide phosphorique sous trois concentrations différentes :

- Acide fort : 28% ;
- Acide moyen : 19% ;
- Acide faible : 9%.

L'acide faible sert comme premier lavage du gypse, l'acide moyen retourne au réacteur pour améliorer la réaction tandis que l'acide fort est stocké pour être exporté.

4. Service utilities :

Ce service assure essentiellement la production de l'énergie électrique et de l'eau distillée.

5. Service TSP :

Cet atelier comporte deux chaînes de production et une installation de broyage du phosphate sec nécessaire à la production du TSP et obtenue par l'attaque du phosphate sec par l'acide phosphorique.

6. Service reception /expedition :

Son activité consiste à la réception du phosphate sec et humide fourni par la CPG (Compagnie de Phosphate de Gafsa) ainsi que du soufre et du fuel et il assure l'expédition du TSP vers le port de Sfax pour l'expédier vers l'étranger.

7. Service informatique :

Ce service est destiné pour la maintenance et l'acquisition de matériel informatique pour toute l'entreprise, les traitements bureautiques, l'installation des nouveaux logiciels et la formation des employés sur les nouveaux logiciels.

8. Autres services et divisions

- Service entretien mécanique
- Service entretien électrique-régulation assurant l'entretien (dépannage, contrôle et vérification) de toute la partie électrique de l'entreprise
- Service environnement
- Division administrative
- Division contrôle quantité et qualité
- Division financière
- Division des approvisionnements.

V. Description du service utilité :

Il fournit tout ce qui est utile pour le bon fonctionnement de l'usine. Son rôle principal est de produire l'énergie électrique à partir de l'énergie thermique.

Satisfaire cette fonction, ce service met en œuvre des ressources d'eau très importantes.

L'eau utilisée est de deux types :

- **Eau de refroidissement (WR) :** utilisée pour refroidir le condenseur du groupe turboalternateur et la turbosoufflante. Cette eau est fournie par des forages qui se trouvent à Sidi Ahmed Zarroug à Gafsa.
- **Eau industrielle (WI) :** utilisée pour la production de l'eau distillée et les besoins des ateliers de production d'acide sulfurique et phosphorique. Cette eau est fournie par des forages qui se trouvent à Aguilla à Gafsa.

Ce service comporte :

- Un générateur de vapeur
- Un groupe turboalternateur
- Une station de production d'eau distillée
- Une station d'air comprimé
- Des tanks de stockage d'eau et de fuel
- Un groupe d'aérocondenseurs
- Une tour de refroidissement d'eau recyclée.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents services de l'usine de M'Dhilla et leurs rôles. Ainsi, nous avons présenté les différentes phases de production et les différents composants de service utilisés tel que la tour de refroidissement.

Chapitre 2 : Etude bibliographique

I. Historique :

Depuis l'Antiquité, les gens ont cherché des moyens de faciliter le mouvement vertical d'objets lourds. La construction des pyramides, des édifices romains et leurs vestiges en sont des témoignages concrets.

Jusqu'à la Renaissance, les inventeurs se sont d'abord préoccupés du transport et de l'élévation des marchandises, puis aux XVIIe et XVIIIe siècles il y a eu un nouveau besoin de transport de personnes, mais au XIXe siècle, le transport des personnes et des dépenses nécessitait tout ce qui était important à ce sujet le sexe. Il a fallu attendre que JAMES WATT améliore la machine à vapeur, qui est entrée en service vers 1800, remplaçant le travail manuel.

Les États-Unis ont commencé en 1850 avec la commercialisation de la première plate-forme à vapeur. Cette même année, un autre homme a construit le premier mécanisme à engrenage et vis sans fin pour entraîner un grand tambour.

En 1852, le propriétaire de la Bedstead Manufacturing Company dans l'État de New York a demandé à Elisa OTIS, M.M., de construire un monte-charge pour transporter les produits de l'entreprise. Ce dernier a eu la brillante idée d'inventer (le parachute). En cas d'interruption, la plateforme s'arrêtera immédiatement. C'est une révolution

Champ.

A la fin, les ascenseurs sont devenus un moyen de transport pratique, apparaissant dans les bâtiments à plusieurs étages tels que les hôpitaux et les hôtels.

II. Introduction :

Dans ce chapitre, nous donnerons une étude complète sur les monte-charge industriel en commençant par son historique, en commençant par les différents types des monte-charge industriel, puis en nous concentrant sur les critères de sélection et leurs composants, et enfin en terminant par la motorisation.

III. Système de levages existants :

Le système de levage existant est un dispositif mobile ou un mécanisme de levage assurant le déplacement vertical des personnes ou des marchandises sur des niveaux définis d'une construction.

1. Les palans :

Est un mécanisme de levage verticale consiste un groupe mobile et un groupe fixe. On distingue trois types de palan :

- Palan simple
- Palan électrique
- Palan verlinde



a. Palan simple



b. électrique



Figure 5. Palan verlinde

Figure 4. les types palans

✓ **Avantages :**

- Utilisation facile
- Structure Simple

✓ **Inconvénient :**

- il ne supporte pas un poids supérieur à 10T
- bruit fort

2. La table élévatrice :

La table élévatrice est un élément mécanique, permet de transfert les charge, il est facilement intégrable dans un milieu industriel. Les tables élévatrices peuvent également être fabriquées avec finitions spécifiques : (zone latex, traitement de surface, acier inoxydable...). On distingue trois types des tables élévatrices :

- Table élévatrice en U
- Table élévatrice électrique

- Table élévatrice à ciseaux



a. Table élévatrice en U

b. Table élévatrice en U

c. Table élévatrice à ciseaux

Figure 6. les types des tables élévatrices

✓ **Avantage :**

- capacité de charge élevée jusqu'à 1500kg
- facile à utiliser.

✓ **Inconvénient :**

- Risque de chute d'objet
- vitesse faible

3. Ascenseur :

Un ascenseur est un dispositif de transport vertical qui offre un degré élevé de mouvement. Les ascenseurs sont dimensionnés et construits pour permettre aux personnes d'entrer et de sortir en toute sécurité.



Figure 7. ascenseur

3.1. Différents types d'ascenseur :

On distingue deux grandes familles d'ascenseurs :

- ✓ Ascenseurs hydrauliques
- ✓ Ascenseurs à traction à câble.

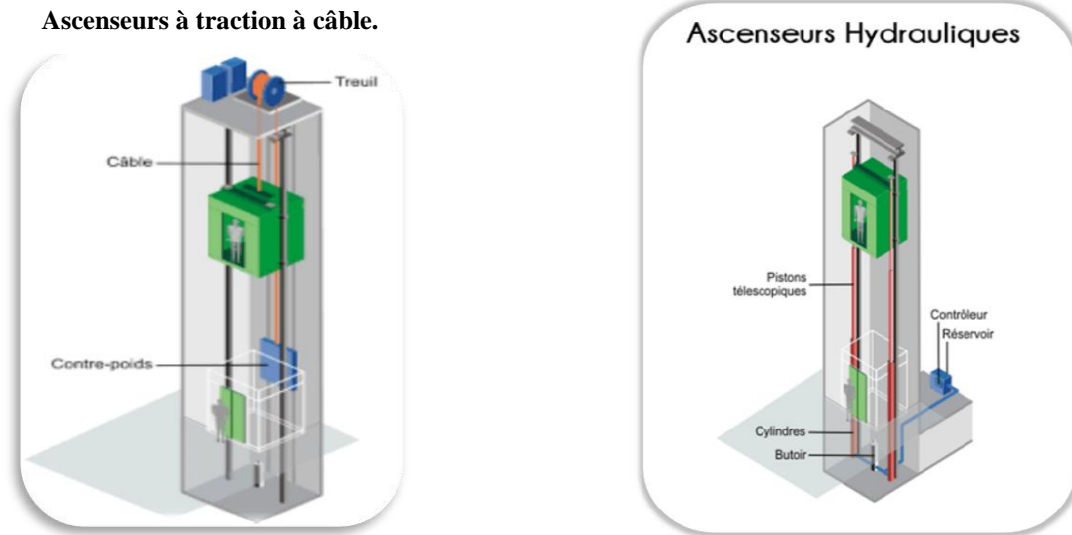


Figure 8. Types des ascenseurs

3.1.1. Ascenseur hydraulique :

✓ Principe de fonctionnement :

La cabine d'un ascenseur hydraulique se déplace grâce à un système de vérin. Pour monter verticalement, il s'appuie sur l'action d'un piston poussé par une pompe mettant de l'huile sous pression. Pour redescendre, la pompe permet l'évacuation de l'huile du cylindre vers un réservoir ce qui fait diminuer la pression.

✓ Avantage :

- Vitesse modérée
- Silencieux
- Grande précision en termes de déplacement
- entretien facile
- Longue durée de vie

✓ **Inconvénients :**

- Déplacement plutôt lent
- Consommation élevée d'énergie
- Risque de pollution du sous-sol

3.1.2. Ascenseur à traction a câbles :

Les ascenseurs à câbles sont le type d'ascenseur le plus courant, en particulier dans les bâtiments commerciaux. Ce type d'ascenseur est fonctionne par un moteur électrique, qui se trouve dans la partie supérieure de la gaine. La cabine est reliée au contrepoids au moyen de la poulie de traction et de câbles métalliques.

✓ **Avantages :**

- Le dimensionnement électrique est moins important ce qui réduit son coût
- Rapidité du déplacement
- Efficacité énergétique importante
- Pas de souci de pollution.

✓ **Inconvénients :**

- Exigence très importante sur l'entretien ;
- Nécessite un local de machinerie en toiture.

VI. Le monte-charge industriel :

1. Un monte-charge industriel:

Le monte-charge est un type d'ascenseur vertical qui vous permet de déplacer ou de transporter rapidement des marchandises d'un étage à un autre. Il vous permet d'équiper votre atelier facilement et durablement. Grâce à sa plateforme élévatrice, le monte-charge sécurise et facilite le déplacement des équipements lourds. Les monte-charges peuvent être utilisés dans les domaines industriels et commerciaux.

2. Les types de monte-charge industriel :

Il existe cinq types de monte-charge industriel :

- Monte-charge à ciseaux
- Monte-charge à colonnes
- Monte-charge autoportant ou à gain

- Monte-charge électrique
- Monte-charge hydraulique



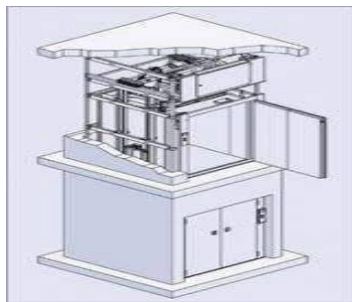
a. monte-charge à ciseaux



b. Monte-charge a colonnes



c. monte-charge électrique



d. Monte-charge autoportant ou à gain



e. Monte-charge hydraulique

Figure 9. Les types de monte-charge industriel

3. Principe de fonctionnement de monte-charge :

Le fonctionnement du monte-charge est très simple : le levage du monte-charge est assuré par un motoréducteur. La gaine de levage de la charge est suspendue sur des câbles métalliques et est équipée de contrepoids pour l'équilibre.

✓ Les avantages :

- Idéal pour les charges lourdes.
- Longue durée de vie, durable.
- Facile à mettre en place et utiliser.

- Facile d'entretien et de la réparation

✓ **Les inconvénients :**

- Déplacement plutôt lente
- Consomme beaucoup d'énergie

VII. la différence entre un ascenseur et un monte-charge :

Un ascenseur de charge est un ascenseur classique mais renforcé pour une plus grande résistance. Il est utilisé pour le transport vertical de charges telles que les ascenseurs dans les aéroports et les centres commerciaux. D'autre part, le monte-charge industriel est un système de mouvement vertical utilisé pour déplacer une charge d'un étage à un autre.

VIII. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons donné l'historique des ascenseurs. Puis nous sommes passées à l'étude des différents types d'ascenseurs, table élévatrice et le monte-charge industriel. Nous nous sommes basés sur l'étude des monte-charge industriels à traction puisqu'ils sont les plus utilisés actuellement grâce à la nouvelle technologie.

Chapitre 3 : Problématique et étude technique

Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons analyser le système, trouver les fonctions principales du système, trouver les fonctions contraignantes et déterminer la priorité de chaque fonction. Dans l'étape finale du choix de la meilleure solution, nous avons examiné plusieurs propositions. Nous avons fait le choix en respectant les contraintes et les besoins pré-imposés par le constructeur. Ceci passe par une l'analyse fonctionnelle d'un monte-charge industriel.

I. Analyse fonctionnelle externe :

1. Analyse de besoin :

1.1. Etude du besoin :

L'analyse du besoin comprend trois étapes :

❖ Saisir le besoin :

L'exigence est de fabriquer un monte-charge industriel

❖ Enonce le besoin :

Dans cette partie, il s'agit d'expliquer le but et les limites de l'étude. En utilisant l'outil de la bête à corne.

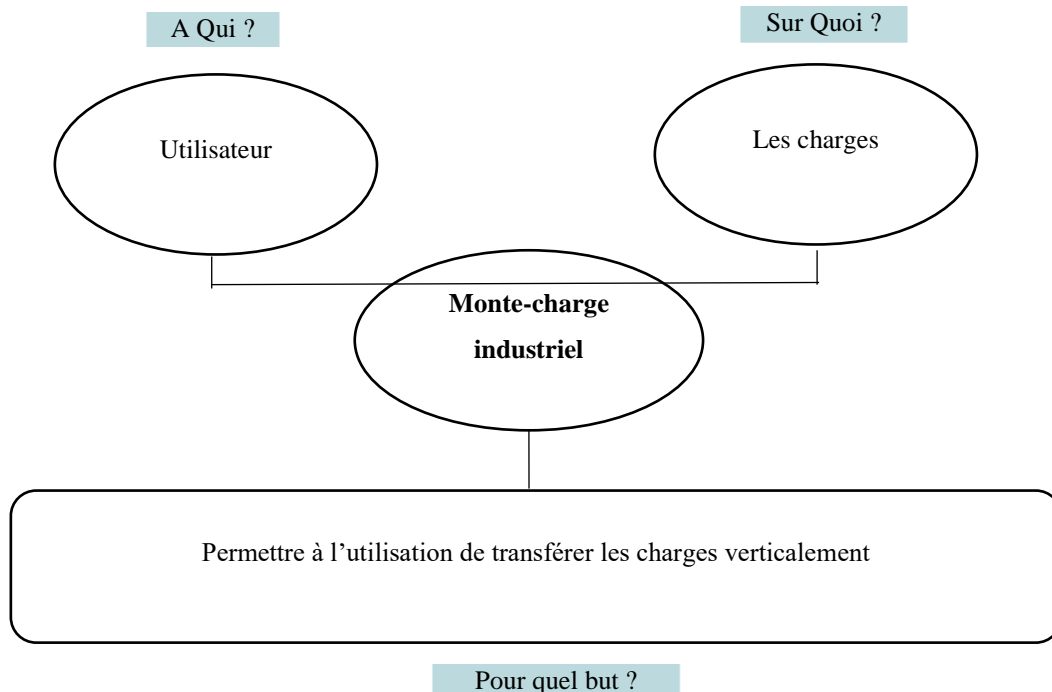


Figure 10. Bête à cornes de monte-charge industriel

❖ **Validation du besoin :**

Pour valider le besoin de notre produit, il faut chercher les répondre aux quatre questions suivantes :

✓ **Pourquoi ce besoin existe-t-il ?**

Le monte-charge industriel est endommagé.

✓ **Dans quel but ce besoin existe-il ?**

Améliorer le monte-charge industriel en connaissant le point optimal.

✓ **Qu'est ce qui pourrait faire disparaître ou évaluer ce besoin ?**

Evolution le système de levage dans l'industrie.

✓ **le risque ou évolution du besoin sont-ils réel dans prochain avenir ?**

Se peut que ce besoin disparaître dans le prochain avenir.

⇒ **Le besoin est validé**

1.2. Etude de la faisabilité :

L'étude de besoin doit être liée avec l'analyse de l'environnement du produit. Cette analyse de l'environnement du produit s'effectue avec le diagramme pieuvre. Pour l'analyse fonctionnelle on a deux cas des diagrammes pieuvre :

Tableau 1. Eléments d'environnement

Séquence d'utilisation	Séquence hors utilisation
<ul style="list-style-type: none"> Utilisateur Charge à monter Norme spécifique Norme sécurité Energie électrique Encombrement 	<ul style="list-style-type: none"> agent de maintenance outillage de maintenance local de maintenance pièces de rechange FMD

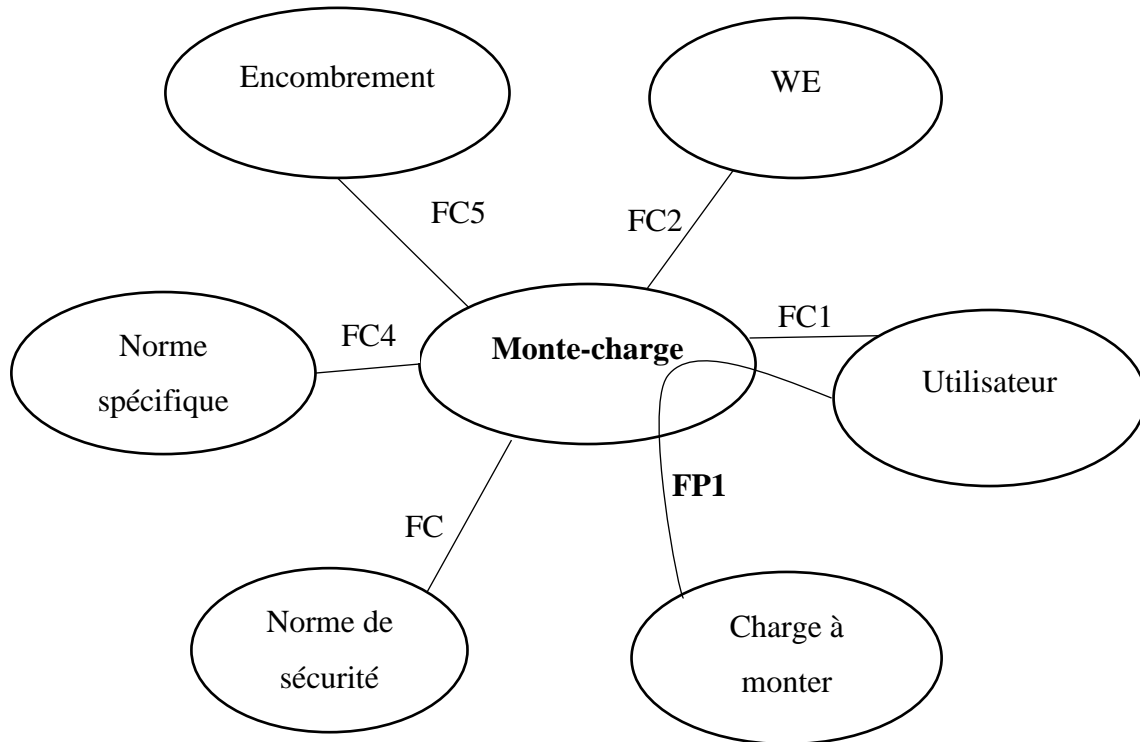
❖ **Diagramme de séquence d'utilisation :**

Figure 11. Diagramme de séquence d'utilisation.

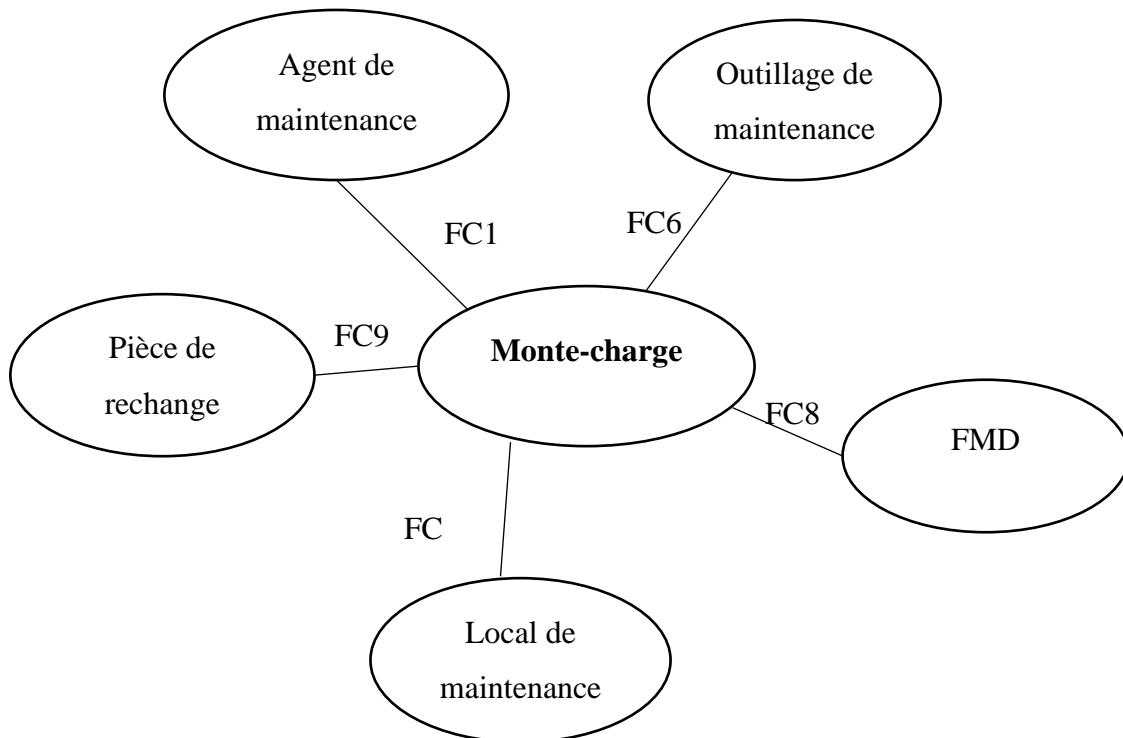
❖ **Diagramme de séquence hors utilisation :**

Figure 12. Diagramme de séquence hors utilisation

Il existe deux types de fonction :

- Fonction principal (FP1)
- Fonctions complémentaires (FC1, FC2, FC3,)

❖ **Les fonctions de service :**

FP1 : lever les charge verticalement

FC1 : permettre l'utilisateur de monter les charges verticalement

FC2 : être alimenter en énergie électrique

FC3 : respecter la norme de sécurité

FC4 : respecter la norme spécifique

FC5 : Avoir un encombrement s'adaptées à l'usage.

FC 6 : Fournir des outils de maintenance.

FC7 : Fournir des locaux pour maintenance.

FC8 : être fiable.

FC9 : Fournir des Pièces de rechange à l'intérieur de la Laboratoire de maintenance.

FC10 : présences Agents de maintenance.

❖ **Caractérisation des fonctions de service :**

Le tableau suivant présent la caractérisation des différentes fonctions de service déjà citées.

Tableau 2. Matrice de pondération des fonctions

Flexibilité	Classe de flexibilité	Niveau de flexibilité
Nulle	F0	Impératif
Faible	F1	Peut négociable
Bonne	F2	Négociable
Forte	F3	Très négociable

Tableau 3. Caractéristique de fonction de service

Code	Critère d'appréciation	Niveau d'acceptation	Flexibilité
FP1	Charge nominal	3000kg	F3
FC1	Vitesse nominal	1m/s	F2
FC2	Tension d'alimentation	Triphasé (400V-50Hz) sans neutre	F2
FC3	Se conformer aux normes de sécurité	Norme de sécurité en vigueur	F1
FC4	Respecter la norme spécifique	Volume d'implantation : Matériaux :	F0
FC6	Outillage de maintenance	100% adapté	F1
FC7	Local de maintenance	-	F0
FC8	Fiabilité, maintenance, disponibilité	Fiabilité R < 0.97 Maintenabilité M < 0.97	F1
FC9	Pièces de rechange	100% adapté	F1
FC10	Exiger des agences de maintenance qualifie	Expérience professionnelle + Agence qualifiés	F2

1.3. Hiérarchisation de la fonction de service :

- **Comparaison et pondération des fonctions de service**

Le principe est de comparer les fonctions l'une à l'autre à l'aide d'une matrice et d'attribuer à chaque fois une note supérieure allant de 0 à 3 basée sur le tableau suivant.

Tableau 4. Barème d'évolution du degré d'importance.

Note	Désignation
0	Acceptable
1	Légèrement supérieur
2	Moyennement supérieur
3	Nettement supérieur

❖ Hiérarchisation des fonctions de service :

Tableau 5. Pondération des fonctions service

	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10	PNT	%
FP1	FP1/2	FP1/3	FP1/1	FP1/1	FP1/2	FP1/2	FP1/3	FP1/3	FP1/2	FP1/2	21	19.44
	FC1	FC2/3	FC3/1	FC1/1	FC5/2	FC6/2	FC6/1	FC8/2	FC1/1	FC1/5	5	4.62
		FC2	FC2/2	FC2/1	FC2/1	FC2/3	FC2/2	FC2/1	FC2/3	FC2/2	18	16.66
			FC3	FC3/2	FC3/1	FC3/2	FC3/1	FC3/1	FC3/3	FC3/3	13	12.03
				FC4	FC5/2	FC4/1	FC7/3	FC8/2	FC4/2	FC10/3	3	2.77
					FC5	FC5/3	FC5/2	FC8/3	FC5/1	FC10/2	10	9.25
						FC6	FC6/3	FC8/2	FC6/2	FC10/2	7	6.48
							FC7	FC8/3	FC7/1	FC6/2	4	3.7
								FC8	FC8/2	FC10/2	15	13.88
									FC9	FC9/3	3	2.77
										FC10	9	8.33
											108	100

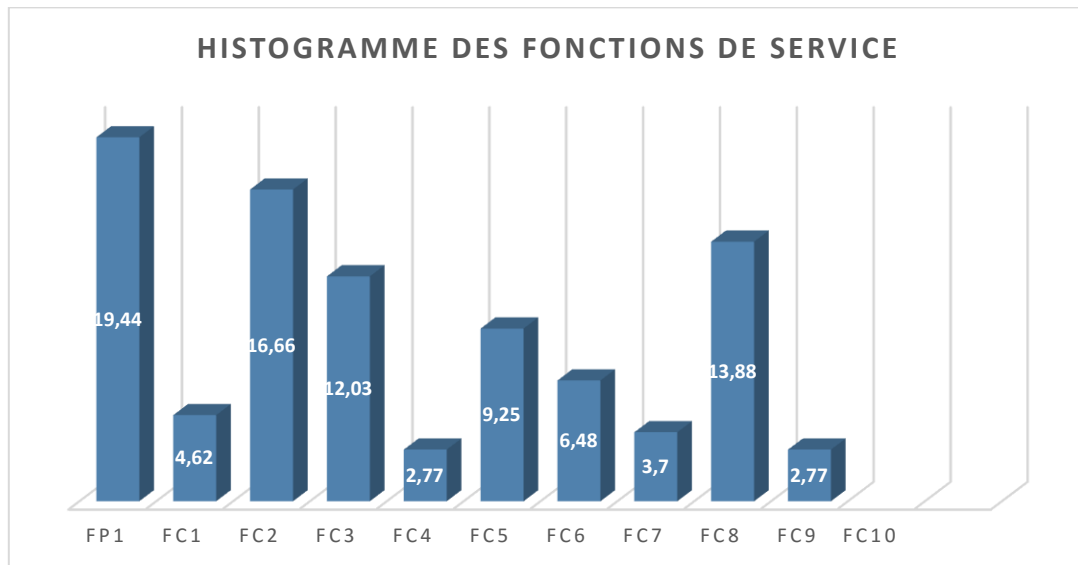


Tableau 6. Histogramme des fonctions de service

II. Analyse fonctionnelle interne:

1. Modalisation de monte-charge industriel :

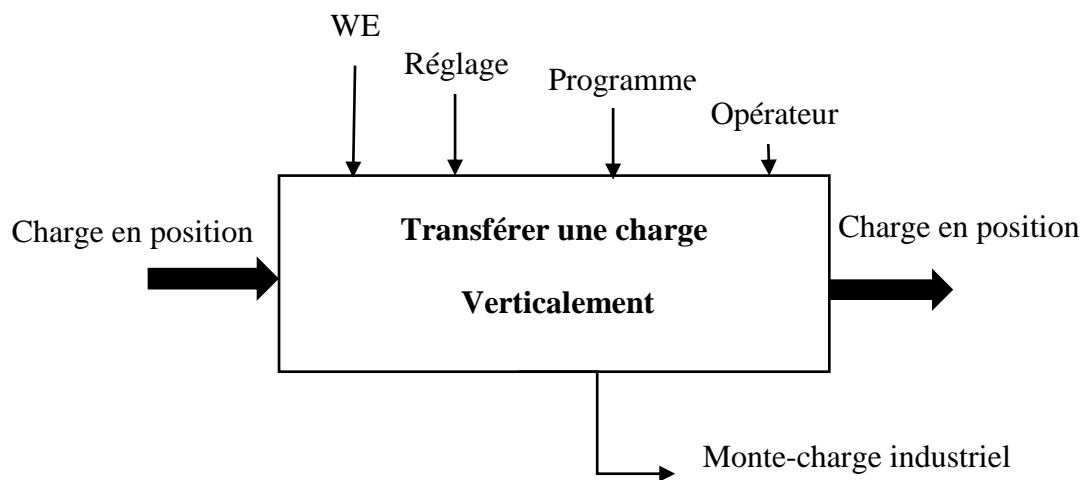
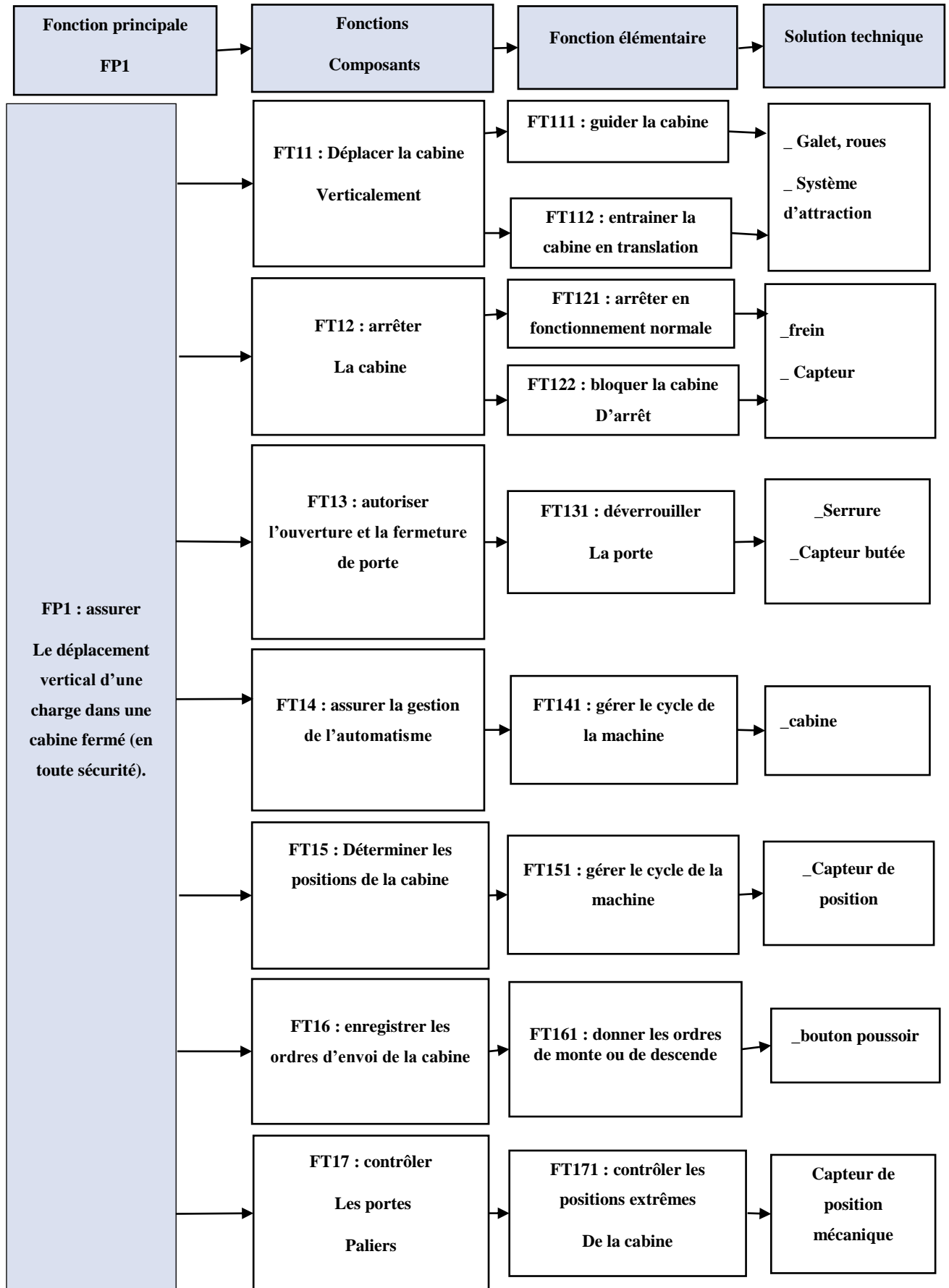


Figure 13. Modélisation de monte-charge industriel

2. Présentation de la Diagramme FAST :

On profite du diagramme FAST : « Function Analysis System Technic », pour établir le lien entre le besoin fondamental et l'architecture d'un produit tout en passant par les fonctions de services et les fonctions techniques.



III. choix des solutions technologiques :

Dans cette partie nous avons faire les choix des solutions technologique de chaque fonction.


1. Transformateur de l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation :

Un transformateur d'énergie électrique est un dispositif électromagnétique utilisé pour transférer l'énergie électrique d'un circuit électrique à une autre énergie comme l'énergie mécanique de rotation.

1.1. Solution 1 :

Moteur électrique :


Tableau 7. Avantages et inconvénients du moteur électrique

	Avantages	Inconvénients
 <p>Figure 20: Moteur électrique</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Silencieux • Longue durée de vie. • Rendement très élevé. 	<ul style="list-style-type: none"> • Très coûteux

1.2. Solution 2 :

Un moteur diesel :

Tableau 8. Avantages et inconvénients du moteur diesel

	Avantages	Inconvénients
 <p>Figure 14. Moteur diesel</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Consommation réduite • rendement élevé. 	<ul style="list-style-type: none"> • Carburant très coûteux. • Coût d'achat élevé • Entretien très coûteux

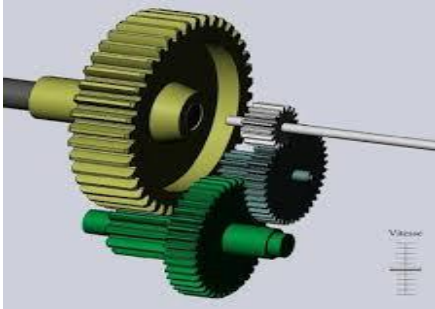
2. Modificateur de vitesse et de couple de transmission :

Un modificateur de vitesse et de couple de transmission, également connu sous le nom de boîte de vitesses, est un dispositif mécanique qui permet de modifier la vitesse et le couple de rotation de l'arbre de sortie d'une transmission.

2.1. Solution 1 :

Réducteur de vitesse :


Tableau 9. Avantages et inconvénients du réducteur de vitesse

	Avantages	Inconvénients
 <p>Figure 15. Réducteur de vitesse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rendement élevé adapte aux fortes puissances • consommation d'énergie faible • Demande peu d'entretien. 	<ul style="list-style-type: none"> • Installation rigoureuse

2.2. Solution 2 :

Variateur de vitesse. :

Tableau 10. Avantages et inconvénients du variateur de vitesse

	Avantages	Inconvénients
 <p>Figure 16. Variateur de vitesse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration du facteur de puissance. • Diminution de la consommation d'électricité. • Prolongement de la durée de service du matériel. 	


3. Transformateur du mouvement :

Un transformateur de mouvement mécanique est un dispositif qui convertit le mouvement d'entrée en un mouvement de sortie de nature différente. Il peut être utilisé dans diverses applications, telles que les systèmes de transmission de puissance, les engrenages, les boîtes de vitesses, les arbres à cames et autres mécanismes de transmission de mouvement.

3.1. Solution 1 :

Pignon / chaîne :

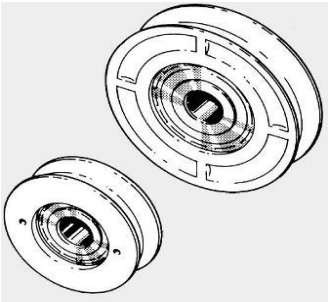
Tableau 11. Avantages et inconvénients du pignon chaîne

	Avantages	Inconvénients
 <p>Figure 17. Pignon chaîne</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Liaison glissante • Changer aisé des rapports • Couple élevée 	<ul style="list-style-type: none"> • Frottement élevé • Résistance limitée

3.2. Solution 2 :

Galet glissière :


Tableau 12. Avantages et inconvénients du galet glissière

	Avantages	Inconvénients
 <p>Figure 18. Galet glissière</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rendement élevé • Vitesse réglable • Durée de vie élevée • Pas de jeu 	<ul style="list-style-type: none"> • Lubrification indispensable • Frottement élevé

3.3. Solution 3 :

Pignon / crémaillère :

Tableau 13. Avantages et inconvénients du pignon crémaillère

	Avantages	Inconvénients
 <p>Figure 19. Pignon crémaillère</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Glissement • Force relativement grande 	<ul style="list-style-type: none"> • Usure rapide • Frottement élevé


4. Structure de fabrication:

La structure de fabrication est l'ensemble des éléments qui composent une usine ou un atelier de production industrielle.

4.1. Solution 1 :

Béton :

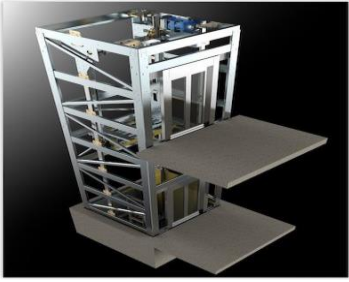
Tableau 14. Avantages et inconvénients du béton

	Avantages	Inconvénients
 <p>Figure 20. Béton</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Longue durée de vie • Masse élevée 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûteux • Non démontable • Facteur de pollution

4.2. Solution 2 :

Structure métallique :

Tableau 15. Avantages et inconvénients de la charpente métallique

	Avantages	Inconvénients
 <p>Figure 21. <i>Charpente métallique</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Facilité du montage et démontage • Mise en œuvre rapide • Une solution économique 	<ul style="list-style-type: none"> • Mauvaise résiste au feu • Conductivité électrique


5. Maintien en position :

Le maintien en position dans les monte-charge est important pour assurer la sécurité des travailleurs.

5.1. Solution 1 :

Capteur de position :

Figure 22. Avantages et inconvénients du capteur de position.

	Avantages	Inconvénients
 <p>Figure 23. <i>Capteur de position</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Légère • Compact • Haute résolution • Bonne exactitude 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûteux

IV. Critère de choix :

L'objet de ce chapitre est de choisir un système mécanique. Pour ce faire, on doit tout d'abord choisir du système positionneur.

Tableau 16. Valorisation d'intérêt

Note	Intérêt de la solution
1	Douteuse
2	Moyenne
3	Bien adapté

Tableau 17. Valorisation globale

K	L'importance de la fonction
1	Utile
2	Nécessaire
3	Importante
4	Très importante
5	Vitale

1. Transformation d'énergie :

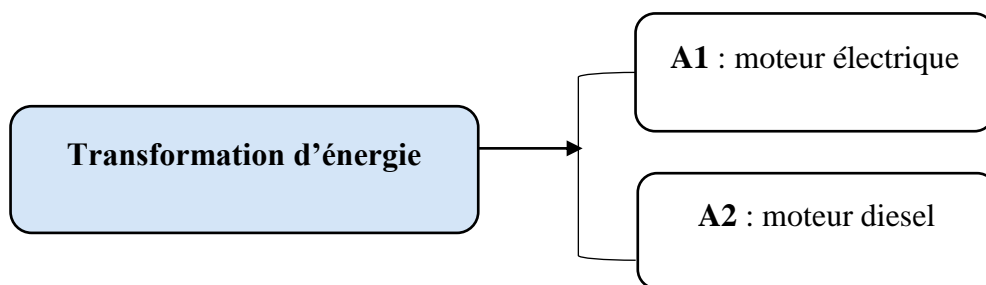


Tableau 18. Choix de système de transformation d'énergie

		A1		A2	
Critère	Coefficient	Note	Total	Note	Total
Fonctionnalité	5	3	15	2	10
Fiabilité	3	2	6	2	6
Réalisabilité	3	3	9	1	3
Coût	2	2	4	1	2
Maintenabilité	3	1	3	2	6
Total pondéré		37		27	

✓ Les calculs que nous avons effectuée, permettent de conclure, que la solution présentant le total pondéré le plus élevé, et la plus convenable d'être adoptée.

→ La solution « A1 » est la plus adéquate

2. Modificateur de la vitesse :

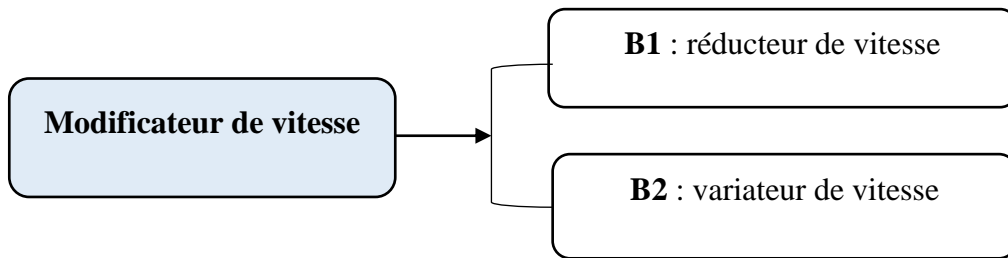


Tableau 19. Choix de système de la modification de vitesse

		B1		B2	
Critère	Coefficient	Note	Total	note	Total
Fonctionnalité	4	3	12	2	8
Fiabilité	3	2	6	2	6
Réalisabilité	3	2	6	2	6
Coût	2	3	6	1	2
Maintenabilité	2	2	4	1	2
Total pondéré		34		24	

- ✓ Les calculs que nous avons effectuée, permettent de conclure, que la solution présentant le total pondéré le plus élevé, est la solution qui sera retenue.

→ La solution « B1 » est la plus adéquate

3. Transmission du mouvement

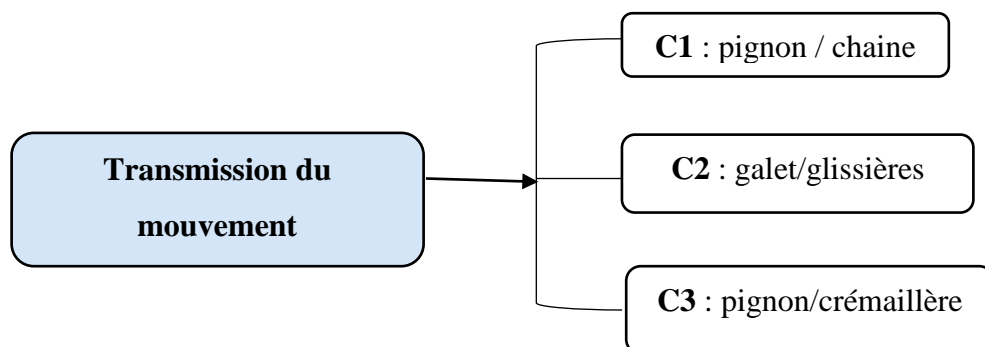


Tableau 20. Choix de système de Transmission mouvement

		C1		C2		C3	
Critère	Coefficient	Note	Total	Note	Total	Note	Total
Fonctionnalité	5	2	10	3	15	2	10
Fiabilité	3	1	3	2	6	2	6
Réalisabilité	3	1	3	3	9	2	6
Coût	4	3	12	3	12	1	4
Maintenabilité	4	2	8	3	12	1	4
Total pondéré		36		54		30	

- ✓ Les calculs que nous avons effectuée, permettent de conclure, que la solution présentant le total pondéré le plus élevé, et la plus appropriée à adopter.

→ La solution « C2 » est la plus adéquate

4. Choix de structure de fabrication :

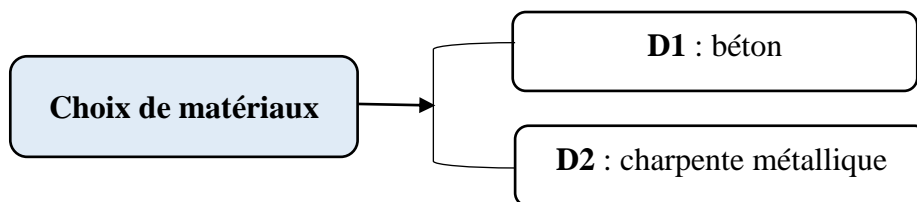


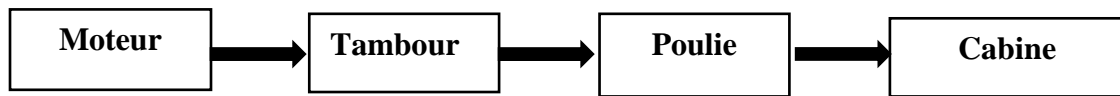
Tableau 21. Choix de matériaux

		D1		D2	
Critère	Coefficient	Note	Total	Note	Total
Fonctionnalité	4	2	8	3	12
Fiabilité	2	1	2	2	4
Réalisabilité	3	1	3	3	9
Coût	4	1	4	2	8
Maintenabilité	4	1	4	2	8
Total pondéré		21		41	

- ✓ Les calculs que nous avons effectuée, permettent de conclure, que la solution présentant le total pondéré le plus élevé, et la plus adéquate.

→ La solution « D2 » est la plus adéquate

5. Cheminement du mouvement du moteur vers la cabine :



V. Conclusion de chapitre :

Dans ce chapitre, nous avons effectué une analyse fonctionnelle qui nous a permis de définir différents aspects liés à un produit. Au début, nous avons clairement défini les besoins que notre produit (monte-charge industriel). Puis, Nous avons recherché les différentes fonctions de service à respecter. Ensuite, nous avons recherché des solutions techniques qui permettent de remplir différentes fonctions de service grâce à la méthode FAST. A la fin de ce chapitre, nous avons sélectionné les machines dont nous avons besoin pour notre projet.

Dans le chapitre suivant, nous approfondirons nos recherches en étudiant le calcul et le dimensionnement des différentes solutions qui sont conservées afin qu'elles puissent être conservées en fonctionnement.

Chapitre 4 : Dimensionnement des organes du monte-charge industriel

I. Introduction :

Dans ce chapitre, Nous allons faire le calcul de dimensionnement de tous les organes de monte-charge.

II. Présentation du modèle :

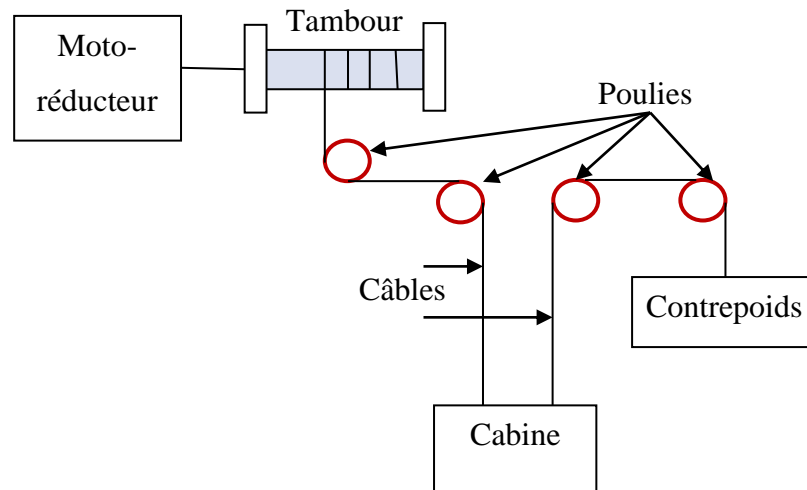


Figure 24. Modèle d'étude.

On choisit le moteur à placer en haut et le contrepoids à placer en bas, principalement pour des raisons de sécurité et d'efficacité. Premièrement, en plaçant le moteur en haut, l'élévateur a un centre de gravité plus élevé, ce qui réduit le risque de basculement ou de perte d'équilibre pendant le mouvement de levage. De plus, avec une excitation élevée du moteur, la réparation et la maintenance sont plus faciles à effectuer, ce qui réduit les temps d'arrêt et améliore l'efficacité globale de l'équipement. D'autre part, en plaçant le contrepoids en bas, le poids de l'équipement est réparti plus uniformément, ce qui réduit les contraintes et l'usure des composants mécaniques de monte-charge³.

III. Calcul et choix du câble de levage :

Le choix du câble de levage dépendra de nombreux facteurs tels que le poids de la charge, l'environnement de travail, les exigences de sécurité et les réglementations applicables. Il est important de choisir un câble de levage de haute qualité et de l'utiliser selon les instructions du fabricant et les normes de sécurité en vigueur pour assurer la sécurité des personnes et des biens.

1. Calcul de la force maximale :

La force maximale que le câble supportera est donnée par la formule suivante :

$$F_{max} = \frac{P_{cv} + P_m}{n} = \frac{30000 + 4800}{4} = 8700 \text{ N}$$

Où:

$$g = 10 \text{ m.s}^{-2} ; m_{cv} = 480 \text{ kg} ; m_{max} = 3000 \text{ kg}$$

$$P_{cv} = m_{cv} \cdot g = 480 \cdot 10 = 4800 \text{ N} : \text{ Poids de cabine vide}$$

$$P_m = m_{max} \cdot g = 3000 \cdot 10 = 30000 \text{ N} : \text{ Charge maximale}$$

$N = 4$: Nombre de câble

2. Charge de rupture du câble :

La force limite de la rupture du câble est :

$$F_r = F_{max} \cdot s = 8700 \cdot 10 = 87000 \text{ N} = 87 \text{ kN}$$

Où : $s = 10$: coefficient de sécurité du câble [2]

En consultant le catalogue de TRACELEV [3], société spécialisée dans la manutention des câbles en général et des câbles d'ascenseur en particulier, on peut choisir le câble **DRAKO 250T** (Tableau 22) dont la référence 01.B10O25120D, diamètre 12 mm et de charge de rupture minimale 97.4 kN qui est supérieure à 87 kN. Les autres caractéristiques (section, charge minimale, poids) sont présentées dans le **tableau 28**

Tableau 22. Caractéristiques générales du câble DRAKO 250T [2]

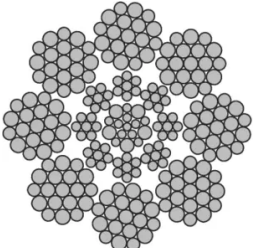
Section	Caractéristiques générales
	<p>8x19</p> <p>Finition : clair – galvanisé</p> <p>Âme du câble: Âme métallique</p> <p>Sens de câblage: sZ, zS</p> <p>Nombre de brins: 8</p> <p>Classe de résistance (N/mm²): 1770, 1570</p>

Tableau 23. Caractéristiques du câble choisi [2].

Réf.	Dia. câble (mm)	Rupture min. kN 1570 N/mm²	Poids kg/100m
01.B10O25120D	12	97.4	61

- Il est interdit d'utiliser des câbles dont la tension limite de rupture des fils est inférieure à 1300 N/mm^2 [1-Article 270.24.3]
- Le diamètre des câbles est au moins égal à 8 mm. Pour les monte-charge avec une charge nominale inférieure ou égale à 100 kg. Pour les monte-charge avec une charge nominale

inférieure ou égale à 100 kg, suspendus à au moins deux câbles, le diamètre des câbles peut être de 6 mm [1-Article 270.24.4].

3. Estimation de la durée de vie du câble :

La figure 36 montre l'évolution du nombre moyen de cycles de flexion jusqu'à la dépose du câble (courbe inférieure) et jusqu'à la rupture (courbe supérieure) en fonction du diamètre de la poulie. Le nombre de cycles de flexion évolue de façon exponentielle en fonction du diamètre de la poulie.

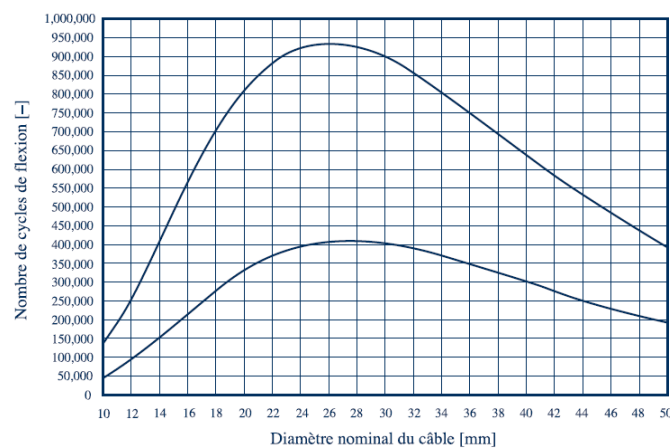


Figure 25. Nombre de cycles de flexion en fonction du diamètre nominal du câble [4].

La figure 2 montre l'évolution du nombre moyen de cycles de flexion jusqu'à la dépose du câble (courbe inférieure) et jusqu'à la rupture (courbe supérieure) en fonction du diamètre de la poulie. Le nombre de cycles de flexion évolue de façon exponentielle en fonction du diamètre de la poulie.

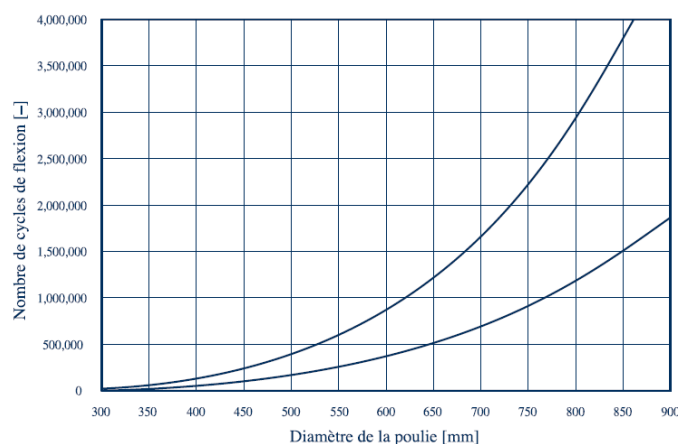


Figure 26. Nombre de cycles de flexion en fonction du diamètre de la poulie [4].

La figure 37 montre l'évolution du nombre moyen de cycles de flexion jusqu'à dépose du câble (courbe inférieure) et jusqu'à la rupture (courbe supérieure) en fonction de la tension du

brin de câble. Les courbes mettent clairement en évidence que le nombre de cycles de flexion diminue de façon exponentielle en fonction de la tension.

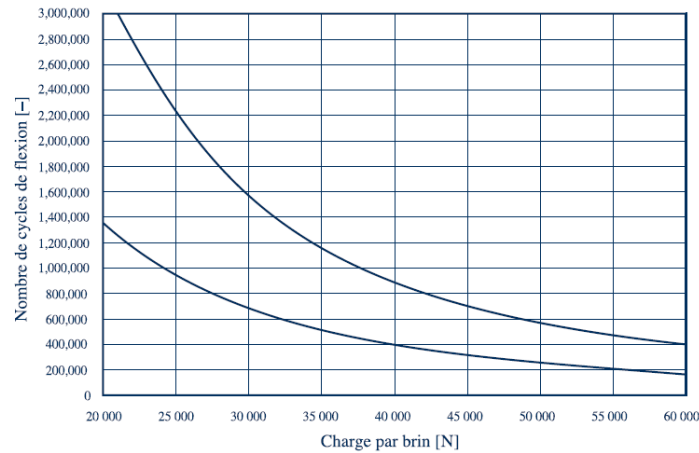


Figure 27. Nombre de cycles de flexion en fonction de la tension [4].

Pour un câble, on peut définir un cycle de flexion soit par le passage d'un état droit à un état fléchi, puis au retour à l'état droit, soit par le passage d'un état fléchi à un état droit, puis au retour à l'état fléchi dans la même direction. Si une section de câble passe sur une poulie, elle réalise un cycle complet de flexion. Quand une zone de câble s'enroule sur un tambour, elle fait un demi-cycle de flexion.

Pour un diamètre de câble 12 mm et un diamètre des poulies 504 mm et une charge 8,7 kN par câble, la figure 1 est déterminante. Pour ce diamètre de câble, le nombre moyen de cycles de flexion qu'on peut atteindre est vers 90.000.

IV. Choix du moteur :

L'objectif de ce calcul est de déterminer le nombre du tour du tambour pour faire monter la cabine, le temps de montée de la cabine et la puissance du moteur. Le diamètre des poulies de traction, des poulies de renvoi et du tambour est au moins égal à 40 fois le diamètre des câbles [Article 270.23.1]

Soient :

- D_t : diamètre du tambour,
- D_{pt} : diamètre de la poulie de traction,
- D_{pr} : diamètre de la poulie de renvoi,
- d_c : diamètre du câble,

Dans ce qui suit, on va adopter : $D_{pt} = D_{pr} = 42 \cdot d_c = 42 \cdot 12 = 504 \text{ mm}$

$$D_t = 84. d_c = 84.12 = 1008 \text{ mm}$$

1. Détermination de puissance du moteur :

Des câbles de treuils à tambour ne s'enroulent qu'en une seule couche sur le tambour. Le tambour est muni de rainures telles qu'elles évitent le déraillement du câble ainsi que le contact entre les spires du câble [1-Article 270.23.3].

Soit C la course maximale de l'ascenseur ($C = H_3$). Le nombre maximal de tour n_{max} du câble sur le tambour pour que la cabine fasse sa course maximale est donnée par l'expression suivante :

$$n_{max} = \frac{C}{\pi \cdot D_t} = \frac{12,6 \cdot 10^3}{\pi \cdot 1008} \approx 4 \text{ trs}$$

1.1. Calcul du temps de montée de la cabine de l'étage 0 à l'étage 3 :

$$T = \frac{H}{V} = \frac{12,6}{0,6} = 21 \text{ s}$$

Avec :

H : la hauteur de l'étage 0 à l'étage 3

$V_{cabine} = 0.6\text{m/s}$: la vitesse nominale de la cabine

1.2. Calcul de la vitesse de sorti N_s du module :

$$N_s = \frac{60 \cdot n_{max}}{T} = \frac{60 \cdot 4}{21} = 11,42 \text{ tr/min}$$

1.3. Calcul de la puissance utile :

$$P_u = (P_{cv} + P) \cdot V_c = (30000 + 4800) \cdot 0,6 = 20880W$$

1.4. Rendement global :

On adopte les valeurs des rendements suivants :

- Moteur électrique : rendement $\eta_1 = 0,90$
- Réducteur à roue et vis sans fin : rendement $\eta_2 = 0,87$
- Transmission par poulie / câble : rendement $\eta_3 = 0,95$

Le rendement global est défini par le produit de ces 3 rendements des sous-systèmes :

$$\eta_g = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 0,9 \cdot 0,87 \cdot 0,95 = 0,74385$$

1.5. La puissance du moteur :

La puissance électrique nécessaire pour soulever la charge maximale est comme suit :

$$P_{\text{elec}} = \frac{P_u}{\eta_g} = \frac{20880}{0,74385} = 28102.28 = 28.102 \text{ kW}$$

Par conséquent, on peut choisir le moteur **LS 225 MR** de puissance 30 kW et de fréquence de rotation 968 tr/mn (annexe 1).

V. Etude de la descente de la cabine :

C'est étudier la force de contre poids et L'équilibre d'un petit élément de câble sur la gorge de la poulie

• Force du contrepoids :

Le contrepoids va équilibrer le poids de la cabine vide (appelé poids mort) plus la moitié du poids de la charge maximale. Il sera dimensionné selon la relation suivante :

$$P_{cp} = P_{cv} + P_m/2 = 4800 + 30000/2 = 19800 \text{ N}$$

Autrement la masse du contrepoids est vers 1980 Kg.

VI. Calcul des poulies :

Les poulies permettent de transférer le mouvement de rotation entre deux arbres. La figure 32 présente le bilan des forces appliquées sur les poulies dans le cas de la montée de la cabine pleine.

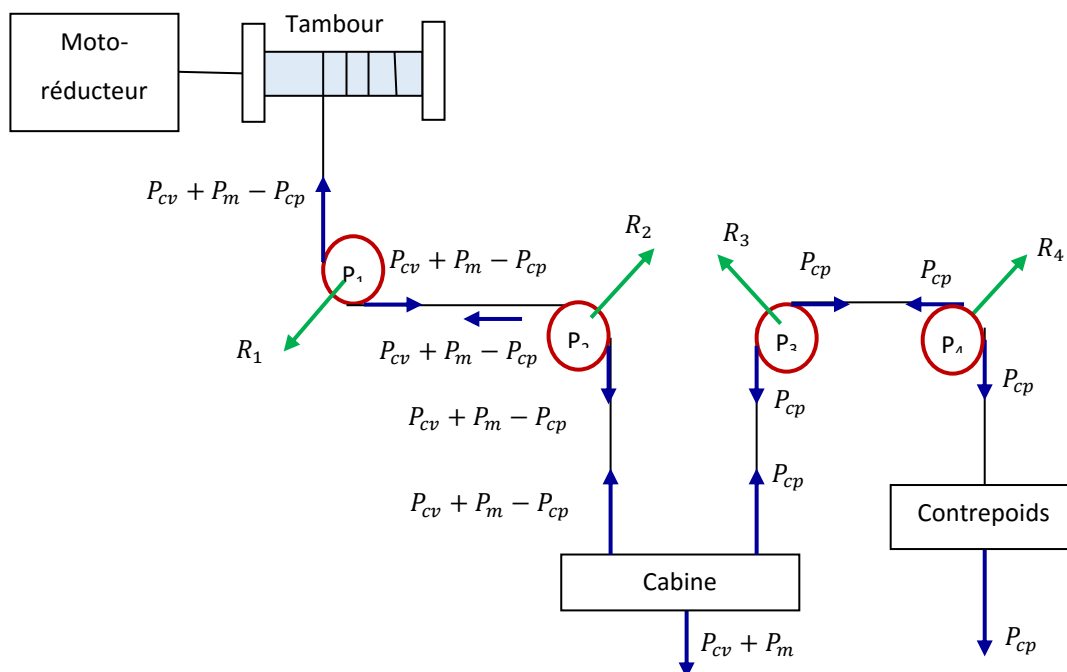


Figure 28. Bilan des forces.

Soit R_i : réaction de l'axe i sur la poulie i (cas de la montée de la cabine). On peut remarquer que :

- $R_1 = R_2 = \sqrt{2} \cdot (P_{cv} + P_m - P_{cp}) = \sqrt{2} \cdot (4800 + 30000 - 19800) \approx 21213 \text{ N}$.
- $R_3 = R_4 = \sqrt{2} \cdot P_{cp} = \sqrt{2} \cdot 19800 \approx 28001 \text{ N}$.

Ces réactions vont servir pour dimensionner les axes portant les poulies et qui seront soumis à la flexion. Chaque axe repose sur deux appuis A et B distants de $L=98\text{mm}$.

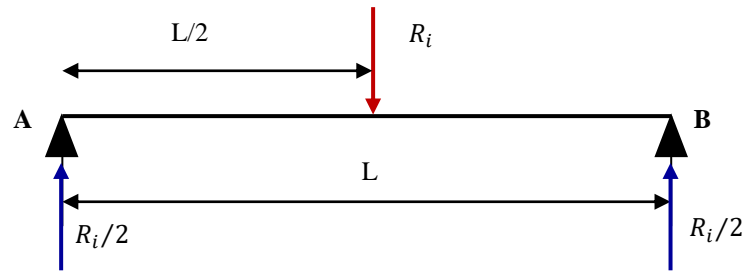
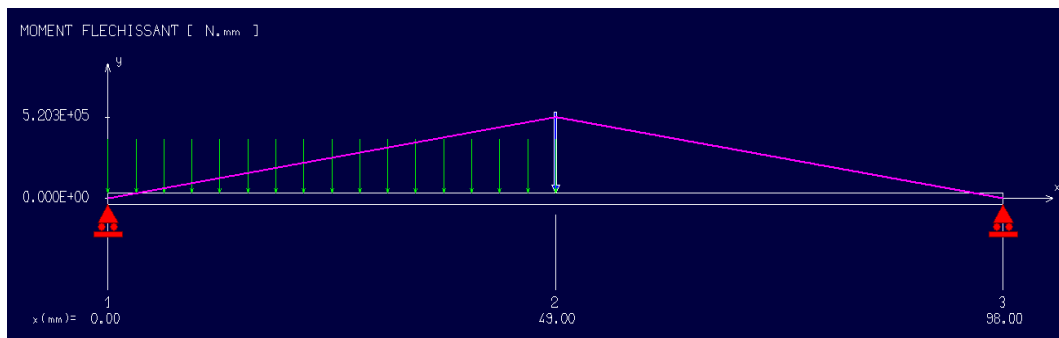


Figure 29. Modélisation de l'axe de la poulie.

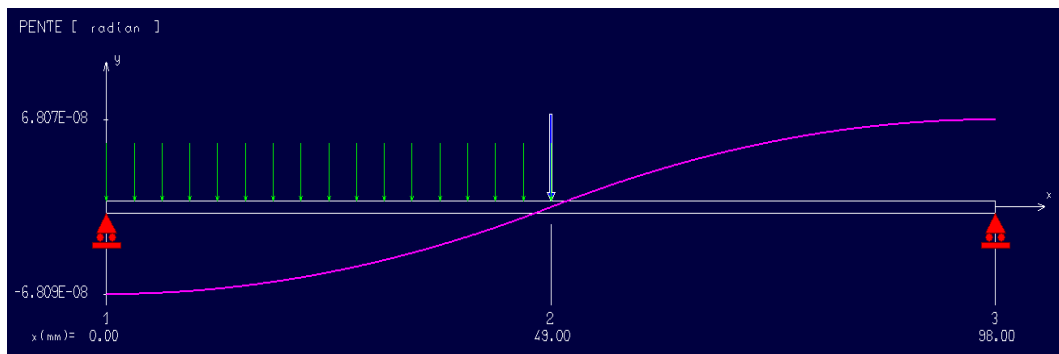
Le moment fléchissant maximal est $M_{fi_{max}} = \frac{R_i L}{2 \cdot 2} = \frac{R_i \cdot L}{4}$.

Pour l'axe 1 et 2 : $M_{f1_{max}} = \frac{R_1 \cdot L}{4} = \frac{21213 \cdot 98}{4} = 597585,4 \text{ N} \cdot \text{mm}$

✓ **Diagramme du moment fléchissant :**



✓ **Diagramme pente**

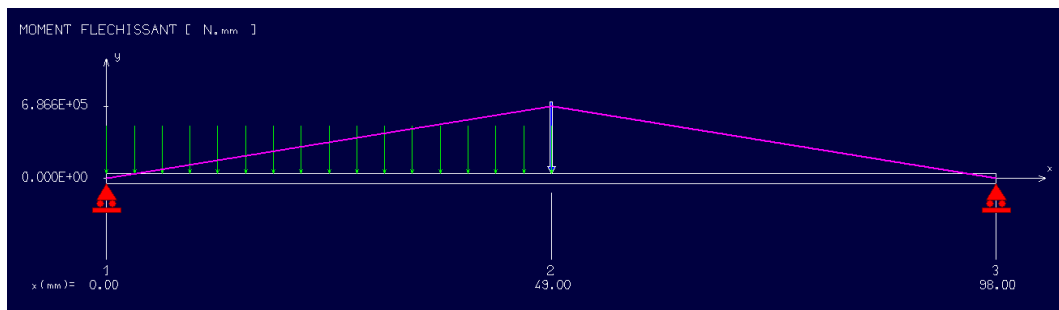


✓ **Diagramme des efforts tranchants :**

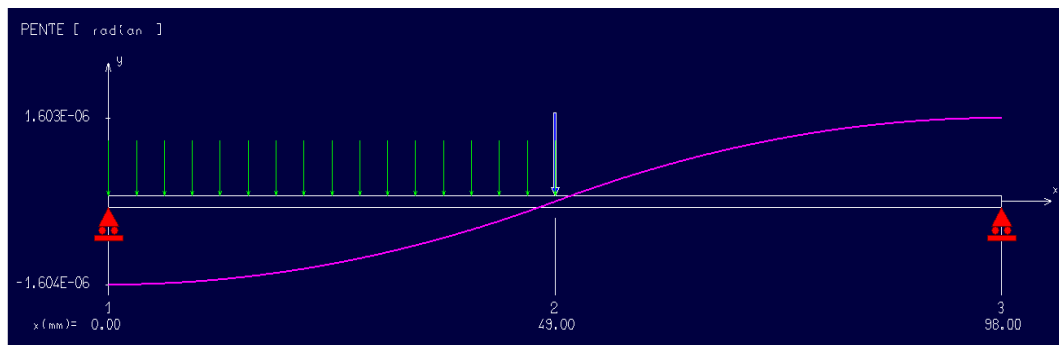


Pour les axes 3 et 4 : $Mf_{3_{max}} = \frac{R_3 \cdot L}{4} = \frac{28001 \cdot 98}{4} = 686024,5 N.m$

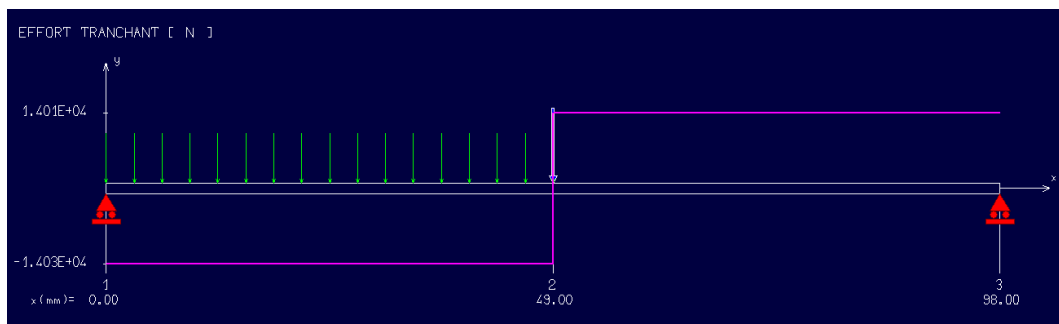
✓ **Diagramme moment :**



✓ **Diagramme pente :**



✓ **Diagramme effort tranchant :**



Le critère de résistance s'écrit :

$$\frac{32. Mf_{max}}{\pi. d^3} \leq \frac{R_e}{s} \rightarrow d \geq \sqrt[3]{\frac{32. Mf_{max}. s}{\pi. R_e}}$$

Où :

R_e : résistance élastique. Dans ce cas, on a choisi un acier faiblement allié 36 Ni Cr Mo 16 (35 NCD 16) trempé revenu...dont $R_e = 900 MPa$. (voir annexe 2)

s : coefficient de sécurité.

Pour les axes 1 et 2 :

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{32. Mf1_{max}. s}{\pi. \sigma_e}} = \sqrt[3]{\frac{32.597585,4.10}{\pi. 900}} = 18,91 mm$$

On peut choisir : $d_1 = d_2 = 20 mm$

Pour les axes 3 et 4 :

$$d_3 \geq \sqrt[3]{\frac{32. Mf1_{max}. s}{\pi. \sigma_e}} = \sqrt[3]{\frac{32.686024,5.10}{\pi. 900}} = 42.66 mm$$

On peut choisir : $d_2 = d_4 = 43 mm$.

VII. Calcul du roulement :

Nous choisirons un roulement en fonction de sa durée de vie et des charges qui lui sont appliquées. La durée de vie en Millions tours (Mtr) d'un roulement à contact radial est calculée par la relation suivante :

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^K$$

On peut déduire la durée de vie en heures de fonctionnement L_{10H} comme suit :

$$L_{10H} = \left[\frac{10^6 . L_{10}}{60. N} \right]$$

L_{10} : La durée de vie en millions de tours

C : capacité de charge dynamique

P : charge équivalente exercée sur le roulement

N : vitesse de rotation du roulement en tours/min.

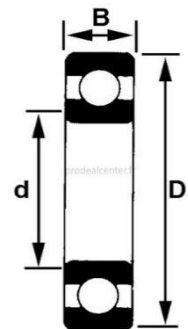


Figure 32 : Roulement

- La durée de fonctionnement doit être au moins 20000 heures.

$$L_{10} = \frac{60 \cdot N \cdot L_{10H}}{10^6} = \frac{60 \cdot 11,42 \cdot 20000}{10^6} = 13.7 \text{ Mtr}$$

- Roulement pour l'axe 1 et 2 :

$F_r = 21213 \text{ N}$; avec F_r : charge radiale exercée sur le roulement

$$C_{\text{calculé}} = F_r \cdot L_{10}^{1/3} = 21213(13.7)^{1/3} = 50.75 \text{ kN}$$

D'après le tableau ou le catalogue de construction (annexe 3), il faut $C_{\text{choisie}} \geq C_{\text{calculé}}$

$$C_{\text{choisie}} = 52 \text{ kN}$$

Choix final : 60 BC 02

- Roulement pour l'axe 4 et 3 :

$F_r = 28001 \text{ N}$ Avec F_r : charge radiale exercée sur le roulement

$$C_{\text{calculé}} = F_r \cdot L_{10}^{1/3} = 28001(13.7)^{1/3} = 67 \text{ kN}$$

D'après le tableau ou le catalogue de construction (annexe 3) , il faut $C_{\text{choisie}} \geq C_{\text{calculé}}$

$$C_{\text{choisie}} = 73 \text{ kN}$$

Choix final : 80 BC 02

VIII. Calcul du tambour rainuré multicâble :

Dans cette partie, nous allons explorer les différents aspects du dimensionnement du tambour rainuré multicâble (largeur, diamètre extérieur)

- **Profondeur de la rainure**

$$h = 0,4 \cdot d = 0,4 \cdot 12 = 4,8 \text{ mm}$$

- **Rayon de la rainure :**

$$r = 0,55 \cdot 12 = 6,6 \text{ mm}$$

- **Le pas :**

$$p = 1,11 \cdot 12 = 13.32 \text{ mm}$$

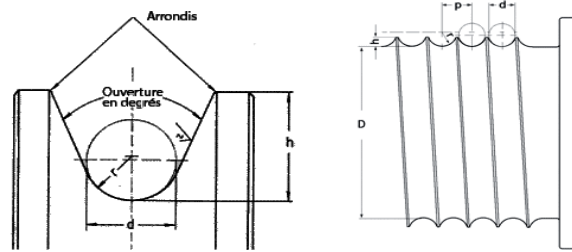


Figure 30. Quelques dimensions du tambour[7]

1. Détermination de la largeur du tambour :

$\alpha = 2^\circ$: angle déflexion du câble.[Annexe 4]

E : entraxe poulie-tambour.

E= 2à 3m minimum pour que le câble ne sort pas. En prenons (E=3m).

Pour le câble en acier $\alpha \leq 2^\circ$

$$\tan \alpha = \frac{L_t}{2 \cdot E}$$

$$\frac{H_t}{2 \cdot E} \leq \tan \alpha$$

$$H_t \leq \tan 2^\circ \cdot 2 \cdot 3$$

$$H_t = 0.20 \text{ m}$$

Donc la largeur du tambour est égale à 200mm;

Avec :

$d = 12 \text{ mm}$: Diamètre de câble

$E = 3$: Entraxe poulie-tambour

$\alpha = 2^\circ$: Angle déflexion du câble

2. Choix du tambour :

Les tambours rainurés multicâbles sont souvent utilisés dans les applications de levage et de manutention où plusieurs câbles sont utilisés pour soulever ou déplacer une charge. Les rainures sur le tambour permettent de maintenir chaque câble en place et d'empêcher qu'ils ne

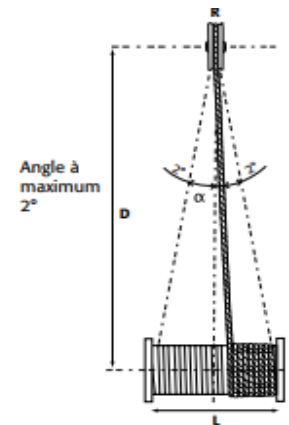


Figure 31. Tambour

se croisent ou ne se chevauchent. Le choix d'un tambour rainuré multicâbles peut présenter plusieurs avantages par rapport à un tambour lisse ou à un tambour à simple rainure :

- Réduction des dommages aux câbles.
- Capacité de charge accrue.
- Meilleure durée de vie du tambour.
- Sécurité accrue.



Figure 32. tambour arainuré multicâble

IX. Choix du frein :

Le choix d'un frein pour un monte-charge est crucial pour assurer la sécurité des personnes et des charges soulevés. Le frein est conçu pour empêcher le mouvement involontaire de la charge lorsque le moteur est arrêté ou lorsque la puissance est coupée. Cela est particulièrement important dans les applications de monte-charge, où les charges sont souvent lourdes et transportées sur de grandes hauteurs.

D'après :

- _ Le diamètre de pignon : $d = 20mm$;
- _ charge maximal $Q = 3000kg$
- _ Coefficient de friction $S = 10$
- _ charge cabine vide $P_{cabine} = 480kg$
- _ Puissance moteur $P = 28.102kW$

→ On choisi le type **frein à disque SB 8.2.** (annexe 6)

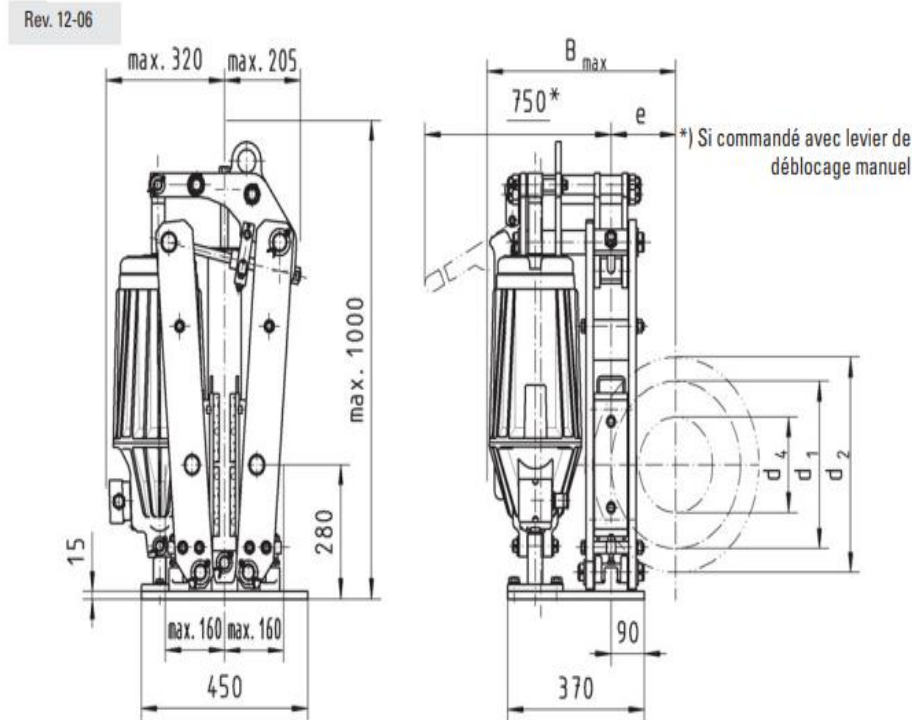


Figure 33 : Frein à disque SB 8.2

IX. Calcul de dimensionnement de la clavette :

1. Dimensionnement de l'arbre moteur :

La puissance transmissible P en Watt est donnée en fonction du couple C en N.m et de la fréquence de rotation w en rd. s^{-1} par l'expression suivante :

$$P = C \cdot w$$

Avec $P = 28102 \text{ Watt}$

$$w = \frac{\pi N}{30}$$

$$N = 11.42 \text{ tr/min}$$

Alors :

$$C = \frac{P}{w} = \frac{30P}{\pi N} = \frac{30 \cdot 28102}{\pi \cdot 11.42} = 23498,6 \text{ Nm}$$

L'arbre moteur est soumis essentiellement au couple moteur (moment de torsion). Le matériau choisi pour l'arbre est un acier faiblement allié trempé revenu 36 NiCrMo 16 dont la résistance élastique $R_e = 900 \text{ MPa}$. Le critère de résistance à la torsion simple s'écrit alors comme suit :

$$\tau_{max} = \frac{16 \cdot M_{t \max}}{\pi \cdot d^3} \leq R_{pg}$$

La résistance pratique au glissement R_{pg} est calculée selon TRESCA comme suit :

$$R_{pg} = \frac{0,5 \cdot R_e}{s} = \frac{0,5 \cdot 900}{2} = 225 \text{ MPa}$$

Où $s=2$ est le coefficient de sécurité.

Le diamètre minimal d est donc déduit par l'expression suivante :

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{t \max}}{\pi \cdot R_{pg}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 23498,6 \cdot 10^3}{\pi \cdot 225}} = 81,04 \text{ mm}$$

Soit $d=82 \text{ mm}$.

2. Dimensionnement de la clavette :

Dans cette partie, nous comptons dimensionner une clavette parallèle de forme B pour le tambour. Le matériau choisi pour cette clavette est un acier non allié C35 dont la résistance élastique $R_e = 340 \text{ MPa}$ et la pression admissible au matage égale 60 MPa . Nous adoptons, dans ce calcul, un coefficient de sécurité $s=2$. La résistance pratique au glissement R_{pg} est calculée comme suit :

$$R_{pg} = \frac{0,5 \cdot R_e}{s} = \frac{0,5 \cdot 340}{2} = 85 \text{ MPa}$$

Les dimensions a et b de la clavette sont déterminées en fonction du diamètre de l'arbre (Tableau annexe 7). Dans ce cas, le diamètre de l'arbre est égal à 82 mm donc :

$$a = 22 ; b = 14 ; j = d - 9 ;$$

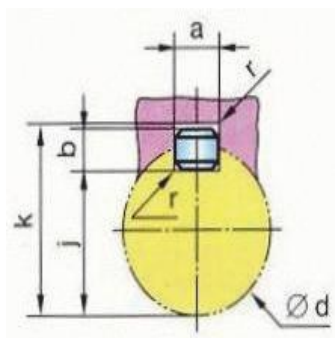


Figure 34. Clavette

Pour la détermination de la longueur de la clavette, deux cas de calculs peuvent être développés. En effet, une clavette est soumise au cisaillement donc on doit appliquer un critère de résistance au cisaillement. En même temps, une telle clavette est le siège des contraintes de matage (écrasement) dues au contact entre le moyeu et la clavette (Figure 35).

Cas de cisaillement :

Soient :

- T : effort tranchant
- S_c : section soumise au cisaillement
- l : longueur de la clavette
- a : largeur de la clavette
- b : hauteur de la clavette

La contrainte de cisaillement appliquée à la clavette est donnée par l'expression suivante :

$$\tau_c = \frac{T}{S_c}$$

$$\text{Avec } T = \frac{2.C}{d} = \frac{2.23498,6.10^3}{82} = 573136,58 \text{ N}$$

Le critère de résistance au cisaillement s'écrit :

$$\frac{T}{S_c} \leq R_{pg} \text{ avec } S_c = a \cdot l$$

$$\text{Donc : } a \cdot l \geq \frac{T}{R_{pg}}$$

La longueur minimale de la clavette est donc :

$$l \geq \frac{T}{a \cdot R_{pg}} = \frac{573136,58}{22.136} = 191,55 \text{ mm}$$

Cas de matage :

Le critère de résistance au matage s'écrit :

$$P = \frac{T}{S_m} = \frac{T}{(d - 9 + 14 - d) \cdot l} = \frac{T}{5 \cdot l} \leq P_{adm}$$

Où :

- P : Pression de matage exercée sur la clavette,
- S_m : Surface de matage,
- P_{adm} : Pression admissible au matage.

Donc :

$$l \geq \frac{T}{5 \cdot P_{adm}} = \frac{573136,58}{5.60} = 1910 \text{ mm}$$

Le calcul de résistance au matage est déterminant. Cependant, la valeur de la longueur minimale de la clavette dépasse nettement 2,5 fois le diamètre de l'arbre. Dans ce cas, on doit

opter pour des cannelures à flancs parallèles. Pour les séries légères et moyennes, le centrage de l'arbre est réalisé sur le diamètre d (centrage intérieur). Nous pouvons choisir les dimensions suivantes pour les cannelures .

- $d = 82 \text{ mm}$,
- $D = 92 \text{ mm}$,
- $N = 10$ cannelures,
- $B = 12 \text{ mm}$.
- $h \approx \frac{D-d}{2} = \frac{92-82}{2} = 5 \text{ mm}$.

Il reste à déterminer la longueur minimale des cannelures. Cette longueur est déterminée par l'expression suivante :

$$L_{min} = \frac{8 \cdot C}{3 \cdot N \cdot h \cdot D \cdot P_{adm}} = \frac{8 \cdot 23498,6 \cdot 10^3}{3 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 92 \cdot 100} = 136,22 \text{ mm}$$

Soit $L=140 \text{ mm}$.

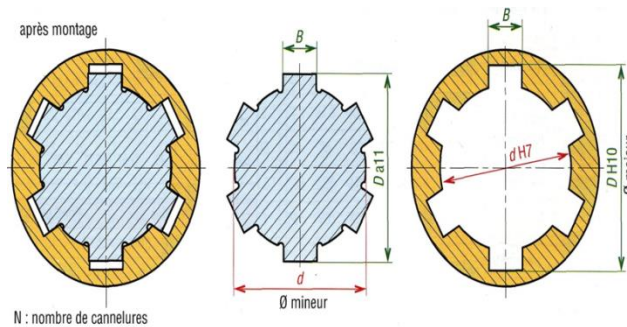


Figure 35. Les cannelures

X. Résistance de la structure métallique

La Résistance Des Matériaux (RDM) est particulièrement appliquée à la conception et à l'analyse des structures métalliques. Elle permet d'analyser et de dimensionner les structures afin de garantir leur résistance et leur sécurité. Il convient de noter que la RDM est basée sur des principes théoriques et des modèles simplifiés qui permettent des calculs approximatifs.

1. Vérification de la résistance de la poutre IPE180 :

En somme, l'essai de flexion est une méthode importante pour évaluer la résistance des matériaux et leur capacité à résister aux contraintes de flexion.

Pour étudier la résistance de structure métallique on a choisi une poutre **IPE 180** dont les dimensions sont mentionnées dans la figure 42 .

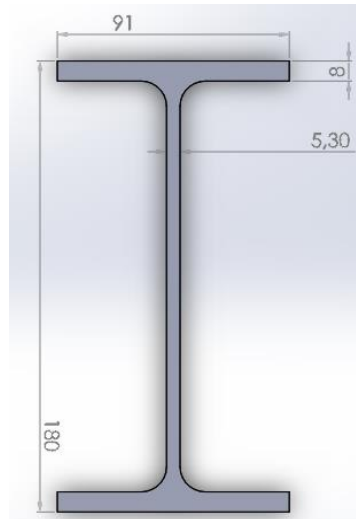
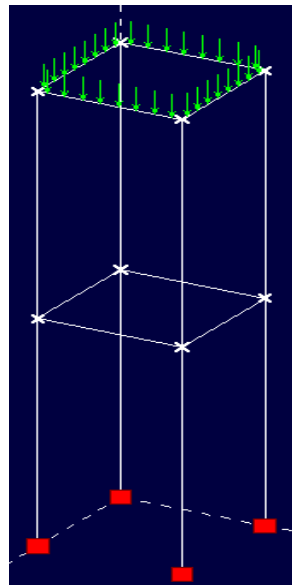
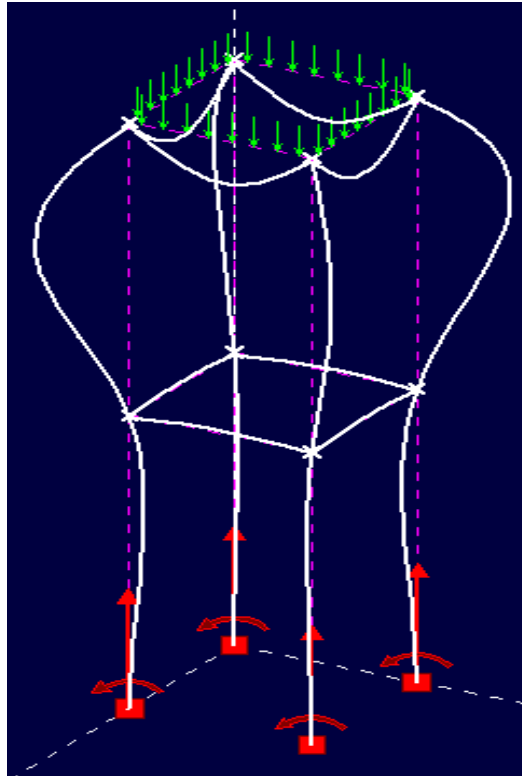


Figure 36. Dimensions de la poutre IPE180

La charge maximale que la structure doit supporter est égale à 34800N et doit être répartie sur 4 poutres verticales afin que la charge à chaque poutre soit égale à 8700N. Nous avons utilisé le module ossatures du logiciel RDM 7.04 (64 bits) pour vérifier la résistance de cette structure.



Après l'application de cette charge, la structure se déformera comme suit :



La résistance à la flexion d'une poutre dépend de plusieurs facteurs, tels que le matériau utilisé, la géométrie de la section transversale, la longueur de la poutre et les conditions de support aux extrémités. Les ingénieurs utilisent des formules et des méthodes de calcul pour déterminer les moments fléchissants maximums, effort tranchant, effort normal, contrainte et concevoir des poutres capables de supporter ces charges sans se rompre ou se déformer de manière excessive.

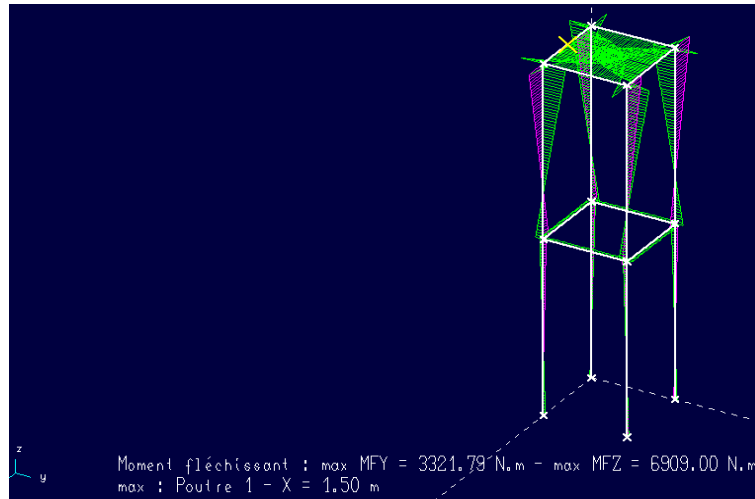
- **Le moment fléchissant :**

On doit évaluer le moment fléchissant pour s'assurer que les matériaux utilisés sont adaptés et que la structure peut supporter les charges prévues sans défaillance ou déformation excessive.

Après le test on a obtenu le résultat suivant :

$$M_{fy} = 3321.79 \text{ N.m}$$

$$M_{fz} = 6909 \text{ N.m}$$

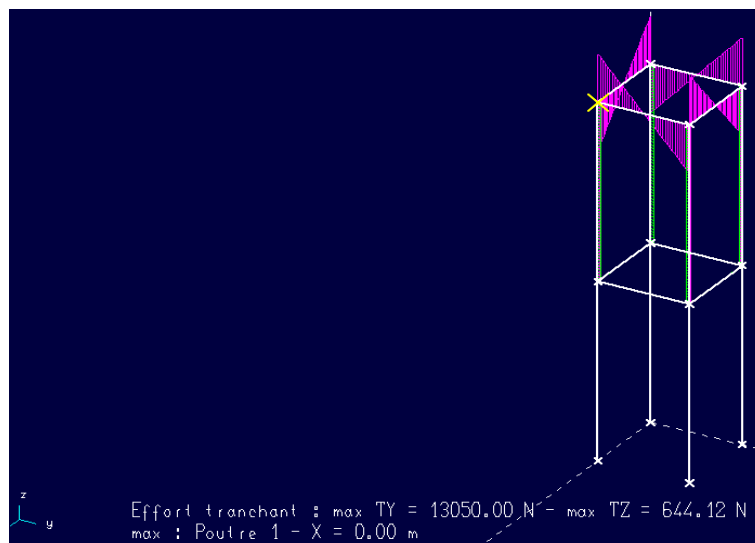


- **Les efforts tranchants :**

L'analyse de l'effort tranchant est essentielle pour la conception des poutres et des éléments structurels. Les ingénieurs doivent déterminer les valeurs maximales de l'effort tranchant pour dimensionner correctement les éléments structurels. Après le test on a obtenu le résultat suivant :

$$T_y = 13050.00N$$

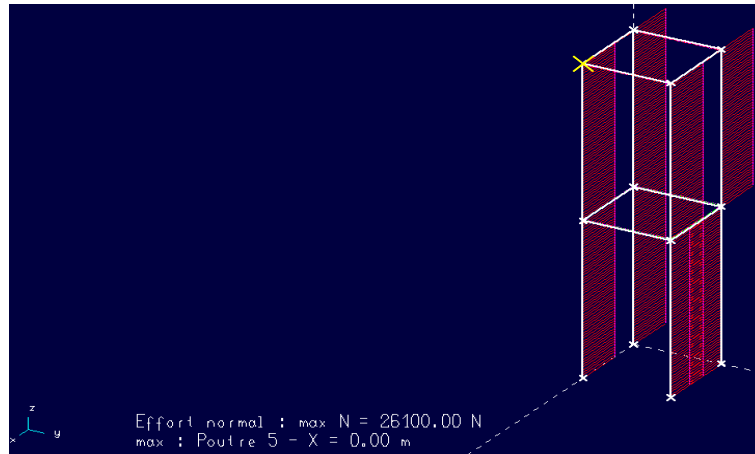
$$T_z = 644.121N$$



- **L'effort normal :**

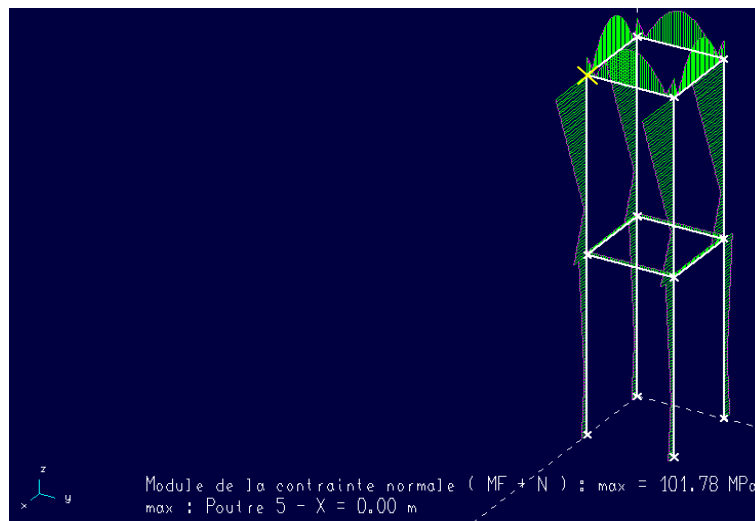
L'effort normal peut être de compression ou de traction, en fonction de la direction de la force par rapport à l'élément structurel. Voilà le résultat d'essai :

$$N = 26100.00 N$$



- **Contrainte équivalente maximale :**

La contrainte équivalente est calculée en appliquant plusieurs sollicitations. Afin de vérifier la résistance d'une telle structure aux sollicitations composées, la contrainte équivalente maximale doit être inférieure ou égale à la résistance pratique à l'extension du matériau de la structure. Dans notre cas $\sigma_{max} = 101.78 \text{ MPa}$.



Conclusion :

Les poutres IPN utilisées dans cette structure métallique sont en acier de construction S235JR dont la résistance élastique $R_e = 355 \text{ MPa}$. Si on adopte, dans ce calcul, un coefficient de sécurité $s = 3$ alors :

$$R_{pe} = \frac{R_e}{s} = \frac{355}{3} = 118.33 \text{ MPa}$$

Donc :

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

On vérifie finalement que **la poutre IPE180** résiste aux chargements appliqués

XI. Conclusion partielle :

Après tous les calculs et les choix précédents, nous pouvons conclure que le dimensionnement des éléments du monte-charge est une étape cruciale dans la conception et l'installation de tout système de levage. Il est important de faire appel à des experts en ascenseurs et en monte-charges pour garantir un dimensionnement correct des éléments du monte-charge, en tenant compte de toutes les exigences réglementaires et de sécurité.

Dans le chapitre suivant, nous allons parler de la partie commande et la partie opérative du monte-charge industriel.

Chapitre 5 : Partie électrique

Introduction :

L'objectif de ce chapitre est d'étudier la partie électrique de monte-charge industrielle.

I. La partie opérative : Etude des composants électrique :**1. Moteur de traction :**

Les moteur de traction est un composant électrique pour assurer la fonction générale de traction de levage. C'est un moteur triphasé couplé en triangle et alimenté par le variateur de fréquence en triphasé 230V.

- **Moteur de traction à courant continue :**

- **Principe de fonctionnement :** Lorsque le courant pénètre dans le fil, l'interférence et le courant du champ magnétique et la rotation du courant sont améliorés en fonction de la rotation légale de la loi électromagnétique. L'interrupteur peut restaurer le courant de toutes les bobines et ajuster le courant en fonction du tableau circulaire pour stabiliser le courant.
- **Le composant principal :**
 - Armateur tournant
 - Bobine
 - Commutateur
 - Convertisseur →

- **Moteur de traction à courant alternative :**

- **Principe de fonctionnement :** Le principe de fonctionnement du moteur de traction est relativement simple dans l'ère moderne.
- **Le composant principal :**
 - Stator
 - Rotor
 - Bobinage

2. Capteur de position :

Les capteurs de position se trouvent dans la cabine qui sont actionnés par un came embarquée, pour donner les informations de position

- PH1 : cabine au niveau 1
- PH2 : cabine au niveau 2
- PH3 : cabine au niveau 3 ('niveau haut)

La position de ces capteurs est réglée de manière précise pour détecter la précision d'arrêt de la machine et à la distance de ralentissement.

➤ **Implantation en gaine des capteurs de position :**

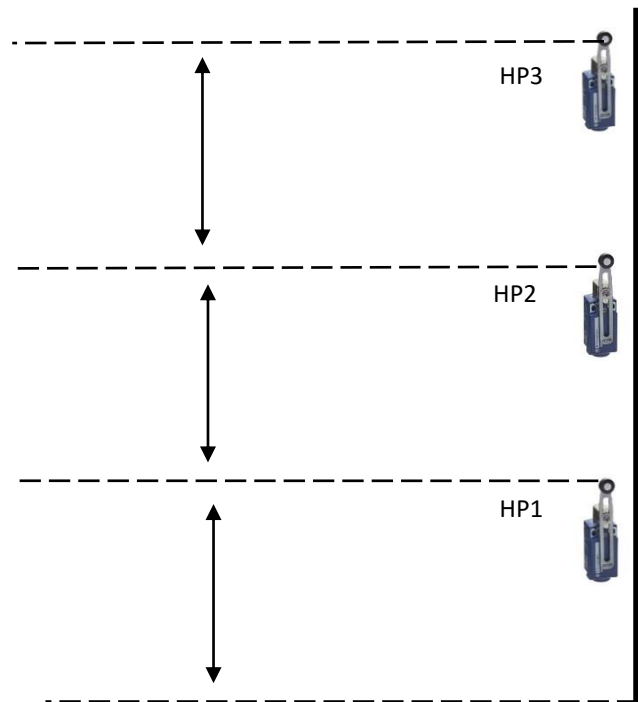


Figure 37. Implantation en gaine des capteurs de position

3. Capteur de sécurité :

Le capteur de sécurité ou l'interrupteur est un élément électrique permet de contrôler la situation dangereuse de monte-charge. Il existe plusieurs types de capteur de sécurité :

- **Contact de parachute :** Il est fixé sur le toit de la cabine, ce type de capteur permet d'arrêter la cabine dans le cas de rupture de câble sur un treuil à tambour ou survitesse sur un treuil à contrepoids.
- **Contact de porte :** Il est nécessaire dans le monte-charge, pour contrôler la fermeture de la porte avant le déplacement de la cabine.

4. Éléments de commande du monte-charge industriel :

Les éléments de commande d'un monte-charge comprennent généralement les éléments suivants :

- a. **Bouton d'appel :** Il permet à l'utilisateur de demander un monte-charge à son étage.

- b. Bouton d'arrêt d'urgence** : Il permet d'arrêter le monte-charge immédiatement en cas d'urgence.
- c. Bouton de commande de la porte** : Il permet de commander l'ouverture et la fermeture des portes du monte-charge.
- d. Boutons de commande de direction** : Ils permettent de sélectionner la direction dans laquelle le monte-charge doit se déplacer, généralement vers le haut ou vers le bas.
- e. Indicateurs d'étage** : Ils indiquent l'étage actuel du monte-charge et le sens dans lequel il se déplace.
- f. Panneau de contrôle** : Il contient des boutons et des indicateurs pour le contrôle de l'ensemble du système de monte-charge, y compris la surveillance des capteurs de sécurité et des limites de vitesse.
- g. Contrôleur de vitesse** : Il contrôle la vitesse du monte-charge et assure un arrêt en douceur aux étages.
- h. Système de sécurité** : Il comprend des capteurs de sécurité pour empêcher le monte-charge de fonctionner si une porte est ouverte ou si un objet se trouve sur la trajectoire de la cabine.

5. Les éléments de signalisation :

Les éléments de signalisation d'un monte-charge sont utilisés pour communiquer l'état du système et les informations importantes aux utilisateurs et aux opérateurs. Les éléments de signalisation typiques comprennent :

Indicateurs d'étage : Ils affichent l'étage actuel de la cabine du monte-charge et les étages sélectionnés.

Signal sonore : Il est utilisé pour signaler l'arrivée à un étage ou pour alerter les utilisateurs en cas d'urgence.

Voyant lumineux : Il indique l'état du monte-charge, par exemple si la porte est ouverte ou fermée, ou si le monte-charge est occupé.

Panneau d'affichage : Il affiche des informations importantes telles que les messages d'erreur, les alertes de sécurité et les instructions d'utilisation.

Affichage numérique : Il affiche des informations telles que le temps d'attente, le poids maximum autorisé et les codes d'erreur.

Indicateurs de direction : Ils indiquent la direction dans laquelle le monte-charge se déplace, généralement vers le haut ou vers le bas.

Signalisation de sécurité : Elle comprend des lumières et des avertissements sonores pour signaler une situation d'urgence, telle qu'un dysfonctionnement de l'ascenseur ou une surcharge.

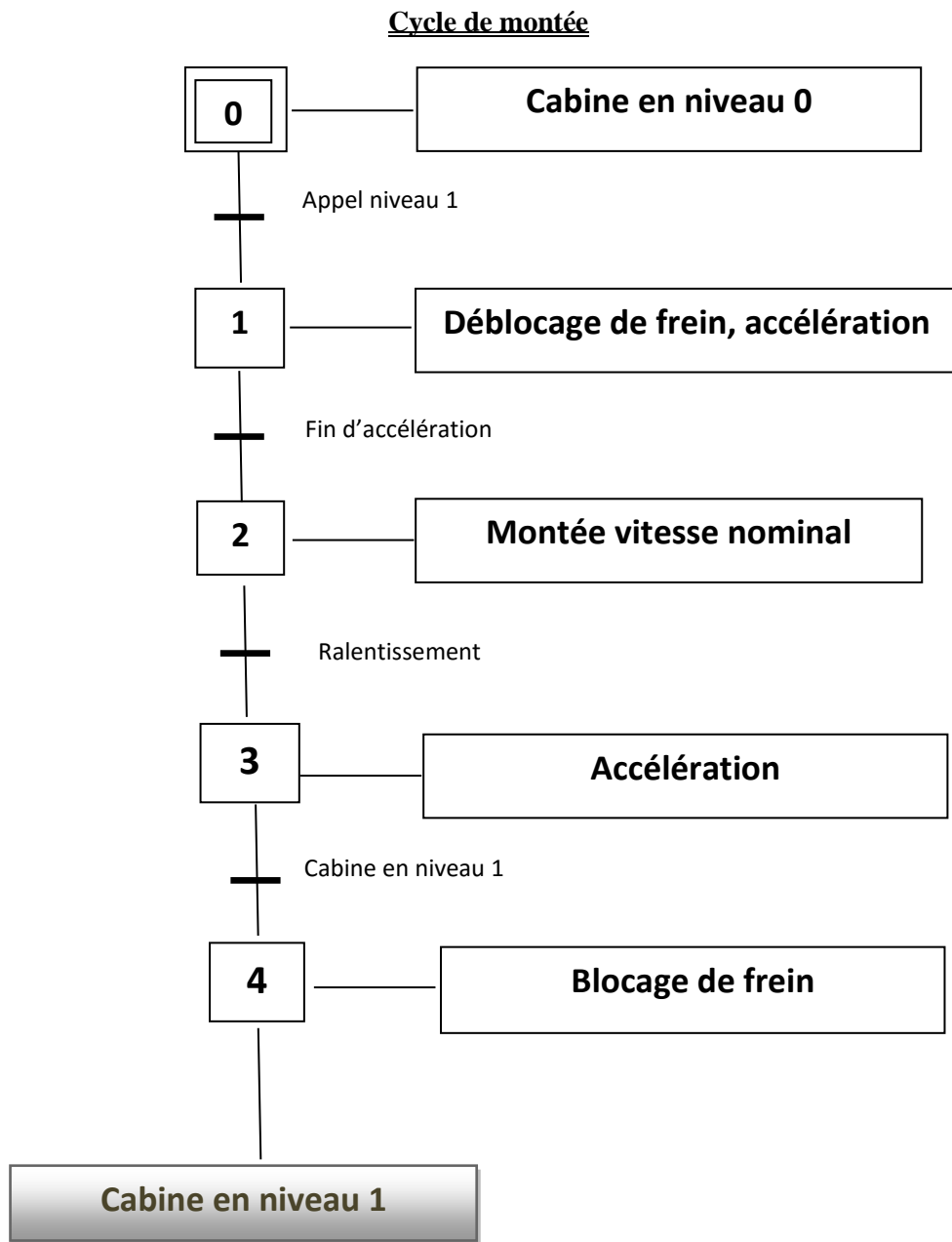
II. Partie commande : armoire de commande

1. Mode de fonctionnement :

Pour appeler la cabine appuyer sur le bouton poussoir de son étage, après quelque seconde Le voyant vert s'allume et les portes de cabine s'ouvrent. Au chargement, s'assurer de la stabilité de la charge, sinon l'immobiliser. Pour déplacer la cabine à un autre niveau : fermer la porte de la cabine et appuyer sur le bouton correspondant au niveau désiré. En dehors de l'utilisation, les portes sont fermées.

- **Signalisation** : - la lumière verte indique que la cabine est au niveau
 - La lumière rouge indique que la porte de la cabine est ouvert ou la Cabine ce déplace entre les niveaux.

2. Graphe de fonctionnement :



3. Schéma de puissance :

Le schéma type "Réseau monophasé". Alimenté par le réseau 230V monophasé, le variateur va recréer une tension sinusoïdale triphasée de fréquence variable et de tension triphasée 230V. Le moteur 230V/400V sera de ce fait, couplé en triangle.

DIGIDRIVE : Est un transformateur de réseau monophasé vers le réseau triphasé.

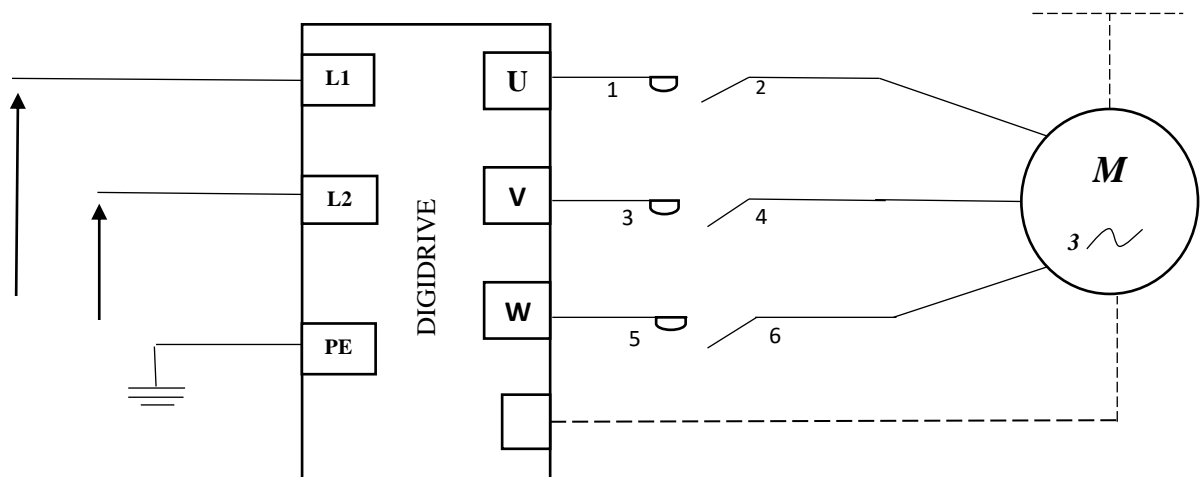


Figure 38. Schéma de puissance

4. Etude du schéma de commande :

Le schéma de commande est essentiel pour comprendre le fonctionnement du monte-charge et pour effectuer des diagnostics en cas de problème. Il permet également aux techniciens de maintenance de localiser et de résoudre les pannes plus rapidement et plus efficacement.

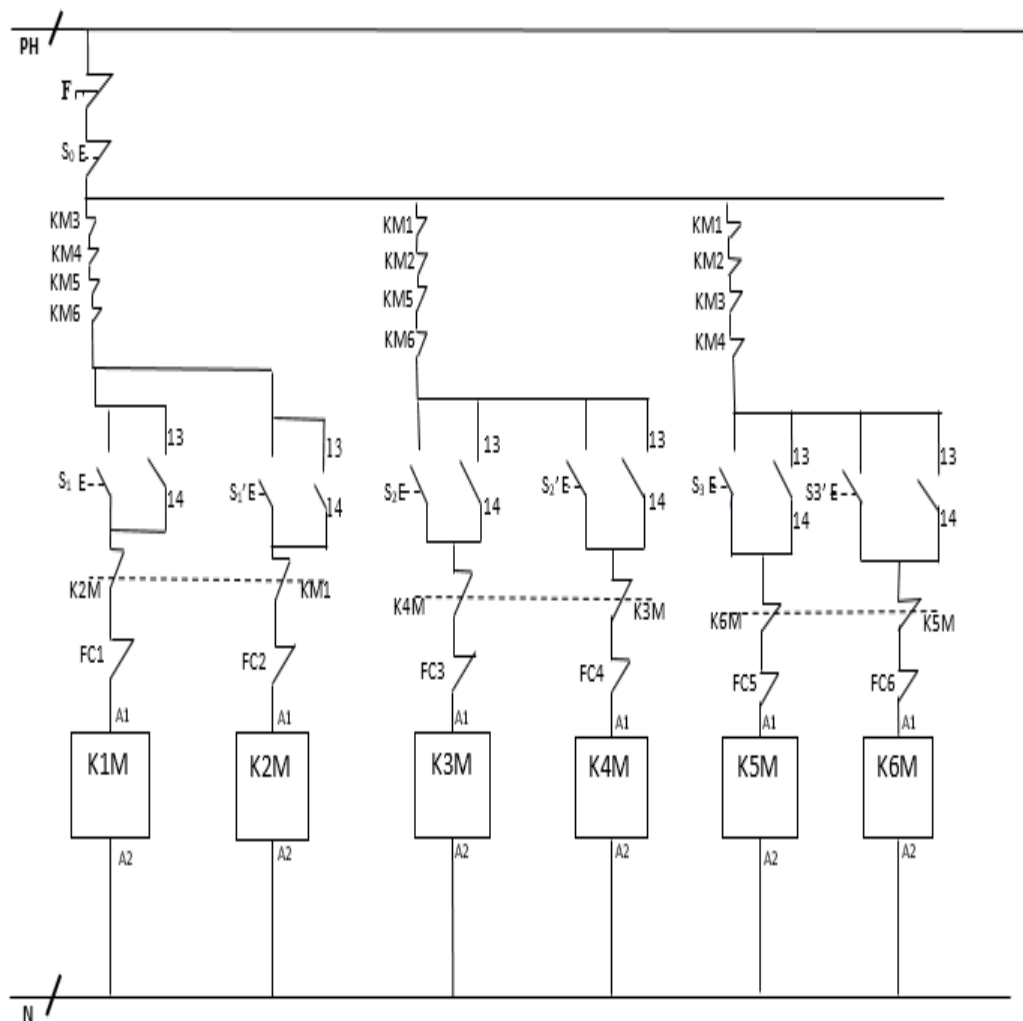


Figure 39. schéma de commande

III. Partie automatisme :

1. Description fonctionnelle :

Un monte-charge industriel pour le bâtiment de filtration de l'atelier phosphorique est un système pour lever verticalement le charge à les trois défèrent étapes. L'opérateur lance le cycle en appuyant sur le bouton de départ cycle « dcy », la cabine se monte à l'étage 1 ou 2 ou 3 avec la charge, et après la décharge à l'étage, la cabine descende à sa position initiale.

Avec :

- **Les capteurs :**

P0/P1/P2/P3 (positions de la cabine)

- **Les ordres :**

MC : monte cabine

DC : descend cabine

KMB contacteur.. Déplacement vers le bas

KMH contacteur ... déplacement la haut

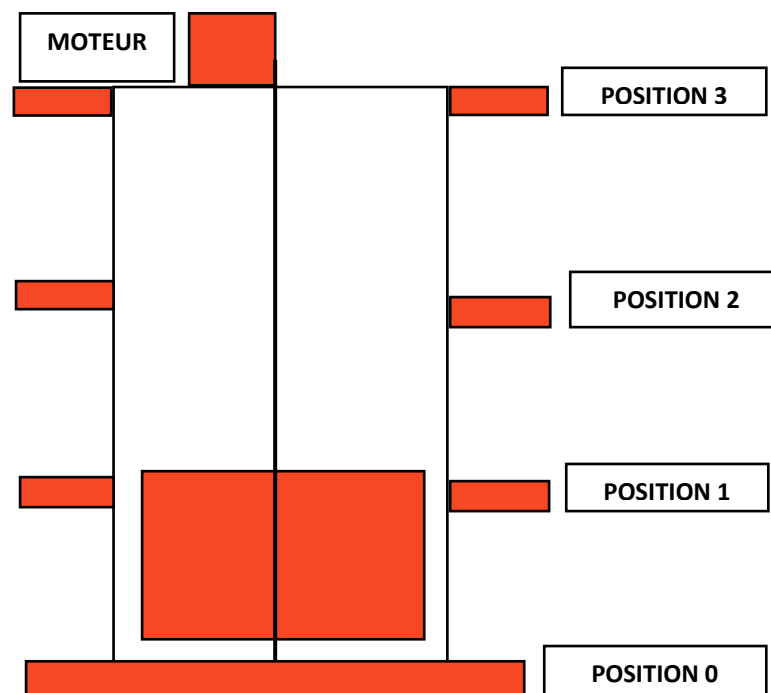
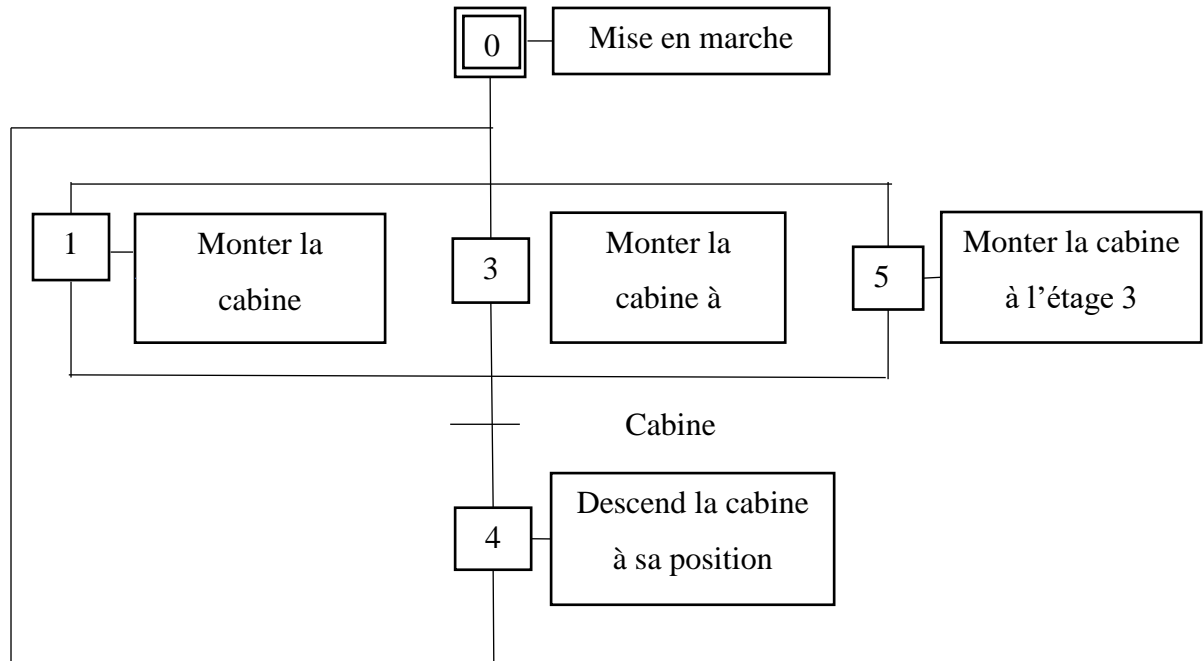
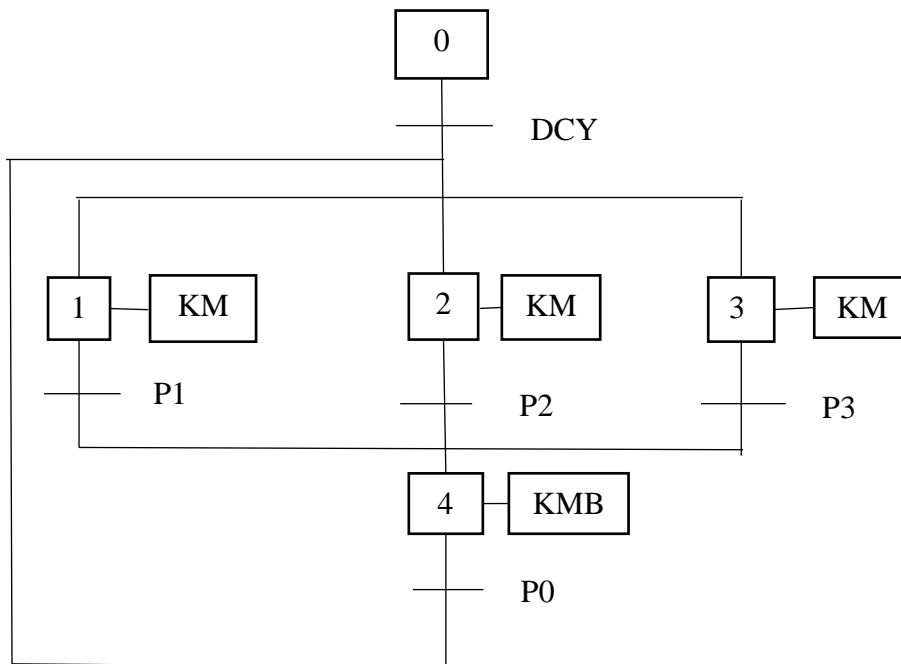


Figure 40. Présentation du monte-charge

Grafcet fonctionnelle :



Grafcet technologique :



Conclusion générale

Notre projet de fin d'étude intitulé ‘ *Etude et dimensionnement d'un monte-charge industriel pour le bâtiment de filtration phosphorique* ’ se concentre sur la conception d'un monte-charge spécifique à un environnement industriel et à un usage particulier.

L'objectif principal de ce projet est d'analyser les besoins et les contraintes liés à l'atelier phosphorique, en particulier au bâtiment de filtration, et de concevoir un monte-charge adapté pour faciliter le déplacement des charges lourdes et volumineuses à l'intérieur de cet environnement spécifique

L'étude technique approfondie porte sur l'évaluation des exigences de charge, de hauteur de levage, de vitesse de déplacement et de sécurité. Elle prend également en compte les spécificités de l'atelier phosphorique, telles que les produits chimiques présents, les conditions environnementales, les réglementations applicables, etc. Cette étude permet d'identifier les caractéristiques et les fonctionnalités nécessaires pour répondre aux besoins du bâtiment de filtration.

Le dimensionnement des éléments du monte-charge consiste à calculer les forces, les contraintes et les dimensions appropriées pour chaque composant. Cela inclut la structure du monte-charge, le système de levage (poulies, câbles/chaînes, moteur), les dispositifs de sécurité (freins, limiteurs de charge, etc.) et les commandes. Le dimensionnement tient compte des charges maximales prévues, de la résistance nécessaire des matériaux, ainsi que des normes et réglementations en matière de sécurité.

La conception du monte-charge se fait en intégrant tous les éléments dimensionnés dans un système cohérent et fonctionnel. Cela implique la création des plans détaillés, des schémas électriques et mécaniques, ainsi que des spécifications techniques pour les composants requis. La conception doit respecter les normes de sécurité, les bonnes pratiques d'ingénierie et les réglementations spécifiques à l'industrie chimique.

Références bibliographiques

[1] : Règlement général pour la protection du travail

[2] : https://emploi.belgique.be/sites/default/files/content/documents/Bien-%C3%AAtre%20au%20travail/R%C3%A9glementation/art270_RGPT.pdf

[3] : <https://www.traclev.com/produits/cables/cables-metalliques/cables-ascenseur-c492148#>

[4] : Roland Verreet et Jean-Marc Teissier, 'Calcul de la durée de vie d'un câble métallique', CASAR Câbles spéciaux cours d'éléments de machines de Gammoudi K. Issat Gaf

[5] : https://www.motralec.com/public/fichiers/docs/Leroy_Somer_LS.pdf

[6] : cours d'éléments de machines de Gammoudi K. Issat Gaf

[7] : <https://www.unirole.com/fr/dimensions-des-poulies-et-des-tambours>

[8] : Treuils et levage professionnel - Treuils HUCHEZ - Huchez

[9] : <https://www.ilephysique.net/sujet-rdm-clavetage-317891.html>

Annexes

- Annexe 1 [5] :

</

- Annexe 2 : [6]

ACIERS (steel)

Nom + TTh	Rm (MPa)	Re (MPa)	E (GPa)
S 235 (E24)	340	185	205
E 335 (A60)	570	335	205
C35 (XC38) recuit	585	340	205
34 CrMo4 (35 CD4) trempé revenu	920	550	205
36 NiCrMo16 (35 NCD16) trempé revenu	1200	900	205

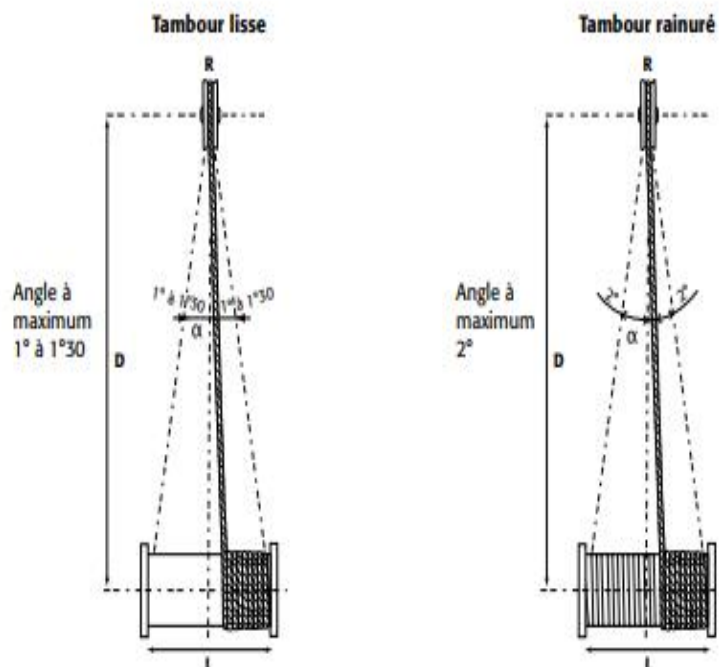
• Annexe 3: [6]

Série 02							
d mm	D mm	B mm	r _s mini mm	Charge de base (kN)		Vitesse = N x 1 000 tr/min	
						graisse	huile
10	30	09	0,6	2,65	6,0	24	30
12	32	10	0,6	3,1	6,9	22	28
15	35	11	0,6	3,75	7,7	19	24
17	40	12	0,6	4,75	9,6	17	20
20	47	14	1	6,6	12,8	15	18
25	52	15	1	7,9	14	12	15
30	62	16	1	11,3	19,5	10	13
35	72	17	1,1	15,3	25,5	9	11
40	80	18	1,1	17,9	29	8,5	10
45	85	19	1,1	20,5	32,5	7,5	9
50	90	20	1,1	23,2	35	7	8,5
55	100	21	1,5	29	43,5	6,3	7,5
60	110	22	1,5	36	52	6	7
65	120	23	1,5	40	57	4,8	5,6
70	125	24	1,5	44	62	5	6
75	130	25	1,5	49,5	66	4,8	5,6
80	140	26	2	53	73	4,5	5,3
85	150	28	2	64	83	4,3	5
90	160	30	2	71	96	3,8	4,5
100	180	34	2,1	93	122	3,4	4
110	200	38	2,1	117	144	3	3,6
120	215	40	2,1	131	155	3,9	2,8

• Annexe 4:[7]

▲ Angle de déflexion

- $\alpha = 1,3^\circ$ maximum sur tambour lisse
- $\alpha = 2^\circ$ maximum sur tambour rainuré
- > En pratique, la distance minimum D doit être de : $D_{\min} = 20 \times L$



- Annexe 5[8] :

d	a	b	h	s _{min}	j	k ₁
6 à 8 inclus	2	2	—	0,16	d - 1,2	d + 0,5
8 à 10	3	3	—	0,16	d - 1,8	d + 0,9
10 à 12	4	4	7	0,16	d - 2,5	d + 1,2
12 à 17	5	5	8	0,25	d - 3	d + 1,7
17 à 22	6	6	10	0,25	d - 3,5	d + 2,2
22 à 30	8	7	11	0,25	d - 4	d + 2,4
30 à 38	10	8	12	0,4	d - 5	d + 2,4
38 à 44	12	8	12	0,4	d - 5	d + 2,4
44 à 50	14	9	14	0,4	d - 5,5	d + 2,9
50 à 58	16	10	16	0,6	d - 6	d + 3,4
58 à 65	18	11	18	0,6	d - 7	d + 3,4
65 à 75	20	12	20	0,6	d - 7,5	d + 3,9
75 à 85	22	14	22	1	d - 9	d + 4,4
85 à 95	25	14	22	1	d - 9	d + 4,4
95 à 110	28	16	25	1	d - 10	d + 5,4
110 à 130	32	18	28	1	d - 11	d + 6,4
130 à 150	36	20	32	1,6	d - 12	d + 7,1
150 à 170	40	22	36	1,6	d - 13	d + 8,1

- Annexe 6 :

Matière	Nuance	R _e (MPa)
Acier de construction usuel non allié	S235 à S355	235 à 355
Acier au carbone trempé	XC 30 (C30)	350 à 400
Acier faiblement allié trempé	30 Cr Ni Mo 16 (30 CND 8)	700 à 1 450
Alliage de titane	TA 6V	1 200

- Annexe 7 :

Cannelures à flancs parallèles : principales dimensions normalisées (NF E 22-131)																
série légère								série moyenne								
<i>d</i>	<i>D</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>N</i>	<i>B</i>	
23	26	6	6	56	62	8	10	11	14	6	3	28	34	6	7	
26	30	6	6	62	68	8	12	13	16	6	3,5	32	38	8	6	
28	32	6	7	72	78	10	12	16	20	6	4	36	42	8	7	
32	36	8	6	82	88	10	12	18	22	6	5	42	48	8	8	
36	40	8	7	92	98	10	14	21	25	6	5	46	54	8	9	
42	46	8	8	102	108	10	16	23	28	6	6	52	60	8	10	
46	50	8	9	112	120	10	18	26	32	6	6	56	65	8	10	
52	58	8	10													
tolérances de l'arbre				<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	tolérances du moyeu				<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>			
	glissant			f7	a11	d10		non traité			H7	H10	H9			
	fixe			h7	a11	h10		traité après brochage			H7	H10	H11			
	glissant juste			g7	a11	f9										

Table des matières

Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise	2
I. Présentation de l'usine de M'dhilla :	3
1. Historique :	3
II. Organisation de l'usine :	4
III. Déroulement de la production :	4
IV. Les différents services de l'usine :	6
1. Service hygiène sécurité :	6
2. Service sulfurique :	6
3. Service phosphorique:	6
4. Service utilities :	7
5. Service TSP :	7
6. Service reception /expédition :	7
7. Service informatique :	7
8. Autres services et divisions	7
V. Description du service utilisé :	8
Conclusion :	8
Chapitre 2 : Etude bibliographique	9
1. Les plans.....	10
2. La table élévatrice :	11
3. Ascenseur :	12
3.1. Différents types d'ascenseur :	13
3.1.1. Ascenseur hydraulique :	13
3.1.2. Ascenseur à traction a câbles :	14
VI. Le monte-charge industriel :	14
1. Un monte-charge industriel:	14
2. Les types de monte-charge industriel :	14
3. Principe de fonctionnement de monte-charge :	15
VII. la différence entre un ascenseur et un monte-charge :	16
VIII. Conclusion :	16
Chapitre 3 : Problématique et étude technique.....	17
Introduction :	18
I. Analyse fonctionnelle externe :	18

1. Analyse de besoin :	18
1.1. Etude du besoin :	18
1.2. Etude de la faisabilité :	19
1.3. Hiérarchisation de la fonction de service :	22
II. Analyse fonctionnelle interne:	24
1. Modalisation de monte-charge industriel :	24
2. Présentation de la Diagramme FAST :	25
III. choix des solutions technologiques :	27
1. Transformateur de l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation :	27
1.1. Solution 1 :	27
1.2. Solution 2 :	27
2. Modificateur de vitesse et de couple de transmission :	28
2.1. Solution 1 :	28
2.2. Solution 2 :	28
3. Transformateur du mouvement :	29
3.1. Solution 1 :	29
3.2. Solution 2 :	29
3.3. Solution 3 :	30
4. Structure de fabrication:	30
4.1. Solution 1 :	30
4.2. Solution 2 :	31
5. Maintien en position :	31
5.1. Solution 1 :	31
IV. Critère de choix :	32
1. Transformation d'énergie :	32
2. Modificateur de la vitesse :	33
3. Transmission du mouvement :	33
4. Choix de structure de fabrication :	34
5. Cheminement du mouvement du moteur vers la cabine :	35
V. Conclusion de chapitre :	35
Chapitre 4 : Dimensionnement des organes du monte-charge industriel	36
I. Introduction :	37
II. Présentation du modèle :	37

III.	Calcul et choix du câble de levage :.....	37
1.	Calcul de la force maximale :.....	37
2.	Charge de rupture du câble :	38
3.	Estimation de la durée de vie du câble :.....	39
IV.	Choix du moteur :	40
1.	Détermination de puissance du moteur :.....	41
1.2.	Calcul de la vitesse de sorti N_s du module :	41
1.3.	Calcul de la puissance utile :	41
1.4.	Rendement global :.....	41
1.5.	La puissance du moteur :.....	41
V.	Etude de la descente de la cabine :.....	42
VI.	Calcul des poulies :	42
VII.	Calcul du roulement :.....	45
VIII.	Calcul du tambour rainuré multicâble :.....	46
1.	Détermination de la largeur du tambour :	47
2.	Choix du tambour :	47
IX.	Calcul de dimensionnement de la clavette :.....	49
1.	Dimensionnement de l'arbre moteur :.....	49
2.	Dimensionnement de la clavette :	50
X.	Résistance de la structure métallique	52
1.	Vérification de la résistance de la poutre IPE180 :	52
XI.	Conclusion partielle :	57
Chapitre 5 : Partie électrique.....		58
Introduction :		59
I.	La partie opérative :Etude des composants électrique :	59
1.	Moteur de traction :.....	59
2.	Capteur de position :	59
3.	Capteur de sécurité :.....	60
4.	Eléments de commande du monte-charge industriel :	60
5.	Les éléments de signalisation :.....	61
II.	Partie commande : armoire de commande.....	62
1.	Mode de fonctionnement :	62
2.	Graphe de fonctionnement :	63

3. Schéma de puissance :.....	64
4. Etude du schéma de commande :.....	64
III. Partie automatisme :.....	65
1. Description fonctionnelle :.....	65
Conclusion générale	69
Références bibliographiques	70
Annexes	71