



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عبد الحميد بن باديس – مستغانم



UNIVERSITE
Abdelhamid Ibn Badis
MOSTAGANEM

UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS - MOSTAGANEM

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des sciences et de la technologie

قسم الهندسة الكهربائية

Département de Génie Électrique

N° d'ordre : M...../ GE /2025



MEMOIRE

Pour obtenir le diplôme de

MASTER EN ELECTROTHERNIQUE

Spécialité : Electrotechnique Industrielle

Présenté Par :

- GORINE Kaddour
- BOUAZZA Salah Eddine
- BENHALIMA Mohamed
- BENDRAOUA Feth Ennour
- BENDELLA Mohamed el amine

THEME

Etude et Conception de la partie électrique d'un système de levage d'ascenseur à traction pour le projet d'implantation de pigeonniers au sein de la ville de Mostaganem

Soutenu Publiquement le 30 /06 / 2025

Devant le jury composé de :

Président :	M. REZINI Saliha	MCA	U. MOSTAGANEM
Examineurs 1 :	M. OMARI Hamza	MCB	U. MOSTAGANEM
Examineurs 2 :	M. BEKKOUCHE Benaissa	Pr	U.MOSTAGANEM
Encadrant :	M. SOUAG Slimane	MCB	U. MOSTAGANEM
Co-Encadrant :	M. TAIBI Sofiane	MCB	U. MOSTAGANEM

Année Universitaire 2024/2025

Remerciements

Avant tout, nous tenons à remercier DIEU qui nous a donné le courage, la santé et la patience pour réaliser ce modeste travail.

Je remercie mon père, qui m'a soutenu et m'a mené à ce stade.

Nous tenons également à remercier tous les membres du jury, dirigé par la présidente de la commission, Mme REZINI Saliha pour leur approbation du développement de ce travail et pour tous leurs commentaires et critiques.

Nous tenons à remercier notre enseignant Dr SOUAG Slimane pour son aide, de la réalisation de ce projet.

Je remercie toute personne qui m'a aidé, soutenu, encouragé et contribué de près ou le loin à la finalisation de ce mémoire.

Qu'ils trouvent ici le témoignage de notre profonde gratitude.

A tous qui nous ont aidés de près ou de loin pour réaliser ce travail.

Merci à vous tous

Merci 

DEDICACES

Nous dédions ce travail à:

*Nos mères, sources de tendresse et d'amours
pour Leurs soutiens tout le long de notre vie
scolaire.*

*Nos pères, qui nous ont toujours soutenus et qui
ont Fait tout possible pour nous aider.*

*Nos frères et nos sœurs, que nous aimons
beaucoup.*

Nos Grands-parents.

Nos cher ami (e) s,

*Tout qu'ont collaboré de près ou de loin à
L'élaboration de ce travail.*

Que dieu leur accorde santé et prospérité.



ABSTRACT:

This thesis presents a technical study and practical design of the electrical component of a traction lift system intended for use in a multifunctional pigeon loft project in the city of Mostaganem. The aim is to ensure safe, efficient, and reliable vertical transportation in a structure that combines traditional architecture with modern engineering needs.

The project involves selecting and sizing essential components, including lifting cables, pulleys, motors, and control systems, while considering applicable international standards and safety regulations. Particular attention was given to the electrical design, including the control cabinet layout, component selection, and protection coordination using simulation tools such as ETAP.

The work also explores the integration of mechanical and electrical aspects to ensure optimal performance, ease of maintenance, and compliance with energy efficiency principles. The result is a lift system tailored to the project's unique constraints, combining functionality, simplicity, and safety.

Through the incorporation of modern electrical systems into traditional structures, this study offers a practical contribution to local development and reflects a comprehensive approach to applied engineering.

Key Words:

Electric lift system, traction elevator, electrical design, ETAP simulation, motor sizing, control cabinet, lifting cable, pulley, Monte-charge, energy efficiency, safety system, project, multifunctional pigeon loft

ملخص :

يعالج هذا المشروع دراسة وتصميم الجزء الكهربائي لنظام رفع كهربائي بالجر، وذلك ضمن مشروع إنشاء أبراج حمام متعددة الوظائف بمدينة مستغانم. يهدف هذا العمل إلى تصميم رافعة كهربائية (مونتي شارج) فعالة وآمنة، ومتكيفة مع هيكل معماري يمزج بين الطابع التقليدي والتقنيات الحديثة. يعتمد هذا المشروع على معايير السلامة والدقة في الحسابات العالمية، ويتناول اختيار الكوابل، البكرات، المحرك، وحدة القيادة، للتحقق من سلامة النظام وتحسين الحماية ETAP وتصميم لوحة التحكم الكهربائية. كما تم استخدام أدوات المحاكاة مثل برنامج الكهرباء. يمثل هذا العمل تطبيقاً عملياً لمكتسباتنا في ميدان الهندسة الكهربائية، ويظهر تكامل المعرفة التقنية مع الهوية المحلية والسعي نحو تنمية مستدامة.

كلمات مفاتيح :

حساب أبعاد المحرك، لوحة التحكم، كابل الرفع، بكرة، رافعة ETAP نظام رفع كهربائي، مصعد جر، التصميم الكهربائي، محاكاة كهربائية، الكفاءة الطاقية، نظام الأمان، مشروع مستغانم، برج الحمام متعدد الوظائف.

Résumé :

Ce mémoire traite de l'étude et de la conception de la partie électrique d'un système de levage à traction dans le cadre d'un projet d'implantation de pigeonniers multifonctionnels à Mostaganem. Ce travail vise à concevoir un monte-charge performant, sécurisé et adapté à une structure architecturale originale, alliant tradition et modernité.

L'étude s'appuie sur des normes internationales de sécurité et de dimensionnement, et s'attarde sur le choix des câbles, des poulies, du treuil, du moteur, ainsi que sur la conception complète de l'armoire électrique. Des outils de simulation comme ETAP ont été utilisés pour vérifier la fiabilité du système et optimiser les protections électriques.

Ce projet illustre une application concrète de nos compétences en électrotechnique industrielle, et met en valeur l'intégration entre ingénierie, patrimoine local et développement durable.

Mots clés :

Système de levage électrique, ascenseur à traction, conception électrique, simulation ETAP, dimensionnement du moteur, armoire de commande, câble de levage, poulie, monte-charge, efficacité énergétique, système de sécurité, projet Mostaganem, pigeonnier multifonctionnel

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	2
Table des matières	6
Liste des tableaux	9
Liste des équations	9
Liste des figures.....	10
Liste des abréviations	12
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	14
CHAPITRE I : Généralité sur Les Ascenseurs.....	16
I.1 Introduction.....	16
I.2. Définition de l'ascenseur	16
I.3. Historique de l'ascenseur	17
I.4. Types d'ascenseurs.....	18
I.4.1 Les ascenseurs hydrauliques	18
I.4.2 Les ascenseurs à traction à câble	21
I.5 Classification des ascenseurs.....	23
I.6 Équipements d'un ascenseur.....	24
I.6.1 La gaine.....	24
I.6.2 Le local en machinerie.....	26
I.6.2.11 Équipement de sécurité :	28
I.6.3 La cuvette	29
I.6. Les critères de choix du type d'ascenseur.....	29
I.7 description de notre projet	29
I.8 Conclusion :	32
.....	33
CHAPITRE II – Dimensionnement d'un Monte-Charge Électrique	34
II.1 Introduction	34
II.2 Dimensionnement et choix des câbles de levage	34
II.2.1 Rôle et caractéristiques des câbles	34
II.2.2 Hypothèses de base pour le calcul.....	35
II.2.3 Force de rupture et choix normatif.....	35
II.2.4 Sélection du câble de levage.....	35
II.3 Dimensionnement et choix des poulies de levage.....	37
II.3.1 Rôle et principe de fonctionnement de la poulie.....	37

II.3.2 Hypothèses et Données Utilisées	37
II.3.3 Calcul du diamètre minimal	37
II.3.4 Calcul de la gorge et choix du matériau	37
II.3.5 Résumé des Choix Retenus	38
II.3.5 Sélection d'un Modèle de Poulie	39
II.4 Étude des types de treuils et dimensionnement du système d'entraînement	40
II.4.1 Introduction aux types de treuils de levage pour ascenseurs	40
II.4.2 Les principaux types de moteurs-treuils	40
II.5 Dimensionnement du Système d'Entraînement.....	45
II.5.1 Rôle et contraintes du moteur	45
II.5.2 Hypothèses de travail	45
II.5.3 Calculs de dimensionnement du moteur	45
II.5.4 Choix Réel du Treuil	47
II.6 Conclusion	49
.....	50
Chapitre III : Conception électrique et mécanique	51
III.1 Introduction :	51
III.2 Conception électrique	51
III.2.1 Définition	51
III.2.2 partie opérative	51
III.2.2.1 Les pré-actionneurs	52
III.2.2.2 Les actionneurs.....	52
III.2.2.3 Les capteurs.....	52
III.2.3 Partie commande	53
III.2.3.1 Réalisation de l'armoire électrique	53
III.2.3.2 Les différentes étapes de réalisation de l'armoire électrique	54
III.2.3.3 Choix des organes de commande.....	55
III.2.3.4 Les composants d'armoire électrique	55
III.2.3.5 Collecte d'informations :	59
III. 2.3.6. Moteur utilisé	59
III.2.3.7 Schéma de command et de puissance.....	60
III.2.3.8 Outils de conception électrique.....	63
III.2.3.9 Étude des fonctions essentielles du monte-charge.....	64
III.3 Conception mécanique	65
III.3.1 Définitions.....	65

III.3.2 Les étapes de la conception mécanique	65
III.3.3 Les caractéristiques du processus de conception	66
III.3.4 Outils de conception mécanique	66
III.3.4.1 logiciel SOLIDWORKS	66
III.3.4.2 logiciels SketchUp	68
III.3.5 La conception de la gaine	68
III.3.5.2 Local Technique	69
III.3.5.3 Les rails de guidage.....	70
III.3.5.4 supports de roulement :	71
III.4 La sécurité	72
III.4.2 Dispositifs de sécurité intégrés	73
III.4.3 Normes de sécurité pour systèmes de levée	74
III.4.4 Exigences générales de sécurité	74
III.5 Conclusion :	75
<i>Chapitre IV : Simulation et discussion des résultats</i>	77
IV.1 Introduction	77
IV.2 Présentation du logiciel ETAP	77
IV.3 Etudes	77
IV.4 Réalisation de schéma de conception de monte-charge	78
IV.5 coordinations de protection électrique	82
IV.6 Les différentes stratégies de continuité de service.....	83
IV.7 Analyse de court-circuit.....	83
IV.7.1 Monte de levage	85
IV.7.2 Descente de lavage :	91
IV.8 Comparaison montée / descente à partir des courbes ETAP	97
IV.9 Freinage dans un monte-charge électrique – Analyse technique.....	98
IV.9.1 Comportement électrique en descente.....	98
IV.9.2 Type de freinage identifié	98
IV.9.3 Sécurité et frein mécanique	99
IV.10 Conclusion.....	99
Conclusion générale.....	108
references bibliographiques.....	109
Bibliographie.....	110

Liste des tableaux

TABLEAU II 1 SPECIFICATIONS DE LA POULIE DE LEVAGE SELECTIONNEE (Ø 320 MM, 3 GORGES)	38
TABLEAU III 1 LA PLAQUE SIGNALÉTIQUE DU MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE	59
TABLEAU III 2 LES SYMBOLES DES COMPOSANTS DE SCHEMA DE COMMAND ET DE PUISSANCE	61
TABLEAU III 3 LES NORMES DE SECURITE	75
TABLEAU IV 1 TABLEAU DE COMPARAISON MONTEE / DESCENTE DE MONTE-CHARGE	97

Liste des équations

$F_{MAX} = M_c + Masc * gmc = (1361 + 300) \times 109$	ÉQUATION 1.....	35
$Fr = F_{max} \times K_s = 1845.55 \times 12 = 22.2 \text{ KN}$	ÉQUATION 2.....	35
$F_{adm} = FRFs = 3612 = 3KN$	ÉQUATION 3.....	37
$D=40 \times D=40 \times 8=320 \text{ MM} \Rightarrow D = 320 \text{ MM}$	ÉQUATION 4.....	37
LARGEUR GORGE= $1.1 \times D=8.8 \text{ MM}$ [13]	ÉQUATION 5.....	37
$F = (1661 - 1511) \times 9.81 = 1471.5 \text{ N}$	ÉQUATION 6.....	45
$N_{polie} = \omega \times 602\pi \approx 59.7 \text{ tr/min}$	ÉQUATION 7.....	46
$I = N_{moteur} N_{poulie} = 150060 = 25$	ÉQUATION 8.....	46
$H = 0.92 \times 0.65 \times 0.98 \times 0.98 \approx 0.6$	ÉQUATION 9.....	46
$C_{moteur} = F_{moteur} \eta$	ÉQUATION 10.....	46
$P_{ussance P} = F.v\eta$	ÉQUATION 11.....	47

Liste des figures

Figure I 1 Schema d'un Ascenseur	17
Figure I 2 Les Deux Types d'ascenseur	18
Figure I 3 Principe De Fonctionnement d'un Ascenseur Hydraulique	19
Figure I 4 Les Differents Modeles Des Ascenseurs Hydrauliques	20
Figure I 5 Les Deux Types d'ascenseur A Traction A Cable	22
Figure I 6 Schema Explique Circulation De La Tour	30
Figure I 7 Organisation Et Fonction De La Tour	30
Figure I 8 Fonction De La Tour	31
Figure Ii 1 Schema De Cablage A Suspension Directe	35
Figure Ii 2 Extrait De Catalogue – Cable En Acier Galvanise 6×37	36
Figure Ii 3 Cable En Acier Galvanise	36
Figure Ii 4 Poulie De Levage A 3 Gorges Pour Cable De 8 Mm	38
Figure Ii 5 Catalogue Montanari Tab50 – Modeles De Poulies	39
Figure Ii 6 Treuil A Vis Sans Fin	41
Figure Ii 7 Reducteur A Vis Sans Fin	41
Figure Ii 8 Treuil A Reducteur Planetaire	43
Figure Ii 9 Reducteur Planetaire	43
Figure Ii 10 Treuil Gearless	44
Figure Ii 11 Treuil Seva Tech CmrV 063-901-6	49
Figure Iii 1 Pres Actionneur Electrique	52
Figure Iii 2 Actionneur Electrique	52
Figure Iii 3 Capteur Fin De Course Pneumatique Et Electrique	53
Figure Iii 4 Armoire Electrique	53
Figure Iii 5 Les Etapes d'elaboration De l'armoire	54
Figure Iii 6 Disjoncteur Magnetothermique	56
Figure Iii 7 Sectionneur	56
Figure Iii 8 Contacteur	57
Figure Iii 9 Relais Thermique	57
Figure Iii 10 Fusible	58
Figure Iii 11 Relais	58
Figure Iii 12 Relais De Phase	58
Figure Iii 13 Schema De Command Et De Puissance	61
Figure Iii 14 Fonction Principale De Monte-Charge	64
Figure Iii 15 l'organigramme De La Simulation Integre	67
Figure Iii 16 La Gain De l'ascenseur	68
Figure Iii 17 Conception De La Plateforme	69
Figure Iii 18 Conception De Local Technique	70
Figure Iii 19 Conception Des Rails De Guidage	71
Figure Iii 20 La Conception De Support De Roulement	71
Figure Iii 21 Roues En Polyurethane	72
Figure Iii 22 Vu 3d Du Parachute	74
Figure Iv 1 Schema De Conception De Monte-Charge	78
Figure Iv 2 Deux Tableaux d'editeur De Reseau Electrique	78
Figure Iv 3 Editeur De Cable	79
Figure Iv 4 Bibliotheque Quick Pick-Cable	79
Figure Iv 5 Tableau De Choix De Cable De Moteur	80

Figure Iv 6 Deux Tableaux d'editeur De Moteur A Induction	81
Figure Iv 7 Courbe De Coordination De Protection Pour Moteur De 1,1 Kw.....	82
Figure Iv 8 Schema Unifilaire De Court-Circuit.....	83
Figure Iv 9 Schema De Coordination Temps-Courant (Time Current Characteristic, Tcc).....	84
Figure Iv 10 Rapport De Simulation	84
Figure Iv 11 Schema Unifilaire d'un Reseau Electrique De Levage	85
Figure Iv 12 Analyse Du Demarrer Le Moteur Dynamique (Etap)	85
Figure Iv 13 Chute De La Tension Aux Barres Lors Du Demarrage Moteur	86
Figure Iv 14 Courant De Demarrage Aux Bornes Du Moteur	86
Figure Iv 15 Courant De Ligne Moteur	87
Figure Iv 16 Puissance Active Du Moteur (Kw).....	87
Figure Iv 17 Demande De Puissance Active Du Moteur	88
Figure Iv 18 Demande De Puissance Reactive Du Moteur (Kvar)	88
Figure Iv 19 Vitesse Du Moteur.....	89
Figure Iv 20 Couple Moteur	89
Figure Iv 21 Couple Resistant Applique A La Charge	90
Figure Iv 22 Couple d'acceleration Moteur	90
Figure Iv 23 Glissement Du Moteur (Motor Slip).....	91
Figure Iv 24 Analyse Du Demarrer Le Moteur Dynamique (Etap)	91
Figure Iv 25 Chute De La Tension Aux Barres Lors Du Demarrage Moteur.	92
Figure Iv 27 Courant De Demarrage Aux Bornes Du Moteur	92
Figure Iv 28 l'evolution Du Courant De Ligne Du Moteur.....	93
Figure Iv 29 Puissance Active De Sortie Du Moteur	93
Figure Iv 30 Puissance Active Demandee Par Le Moteur	94
Figure Iv 31 Puissance Reactive Demandee Par Le Moteur	94
Figure Iv 32 Vitesse Moteur.....	95
Figure Iv 33 Couple Moteur	95
Figure Iv 34 Couple Resistant.....	96
Figure Iv 35 Couple d'acceleration.	96
Figure Iv 36 Glissement Moteur	96

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
ISO	International Organization for Standardization
EN	Norme Européenne (Exemple : EN 81-20/50, EN 81-21)
RDC	Rez-de-chaussée
O.K.R	Organisme de Contrôle et de Régulation
m/s	Mètre par seconde (vitesse de déplacement)
t	Tonne
V.A.V	Vitesse à vide
DC	Courant continu (Direct Current)
AC	Courant alternatif (Alternating Current)
ISO	International Organization for Standardization
EN	Norme Européenne (Exemple : EN 81-20/50, EN 81-21)
F _{max}	Force maximale
F _r	Force de rupture
D/d	Rapport Diamètre de poulie / diamètre de câble
η	Rendement global du système
P	Puissance
F	Force
V	Vitesse de levage
ω	Vitesse angulaire
tr/min	Tours par minute
MRL	Machine Room-Less (ascenseur sans local de machinerie)
SEVA TECH	Société spécialisée dans les moteurs et treuils de levage
CAO	Conception Assistée par Ordinateur
v	volt
A	Ampère
U _e	Tension assignée d'emploi
I _n	Courant nominal
PLC	Programmable Logic Controller (Contrôleur Logique Programmable)

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans le cadre de notre formation en électrotechnique industrielle, ce mémoire porte sur l'étude et la conception de la partie électrique d'un système de levage pour un projet original d'implantation de pigeonniers multifonctionnels à Mostaganem. Ce travail vise à associer patrimoine architectural et innovation technique en proposant une solution de levage électrique adaptée, sûre et performante.

Le premier chapitre dresse un état de l'art sur les ascenseurs, en présentant leurs types, leurs composants, leurs principes de fonctionnement ainsi que leur évolution historique. Il permet de bien cerner les fondements technologiques des systèmes de levage.

Le deuxième chapitre est consacré au dimensionnement mécanique du monte-charge. On y étudie les éléments clés tels que les câbles de levage, les poulies, les moteurs et les treuils, en s'appuyant sur des normes et calculs précis pour garantir la robustesse et la sécurité du système.

Le troisième chapitre aborde la conception électrique et mécanique du système. Il décrit la réalisation de l'armoire de commande, le choix des composants, la structure de la gaine, et les dispositifs de sécurité intégrés. Une attention particulière est portée à l'intégration des outils de conception assistée par ordinateur.

Enfin, le quatrième chapitre est dédié à la simulation et à l'analyse des résultats à l'aide du logiciel ETAP. Il permet de vérifier le bon fonctionnement du système, d'évaluer les performances électriques, et de proposer des stratégies d'optimisation en matière de protection, de freinage et de continuité de service.

À travers ce mémoire, nous proposons donc une approche complète, combinant aspects théoriques, techniques et pratiques, pour concevoir un système de levage fiable, adapté aux contraintes spécifiques d'un projet local à forte valeur patrimoniale.

CHAPITRE I :

Généralité sur Les Ascenseurs

CHAPITRE I : Généralité sur Les Ascenseurs

I.1 Introduction

Depuis l'Antiquité jusqu'à l'ère moderne, le besoin de franchir les étages a toujours stimulé l'ingéniosité humaine.

L'ascenseur, longtemps considéré comme un simple moyen de transport vertical, est devenu aujourd'hui un élément incontournable dans l'architecture moderne, qu'il s'agisse de bâtiments résidentiels, industriels ou publics.

Ce chapitre a pour objectif de poser les bases nécessaires à la compréhension des ascenseurs en tant que systèmes complexes mêlant mécanique, électricité et sécurité.

Nous y présentons leur définition, leur évolution historique, les différents types existants, ainsi que leurs composants essentiels.

Une attention particulière est également accordée aux critères de choix et à l'intégration d'un ascenseur dans un projet architectural spécifique, comme celui de notre pigeonnier intelligent.

I.2. Définition de l'ascenseur

Un ascenseur est un moyen de transport vertical assurant le déplacement en hauteur. Les dimensions, la construction et le contrôle des ascenseurs, pendant l'usage, en temps réel, permettent l'accès sécurisé des personnes.

L'ensemble moteur mécanique et câbles du dispositif des guides, sont installés le plus souvent dans une trémie ou gaine rectangulaire verticale fermée ou parfois semi-fermée.

Ce dernier est situé, en général, à l'intérieur de l'édifice, dans laquelle la cabine et le contrepoids gravitent. [1]

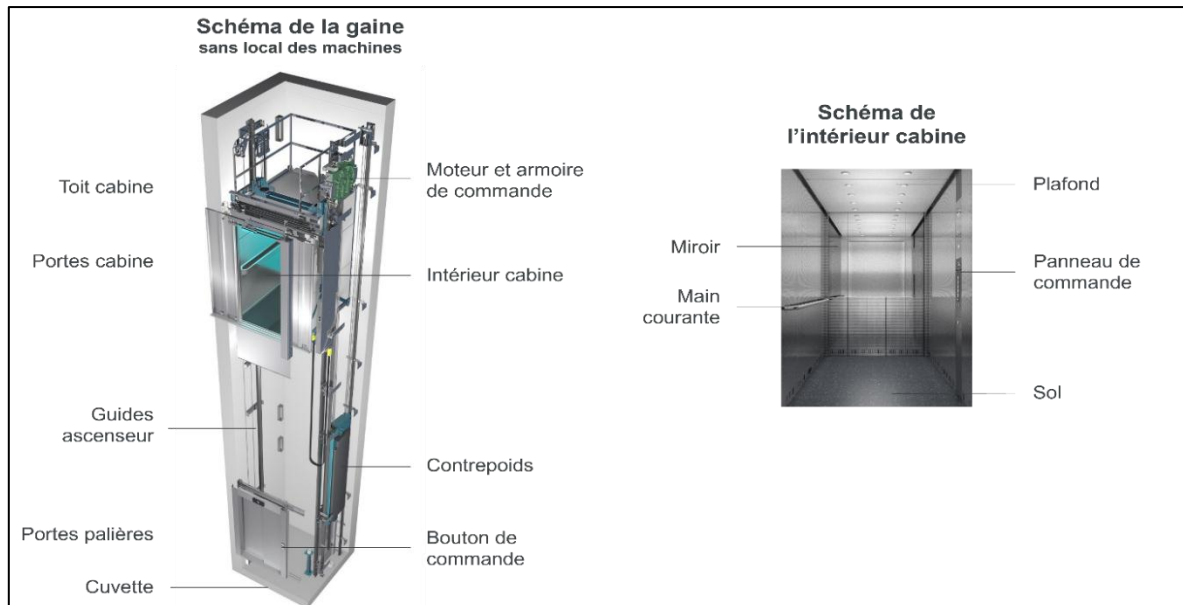


Figure I 1 Schéma d'un ascenseur [1]

I.3. Historique de l'ascenseur

Le XVIIIe siècle : les premiers ascenseurs mécaniques

Au XVIIIe siècle, des ascenseurs rudimentaires actionnés par des systèmes à manivelle ou à contrepoids ont été utilisés dans les mines et les usines pour transporter des matériaux.

Le XIXe siècle : l'ascenseur moderne

1823 : Deux architectes britanniques, Burton et Horne, créent un "ascenseur touristique" à Londres, appelé "Ascenseur à vapeur", pour monter les visiteurs à une plateforme d'observation.

1852 : Elisha Otis invente le **frein de sécurité**, un dispositif crucial qui empêche la cabine de tomber en cas de rupture des câbles. Cette invention révolutionne la sécurité des ascenseurs.

1857 : Le premier ascenseur à passagers sécurisé par le système d'Otis est installé dans un magasin à New York.

1880 : Werner von Siemens présente le premier **ascenseur électrique**, marquant une avancée majeure dans la technologie des ascenseurs.

Le XXe siècle : automatisation et innovations

Au début du XXe siècle, les ascenseurs électriques deviennent la norme, remplaçant les systèmes hydrauliques et à vapeur.

1924 : L'introduction des **portes automatiques** améliore la sécurité et la commodité.

1950-1970 : Les ascenseurs deviennent plus rapides et plus efficaces, avec l'introduction de systèmes de contrôle électronique.

1970-2000 : Les ascenseurs modernes intègrent des technologies de pointe, comme les microprocesseurs, pour optimiser leur fonctionnement et leur sécurité.

Le XXI^e siècle : ascenseurs intelligents et futuristes

Aujourd'hui, les ascenseurs sont équipés de systèmes intelligents, comme la **gestion du trafic en temps réel**, la **reconnaissance biométrique** et des matériaux plus légers et résistants. [2]

Les **ascenseurs sans câble**, comme le système MULTI développé par Thyssenkrupp, utilisent la technologie de propulsion magnétique (similaire à celle des trains à sustentation magnétique) pour permettre des déplacements horizontaux et verticaux.

Les innovations se concentrent également sur l'efficacité énergétique et la durabilité, avec des ascenseurs alimentés par des énergies renouvelables. [3]

I.4. Types d'ascenseurs

On distingue deux grandes familles d'ascenseur :

- Les ascenseurs à traction à câble.
- Les ascenseurs hydrauliques.

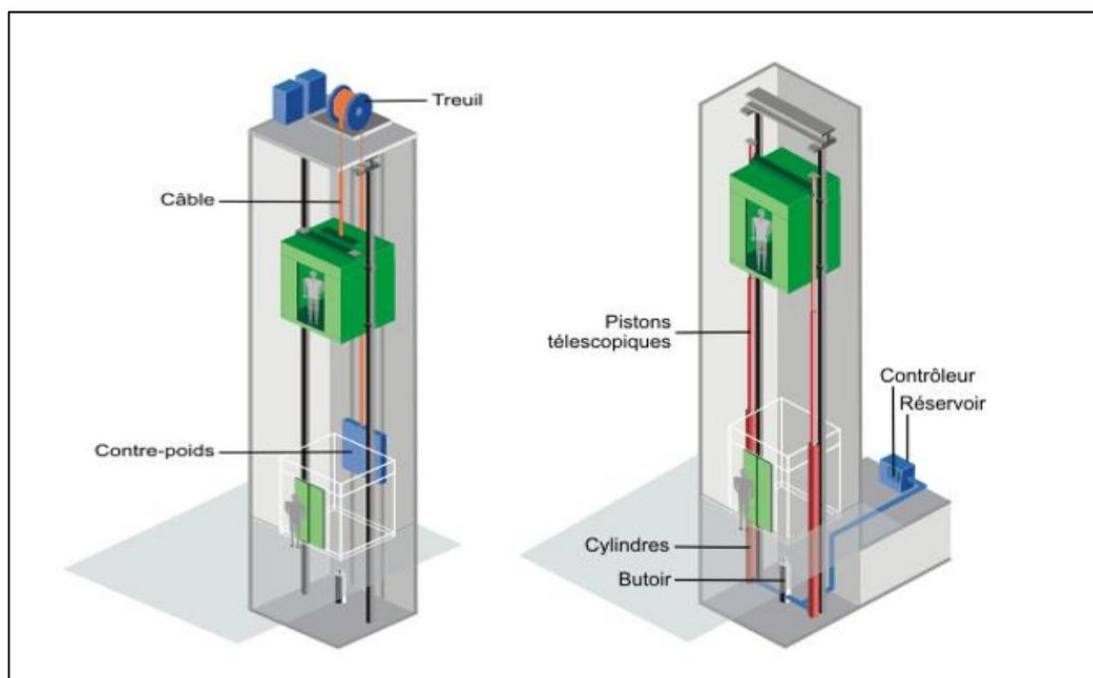


Figure I 2 Les deux types d'ascenseur [1]

I.4.1 Les ascenseurs hydrauliques

I.4.1.1 Principe

Comme toute machine hydraulique la pompe met sous pression l'huile qui pousse le piston hors du cylindre vers le haut. Lorsque la commande de descente est programmée, le by-pass (vanne) de la pompe permet de laisser sortir l'huile du cylindre vers le réservoir. [4]

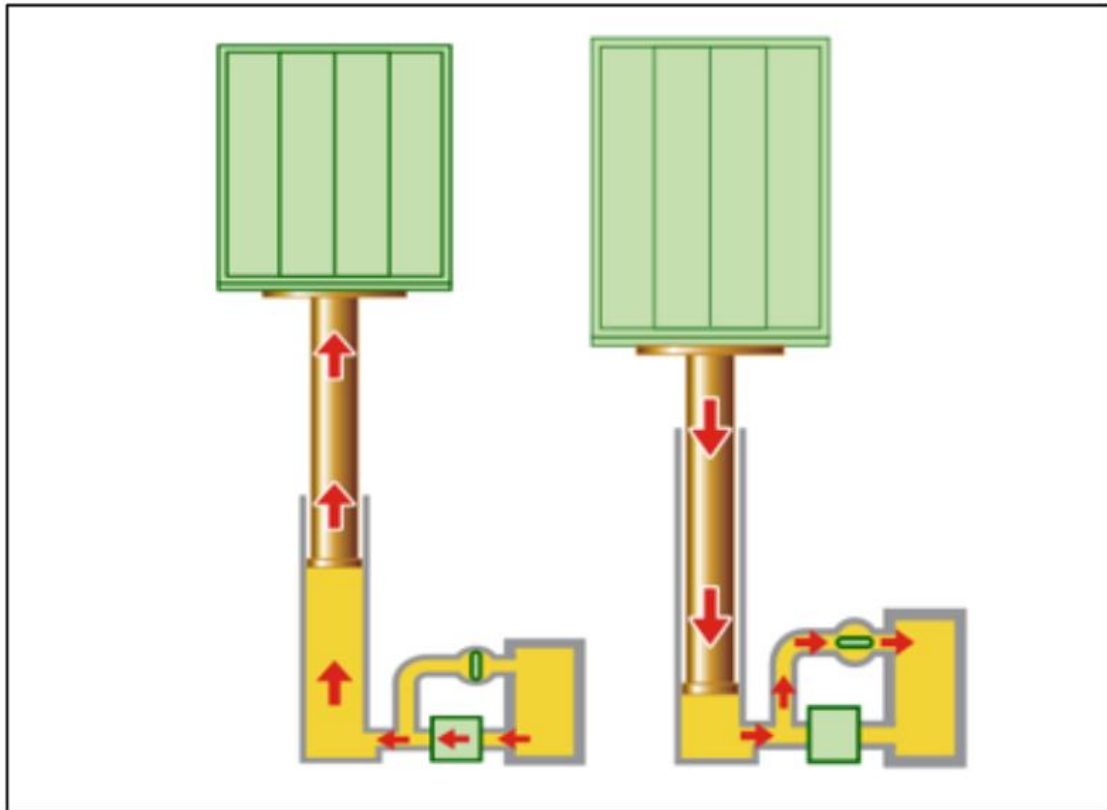


Figure I 3 Principe de fonctionnement d'un ascenseur hydraulique [1]

I.4.1.2 Description

Les ascenseurs hydrauliques sont utilisés en général pour satisfaire des déplacements relativement courts de l'ordre de 15 à 18 m maximums.

Plusieurs modèles existent sur le marché. Nous citerons les ascenseurs hydrauliques :

- À cylindre de surface,
- À cylindre enterré,
- Télescopiques à cylindre de surface.

Ce type d'ascenseur n'est pas très présent sur le marché.

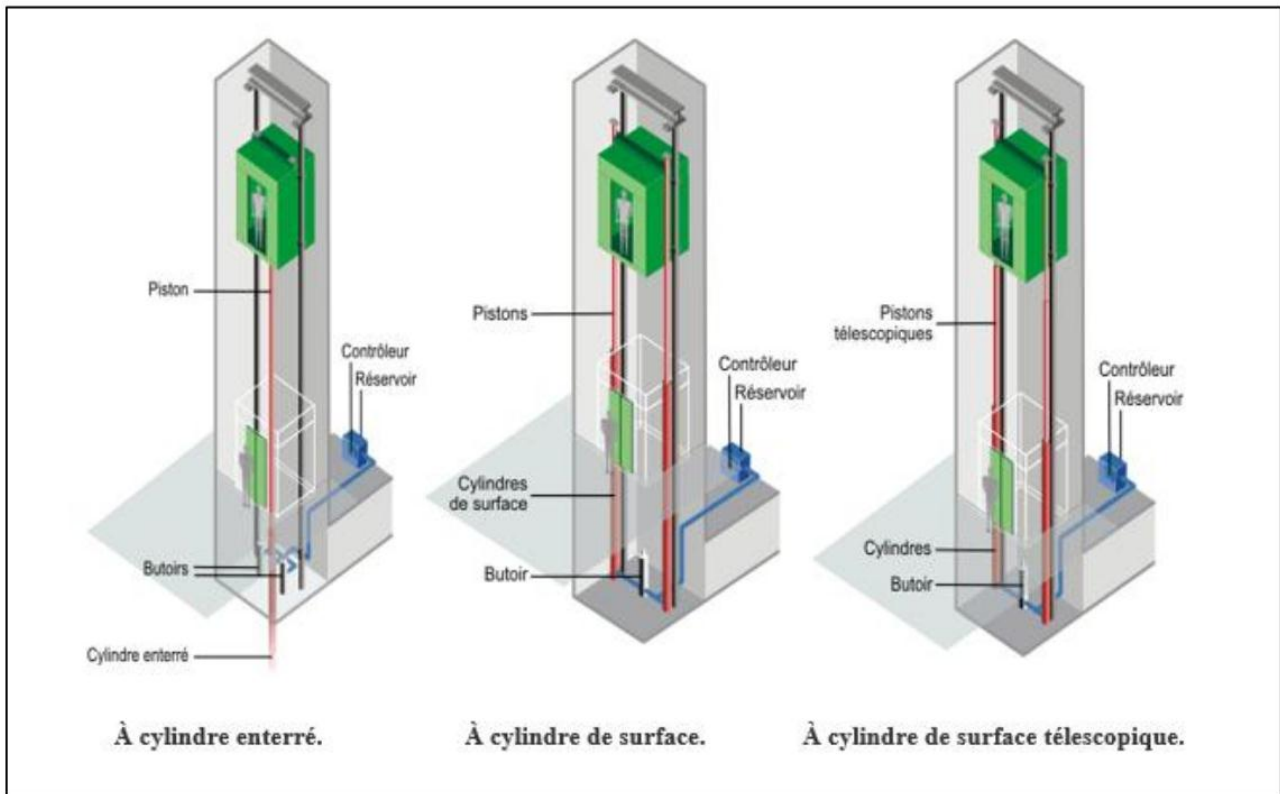


Figure I 4 Les différents modèles des ascenseurs hydrauliques [1]

Les ascenseurs hydrauliques se composent principalement de

- D'une cabine,
- De guides,
- D'un ensemble pistons-cylindres hydrauliques placé sous la cabine de l'ascenseur,
- D'un réservoir d'huile,
- D'un moteur électrique accouplé à une pompe hydraulique,
- D'un contrôleur,

Les différents modèles permettent de tenir compte de critères :

- De place,
- De hauteur d'immeuble à desservir,
- De stabilité de sol et de sous-sol,
- De risque de pollution par rapport au sol et plus spécifiquement aux nappes phréatiques,
- D'esthétique,

I.4.1.3 Énergie

Énergétiquement parlant les ascenseurs hydrauliques posent un problème dans le sens où il n'y a pas de contrepoids qui équilibre la cabine comme dans les systèmes à traction à câble par exemple.

I.4.1.4 Avantages et inconvénients

Ci-dessous, on trouvera les principaux avantages et inconvénients des ascenseurs hydrauliques :

(+)

- Précision au niveau du déplacement (mise à niveau).
- Réglage facile de la vitesse de déplacement.
- Ne nécessite pas de cabanon de machinerie.
- Implantation facile dans un immeuble existant.

(-)

- Course verticale limitée à une hauteur entre 15 et 18 m.
- Risque de pollution du sous-sol.
- Consommation énergétique importante.
- Nécessiter de renforcer la dalle de sol.

I.4.2 Les ascenseurs à traction à câble

I.4.2.1 Description

Les ascenseurs à traction à câbles sont les types d'ascenseurs les plus fréquemment utilisés, notamment dans les bâtiments tertiaires. Ils se différencient entre eux selon le type de motorisation :

- À moteur-treuil à vis sans fin,
- À moteur-treuil planétaire,
- À moteur à attaque directe (couramment appelé "Gearless" ou sans treuil), [4]

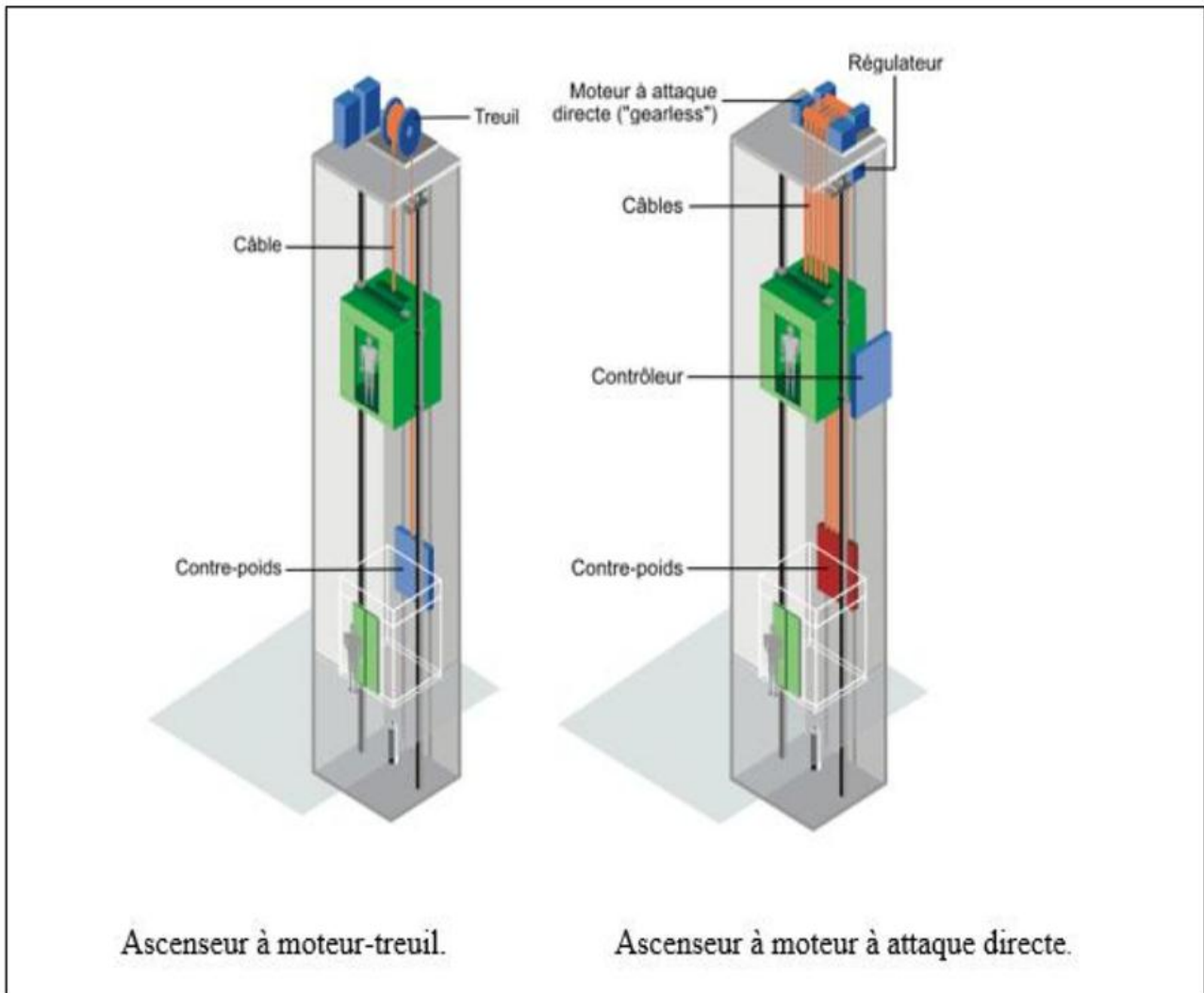


Figure I 5 Les deux types d'ascenseur à traction à câble [1]

Quel que soit le type, les ascenseurs à traction à câbles comprennent généralement :

- Une cabine,
- Un contre-poids,
- Des câbles reliant la cabine au contre-poids,
- Des guides,
- Un système de traction au-dessus de la cage de l'ascenseur,

I.4.2.2 Énergie

Énergétiquement parlant les ascenseurs à traction à câbles sont plus intéressants que les ascenseurs hydrauliques dans le sens où le contre-poids réduit fortement la charge quelle que soit le type de motorisation. Les consommations et les courants de démarrages sont réduits par rapport aux ascenseurs hydrauliques.

I.4.2.3 Avantages et inconvénients

Ci-dessous, on trouvera les principaux avantages et inconvénients des ascenseurs à câbles [2] :

(+)

- Course verticale pas vraiment limitée.
- Suivant le type de motorisation précision au niveau de la vitesse et du déplacement.
- Rapidité de déplacement.
- Efficacité énergétique importante.
- Pas de souci de pollution.

(-)

- En version standard, nécessite un cabanon technique en toiture.
- Exigence très importante sur l'entretien. [4]

I.5 Classification des ascenseurs

Les ascenseurs sont répartis en cinq classes :

- **Classe I** : Ascenseur pour personnes

Ce type d'ascenseur est destiné à l'usage unique des personnes, il se distingue des autres types d'ascenseur par l'esthétique de la cabine, un meilleur confort et une sécurité plus élevée.

- **Classe II** : Ascenseurs destinés principalement au transport des personnes et accessoirement des charges
- **Classe III** : Ascenseur pour malades

Ce type d'ascenseur est destiné au transport des malades.

- **Classe IV** : Monte-charge

Appelé aussi ascenseur accompagné, ils sont destinés principalement au transport des charges généralement accompagnées par des personnes. Ils sont identiques aux autres types d'ascenseurs du point de vue construction et caractéristiques techniques.

- **Classe V** : Monte-charge industriel

Il comporte une cabine ou un plateau accessible aux personnes pour le chargement ou déchargement, qui se déplace le long d'un ou de plusieurs guides verticaux, dont la commande ne peut se faire que de l'extérieur. Ce type d'ascenseur est interdit au transport des personnes. [5]

I.6 Équipements d'un ascenseur

L'ascenseur est constitué de trois partis à savoir :

- La gaine
- Le local en machinerie
- La cuvette

I.6.1 La gaine

C'est le volume dans lequel se déplacent la cabine et le contrepoids s'il en existe un. Ce volume est matériellement délimité par le fond de la cuvette, les parois et le plafond. Cette gaine est équipée de guides en acier destinés à guider la suspension de cabine et le contrepoids.

La gaine est constituée de deux parties : la partie mécanique et la partie électrique. [6]

I.6.1.a) Partie mécanique de la gaine

a-1) La cabine

C'est la partie dans laquelle les passagers prennent place pour être transporter. Elle se déplace verticalement et est orienté par deux rails à l'intérieur de la gaine. Elle est suspendue dans la gaine par l'une des extrémités des câbles métalliques sur un tambour au sommet de la gaine.

A l'intérieur de celle-ci on trouve généralement un bandeau sur lequel sont mis les boutons d'appel, l'afficheur, l'indication des flèches lumière montée /descente de secours, bouton d'ouverture et de fermetures de la cabine.

Sur le toit de la cabine est fixé une boîte O.K.R (enregistreur) à partir de celle-ci sont reliées les appels de cabine, le gong, la lumière de secours, les indicateurs de montée et de descente. Parfois on trouve des ascenseurs qui ont des comes montées sur la cabine, la boîte d'inspection (contacts montés, descente, arrêt d'urgence et prise).

Sur la porte cabine : la cellule photo électrique est fixée sur un des panneaux d'ouverture de la cabine, il a pour rôle de couper par magnétisme l'ouverture de la porte.

Il existe deux types de portes : la porte cabine et les portes palières.

- **La porte cabine**

Elle permet d'assurer la sécurité des passagers car elle obture les baies de cabine afin d'éviter les risques de coincement. Toutes les cabines d'ascenseurs doivent en être équipées.

- **Les portes palières**

On a deux types de portes palières : les portes battantes et les portes glissières qui peuvent être à ouverture centrale ou latérale. On trouve une porte palière à chaque niveau. Ces portes bloquent

l'accès au conduit réservé à l'ascenseur (gaine d'ascenseur) en cas d'absence de la cabine et cas de présence de cette dernière, elles permettent d'y accéder. Leur ouverture n'est donc possible qu'en cas de présence de la cabine pour des raisons de sécurité (éviter les chutes de personnes dans la gaine) elles sont équipées de serrures positives comportant un contrôle électrique de pènes s'assurant de leur verrouillage effectif avant tout démarrage.

a-2) Le contre poids

C'est une charge située à l'autre extrémité des câbles de traction ; son rôle est d'équilibrer la cabine. Sa masse est généralement supérieure de 60% à celle de la cabine vide soit 600kilogrammes.

Son déplacement est toujours opposé à celui de la cabine (si la cabine monte, le contrepoids descend et vice- versa).

a-3) Les guides

Ce sont les supports à partir desquels la cabine et le contre- poids se déplacent. Lorsque cela soit à guider la cabine on parle de guide de la cabine et si c'est pour le contrepoids on parle de guide de contrepoids. Les guides ont une section et un moment d'inertie tels que, sous l'influence des charges excentrées, leur flexion reste inférieure aux tolérances admises et permet un fonctionnement correct du parachute.

a-4) Les câbles d'attraction

Ils assurent la liaison entre la cabine, le treuil et le contre- poids.

a-5) La poulie tendeuse

Elle est montée sur un levier muni d'un poids pour maintenir tendu le câble du régulateur place en machinerie.

a-6) Les fanions

Ils portent les aimants, et servent à arrêter ou à la mise en marche de la cabine ou plus précisément ils indiquent les départs, les ralentissements et l'arrêt de la cabine (marche, ralentissement et les arrêts).

a.7) La came mobile

Elle est fixée soit sur les guides de l'ascenseur soit sur la cabine de l'ascenseur. Elle a pour rôle d'empêcher l'ascenseur de dépasser le niveau à l'extrême haut et le niveau à l'extrême bas.

a-8) Les capteurs ou aimants

On les trouve :

- A chaque niveau de la gaine ; ici ils permettent de basculer ou orienter la cabine. Ils permettent aussi d'orienter le sens du courant électrique de commande pour déplacer la cabine vers le haut ou vers le bas suivant la position et la destination de l'ascenseur.
- Sur la cabine ; ils sont dits came à glissière. Le passage à chaque niveau de la came attaque un galet de l'orienteur et provoque le basculement d'un côté ou de l'autre. [6]

I.2.1.b) Partie électrique

b-1) Les glottes d'alimentation

Ils servent de canalisation des fils (d'appel, de sécurité, d'alimentation électrique) dans la gaine.

b-2) Les pendentifs

Ils assurent la liaison électrique à l'intérieur et à l'extérieur de la cabine (appel cabine, le gong, le ventilo, les indicateurs d'étages, ou de surcharge ou contact...) en passant par les contacts de toit de cabine situé dans la gaine puis vont dans la boîte d'alimentation de la machinerie ensuite partent de celle-ci vers l'armoire électrique.

b-3) Les contacts de sécurités portes palières

Branchés en série, ils assurent la sécurité des portes (cabine et palières).

b-4) Les contacts de fin de course

Ils coupent le courant du circuit de commande si l'ascenseur prend une vitesse anormale ou en cas de dépassement des niveaux extrêmes.

b-5) La boîte d'inspection

Elle permet de marcher soit en trafic, soit en inspection. Lorsqu'on marche en inspection les appels paliers et cabines sont suspendus. [6]

I.6.2 Le local en machinerie

On trouve dans le local machine les parties suivantes :

I.6.2.1 Le treuil

C'est une machine composée d'un dispositif de freinage et d'un moteur destiné à actionner les câbles de traction de l'ascenseur. Son châssis est en profils d'acier avec d'isolant évitant la transmission des vibrations au bâtiment.

Un treuil est toujours constitué d'un moteur et d'un frein et poulie d'attirance. Il peut aussi avoir un réducteur ; dans ce cas on parle de treuil à réducteur et dans le cas contraire ; de treuil sans réducteur. On a parfois un ventilateur intégré.

I.6.2.2 Le moteur

Le moteur est l'un des éléments primordiaux pour le fonctionnement de l'ascenseur car c'est lui qui permet les mouvements de l'ascenseur (montée et descente). Le moteur peut être à simple ou double vitesse (ce qu'on rencontre le plus souvent). Il doit posséder au démarrage un couple moteur constant pour avoir une accélération constante. Le moteur doit avoir un courant réduit même si le couple de démarrage est très élevé pour un bon fonctionnement de l'ascenseur. La vitesse ne doit pratiquement pas dépendre de la charge, sa puissance est définie selon le type d'appareil et son utilisation. Autre fois le moteur shunt à courant continu était utilisé, mais de nos jours le moteur asynchrone a pris la place. Il y'a des moteurs qui sont spécialement conçus pour les ascenseurs.

Une protection thermique assurant une protection maximale est parfois insérée dans le moteur, on peut aussi utiliser un moteur hydraulique mais pour au maximum deux étages. [7]

I.6.2.3 Le frein

C'est un appareil capable à lui tout seul d'arrêter le l'ascenseur, à la mise sous tension, l'électro-aimant bloque armature couronne qui libère le disque frein. A la coupure du courant ou en cas de perte de puissance le ressort de compression agit directement sur la couronne portant la garniture de freinage qui vient s'appliquer sur le disque ventilateur solidaire à l'arbre du moteur.

I.6.2.4 Le treuil à réducteur

Le réducteur a pour rôle d'adapter la vitesse du moteur à celle du déplacement de la cabine. Les treuils à réduction généralement utilisés à des vitesses comprises entre 0,1 à 0,8 m/s et pour des charges atteignant 15 tonnes. Comme son nom l'indique, le système comporte un moteur électrique à vitesse élevée entraînant un ensemble réducteur à roue et vis sans fin en acier qui entraîne la poulie motrice. Une telle conception donne une vitesse de poulie motrice relativement faible et s'accompagne d'un couple élevé. Le moteur peut être à courant continu ou alternatif.

I.6.2.5 Les treuils sans réducteur

Ils sont souvent utilisés dans des immeubles pour des valeurs de vitesses comprises entre 2 et 9 m/s. il nécessite de gros moteurs électriques à petite vitesse accouplés directement à la poulie motrice.

I.6.2.6 La poulie motrice

Elle entraîne les câbles de suspension au bout desquels sont accrochés la cabine et le contre-poids.

I.6.2.7 Le régulateur

Aussi appelé limiteur de vitesse, le régulateur a pour rôle d'arrêter l'ascenseur lorsque la vitesse de la cabine atteint une vitesse anormale prédéfinie à la descente et provoque si nécessaire la prise de parachute.

I.6.2.8 L'appareillage électrique

Il est constitué d'une ou plusieurs armoires de commande. Une armoire de commande représente le cerveau de l'ascenseur. Elle sert d'interface avec la machine, on peut diviser une armoire de commande en quatre parties qui sont :

- Le bloc d'alimentation
- Les appareils et circuit de puissance
- Les relais
- Le bloc d'alimentation secours qui permet de monter ou descendre lorsqu'il y'a coupure de courant du réseau et que la cabine se trouve entre deux niveaux. Il permet aussi de maintenir l'éclairage de la cabine.

I.6.2.9 La poulie de détour

Lorsque les verticales passant par le centre de la cabine et du contre- poids sont à une distance supérieure au diamètre du treuil, on doit parfois installer une poulie dite de détour ou de renvoie pour obtenir la vitesse désirée. [6]

I.6.2.10 Ventilation

Une ventilation efficace est cruciale pour la sécurité, le bon fonctionnement et la longévité des équipements dans les locaux techniques. Une mauvaise ventilation peut engendrer des surchauffes (jusque à +20°C), d'humidité excessive (augmentation de 30% d'humidité relative), de la corrosion accélérée (diminution de la durée de vie des équipements de 50%), et même des risques d'explosion. Ce guide complet détaille les normes et les meilleures pratiques pour une ventilation performante et sûre.

I.6.2.11 Équipement de sécurité :

- **Extincteur** : Le local des machines d'ascenseur doit aussi disposer d'un extincteur. C'est une obligation qui incombe à ascensoriste, en vertu des articles R. 4227-28 et suivants du code du travail, afin d'assurer la sécurité de ses salariés.
- **Signalisation lumineux et sonore** :

_ Signal sonore utilisant des sons différents pour la montée et la descente (accompagne l'illumination des flèches).

_ Signalisation en cabine/Panneau de commande.

_ Indicateur visuel permet de connaître la position de la cabine.

_ Message vocal indiquant la position à l'arrêt de la cabine.

Tous ces dispositifs doivent être d'accord à la norme harmonisée EN 81-70.

- **Arrêt d'urgence (coup de poing)** :

Un dispositif de coupure d'urgence permet une action destinée à couper l'alimentation électrique d'une installation électrique pour supprimer ou réduire un danger. Il doit être installé de manière à être facilement reconnaissable et rapidement manœuvrable.

I.6.3 La cuvette

La cuvette sert à accueillir la partie inférieure de l'étrier dans le but d'arrêt de précision au plus bas niveau. On y trouve les amortisseurs, la poulie de la gaine. Elle a une profondeur qui est fonction de l'ascenseur mais elle se situe souvent entre 1,1 et 1,6m.

I.6. Les critères de choix du type d'ascenseur

Pour choisir le type d'ascenseur les constructeurs se réfèrent à plusieurs critères parmi lesquels on peut citer :

- **Constructifs** : hauteur du bâtiment, espace disponible au niveau des étages, possibilité de placer une salle des machines au sommet de la gaine, stabilité du terrain.
- **Organisationnels** : comme le type de fonction du bâtiment, son occupation et son type de fonctionnement en garantissant une performance de confort et de trafic (rapport vitesse/charge).
- **Energétiques** : basés essentiellement sur la consommation et les appels de puissance de la motorisation qui doivent être les plus bas possible.
- **Sécurité** : En effet, la préoccupation première reste avant tout de transporter un maximum de personnes en toute sécurité et avec un maximum de confort. [4]

I.7 description de notre projet

Notre projet consiste en l'étude et la conception de la partie électrique d'un système de levage par traction, intégré dans un édifice original : un pigeonnier multifonctionnel implanté dans la ville de Mostaganem. Ce bâtiment, à l'architecture triangulaire inspirée du patrimoine local, se compose de plusieurs niveaux (stockage, volière, réservoir d'eau, panoramique) nécessitant un accès vertical sécurisé et fonctionnel.

Pour répondre à ces besoins, nous avons conçu un monte-charge électrique fiable et adapté à l'environnement spécifique du pigeonnier. Le système intègre un moteur à vis sans fin, des câbles et poulies dimensionnés selon les normes, ainsi qu'une armoire de commande optimisée. L'ensemble a été modélisé et simulé avec le logiciel ETAP afin de valider les choix techniques et garantir la sécurité et l'efficacité énergétique.

L'intégration de l'ascenseur (monte-charge électrique), répond à une volonté de faciliter l'accès aux différents niveaux de volière pour l'entretien.

Ce projet illustre la rencontre entre ingénierie moderne et valorisation du patrimoine, en proposant une solution technique innovante et durable adaptée aux contraintes locales.

Des schémas explicatifs

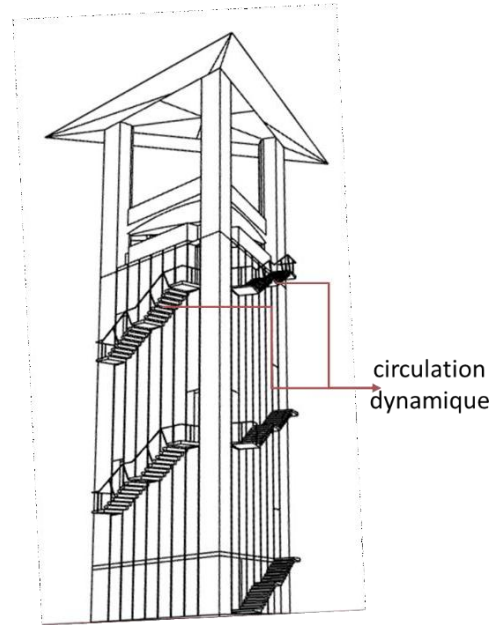
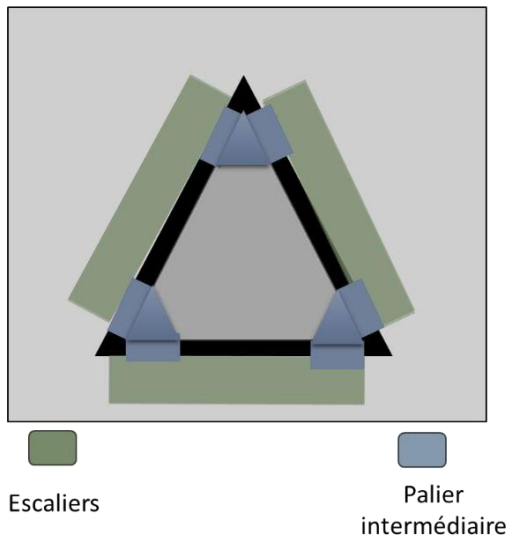


Figure I 6 Schéma explique circulation de la tour

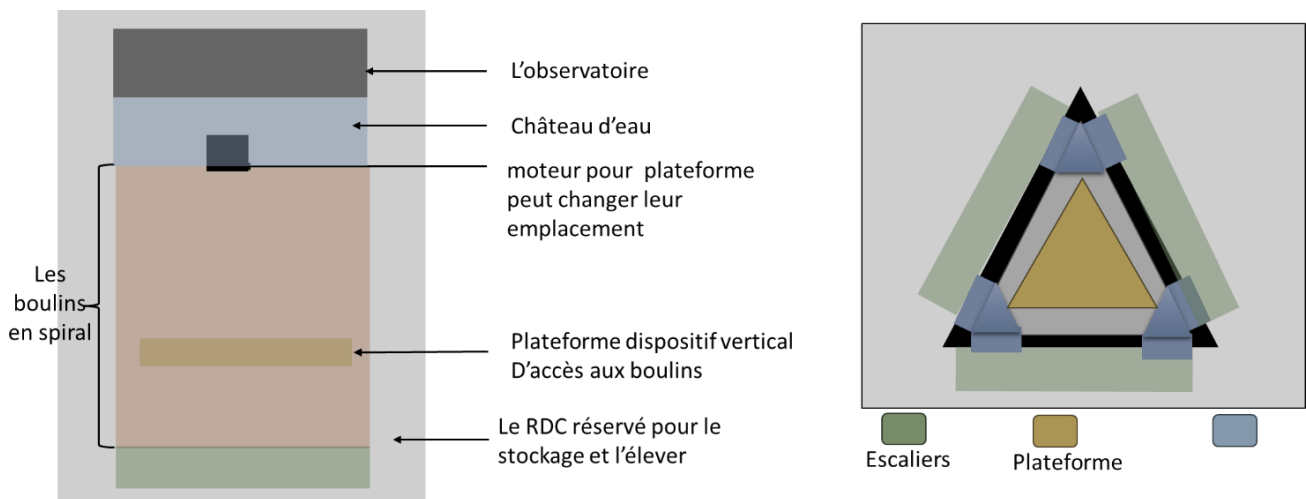


Figure I 7 Organisation et fonction de la tour

Ce bâtiment unique se compose de plusieurs niveaux, chacun conçu pour servir une finalité spécifique.

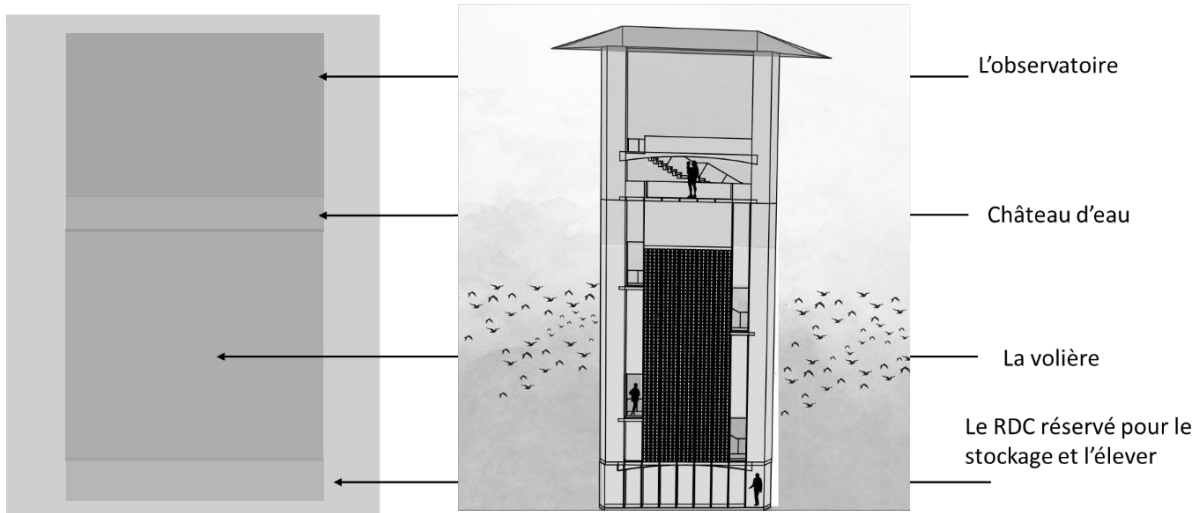


Figure I 8 Fonction de la tour

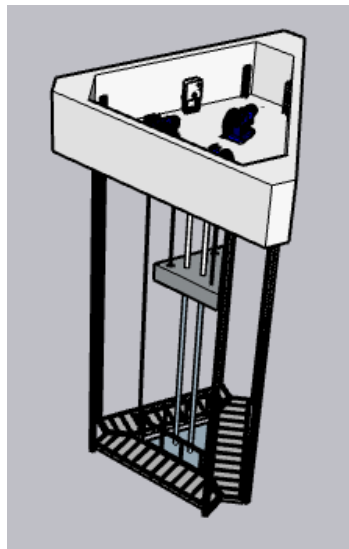


Figure I 9 Monte-charge

I.8 Conclusion :

À travers ce premier chapitre, nous avons exploré l'univers des ascenseurs sous ses multiples aspects : du simple dispositif de levage à la machine intelligente, économe et sûre.

Nous avons vu comment les évolutions technologiques ont permis de diversifier les modèles, en fonction des besoins, des contraintes et des innovations.

L'analyse des composants principaux et des critères de sélection permet de mieux comprendre les exigences techniques qu'impose l'intégration d'un ascenseur dans une structure donnée.

Cette base théorique solide nous prépare ainsi à aborder, dans les prochains chapitres, les choix techniques, les études de dimensionnement, et l'application pratique dans le cadre de notre projet de pigeonnier multifonctionnel.

CHAPITRE II :

Dimensionnement d'un Monte-Charge Électrique

CHAPITRE II – Dimensionnement d'un Monte-Charge Électrique

II.1 Introduction

Dans le cadre de la conception d'un système de levage industriel, le monte-charge électrique constitue un élément stratégique pour assurer le transport vertical de charges lourdes. Il est utilisé dans divers contextes industriels tels que les entrepôts, les unités de production, ou encore les zones de stockage à plusieurs niveaux. La complexité et la fréquence d'utilisation de ces dispositifs impliquent une étude technique minutieuse visant à garantir non seulement la performance du système, mais aussi sa sécurité, sa fiabilité et sa durabilité dans le temps.

Le présent chapitre s'attarde sur le **dimensionnement** des principaux éléments constituant un monte-charge, à savoir : les câbles de levage, la poulie, le contrepoids, ainsi que le moteur de traction. Chaque sous-système sera analysé et justifié selon des normes reconnues (telles que **ISO 4309** [8], **EN 81-20**) et sur la base des lois fondamentales de la physique (loi de Newton, loi du levier, etc.). L'objectif est d'obtenir un système robuste, conforme aux exigences industrielles, et optimisé en termes de consommation énergétique.

II.2 Dimensionnement et choix des câbles de levage

II.2.1 Rôle et caractéristiques des câbles

Le câble de levage joue un rôle fondamental dans le fonctionnement d'un monte-charge industriel. En effet, c'est par lui que se transmet la force mécanique nécessaire pour soulever la cabine ainsi que la charge transportée. Ce câble doit donc être conçu pour résister à des efforts importants de traction tout en offrant une certaine flexibilité, indispensable pour pouvoir enrouler ou dérouler autour des poulies sans subir de dommages prématurés.

Dans la pratique, ces câbles sont constitués de plusieurs torons, eux-mêmes composés de nombreux fils métalliques très fins torsadés ensemble. Cette structure en torons offre un équilibre optimal entre résistance mécanique et souplesse. Plus précisément, les torons permettent au câble de supporter de fortes charges tout en restant suffisamment souple pour suivre le contour des poulies sans provoquer une usure excessive des fils. Cette construction est d'autant plus importante que le câble subit des sollicitations répétées et variées, combinant traction, flexion et parfois torsion.

Le diamètre du câble ainsi que sa composition en nombre de torons et fils sont des critères essentiels à considérer. Un câble trop fin ne pourra pas supporter la charge sans risque de rupture, tandis qu'un câble trop épais perdrait en souplesse, augmentant l'usure et les contraintes sur les poulies. Ainsi, le choix du câble résulte d'un compromis entre ces différents paramètres techniques, en tenant compte des charges à soulever, des conditions environnementales (comme la corrosion) et de la fréquence d'utilisation.

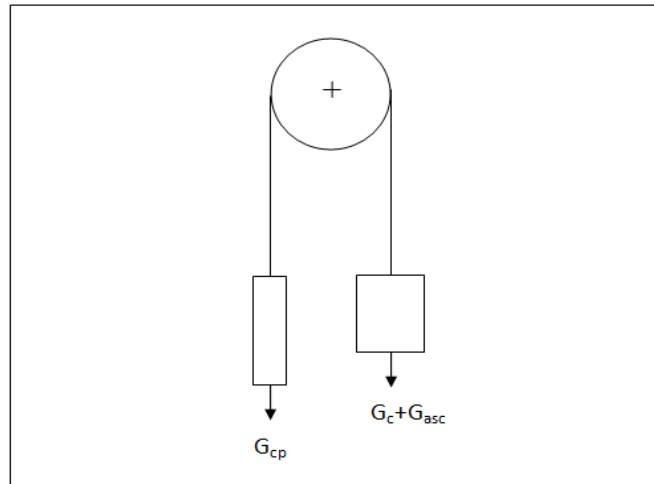


Figure II 1 Schéma de câblage à suspension directe

II.2.2 Hypothèses de base pour le calcul

Poids de la cabine : 1361 kg

Poids de la charge maximal : 300 kg

Poids de contre poids : $M_{\text{cabine}} + M_{\text{charge}}/2 = 1361 + 150 = 1511$ kg

Le mouflage : 1 : 1

II.2.3 Force de rupture et choix normatif

La norme **EN 81-20/50** et **EN 81-21** qui régit la sécurité des câbles métalliques dans les appareils de levage, impose un **facteur de sécurité (FS) ≥ 12** selon le niveau de risque et la nature du service. Pour une utilisation industrielle intensive, un FS de **12** est considéré comme adéquat. [9] [10]

On calcule la résistance minimale à la rupture comme suit :

$$F_{\text{max}} = \frac{(M_c + M_{\text{asc}}) * g}{mc} = \frac{(1361 + 300) \times 10}{9} \quad \text{Équation 1}$$

$F_{\text{max}} = 1845.55$ N (la force maximale exercé par câble)

Avec :

$M_c = 1361$ kg : Le poids de la cabine.

$M_{\text{asc}} = 300$ kg : La capacité de chargement.

$mc = 9$: Le nombre de câbles.

La limite (la force) de rupture est :

$$F_r = F_{\text{max}} \times K_s = 1845.55 \times 12 = 22.2 \text{ KN} \quad \text{Équation 2}$$

Avec $K_s = 12$: coefficient de solidité (facteur de sécurité) du câble. Cas d'un monte-charge.

II.2.4 Sélection du câble de levage

Le choix du câble dépend directement de sa charge de rupture, qui doit être supérieure à la charge exercée en tenant compte du facteur de sécurité.

Référence		Diam. câble	Diam. fil ext.	Poids par 100 m	Charge de rupture effective mini
		(mm)	(mm)	(kg)	(kg)
6X37T08G		8	0,37	24,4	3670
6X37T09G		9	0,4	31	4640
6X37T10G		10	0,45	38	5730
6X37T11G		11	0,5	46	6930
6X37T12G		12	0,55	55	8250
6X37T13G		13	0,6	64	9690
6X37T14G		14	0,65	75	11200
6X37T16G		16	0,75	97	14700
6X37T18G		18	0,8	123	18600
6X37T20G		20	0,9	152	22900
6X37T22G		22	1	184	27700
6X37T24G		24	1,1	219	33000
6X37T26G		26	1,2	257	38700
6X37T28G		28	1,25	298	44900
6X37T32G		32	1,5	390	58700
6X37T36G		36	1,6	493	74300
6X37T40G		40	1,8	609	91700
6X37T44G		44	2	737	111000

Figure II 2 Extrait de catalogue – câble en acier galvanisé 6×37 [8]

Pour respecter un $FS \geq 12$, il faut choisir un **câble 6 X 37 (1+6+12+18) fils Ame textile acier galvanisé de 8 mm de diamètre**, car sa charge de rupture est **3670 kg**, ce qui est supérieur à la charge requise de **2242.42 kg**.



Figure II 3 Câble en acier galvanise

II.3 Dimensionnement et choix des poulies de levage

II.3.1 Rôle et principe de fonctionnement de la poulie

La poulie joue un rôle essentiel dans le système de levage : elle **guide les câbles, répartit les efforts mécaniques**, et **assure la conversion du mouvement rotatif du moteur** en mouvement linéaire. Un bon choix de diamètre et de forme permet de **réduire la fatigue du câble** (phénomène de flambage/flexion), d'éviter le glissement et d'assurer la **longévité du système**.

II.3.2 Hypothèses et Données Utilisées

II.3.2.1 Caractéristiques du câble sélectionné

Les câbles utilisés pour le monte-charge possèdent les caractéristiques suivantes :

- **Type de câble** : 6 X 37 (1+6+12+18) fils Ame textile acier galvanisé
- **Diamètre** : 8 mm.
- **Charge de rupture de chaque câble (Fr)** : 36 kN (selon les spécifications du fabricant).
- **Facteur de sécurité adopté (Fs)** leur recommandée pour les systèmes de levage).

II.3.2.2 Calcul de la Force Admissible (Fadm)

Pour garantir un fonctionnement sûr, la force admissible est déterminée en appliquant le facteur de sécurité à la charge de rupture :

$$F_{adm} = \frac{F_r}{F_s} = \frac{36}{12} = 3 \text{ KN} \quad \text{Équation 3}$$

Puisque chaque poulie doit supporter **trois câbles**, la force totale admissible devient :

$$f_{adm \text{ totale}} = 3 \times 3 = 9 \text{ KN}$$

Ainsi, chaque poulie doit être capable de supporter une force maximale de **9 kN**.

II.3.3 Calcul du diamètre minimal

Les recommandations issues des normes de transmission mécanique (EN 81-20 :2014 / EN 81-50 :2014 Schneider Electric [11], SEW-Eurodrive [12]) préconisent un **rapport D/d ≥ 40**, où :

- **D** est le diamètre primitif de la poulie
- **d** est le diamètre du câble

$$D = 40 \times d = 40 \times 8 = 320 \text{ mm} \Rightarrow D = 320 \text{ mm} \quad \text{Équation 4}$$

Ce choix respecte les bonnes pratiques industrielles et permet une réduction significative des efforts de flexion sur le câble

II.3.4 Calcul de la gorge et choix du matériau

Pour éviter l'écrasement du câble dans la gorge :

$$\text{Largeur gorge} = 1.1 \times d = 8.8 \text{ mm} \quad \text{Équation 5}$$

Compte tenu de la présence de deux câbles en parallèle, la largeur totale de la gorge est doublée avec ajout de tolérance.

Matériaux recommandés :

- **Fonte** : bonne capacité d'absorption des vibrations
- **Acier** : haute résistance mécanique
- **Nylon renforcé** : réservé aux charges faibles (non applicable ici)

II.3.5 Résumé des Choix Retenus

Tableau II 1 Spécifications de la poulie de levage sélectionnée (Ø 320 mm, 3 gorges)

Élément	Valeur retenue
Diamètre du câble	8 mm
Diamètre poulie (D)	320 mm
Matériau	Fonte / Acier
Norme appliquée	$D/d \geq 40$



Figure II 4 Poulie de levage à 3 gorges pour câble de 8 mm

II.3.5 Sélection d'un Modèle de Poulie

Afin de choisir une poulie compatible avec le câble dimensionné (diamètre 8 mm), il est nécessaire de consulter un catalogue fabricant. Le choix se base sur des critères techniques tels que le diamètre de la poulie, le nombre de gorges, le type de gorge, ainsi que le matériau. Le catalogue de l'entreprise Montanari [14] a été utilisé comme référence, car il propose une large gamme de poulies conformes aux exigences des systèmes de levage pour personnes.

ART.	P	O	Gole Grooves Gorges Rillen Ranuras	Fune Rope Cable Seilen Cable	A	E	V	Q	Y	Carico Max Max. Load Charge Max Höchstlast Carga Max
	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	ISO	daN (kg)
T050085000	280	120	3	8	60	84	98	140	6010	1700
T050086000	300	120	3		60	84	98	140		2000
T050087000	320	120	3	8	60	84	98	140	6010	1700
T050088000		120	4		77	84	98	140		6210
T050089000	360	120	3	9	60	84	98	140	6010	1680
T050090000		120	4		77	84	98	140		2100
T050091000	400	120	3	10	60	84	98	140	6210	1950
T050109000		146			93	83	96	166		2100
T050092000		120	4		77	84	98	140		2100
T050110000		146			93	83	96	166		2100
T050111000		146	5		93	83	96	166	2100	
T050093000	450	120	3	11	77	84	98	140	6210	2000
T050094000		120	4			84	98	140		2200
T050095000	500	120	3	12	77	84	98	140	6210	2150
T050096000		120	4			84	98	140		2300
T050107000	520	120	3	12	77	84	98	140	6210	2300
T050108000		120	4			84	98	140		
T050097000	550	120	3	11	77	84	98	140	6210	2200
T050098000		120	4			84	98	140		2400
T050099000	600	120	3	11	77	84	98	140	6210	2200
T050100000		120	4			84	98	140		2500
T050101000	650	120	3	11	77	84	98	140	6210	2300
T050102000		120	4			84	98	140		2500
T050103000	700	120	3	11	77	84	98	140	6210	2300
T050104000		120	4			84	98	140		2500
T050105000	750	120	3	11	77	84	98	140	6210	2300
T050106000		120	4			84	98	140		2500

Figure II 5 Catalogue Montanari TAB50 – Modèles de poulies [14]

Parmi les modèles proposés, le choix s'est porté sur la poulie de diamètre 320 mm, compatible avec un câble de 8 mm, dotée de 3 gorges, et référencée T050087000. Ce modèle respecte la contrainte normative $D/d \geq 40$, et offre une charge admissible maximale de 2000 daN, suffisante pour notre application.

II.4 Étude des types de treuils et dimensionnement du système d'entraînement

II.4.1 Introduction aux types de treuils de levage pour ascenseurs

Dans le domaine des ascenseurs électriques, le choix du treuil de levage est un élément déterminant qui influence à la fois les performances, la consommation énergétique et la durabilité de l'installation. On distingue principalement trois types de systèmes de traction utilisés :

- Le treuil à vis sans fin, connu pour sa simplicité mécanique et son faible coût.
- Le treuil à réducteur planétaire, qui offre un bon compromis entre performance et encombrement.
- Le système gearless (sans réducteur), réservé aux applications haut de gamme nécessitant un rendement élevé et un fonctionnement silencieux.

Chacun de ces systèmes repose sur un principe de transmission différent, que nous allons brièvement présenter dans la section suivante avant de justifier le choix retenu dans notre étude.

II.4.2 Les principaux types de moteurs-treuils

II.4.2.1 Treuil à vis sans fin

II.4.2.1.1 Description

Le treuil à vis sans fin est un système de levage fréquemment utilisé dans les monte-charges et les ascenseurs à faible ou moyenne capacité. Il repose sur un mécanisme de transmission constitué principalement d'un moteur électrique, d'une vis sans fin, d'une roue dentée, d'un arbre de sortie, et d'une poulie de levage. L'ensemble fonctionne de manière harmonieuse pour garantir la montée ou la descente de la cabine. [12]

II.4.2.1.2 Principe de fonctionnement

Le moteur électrique génère un mouvement de rotation à haute vitesse. Ce mouvement est transmis à une vis sans fin, une sorte de tige filetée hélicoïdale. Cette vis engrène avec une roue dentée (aussi appelée roue hélicoïdale), ce qui permet de réduire fortement la vitesse de rotation tout en augmentant le couple transmis.

Ensuite, la roue dentée est solidaire d'un arbre de sortie, qui entraîne la poulie de traction. C'est cette poulie qui enroule ou déroule les câbles, faisant ainsi monter ou descendre la cabine du monte-charge.

Ce système offre un avantage majeur : l'auto-freinage. Lorsque le moteur est à l'arrêt, la vis sans fin empêche la roue de tourner en sens inverse, ce qui garantit un arrêt sécurisé de la cabine sans avoir besoin d'un frein actif supplémentaire.

II.4.2.1.3 Chaîne de transmission

- Le moteur tourne → il fait tourner la vis sans fin
- La vis fait tourner la roue dentée → le couple est amplifié
- La roue fait tourner l'arbre de sortie

- L'arbre entraîne la poulie de levage
- La poulie enroule/déroule les câbles
- La cabine monte ou descend en fonction du sens de rotation

Ce système est robuste, fiable et économique, bien qu'il ait un rendement inférieur aux autres types de treuils.

II.4.2.1.4 Avantages

- Auto-freinage naturel garantissant une sécurité passive
- Structure simple, peu de pièces mobiles
- Maintenance aisée et disponibilité élevée des composants
- Bon fonctionnement même à basse vitesse

II.4.2.1.5 Inconvénients

- Rendement énergétique faible, donc pertes importantes
- Échauffement plus rapide du moteur
- Usure plus rapide si utilisation intensive
- Encombrement relativement important comparé aux systèmes planétaires

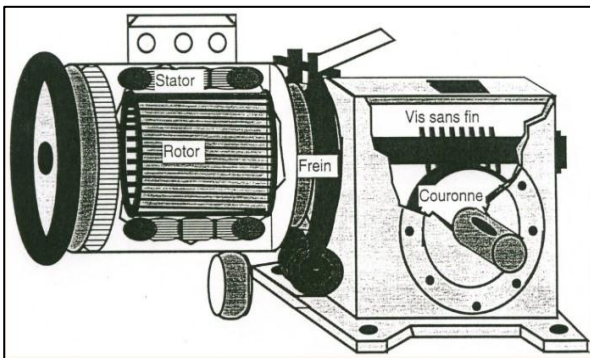


Figure II 6 Treuil à vis sans fin [12]

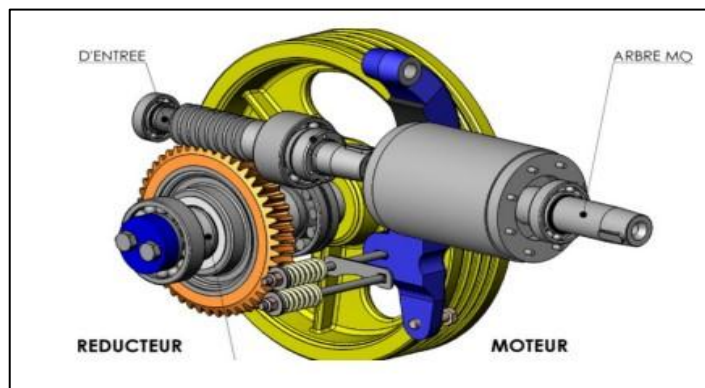


Figure II 7 Réducteur à vis sans fin [12]

II.4.2.2 Treuil à Réducteur Planétaire

II.4.2.2.1 Description

Le treuil à réducteur planétaire est une solution moderne et performante largement utilisée dans les systèmes de levage industriels, y compris les monte-charges et certains types d'ascenseurs. Il se distingue par son rendement élevé, sa compacité et sa grande capacité à transmettre des couples importants dans des espaces restreints. [12]

II.4.2.2.2 Principe de fonctionnement

Ce type de treuil est basé sur un réducteur planétaire, un mécanisme d'engrenage sophistiqué composé de plusieurs éléments :

- Un **pignon central**, appelé *pignon solaire*, entraîné directement par le moteur électrique.
- Plusieurs **engrenages satellites**, montés sur un *porte-satellites*.
- Une **couronne dentée** interne, qui enveloppe les satellites.

Lorsque le moteur tourne, le pignon solaire met en mouvement les satellites, qui tournent simultanément autour de lui et à l'intérieur de la couronne dentée. Ce mouvement est transféré à l'arbre de sortie via le porte-satellites, qui entraîne à son tour la poulie de levage.

Ce système permet de réduire considérablement la vitesse de rotation tout en multipliant le couple transmis à la poulie. La poulie enroule ou déroule les câbles, ce qui provoque la montée ou la descente de la cabine. [15]

II.4.2.2.3 Chaîne de transmission

- Le moteur électrique tourne → il fait tourner le pignon solaire
- Le pignon solaire entraîne les satellites → rotation interne dans la couronne
- Les satellites transmettent le couple au porte-satellites → arbre de sortie
- L'arbre entraîne la poulie de levage → mouvement des câbles
- La cabine monte ou descend selon le sens de rotation [15]

II.4.2.2.4 Avantages

- Bon rendement énergétique (80-90 %)
- Longévité mécanique accrue
- Encombrement réduit grâce à sa forme compacte
- Capacité à supporter des couples élevés

II.4.2.2.5 Inconvénients

- Coût plus élevé que les systèmes à vis sans fin
- Complexité mécanique légèrement plus importante
- Maintenance plus technique nécessitant une main-d'œuvre qualifiée



Figure II 8 Treuil à réducteur planétaire [12]

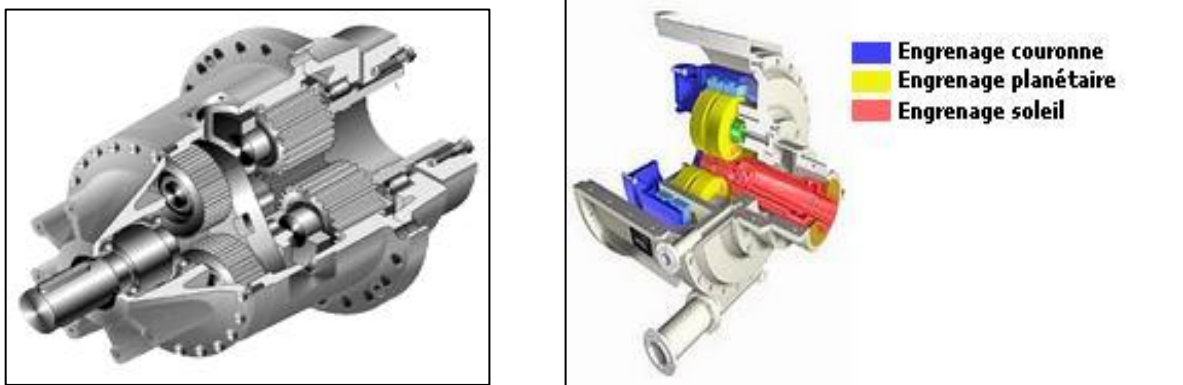


Figure II 9 Réducteur planétaire [12]

II.4.2.3 treuils gearless (sans réducteur)

II.4.2.3.1 Description

Le treuil **gearless** (ou sans réducteur) est une technologie de levage moderne utilisée principalement dans les ascenseurs et monte-charges à haute performance. Contrairement aux systèmes traditionnels avec réducteurs, ce type de treuil intègre un moteur synchrone à aimants permanents directement couplé [16] à la poulie de traction, sans l'intermédiaire d'engrenages mécaniques. Cette configuration permet une transmission directe du mouvement, ce qui réduit les pertes mécaniques et améliore le rendement global du système.

Ce type de treuil est souvent utilisé dans les installations où la compacité, la performance énergétique et la douceur de fonctionnement sont des critères essentiels. Grâce à leur conception compacte, les moteurs gearless permettent également une installation en **machineroom-less** (MRL), c'est-à-dire sans salle des machines, directement dans la gaine d'ascenseur. [12]

II.4.2.3.2 Principe de fonctionnement

Le treuil gearless repose sur un **moteur synchrone à aimants permanents** à faible vitesse mais à couple élevé. Lorsque le moteur est alimenté, le champ magnétique tournant généré par le stator entraîne directement le rotor, qui est fixé à la poulie de traction. Ainsi, la poulie tourne sans nécessiter de système de réduction intermédiaire.

Cette transmission directe élimine les pertes d'énergie associées aux engrenages et permet un **contrôle précis de la vitesse et du couple**, ce qui se traduit par des démarrages et arrêts en douceur, indispensables dans les systèmes de transport vertical de personnes ou de charges fragiles.

Le moteur est souvent associé à un **variateur de fréquence** qui permet un contrôle en boucle fermée très précis, assurant une régulation parfaite de la position et de la vitesse de la cabine. [15]

II.4.2.3.3 Chaîne de transmission

- Le variateur de fréquence alimente le moteur synchrone
- Le moteur génère un champ magnétique tournant
- Le rotor du moteur, solidaire de la poulie de traction, tourne directement
- La poulie enroule ou déroule les câbles selon le sens de rotation
- La cabine monte ou descend en conséquence [15]

II.4.2.3.4 Avantages

- **Rendement élevé** (jusqu'à 90-95 %), grâce à l'absence de pertes mécaniques par engrenages
- **Fonctionnement silencieux et sans vibrations**, très apprécié dans les bâtiments résidentiels ou les hôpitaux
- **Grande précision de positionnement**, grâce au contrôle numérique du moteur
- **Faible encombrement**, ce qui permet l'installation sans salle des machines
- **Moins de maintenance**, car moins de pièces en mouvement
- **Longévité accrue**, notamment en l'absence de lubrification de réducteur

II.4.2.3.5 Inconvénients

- **Coût initial plus élevé** qu'un treuil à vis sans fin ou à réducteur planétaire
- **Complexité du système de commande**, nécessitant un variateur de fréquence sophistiqué
- **Nécessite des compétences avancées pour la maintenance**, notamment pour le moteur synchrone
- **Pas d'auto-freinage naturel**, donc dépendance complète au système de freinage électromécanique pour la sécurité

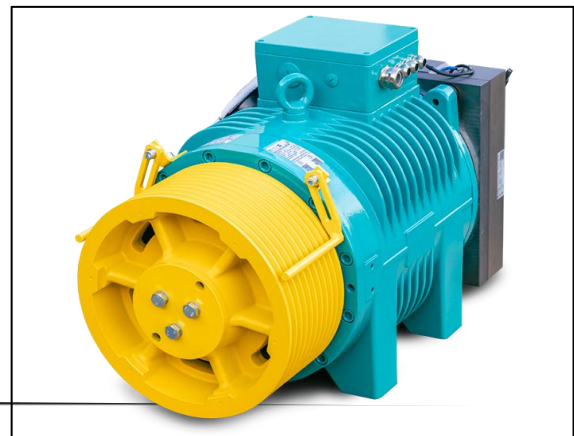


Figure II 10 Treuil gearless [12]

II.5 Dimensionnement du Système d'Entraînement

II.5.1 Rôle et contraintes du moteur

Le moteur transforme l'énergie électrique en énergie mécanique. Son dimensionnement dépend de :

- La masse totale à soulever
- La vitesse souhaitée
- Les pertes mécaniques
- La fréquence d'utilisation

II.5.2 Hypothèses de travail

- Nombre de moteurs : **3** (répartition équitable de la charge)
- Poids net de la charge : **1661 kg** (cabine) – **1511 kg** (contrepoids) = **150 kg**
- Force à soulever (Poids) :

$$F = (1661 - 1511) \times 9.81 = 1471.5 \text{ N} \quad \text{Équation 6}$$

- Force par moteur : **1471.5**

$$1471.5 / 3 = 490.5 \text{ N}$$

- Diamètre de la poulie : **320 mm** → **0.32 m**
- Vitesse de levage souhaitée : **1 m/s**
- Rayon de la poulie : **0.16 m**

II.5.3 Calculs de dimensionnement du moteur

II.5.3.1. Calcul de la vitesse angulaire de la poulie

Données :

Vitesse linéaire du câble : $v = 1 \text{ m/s}$

Rayon de la poulie : $R = 160 \text{ mm} = 0,16 \text{ m}$

La relation entre la vitesse linéaire et la vitesse angulaire est donnée par la formule suivante :

$$V = \omega \times R$$

$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{1}{0.16} = 6.25 \text{ rad/s}$$

Pour convertir cette vitesse angulaire en tr/min :

$$N_{poulie} = \frac{\omega \times 60}{2\pi} \approx 59.7 \text{ tr/min} \quad \text{Équation 7}$$

Donc, la poulie doit tourner à environ 60 tr/min

II.5.3.2 Calcul du rapport de réduction

La formule du rapport de réduction est :

$$I = \frac{N_{moteur}}{N_{poulie}}$$

► Moteur tournant à 1500 tr/min

$$I = \frac{N_{moteur}}{N_{poulie}} = \frac{1500}{60} = 25 \quad \text{Équation 8}$$

II.5.3.3 Rendement Global du Système

Le rendement d'un réducteur à vis sans fin dépend du rapport de réduction. Pour un rapport de réduction de 25, la valeur typique du rendement est :

$$H \approx 0,65 \text{ [12]}$$

Cette valeur est utilisée à défaut de connaître les données précises du fabricant

Pour un système de levage comprenant :

- **Un moteur asynchrone triphasé** : rendement de **0.9 à 0.95** pour un moteur.
- **Le réducteur à vis** : rendement de **0.65**
- **Pertes par frottement dans les roulements et câbles**

Lorsqu'on combine ces pertes :

- **Moteur** : 0.92
- **Réducteur** : 0.65
- **Câbles et poulies** : 0.98

Le rendement global est :

$$\eta = 0.92 \times 0.65 \times 0.98 \times 0.98 \approx 0.6 \quad \text{Équation 9}$$

II.5.3.4 Calcul du couple par moteur

Le couple nécessaire pour chaque moteur est donné par :

$$C_{moteur} = \frac{F_{moteur}}{\eta} \quad \text{Équation 10}$$

[17]

F = force de levage en N

C = couple en Nm n = t/min

η = rendement

r = rayon des poulies

Donc :

$$C_{moteur} = \frac{490.5 \times 0.16}{0.6}$$

$$C_{moteur} = \frac{78.48}{0.6} \approx 130.80 \text{ Nm}$$

$$C_{moteur} \approx 130.80 \text{ Nm}$$

II.5.3.5 Calcul de la Puissance Électrique Absorbée

Pour un couple résistant constant C_r = vitesse constat. Et nominale n , le calcul se fait selon la puissance mécanique par le rapport ci-après : [17]

$$P_{issance} P = \frac{F.v}{\eta} \quad \text{Équation 11}$$

P = puissance absorbée en W

F = force de levage en N

v = vitesse de levage en m/s

η = rendement

Donc :

$$P = \frac{490.5 \times 1}{0.6} = \frac{490.5}{0.6} \approx 817.50 \text{ W}$$

$$P \approx 817.50 \text{ W}$$

II.5.4 Choix Réel du Treuil

II.5.4.1 Justification du Type de Treuil Retenu

Après avoir étudié les différents types de treuils disponibles dans le domaine des ascenseurs — à vis sans fin, à réducteur planétaire, et gearless — nous avons pris la décision de retenir le treuil à vis sans fin pour notre application. Ce choix n'a pas été fait au hasard, mais résulte d'une réflexion basée à la fois sur les exigences techniques de notre monte-charge et sur les contraintes économiques et pratiques du projet.

II.5.4.2 Contraintes d'Utilisation Spécifiques au Monte-Charge

Notre monte-charge est destiné à transporter l'équivalent de trois personnes, sans qu'il soit rattaché à des étages définis. Le fonctionnement est simple et manuel : l'utilisateur appuie sur un bouton pour monter, et dès qu'il relâche le doigt, l'ascenseur s'arrête. Ce mode de commande impose donc un système qui soit réactif, précis à l'arrêt, et sûr en toute circonstance.

Le treuil à vis sans fin s'est alors naturellement imposé. Il présente en effet plusieurs avantages qui s'accordent bien avec ce type d'utilisation : il permet un auto-freinage naturel, ce qui garantit un arrêt immédiat et sécurisé de la cabine dès qu'on cesse la commande. C'est une sécurité passive très appréciée dans ce genre de monte-charge semi-automatique. De plus, sa structure simple et robuste, son entretien limité et son coût relativement bas en font une solution très adaptée pour les installations de petite à moyenne capacité, comme la nôtre.

C'est donc en tenant compte de tous ces éléments — sécurité, simplicité, fiabilité, et cohérence avec le mode d'utilisation — que nous avons décidé d'opter pour un moteur avec treuil à vis sans fin.

II.5.4.3 Recherche d'un Treuil sur le Marché

Dans la suite du chapitre, nous allons passer à une étape concrète : rechercher un moteur réel sur le marché, disponible chez des fabricants spécialisés dans le levage, comme SEVA TECH, Sicor, Ziehl-Abegg, SEW-Eurodrive, Dahlander, Nidec, Lenze ou encore VEM. Le choix du modèle se fera en fonction des résultats obtenus précédemment (puissance, couple, diamètre de poulie...), afin de garantir que les performances du moteur soient parfaitement adaptées à notre monte-charge. [12]

Après avoir exploré les différentes marques reconnues sur le marché, notre attention s'est portée plus particulièrement sur la marque SEVA TECH [18]. Cette entreprise est réputée pour la qualité de ses moteurs de traction équipés de treuils à vis sans fin, spécialement conçus pour les applications de levage comme les monte-charges et ascenseurs.

SEVA TECH offre une gamme variée de moteurs répondant à des critères stricts de performance, fiabilité et durabilité, ce qui correspond parfaitement aux besoins spécifiques de notre projet. Leur expertise technique et la disponibilité des pièces facilitent également l'intégration et la maintenance sur le long terme.

II.5.4.4 Choix Final du Modèle SEVA TECH

Après avoir étudié plusieurs modèles proposés par SEVA TECH, nous avons finalement retenu le moteur **SEVA - CMRV 063-90L-6**, qui offre une puissance de 1,1 kW et une vitesse de rotation de 60 tours par minute [18]. Ce moteur est bien adapté à notre monte-charge, car il fournit la force nécessaire pour soulever la charge prévue tout en assurant un déplacement régulier et contrôlé.

Son système à vis sans fin est un vrai avantage : il permet un freinage naturel dès que la commande est relâchée, ce qui garantit un arrêt immédiat et sécurisé. Ce point est particulièrement important pour notre monte-charge à commande manuelle. De plus, ce moteur est robuste, facile à entretenir, et son prix reste raisonnable pour notre application.

II.5.4.5 Remarque sur le Remplacement Éventuel

Si ce modèle précis n'est pas disponible, nous opterons pour un **modèle équivalent**, avec des caractéristiques techniques proches (puissance, vitesse, couple, type de treuil...), afin de conserver les mêmes performances et garantir la compatibilité avec les autres éléments dimensionnés.



Figure II 11 Treuil SEVA TECH CMRV 063-90L-6 [18]

II.6 Conclusion

Le dimensionnement du monte-charge présenté dans ce chapitre a permis de concevoir un système de levage à la fois sécurisé, fiable et conforme aux exigences industrielles. Le choix du câble a été effectué de manière rigoureuse, en respectant les normes de sécurité et en garantissant une résistance à la rupture supérieure aux efforts appliqués. La poulie a été dimensionnée en accord avec le diamètre du câble, selon les recommandations normatives, afin de limiter les contraintes de flexion.

Enfin, le moteur-treuil SEVA CMRV 063-90L-6 a été sélectionné pour sa capacité à répondre aux exigences de couple, de puissance et de sécurité, notamment grâce à son système à vis sans fin assurant un auto-freinage naturel.

L'ensemble des composants sélectionnés forme un système cohérent et performant, assurant une montée fluide, une commande sécurisée, et une intégration aisée dans l'environnement de travail prévu [18].

CHAPITRE III :

Conception électrique et mécanique

Chapitre III : Conception électrique et mécanique

III.1 Introduction :

Dans le cadre de notre projet, la conception électrique et mécanique constitue une étape cruciale qui permet de transformer les idées théoriques en un système fonctionnel, fiable et sécurisé.

Ce chapitre est dédié à la présentation de l'ensemble des démarches adoptées pour concevoir le monte-charge sur les plans électrique et mécanique. Nous commencerons par détailler la partie électrique, en abordant la structure de commande et de puissance, les composants utilisés, ainsi que les outils logiciels mobilisés.

Ensuite, nous passerons à la conception mécanique en mettant en lumière les choix de conception, les éléments constitutifs de la gaine, les dispositifs de guidage et la plateforme. L'objectif de ce chapitre est de montrer comment les aspects techniques ont été étudiés et mis en œuvre afin de garantir le bon fonctionnement du système tout en répondant aux exigences de performance, de sécurité et de durabilité.

III.2 Conception électrique

III.2.1 Définition

La conception électrique est le processus d'analyse, de planification et de réalisation des systèmes électriques d'un équipement, d'une installation ou d'un projet industriel. Elle consiste à définir les schémas électriques, choisir les composants (alimentation, moteurs, capteurs, protections...), dimensionner les câbles et protections, et assurer la conformité aux normes de sécurité. [19] [20]

Ce processus vise à garantir un fonctionnement fiable, sécurisé, efficace et adapté aux besoins spécifiques du système.

III.2.2 partie opérative

La partie opérative représente l'ensemble des moyens techniques qui permettent d'apporter une valeur ajoutée à la matière d'œuvre, elle est composée par :

- Les pré-actionneurs
- Les actionneurs
- Les effecteurs
- Les capteurs

III.2.2.1 Les pré-actionneurs

Les pré actionneurs sont des éléments qui distribuent l'énergie disponible sur ordre de la commande ; exemple : le pré-actionneurs pour moteur électrique est le contacteur, pour les vérins



pneumatiques ou hydrauliques on a les distributeurs pneumatiques ou hydrauliques. [21]

Figure III 1 Près actionneur électrique [21]

III.2.2.2 Les actionneurs

Dans une machine, un actionneur est un objet qui transforme l'énergie qui lui est fournie en une autre forme pour effectuer un travail utile, quant aux effecteurs ce sont des outils mis en mouvement par les actionneurs (ressort, vérins, moteur...etc.) dans une chaîne cinématique.



Figure III 2 Actionneur électrique [21]

III.2.2.3 Les capteurs

Entre la partie commande et la partie opérative, on retrouve les éléments d'interface, leur rôle est d'assurer le dialogue entre la partie commande et la partie opérative, Les capteurs sont des appareils mécaniques ou électriques. Ce sont eux qui informent la partie commande de l'état de la partie opérative et de l'avancement des tâches à effectuer.

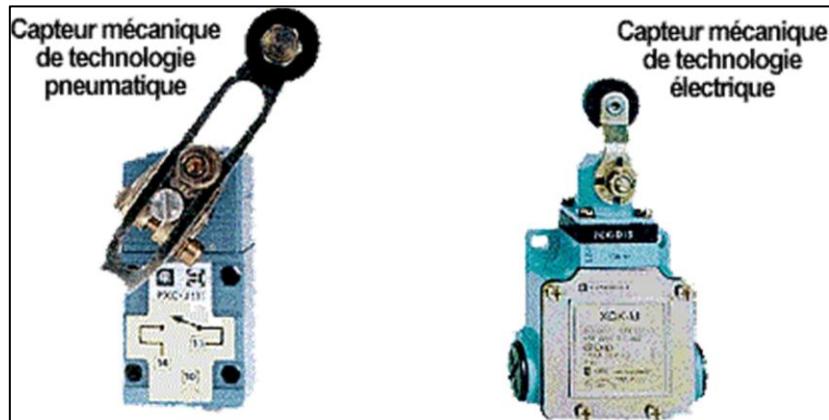


Figure III 3 Capteur fin de course pneumatique et électrique [21]

III.2.3 Partie commande

La partie commande est l'ensemble des moyens de traitement de l'information. C'est elle qui assure le pilotage et la coordination des actions en tâches souhaitées, elle représente le cerveau et réfléchit pour donner des ordres à la partie opérative. Donc la partie commande élabore les ordres pour la partie opérative à partir des consignes de l'opérateur et des comptes rendus des capteurs et un programme bien défini dans la majorité des cas dans les systèmes automatisés modernes.

III.2.3.1 Réalisation de l'armoire électrique

Toute installation électrique industrielle a besoin d'une armoire électrique pour alimenter ses différents composants électriques (moteurs, capteurs...etc.) en énergie électrique pour assurer leur fonctionnement.

L'armoire électrique est le lieu où sont regroupés différents systèmes participant à la distribution d'une installation électrique. Avant de commencer la réalisation de l'armoire, on doit tout d'abord faire une étude électrique, automatique et schématique de l'installation. [19] [20]

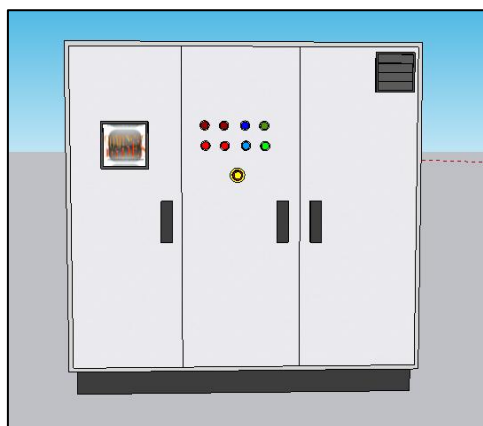


Figure III 4 Armoire électrique

Cette étude nous permet d'avoir un bon fonctionnement de l'armoire ainsi qu'un bon niveau de sécurité des personnes et des biens.

Nous procéderons à la désignation des différents composants principaux nécessaires à la réalisation de cette armoire et le dimensionnement des sections des canalisations électriques ainsi que le dimensionnement des protections pour offrir une bonne protection du matériel et des personnes afin d'assurer la continuité de service.

Pour réaliser une armoire électrique, on doit faire la conception avant de passer à la confection (voir la figure II.1). La conception, c'est la planification de l'armoire et la schématisation du plan électrique (circuit de puissance, circuit de commande). La confection, c'est l'assemblage des composants dans le châssis de l'armoire à partir des plans et schémas.

Il y a trois grandes règles à respecter au niveau de la réalisation d'une armoire :

- Respecter la couleur des fils et leurs sections afin de recompter la nature de la tension qui circule (alternatif, continu, 24V, 230V, 400V, ...)
- Respecter le repérage des fils et des appareils électriques afin de mieux se situer sur le schéma électrique ;
- Respecter l'implantation des appareils électriques dans l'armoire (partie commande à gauche séparée de la partie puissance à droite).

Le respect de ces trois règles permet de faciliter la maintenance de l'armoire en cas de problème et permet une meilleure compréhension de l'installation.

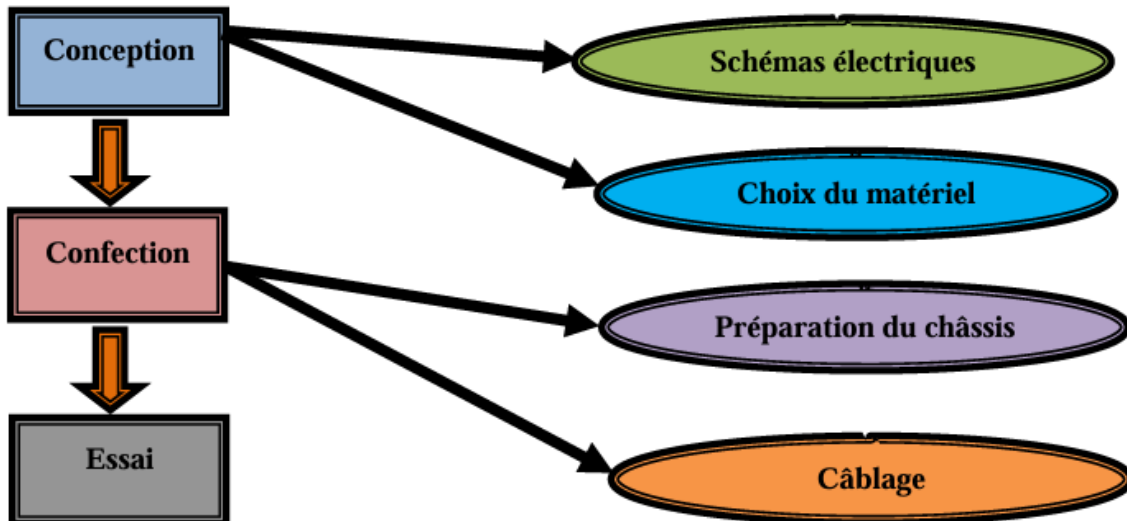


Figure III 5 Les étapes d'élaboration de l'armoire

III.2.3.2 Les différentes étapes de réalisation de l'armoire électrique

Pour réussir la réalisation de l'armoire électrique, il faut suivre une série d'étapes qu'on peut résumer comme suit :

- ❖ Collection des informations.
- ❖ Le choix de l'alimentation des organes de commande (alimentation stabilisée AC/DC).

- ❖ Choisir les types de démarrage du moteur.
- ❖ Dimensionner les sections des conducteurs ainsi que les protections.
- ❖ Réalisation du schéma de câblage électrique de l'armoire.
- ❖ Le choix du coffret de l'armoire.
- ❖ Le choix de ventilation.
- ❖ Matériels de fixation des appareils.
- ❖ Réalisation du câblage de l'armoire.

III.2.3.3 Choix des organes de commande

Le système de traitement d'information est composé de plusieurs éléments, tels que les contacteurs, carte électronique, et d'autres dispositifs. Son rôle principal est d'assurer le pilotage logique de la partie opérative en organisant les séquences d'actions à exécuter. Il veille également au bon déroulement des opérations, en assurant la surveillance continue du processus. Par ailleurs, il facilite la communication entre les opérateurs humains et les autres systèmes automatisés.

Dans notre armoire, on aura besoin de :

- Contacteurs pour la commande du moteur.
- Des boutons poussoirs, des sélecteurs de mode de marche, un commutateur à clef
- Un disjoncteur magnétothermique.
- Un interrupteur sectionneur
- Des fins de courses.
- Un capteur de proximité.
- Des borniers.
- Des lampes.
- Relai thermique.

III.2.3.4 Les composants d'armoire électrique

- **Disjoncteur magnétothermique :**

Les disjoncteurs sont des appareils électriques chargés d'assurer la protection des circuits électriques. Un disjoncteur doit être installé sur chaque circuit pour assurer la coupure automatique du courant électrique en cas de surcharge ou de court-circuit.

Les disjoncteurs assurent essentiellement la protection des biens en prévenant les risques d'incendie et en empêchant la détérioration ou même la destruction de l'installation électrique par des courants qu'elle ne pourrait pas supporter. [19] [20]

Les principales caractéristiques électriques d'un disjoncteur sont :

- La tension assignée d'emploi U_e qui représente la tension maximale de fonctionnement du disjoncteur
- Le courant assigné I_n , encore appelé « calibre », qui correspond à la valeur maximum du courant que le disjoncteur peut supporter de manière permanente

- La courbe de déclenchement du déclencheur.
- Le nombre de pôles coupés et le nombre de pôles protégés
- Le pouvoir de coupure qui correspond à l'intensité maximale d'un courant de court-circuit théorique que le disjoncteur est capable d'interrompre sans risque de destruction
- Le pouvoir de limitation qui caractérise l'aptitude à ne laisser passer qu'une partie du courant lors d'un court-circuit [19].

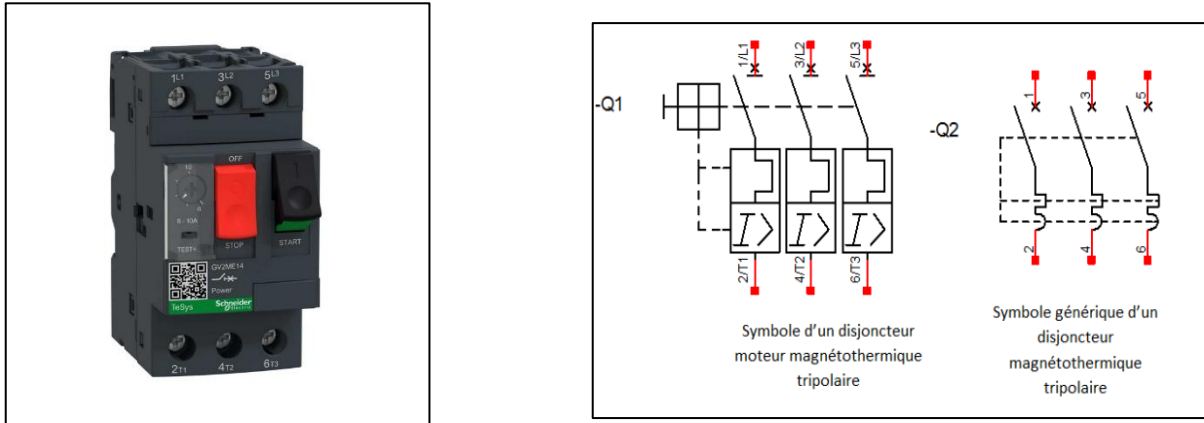


Figure III 6 Disjoncteur magnétothermique [20]

• **Sectionneur :**

Est un appareil mécanique de connexion capable d'ouvrir et de fermer un circuit lorsque le courant n'est nul ou pratiquement nul afin d'isoler la partie de l'installation en aval du sectionneur.

La fonction principale d'un sectionneur est d'interrompre la continuité d'un circuit ; il ne possède pas de pouvoir de coupure, c'est-à-dire qu'il ne peut pas couper un circuit en charge.

Il se manœuvre généralement à vide et n'est donc capable de couper des courants très faibles. Le courant absorbé à vide par transformateur de faible puissance par exemple.

Les sectionneurs comportent souvent des contacts auxiliaires de près coupure qui sont insérés dans le circuit de commande d'un contacteur afin d'assurer leur coupure à vide.

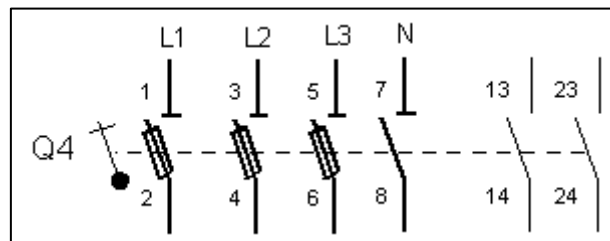


Figure III 7 Sectionneur [20]

• **Contacteur :**

Le contacteur est un appareil mécanique de connexion ayant une seule position au repos, commande autrement qu'à la main, capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit y compris les conditions de surcharge en service.

Le contacteur possède trois positions de réglage : arrêt, marche automatique et marche forcée (pendant les heures pleines). Il peut être mis en fonctionnement manuellement ou automatiquement.

L'intérêt du contacteur est de pouvoir être commandé à distance au moyen de contacts peu encombrants et sensibles, actionnés manuellement ou automatiquement.

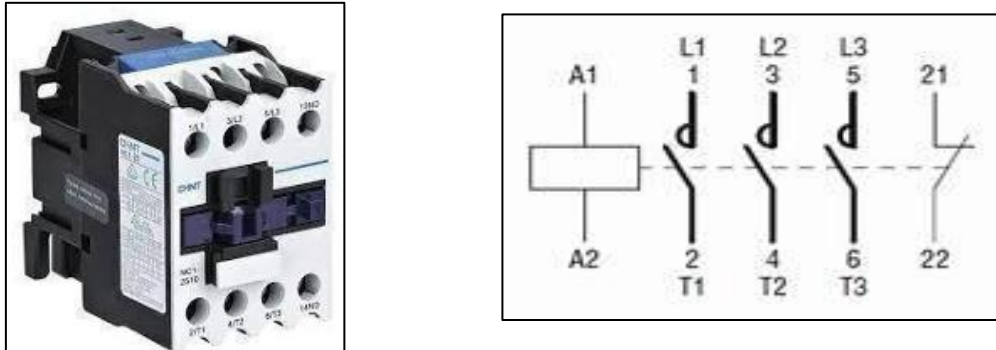


Figure III 8 Contacteur [20]

- **Relais thermique :**

Le relais thermique est un appareil qui protège le récepteur placé en aval contre les surcharges et les coupures de phase [21]. Pour cela, il surveille en permanence le courant dans le récepteur.

Un contact du relais thermique ouvre le circuit de commande d'un contacteur est le contacteur qui coupe le courant dans le récepteur.

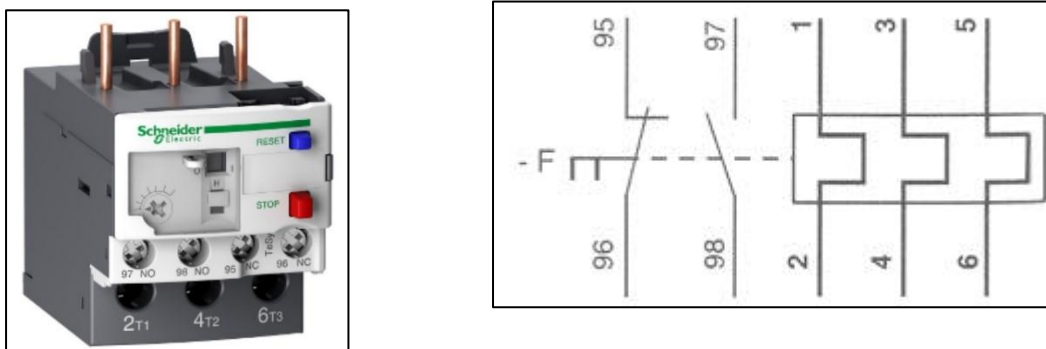


Figure III 9 Relais thermique [20]

- **Fusible :**

Le fusible ou coupe-circuit à fusible est un dispositif de sécurité dont la fonction est d'ouvrir d'un ou de plusieurs de ses éléments conquis et calibres conçu pour couper le courant électrique lors d'une surcharge ou d'un court-circuit.



Figure III 10 Fusible [20]

- **Relais de commende :**

Un **relais** ou relais de commende est un dispositif électromagnétique qui agit comme un interrupteur actionné électriquement. Autrement dit, un relais sert à ouvrir ou fermer un circuit électrique et fonctionne à l'aide d'un électro-aimant.



Figure III 11 Relais de commende [20]

- **Relais de phase :**

Un **relais de séquence de phase** est un dispositif essentiel dans la gestion et la protection des systèmes électriques. Son rôle principal est de surveiller l'ordre des phases dans un système d'alimentation électrique triphasé.



Figure III 12 Relais de phase [20]

III.2.3.5 Collecte d'informations :

Avant d'entamer la conception de n'importe quel système, il est nécessaire d'avoir le maximum d'informations sur ce dernier. Le tableau suivant illustre la plaque signalétique qui représente les différentes caractéristiques du moteur asynchrone triphasé.

Tableau III 1 La plaque signalétique du moteur asynchrone triphasé

Moteur asynchrone	
Type du moteur	Triphasé
La tension nominale	400V
Le courant nominal	2 A
La puissance nominale	1.1 KW
La vitesse nominale	1440 tr / min

III. 2.3.6. Moteur utilisé

III. 2.3.6.1 Moteur électrique Asynchrone (moteur utilisé)

Le moteur asynchrone, ou moteur à induction, est le moteur le plus utilisé dans la plupart des entraînements électriques. Son principal avantage réside dans l'absence de contacts électriques glissants, ce qui conduit à une structure simple, robuste mécanique et facile à construire.

Le moteur asynchrone est une machine tournante appelée aussi moteur à induction, il fonctionne avec du courant alternatif. Sa particularité est de fonctionner avec un induit en court-circuit. Le mot asynchrone veut dire que le rotor ne tourne pas à la même vitesse que le champ statorique.

Il existe deux types de moteur asynchrone :

- Moteur asynchrone monophasé.
- Moteur asynchrone triphasé.

Dans ce qui suit on s'intéresse au moteur asynchrone triphasé.

III.2.3.6.2 Le type de démarrage du moteur

Le moteur asynchrone est le plus utilisé dans le contexte industriel vu à sa simplicité de mise en œuvre. Il peut être en marche par un simple commutateur manuel à deux (2) positions (marche/arrêt).

Le moteur synchrone est souvent utilisé dans les ascenseurs électriques en raison de sa haute efficacité énergétique, de sa précision de positionnement, de son fonctionnement silencieux et de sa faible maintenance. Le démarrage alimenté sous une tension de 380AC.

Ces considérations nous obligent à choisir le type de démarrage adéquat pour minimiser les pics de courant de démarrage et assurer la protection du moteur et la sécurité des personnes

On peut citer : **Le Démarrage Direct.**

Il s'agit de la structure de démarrage la plus simple. En plaçant un disjoncteur Q1 en tête du circuit de puissance, on protège le moteur contre les surcharges. Ce disjoncteur permet également de couper le circuit en cas de court-circuit en aval.

Le démarrage et l'arrêt du moteur sont assurés par un contacteur situé après le disjoncteur.

Avantages inconvénients du démarrage direct :

Avantages	Inconvénients
<input type="checkbox"/> Simplicité de l'appareillage. <input type="checkbox"/> Couple important. <input type="checkbox"/> Temps de démarrage court.	<input type="checkbox"/> Appel du courant important ($I_d=4$ à 8 fois I_n). <input type="checkbox"/> Démarrage brutal

III.2.3.7 Schéma de command et de puissance

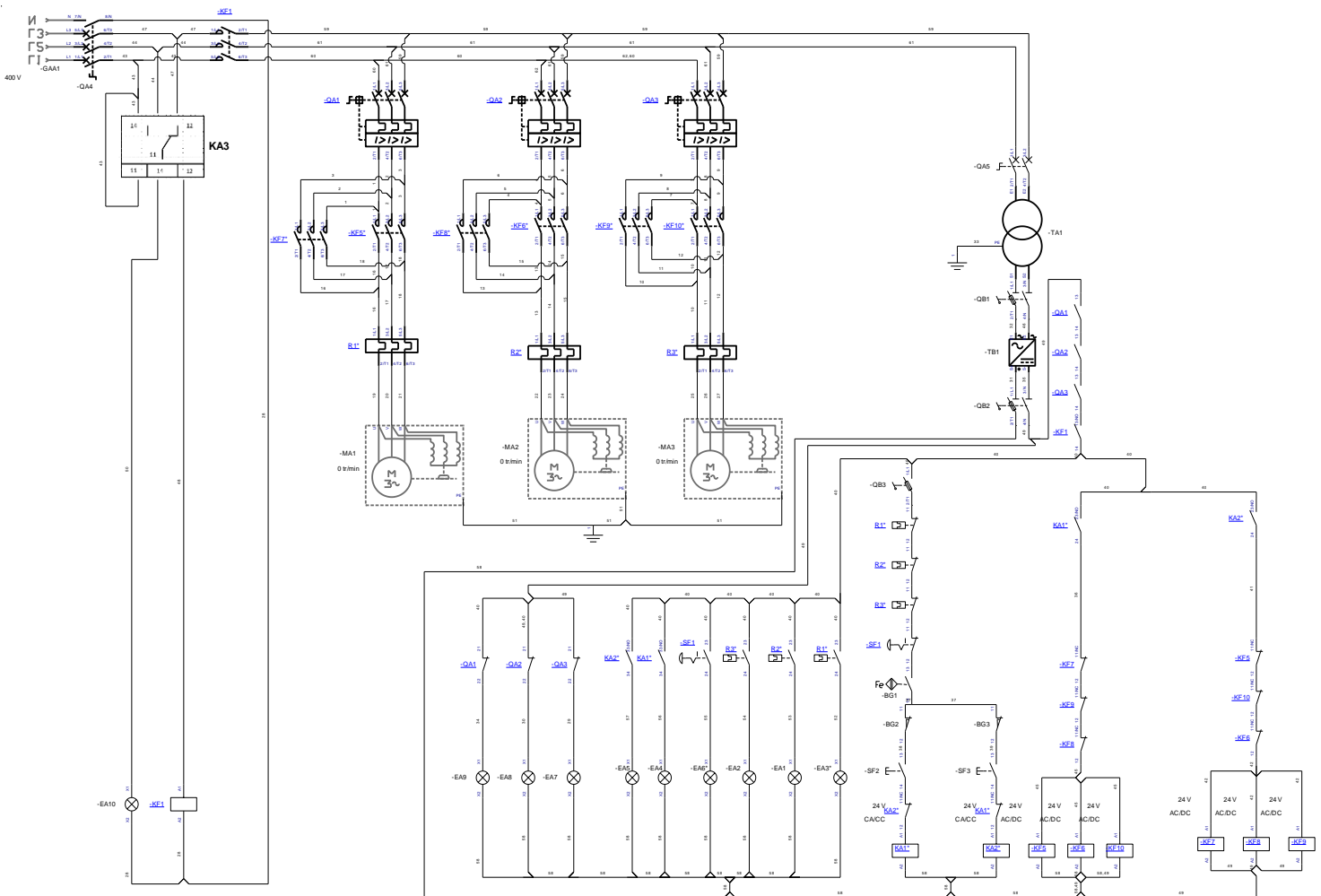


Figure III 13 Schéma de command et de puissance

Tableau III 2 Les symboles des composants de Schéma de command et de puissance

QA1	disjoncteur magnétothermique de moteur 1	KA1	Relais de commande montée
QA2	disjoncteur magnétothermique de moteur 2	KA2	Relais de commande descente
QA3	disjoncteur magnétothermique de moteur 3	KF10	contacteur de commande montée (moteur 1)
QA4	Disjoncteur principal	KF5	contacteur de commande montée (moteur 2)
R1	relais thermique moteur 1	KF6	contacteur de commande montée (moteur 3)
R2	relais thermique moteur 2	KF7	contacteur de commande descente (moteur 1)
R3	relais thermique moteur 3	KF8	contacteur de commande descente (moteur 2)
QB1	sectionneur porte fusible monophasé 1	KF9	contacteur de commande descente (moteur 3)
QB2	sectionneur porte fusible monophasé 2	TA1	Transformateur
QB3	sectionneur porte fusible unipolaire	TB1	redresser monophasic
SF1	Bouton d'arrêt d'urgence	BG1	Capteur proximité sensible a fer de porte
SF2	Bouton poussoir montée	BG2	Fin de course haut
SF3	Bouton poussoir descente	BG3	Fin de course bas
EA1	voyant déclenche relais thermique R1 (rouge)	EA5	Voyant présent descente (vent)
EA2	voyant déclenche relais thermique R2 (rouge)	EA6	voyant d'arrêt d'urgence (rouge)
EA3	voyant déclenche relais thermique R3 (rouge)	EA7	Voyant déclenche disjoncteur QA3 (rouge)
EA4	Voyant présent montée (vert)	EA8	Voyant déclenche disjoncteur QA2 (rouge)
EA9	Voyant déclenche disjoncteur QA1 (rouge)	KF1	Contacteur de puissance
KA3	Relais de phase	QA5	Disjoncteur bipolaire
EA10	Voyant déclenche de relais de phase (rouge)		

III.2.3.7.1 Explication du fonctionnement d'un monte-charge à trois moteurs :

Imagine qu'on a un monte-charge industriel qui fonctionne avec trois moteurs électriques en même temps, pour monter ou descendre une charge. Pour le contrôler, on utilise des boutons, des relais, des contacteurs, des capteurs de fin de course et des dispositifs de sécurité. Voici comment tout cela fonctionne :

1. Les éléments principaux :

QA1, QA2, QA3 : Ce sont des disjoncteurs thermomagnétiques, ils protègent les moteurs contre le court-circuit et les surcharges.

KA1 et KA2 : Ce sont des relais de commande pour choisir la direction du mouvement (montée ou descente).

KF5, KF6, KF10: Ce sont les contacteurs qui alimentent les moteurs pour la montée.

KF7 à KF9 : Ceux-là sont pour la descente.

R1, R2, R3 : Ce sont des relais thermiques. Si un moteur chauffe trop, ils coupent le courant.

SF2, SF3 : Ce sont des boutons poussoirs (un pour la montée, un pour la descente).

SF1 : C'est le bouton d'arrêt d'urgence, en cas de danger.

BG1, BG2, BG3 : Ce sont des capteurs de position (fin de course haut et bas, et détection de porte).

TA1 et TB1 : Un transformateur et un redresseur, pour alimenter les circuits de commande.

EA1 à EA9 : Ce sont des voyants lumineux qui indiquent l'état du système (erreurs, marche, arrêt, etc.).

QA4, QA1-3, QA5 : protections contre les courts-circuits et surcharges.

KA3 : coupe en cas de perte ou inversion de phase (EA10).

2. Comment ça fonctionne :

Pour monter :

*On appuie sur le bouton SF2.

* Le relais KA1 s'active et alimente les contacteurs KF5, KF6, KF10.

* Les trois moteurs se mettent à tourner en même temps pour soulever la charge.

* Quand on atteint le haut, le capteur BG2 détecte la position et arrête le système.

* Si on relâche le bouton SF2, le relais se coupe et les moteurs s'arrêtent.

* Conditions : porte fermée (BG1) et pas en haut (BG2).

*Le voyant EA4 s'allume.

Pour descendre :

* On appuie sur le bouton SF3.

* Le relais KA2 s'active et alimente les contacteurs KF7, KF8, KF9.

* Les moteurs tournent en sens inverse pour descendre la charge.

- * Arrivé en bas, le capteur BG3 coupe le circuit.
- * Là aussi, dès qu'on relâche le bouton, les moteurs s'arrêtent.
- * Conditions : porte fermée (BG1) et pas en bas (BG3).
- * Le voyant EA5 s'allume.

3. La sécurité du système

- * Chaque moteur a un relais thermique (R1 à R3) pour éviter la surchauffe.
- * Si un relais thermique se déclenche, les voyants EA1, EA2 ou EA3 s'allument.
- * Si un disjoncteur saute, EA7, EA8 ou EA9 s'allume selon le moteur concerné.
- * En cas d'urgence, on appuie sur le bouton rouge SF1, qui coupe tout, et EA6 s'allume.
- * Le disjoncteur **QA4** alimente le système.
- * Le relais de phase **KA3** vérifie les phases.
- * Si **SF1** (arrêt d'urgence) est relâché et les conditions sont bonnes, la commande est activée via **TA1** et **TB1**.

III.2.3.8 Outils de conception électrique

Automation Studio est un logiciel édité par la société Famic Technologies [22]. Il couvre les domaines de la simulation, de la conception assistée par ordinateur (CAO), de la maintenance et du diagnostic et de la documentation de projet. Ce logiciel est principalement utilisé par des ingénieurs pour des domaines comme l'hydraulique, le pneumatique, la synoptique, l'électricité et l'électrotechnique. Deux versions principales du logiciel sont proposées :

- version professionnelle, qui est un outil de modélisation et de simulation
- version éducative, qui est une version modifiée de la première, conçue pour les établissements d'enseignement.

III.2.3.9 Étude des fonctions essentielles du monte-charge

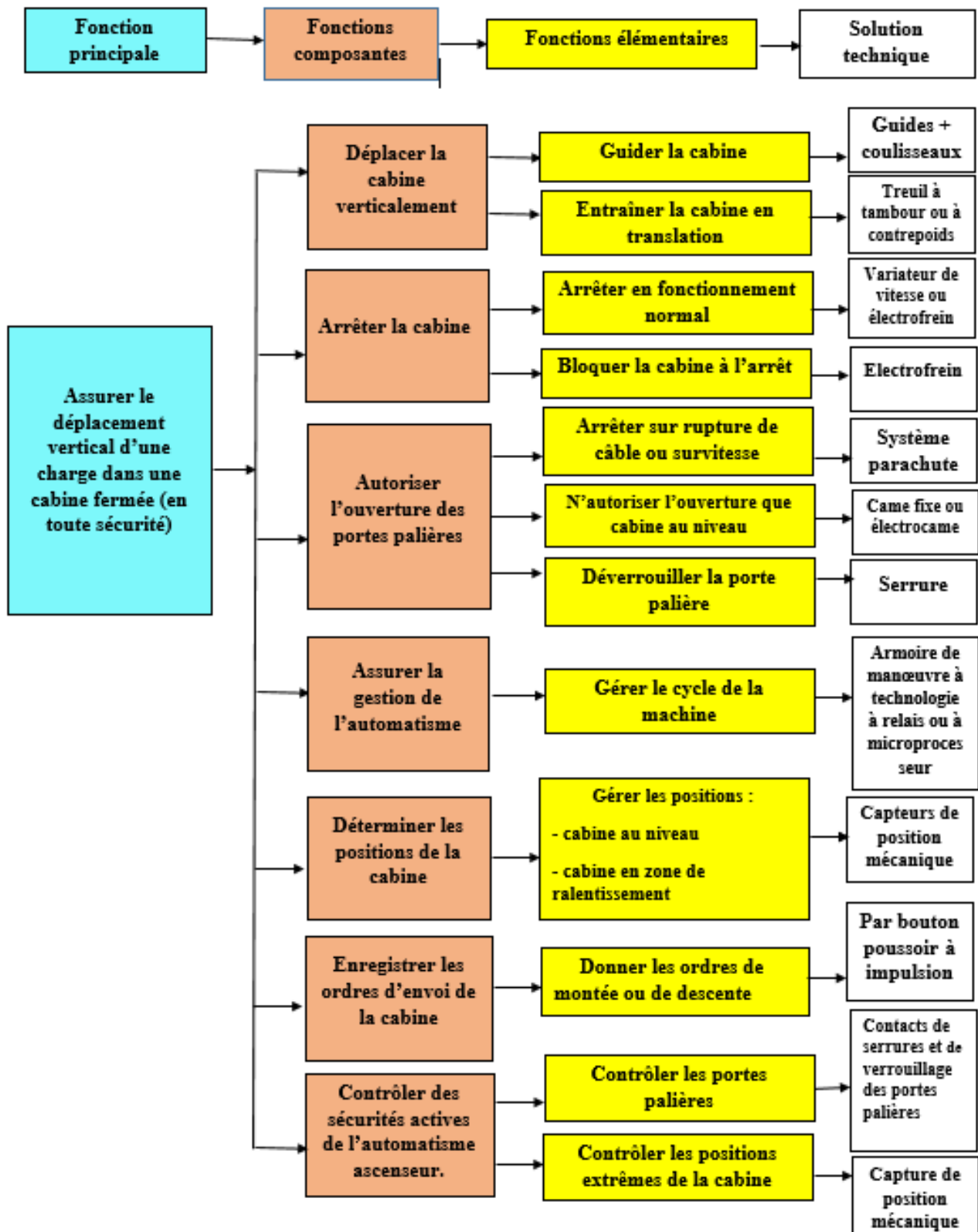


Figure III 14 Fonction principale de monte-charge

III.3 Conception mécanique

III.3.1 Définitions

La conception mécanique est un processus d'ingénierie basée sur la création et au développement de machines et de systèmes mécaniques.

Elle implique l'application des principes de la physique, des mathématiques et des sciences des matériaux. La modélisation et la simulation à l'aide de logiciels de conception assistée par ordinateur CAO [23] permet de créer des modèles 3D et de simuler les performances des conceptions. La sélection des matériaux appropriés, la fabrication de prototypes pour les tests, et l'optimisation des conceptions pour améliorer les performances et réduire les coûts sont des étapes cruciales.

La conception mécanique est essentielle dans de nombreux secteurs tels que l'automobile, l'aéronautique, l'énergie et la fabrication industrielle, où elle vise à créer des solutions robustes, efficaces et durables.

III.3.2 Les étapes de la conception mécanique

Les étapes de la conception sont un processus structuré permettant de passer de l'idée initiale à la réalisation d'un produit. Ces étapes sont :

- **Analyse des besoins et des spécifications** : Identifiez les besoins du produit ou du système, ainsi que les exigences techniques, fonctionnelles et réglementaires.
- **Recherche et exploration conceptuelle** : Effectuez une recherche approfondie pour comprendre les solutions existantes et explorer de nouvelles idées de conception.
- **Conception préliminaire** : Générez des concepts initiaux en utilisant des croquis, des schémas et des modèles conceptuels pour illustrer les idées.
- **Modélisation et simulation** : Créez des modèles 3D détaillés à l'aide de logiciels de CAO (Conception Assistée par Ordinateur) et utilisez des outils de simulation pour évaluer les performances.
- **Analyse et optimisation** : Effectuez des analyses de contraintes, de mouvements, de thermique, etc., pour identifier les zones d'amélioration et optimiser la conception.
- **Prototypage et tests** : Fabriquez des prototypes physiques pour tester les fonctionnalités, les performances et la fiabilité de la conception.
- **Validation et itération** : Évaluez les résultats des tests et des prototypes, puis apportez des modifications et des améliorations en fonction des retours d'expérience.
- **Documentation technique** : Préparez des dessins techniques détaillés, des spécifications de fabrication et des rapports d'analyse pour guider la production.
- **Fabrication et assemblage** : Transformez la conception en produit réel en utilisant des processus de fabrication appropriés, tels que l'usinage, la fabrication additive, etc.

- **Contrôle qualité et assurance** : Effectuez des tests et des inspections pour vérifier la conformité aux spécifications et garantir la qualité du produit final.
- **Mise en service et maintenance** : Installez le produit sur site si nécessaire, et développez des procédures de maintenance pour assurer son bon fonctionnement à long terme.

III.3.3 Les caractéristiques du processus de conception

La conception mécanique est un domaine vaste qui englobe plusieurs disciplines et aspects techniques. Voici ses caractéristiques principales :

- **Fonctionnalité** : le système doit être parfait et doit répondre aux besoins fonctionnels pour lesquels il est conçu
- **Fiabilité et durabilité** : le système doit fonctionner correctement sur une longue période et sans défaillance sous des conditions variées.
- **Sécurité** : la sécurité doit être assurée pour les utilisateurs et les opérateurs.
- **Matériaux** : le choix des matériaux est très important. Ils doivent être choisis en fonction de leurs propriétés mécanique, thermiques, électrique et chimiques.
- **Fabricabilité** : le système doit être réalisable avec les technologies de fabrication disponible.
- **Coût** : optimiser le coût de conception, de fabrication, de maintenance et de recyclage.
- **Ergonomie** : L'interaction de l'utilisateur avec le système doit être prise en compte pour assurer un usage efficace et confortable.
- **Esthétique** : l'apparence visuelle est aussi très importante pour les produits destinés au grand public.
- **Efficacité énergétique** : La consommation énergétique doit être réduite, ce qui est important dans les systèmes alimentés par batterie ou les systèmes mobiles.
- **Normes et Réglementations** : Le système doit être conforme aux normes industrielles et réglementations en vigueur.
- **Maintenance** : La conception doit permettre un entretien et des réparations faciles pour prolonger la durée de vie du produit.

III.3.4 Outils de conception mécanique

III.3.4.1 logiciel SOLIDWORKS

SolidWorks est un logiciel de dessin et conception assisté par ordinateur DAO et CAO [24]. Il est considéré comme un outil essentiel dans le domaine de la conception mécanique, et nombreuses entreprises et bureaux d'études en mécanique de renommé l'utilisent. Il permet, avec ses diverses fonctionnalités, d'aborder des problèmes de dimensionnement complexe et de les résoudre dans des délais très courts, comparés aux méthodes conventionnelles. Il est apprécié par des ingénieurs de conception pour sa souplesse et son potentiel en constante progression grâce au programme de développement. L'interface DAO de **SolidWorks** permet la création de formes en

3D de la manière la plus facile et la plus rapide. Il fait appel à des fonctions comme la révolution, l'extrude, enlèvement de matière ou la symétrie pour obtenir des formes 3D à partir de dessin plan. Pour une même forme il peut y avoir différentes manières de procéder pour sa création. Par exemple sur une même surface fait les fonctions Base / Bossage extrudé et assistance pour le perçage. La fonction Base / Bossage extrudé (cylindre) : obtenir un cylindre par extrusion de L'esquisse d'un cercle.

Simulation numérique avec solidworks :

Le module de simulation intégré à **SolidWorks** permet, entre autres, à étudier le comportement d'une pièce ou d'un assemblage en fonction des charges appliquées. La méthode utilisée par ce logiciel est la Méthode des Eléments Finis (M.E.F). Ceci nous permettra de détermine les contraintes maximales, de déterminer les sections dangereuses et d'apporter les corrections nécessaires (modification des dimensions ou choix de la matière...)

La démarche à suivre est représentée dans l'organigramme de la figure suivante :

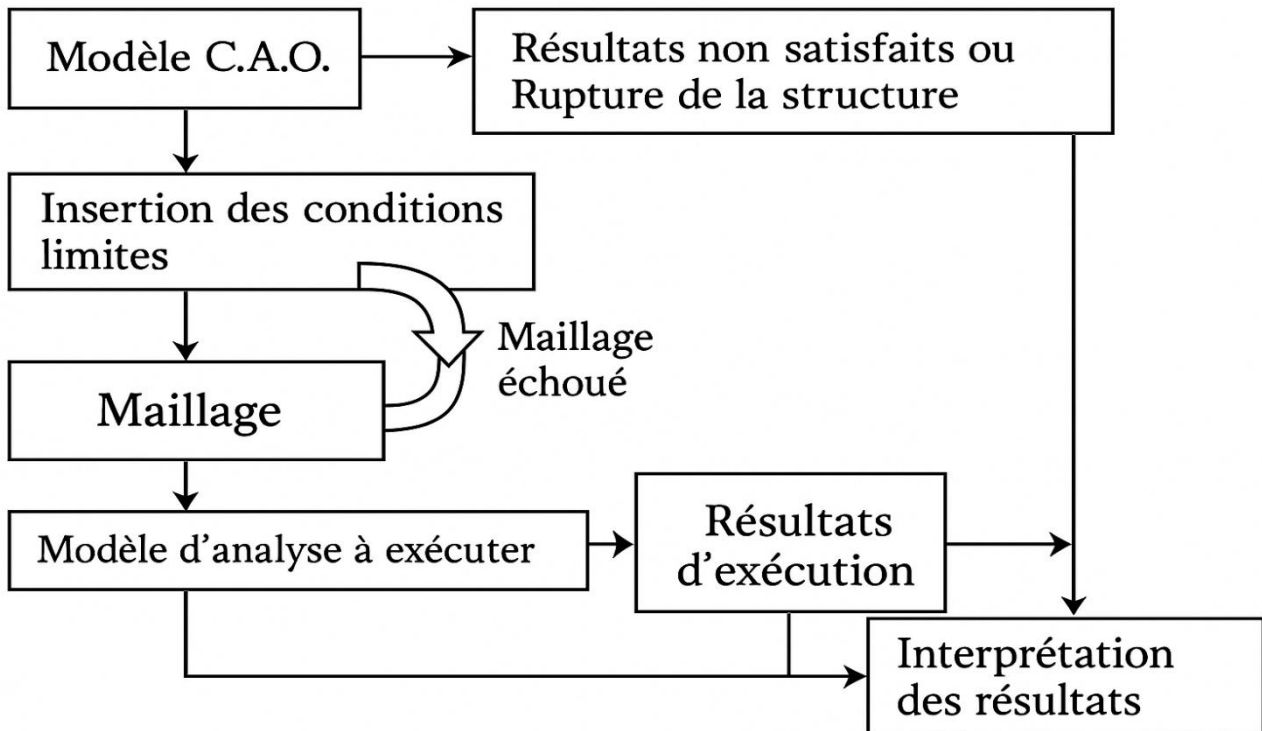


Figure III 15 L'organigramme de la simulation intégré

Les étapes à suivre pour notre étude de simulation :

- Affectation du matériau (les propriétés physiques et mécaniques)
- Mise en place des conditions aux limites (déplacements imposés).
- Application des chargements.

- Maillage de l'assemblage.
- Exécution de l'analyse.
- Visualisation et analyse des résultats

III.3.4.2 logiciels SketchUp

Sketchup est un logiciel de modélisation 3D surfacique et non paramétrique [23], utilisé pour créer des modèles détaillés dans divers domaines. Le logiciel permet de former des composants dynamiques et de travailler avec des arêtes et des faces pour créer des structures complexes. Les utilisateurs peuvent accéder à une vaste bibliothèque en ligne, 3D Warehouse, où des composants gratuits sont disponibles pour le téléchargement. Même les modèles très détaillés, comptant de nombreux polygones, sont réalisables avec **Sketchup**.

Enfin, **Sketchup** est employé dans des secteurs variés comme l'architecture, le design intérieur, et la reconstitution de bâtiments historiques, avec des versions pro et gratuites disponibles.

III.3.5 La conception de la gaine

La conception et la fabrication d'une gaine pour un monte-charge électrique implique plusieurs étapes. Le processus débute par la définition des spécifications du système, puis par la conception de la gaine en tenant compte de sa structure métallique, de son caractère autoportant et de ses dimensions sur mesure.

Les forces nécessaires pour soulever la charge maximale sont calculées afin de déterminer les dimensions des éléments de la gaine, tels que les rails, les guides et les paliers.

Ensuite, la gaine est fabriquée à partir de matériaux métalliques, assemblée et finie pour garantir une résistance et une durabilité optimales. L'installation sur site comprend la mise en place de la gaine, des câbles de suspension et de traction, du moteur électrique et de la vis d'entraînement, suivie de tests et de la mise en service finale pour assurer le bon fonctionnement et la sécurité du monte-charge électrique.

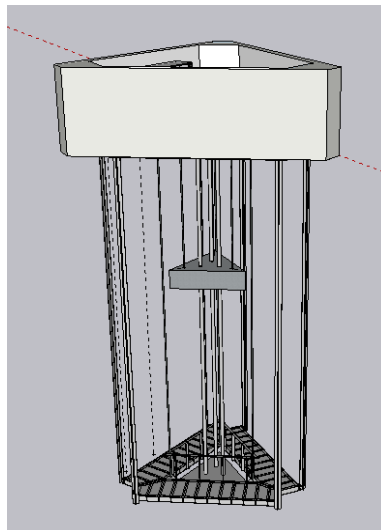


Figure III 16 La gaine de l'ascenseur

III.3.5.1 La plateforme

La plateforme est montée sur un rail qui agit comme une piste de guidage. Ce rail est en interaction constante avec les trois roues fixées sous la plateforme.

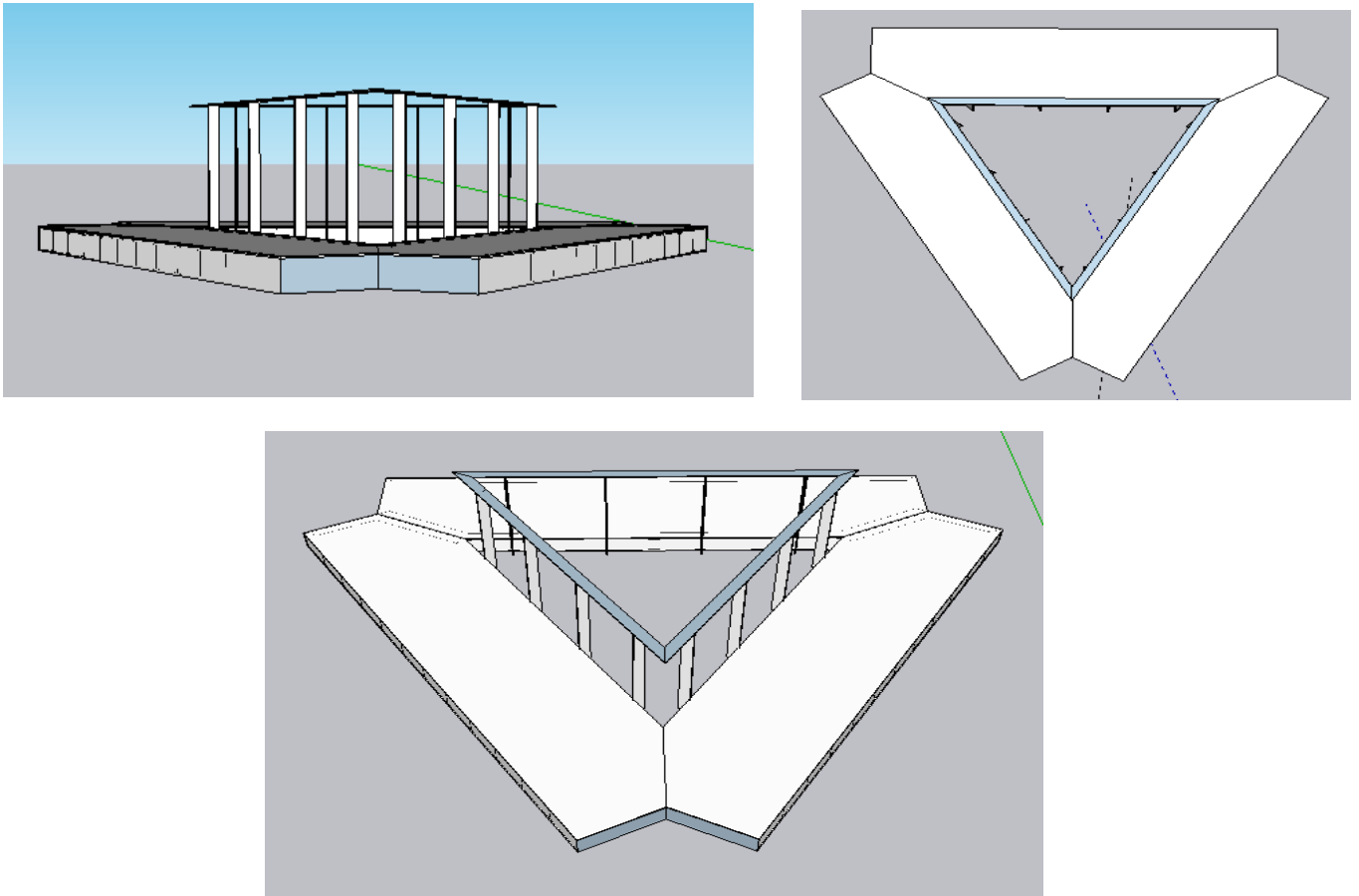


Figure III 17 Conception de la plateforme

III.3.5.2 Local Technique

Cette image représente la **salle des machines** d'un ascenseur électrique, conçue en forme triangulaire. Elle est située au sommet de la gaine de l'ascenseur et contient les éléments essentiels au fonctionnement du système.

À l'intérieur de la salle, on distingue :

- **Trois moteurs électriques** montés sur des supports, utilisés pour entraîner le mécanisme de levage.
- **Une armoire de commande** fixée au mur, contenant les composants électroniques pour le contrôle du moteur, la gestion des appels, la sécurité, et les signaux de l'ascenseur.
- L'espace est conçu pour faciliter la **ventilation** et **l'accès pour la maintenance**, avec un agencement pratique des équipements.

- La structure repose sur des piliers verticaux, ce qui suggère une installation au-dessus de la cage de l'ascenseur.

Cette configuration est typique pour les ascenseurs à **traction électrique** avec salle des machines, notamment dans les bâtiments industriels ou résidentiels de plusieurs étages.

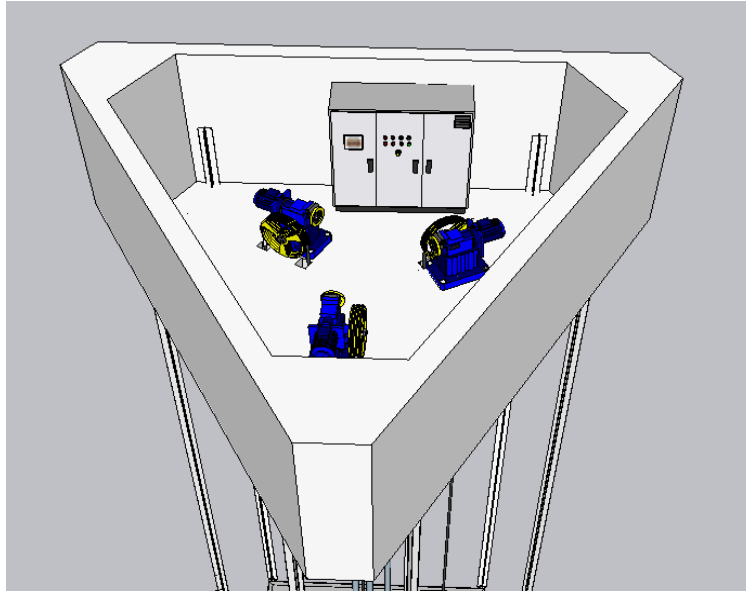


Figure III 18 Conception de local technique

III.3.5.3 Les rails de guidage

L'image montre un ensemble de **rails de guidage**, essentiels pour assurer le déplacement **stable et sécurisé** de la cabine et du contrepoids d'un ascenseur électrique.

Ces rails, généralement en acier profilé, sont **montés verticalement** à l'intérieur de la gaine de l'ascenseur. Leur fonction principale est de :

- **Guider la cabine** et le contrepoids le long d'un axe vertical avec précision,
- **Assurer la stabilité** pendant les phases d'accélération, de freinage ou en cas de vent (dans les ascenseurs panoramiques ou extérieurs),
- **Empêcher les oscillations** et les déraillements.

Dans ce modèle, les rails semblent fixés à une **structure triangulaire** qui s'élargit vers le haut, probablement conçue pour des raisons architecturales ou pour optimiser l'espace dans la gaine.

Ce type de montage est typique dans les **ascenseurs à traction** avec ou sans salle des machines, notamment dans les bâtiments industriels ou à design spécifique.

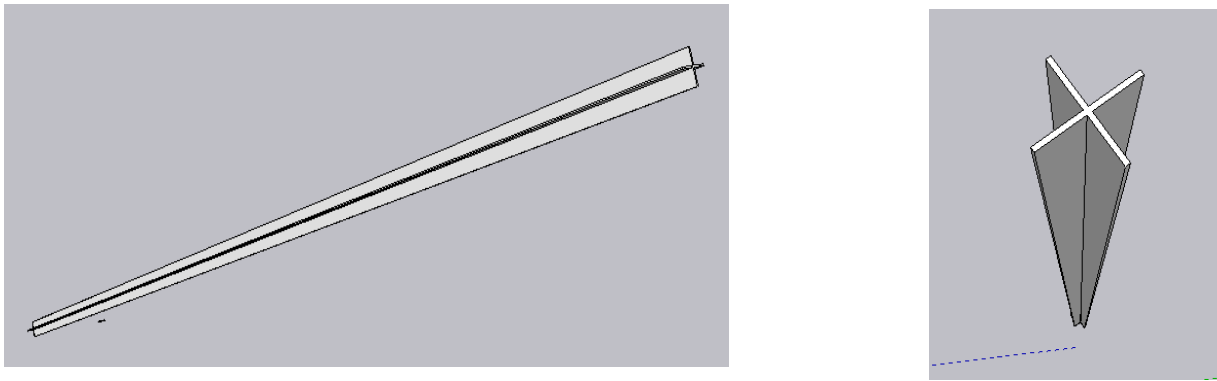


Figure III 19 Conception des rails de guidage

III.3.5.4 supports de roulement :

Le rail glisse entre les 12 guides de roulement. La roue du milieu le maintien droit, et les deux roues latérales le maintiennent en place et lui permettent de se déplacer en douceur. Il empêche les secousses et aide l'ascenseur à monter et descendre sans bruit ni friction.

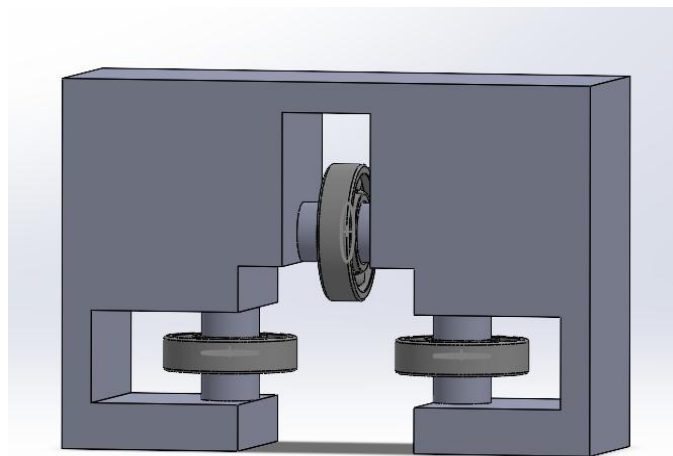


Figure III 20 la conception de support de roulement

Choix de roulement :

Dans les supports de roulement on va utiliser des roues en polyuréthane qui sont fabriquées à partir d'un type de plastique appelé polyuréthane. Ce matériau est connu pour être solide, flexible et durable. Contrairement aux roues en caoutchouc ou en métal, les roues en polyuréthane peuvent supporter une grande variété de surfaces et de conditions sans s'user rapidement. Elles sont couramment utilisées dans de nombreux contextes, du mobilier de bureau aux machines lourdes.



Figure III 21 Roues en polyuréthane

Gamme de produits en polyuréthane :

- roues de charge, roues motrices, roulettes fixes et pivotantes, galets guides, roues de gerbeurs, galets de transpalettes et roulettes à suspension
- Bande de roulement en élastomère de polyuréthane moulé par réaction de 75 à 92 ± 3 Shore
- Roues de diamètres de 25 à 1 000 mm
- Capacité de charge jusqu'à 100 tonnes par roue

Pourquoi choisir les roues en polyuréthane ?

Roues en polyuréthane sont populaires parce qu'ils offrent le meilleur des deux mondes : flexibilité et résistance. Ils peuvent se plier légèrement sans se casser, ce qui leur permet de se déplacer en douceur sur les bosses et les surfaces irrégulières. En outre, ils sont résistants aux produits chimiques et à l'abrasion, ce qui signifie qu'ils ne s'abîment pas facilement en cas de déversement ou d'utilisation intensive. Ils constituent donc un choix judicieux pour les applications quotidiennes et intensives.

Avantages des roues en polyuréthane :

1. Durabilité et longévité
2. Mouvement doux
3. Polyvalence
4. Faible entretien
5. Sécurité
6. Personnalisation

III.4 La sécurité

Les réglementations des ascenseurs ont évolué en fonction des technologies des différentes époques depuis le XIXe siècle. Les ascenseurs ont en moyenne 25 ans d'âge. De ce fait, les nouvelles réglementations actuelles transforment en grande partie les installations et les la loi

impose qu'un ascenseur doit remplir plusieurs obligations au niveau de la sécurité de l'appareil telles que :

- _ La fermeture des portes palières.
- _ L'accès sans danger des personnes à la cabine.
- _ La protection des utilisateurs contre les chocs provoqués par la fermeture des portes.
- _ La prévention des risques de chute et d'écrasement de la cabine.
- _ La protection contre les dérèglements de la vitesse de la cabine.
- _ La mise à la disposition des utilisateurs de moyens d'alerte et de communication avec un service d'intervention.
- _ L'accès sans danger des personnels d'intervention aux locaux des machines, aux équipements associés et aux espaces parcourus par la cabine.
- _ L'impossibilité pour toute personne autre que les personnels d'intervention d'accéder aux locaux des machines, aux équipements associés et aux espaces parcourus par la cabine. Un ascenseur a pour obligation de répondre à des dizaines de réformes de sécurité. En cas de non-respect à l'une d'elles, des travaux de rénovation sont imposés au propriétaire.
- _ Les contrôles des ascenseurs sont imposés, ayant pour but de vérifier s'il y a respect de la réglementation et si les travaux recommandés auparavant ont bien été effectués. Si ce n'est pas le cas, le propriétaire est susceptible d'avoir des risques de pénalités. Ces normes de sécurité sont donc à ne pas négliger, d'autant plus qu'elles sont indispensables pour la sécurité des usagers [25].

III.4.2 Dispositifs de sécurité intégrés

Nos monte-charges sont dotés de dispositifs de sécurité pour garantir une protection maximale :

- **Freins d'urgence** : en cas de panne ou de coupure de courant, un système de freinage automatique bloque la cabine pour empêcher une chute.
- **Verrouillage des portes** : les portes restent verrouillées tant que le monte-charge est en mouvement, évitant les ouvertures accidentelles.
- **Batterie de secours** : en cas de coupure de courant de l'ascenseur lors du déplacement entre deux niveaux (par exemple entre le premier et le deuxième niveau), un système de secours basé sur une alimentation par batterie est activé automatiquement. Cette source d'énergie secondaire permet à la cabine de rejoindre le niveau supérieur, offrant ainsi aux passagers la possibilité d'évacuer en toute sécurité via les escaliers, conformément aux protocoles de sécurité.
- **Capteurs de surcharge** : ces capteurs bloquent l'appareil si la charge dépasse la limite, prévenant ainsi toute défaillance potentielle.
- **Le parachute** : L'étude d'un parachute de monte-charge est une analyse cruciale dans la conception de systèmes de levage sécurisés. Le parachute est un dispositif de sécurité qui empêche la chute libre d'un monte-charge ou d'un ascenseur en cas de rupture du câble de levage ou de dysfonctionnement du mécanisme.

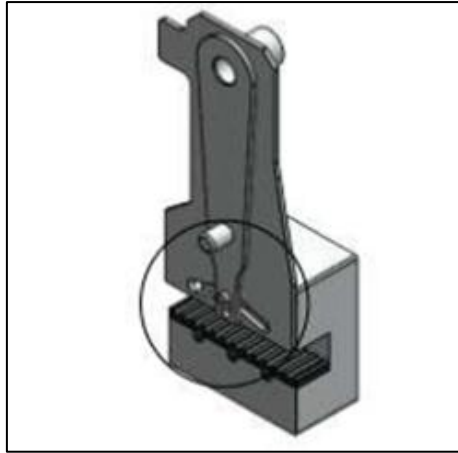


Figure III 22 Vu 3D du parachute

III.4.3 Normes de sécurité pour systèmes de levée

Les normes de sécurité pour les systèmes de levée sont essentielles afin de garantir la protection des utilisateurs et prévenir les accidents.

Elles régissent l'ensemble des pratiques de conception, d'installation, d'entretien et d'utilisation, en assurant que chaque composant respecte des critères stricts pour le bon fonctionnement et la sécurité.

Ces règles visent à minimiser les risques d'incidents tout en maximisant la fiabilité de l'équipement [25].

III.4.4 Exigences générales de sécurité

Les systèmes de levée doivent être conçus de manière à offrir un fonctionnement stable et sécurisé tout au long de leur cycle de vie. Cela implique la prise en compte de plusieurs facteurs, tels que la protection contre les surcharges, la sécurisation des composants électriques et la fiabilité des mécanismes de freinage.

Les dispositifs de sécurité doivent être installés pour prévenir les défaillances et assurer une protection en cas de dysfonctionnement [26].

Tableau III 3 Les Normes de sécurité

Norme de sécurité	Description	Objectif principal
Protection contre les surcharges	Les dispositifs doivent être équipés de capteurs ou de dispositifs de protection pour éviter toute surcharge du moteur ou du système.	Prévenir la défaillance due à une surcharge et protéger les composants internes.
Système de freinage	Les freins doivent être capables de maintenir la charge en position en cas d'arrêt ou d'urgence.	Garantir l'arrêt sécuritaire de l'équipement sans risque pour les utilisateurs.
Maintenance et inspection régulières	Un entretien périodique et des tests de sécurité sont requis pour vérifier le bon état des composants.	Assurer le bon fonctionnement et la longévité de l'équipement, en évitant les pannes inattendues.

III.5 Conclusion :

Ce chapitre a permis de poser les bases techniques solides nécessaires à la réalisation de notre monte-charge, en intégrant à la fois les aspects électriques et mécaniques.

Grâce à une étude approfondie des composants, des schémas, et des méthodes de conception, nous avons pu définir une solution à la fois fonctionnelle, sécurisée et adaptée aux contraintes du projet.

La partie électrique a mis en évidence l'importance d'une bonne organisation des circuits de commande et de puissance, ainsi que le choix rigoureux des composants.

Du côté mécanique, une attention particulière a été portée à la robustesse de la structure, à la fluidité du guidage et à la fiabilité des matériaux utilisés.

En somme, cette étape de conception a jeté les fondations essentielles pour la mise en œuvre concrète du système, tout en assurant un équilibre entre performance technique, sécurité et faisabilité.

Chapitre IV :

Simulation et discussion des résultats

Chapitre IV : Simulation et discussion des résultats

IV.1 Introduction

Ce chapitre vise à étudier la performance électrique d'un ascenseur électrique (Monte-charge) grâce à une modélisation et une simulation précise à l'aide du **logiciel spécialisé ETAP**, qui est l'un des outils d'électrolyse les plus avancés de l'industrie.

Après une brève présentation sur les caractéristiques de l'ETAP, nous avons appliqué plusieurs scénarios représentant les situations réelles que l'ascenseur peut rencontrer dans différents modes de fonctionnement, tels que les montées et les descentes, ainsi que des tests sur les défaillances telles que les courts-circuits.

L'objectif de cette simulation est de vérifier la stabilité du réseau, l'efficacité de la protection, la sécurité des équipements et les performances du système sous diverses pressions de fonctionnement, garantissant ainsi une conception efficace et sûre de ce type de système technique.

IV.2 Présentation du logiciel ETAP

ETAP (Analyse transitoire des programmes électriques) est la plate-forme d'analyse la plus complète pour la conception, la simulation, le fonctionnement et l'automatisation des systèmes de production, de distribution et d'énergie industrielle. **ETAP** est développé dans le cadre d'un programme d'assurance qualité établi et est utilisé dans le monde entier comme un logiciel à fort impact. **ETAP** est complètement localisé en quatre langues avec des rapports de sortie traduits en six langues. En tant que solution d'entreprise entièrement intégrée, **ETAP** s'étend à un système de gestion d'énergie intelligent en temps réel pour surveiller, contrôler, automatiser, simuler et optimiser le fonctionnement des systèmes d'alimentation.

ETAP est une entreprise de logiciels d'ingénierie analytique à spectre complet spécialisée dans l'analyse la simulation, la surveillance, le contrôle, l'optimisation et l'automatisation de systèmes d'alimentation électrique. Le logiciel **ETAP** offre la suite la plus complète de solutions d'entreprise de système d'alimentation intégré. [27]

IV.3 Etudes

Pour les études électriques d'un monte-charge, il sera nécessaire de réaliser plusieurs études telles que des études de faisabilité, comparaisons économiques, calculs de chute de tension pour circuits de commande et de puissance auxiliaires, les parties liées à la distribution électrique et à la sécurité des moteurs, rigides et de déformation comparaisons de conception d'autobus, calculs de conception structurelle, etc. Les résultats de ces études ainsi que les calculs doivent être conservés avec d'autres documents relatifs au poste en question.

IV.4 Réalisation de schéma de conception de monte-charge

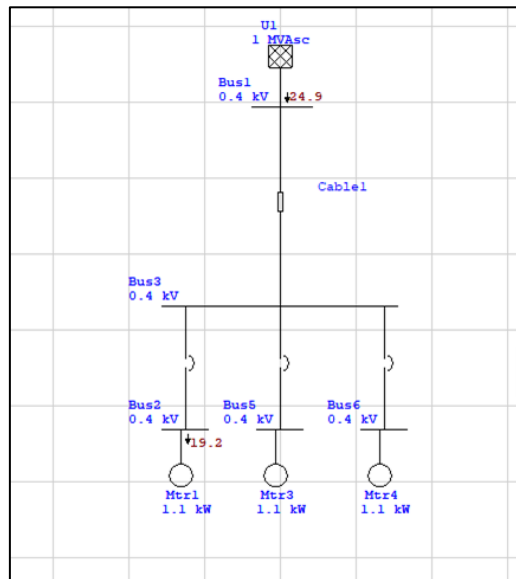
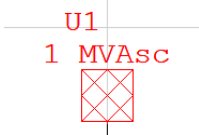


Figure IV 1 Schéma de conception de monte-charge

On commence par la saisie du schéma unifilaire :

1. Réseaux extérieurs :



Voici la configuration demandée dans la simulation :

U1 :

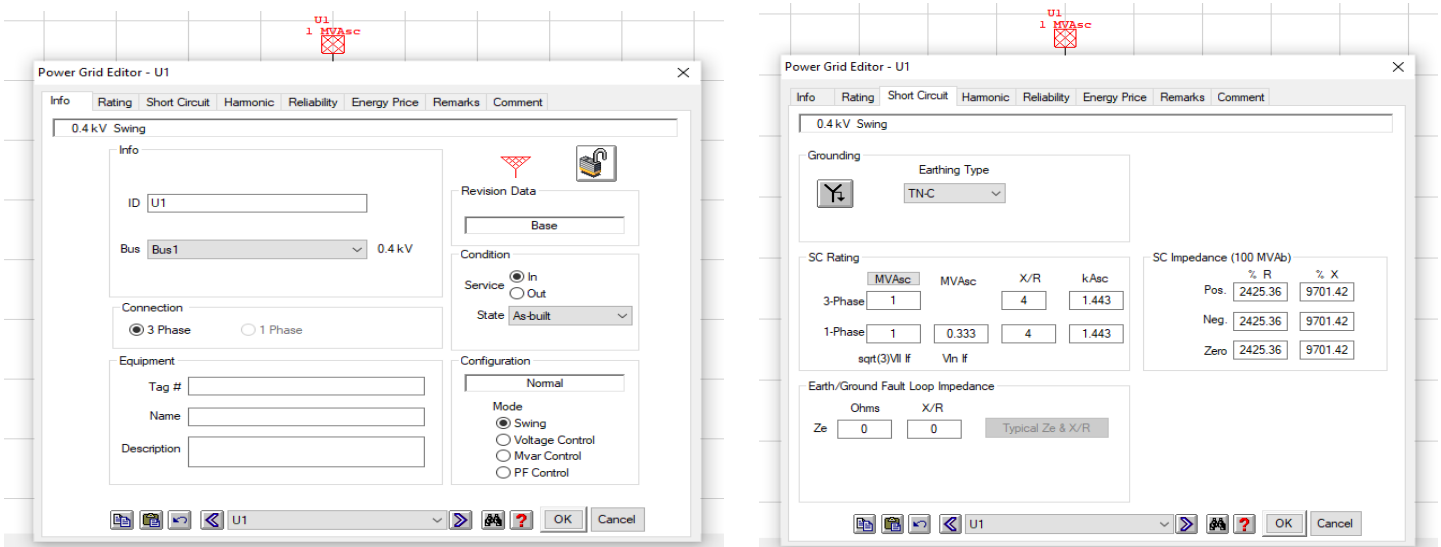
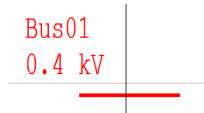


Figure IV 2 Deux tableaux d'éditeur de réseau électrique

2. BUS :



Nous voyons Bus01/02 à 0,4 kV en rouge, ce qui représente la tige de distribution basse tension (400 V). Nous avons utilisé le nœud pour connecter différents éléments du réseau (moteurs, charges, low voltage circuit breaker etc).

3. Câbles :

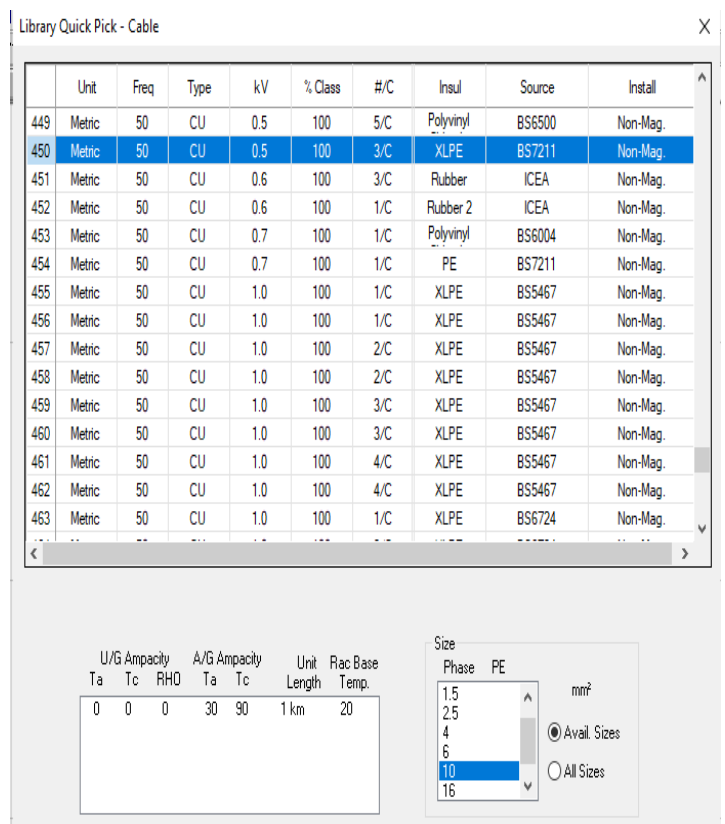
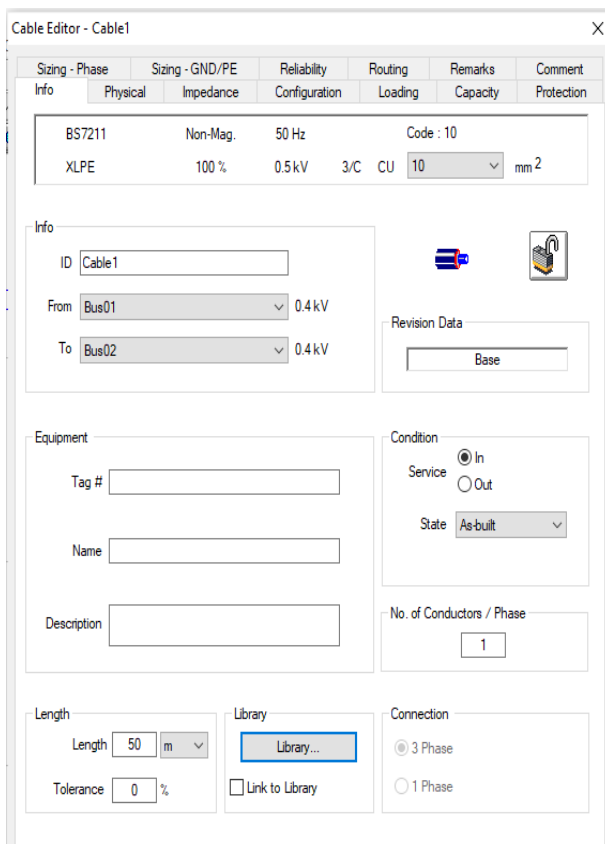


Figure IV 3 éditeur de câble pick-cable

Figure IV 4 Bibliothèque quick

➤ Choix de câble de moteur

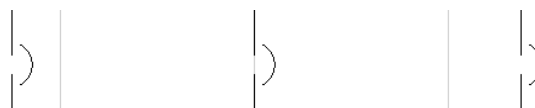
Du tableau ci-dessous le choix d'un câble de 1,5 mm² pour un moteur triphasé de 1,1 kW en dessous de 380 V s'explique par l'intensité modérée du courant (~2 A), permettant une bonne conductivité électrique tout en garantissant la sécurité et le respect des normes d'installation.

380 Volts - Triphasé - Cos j = 0,8																
P en kW	I en A	Sections en mm ²														
		1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
2,5	5	190	325	510	745											
3	6	160	270	420	620											
3,5	7	135	230	365	540	895										
4	8	120	200	320	470	785										
4,5	9	105	180	285	420	700										
5	10	96	165	255	375	630	970									
6	12	79	135	210	315	525	810									
7	14	68	115	180	270	455	700									
8	16	60	105	160	240	400	610	940								
9	18	51	92	145	215	355	550	850								
10	19		84	130	190	320	500	780								
12	23		69	110	160	265	415	640	880							
14	27			94	140	230	355	550	750							
16	31			81	120	200	315	485	655	860						
18	35				110	180	280	430	580	770						
20	38				98	160	255	390	520	690						
25	48					130	205	315	420	555	760					
30	57						170	260	355	465	640	840				
35	67						145	225	300	400	550	730				
40	76							195	260	350	480	640	745			
45	86							175	235	310	430	565	670	770		
50	95							160	215	285	385	510	600	695		
60	114								180	235	320	420	500	580	680	
70	133									200	275	365	430	495	580	
80	152										240	315	375	430	510	600
90	171										215	280	335	385	445	535
100	190											250	300	350	405	480
120	228												250	290	340	400
140	266													250	290	345
160	304														255	300
180	342															265

Figure IV 5 Tableau de choix de câble de moteur

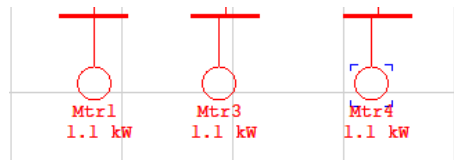
Donc, nous avons choisi un câble de section 1,5 mm² pour une puissance de 2,5 kW et un courant nominal de 5 A sur une distance de 190 mètres. Est justifié par le fait que cette section correspond à la longueur maximale admissible selon le tableau, garantissant ainsi une chute de tension dans les limites tolérées pour une alimentation en triphasé à 380 V avec un facteur de puissance de 0,8.

4. Disjoncteur basse tension :



Un **disjoncteur basse tension (Low Voltage Circuit Breaker)** est un **élément de protection et de commande** qui peut être inséré dans un **schéma unifilaire** pour simuler la protection d'un circuit fonctionnant à une tension inférieure ou égale à **1000 V**.

5. Moteur :



Les trois moteurs fonctionnent avec les mêmes réglages et commandes

Induction Machine Editor - Mtr01

Cable/Vd	Cable Amp	Protection	Reliability	Remarks	Comment
1	1.1 kW	0.4kV	NEC	Cable Info not available	

Info: Nameplate, Imp, Model, Inertia, Load, Start Dev, Start Cat

Info: ID [Mtr01], Bus [Bus03] 0.4kV

Equipment: Tag #, Name, Description, App. Type [Motor], Data Type [Estimated], Priority [Critical]

Demand Factor: Continuous [100], Intermittent [50], Spare [0] %

Revision Data: Base

Condition: Service In Out, State [As-built]

Connection: 3 Phase 1 Phase, Quantity [1]

Configuration: [Normal], Status [Continuous]

Induction Machine Editor - Mtr4

Cable/Vd	Cable Amp	Protection	Reliability	Remarks	Comment
1	1.1 kW	0.4kV	NEC	Cable Info not available	

Info: Nameplate, Imp, Model, Inertia, Load, Start Dev, Start Cat

Ratings: Design [Other], FL, NL, OL

	100 %	75 %	50 %	0 %	100 %
kW	1.1	0.4	% PF [81.97]	[81.97]	[81.97]
kVA	2	FLA [2.95]	% Eff [65.6]	[65.6]	[65.6]
%FLA	100	75	50	33.33	100
% Slip	2.26	RPM [1466]	Poles [4]	RPM [1500]	SF [1]

Library... [None]

Loading:

Loading Category	% Loading	Motor Load			Feeder Loss	
		kW	kW	kvar	kW	kvar
1 Design	100	1.1	1.68	1.17	0	0
2 Normal	90	0.99	1.51	1.05	0	0
3 Brake	0	0	0.01	0.68	0	0
4 Winter Load	0	0	0.01	0.68	0	0
5 Summer Load	0	0	0.01	0.68	0	0
6 FL Reject	0	0	0.01	0.68	0	0
7 Emergency	0	0	0.01	0.68	0	0

Operating Load: [0] kW +j [0] kvar

Figure IV 6 Deux tableaux d'éditeur de moteur à induction

IV.5 coordinations de protection électrique

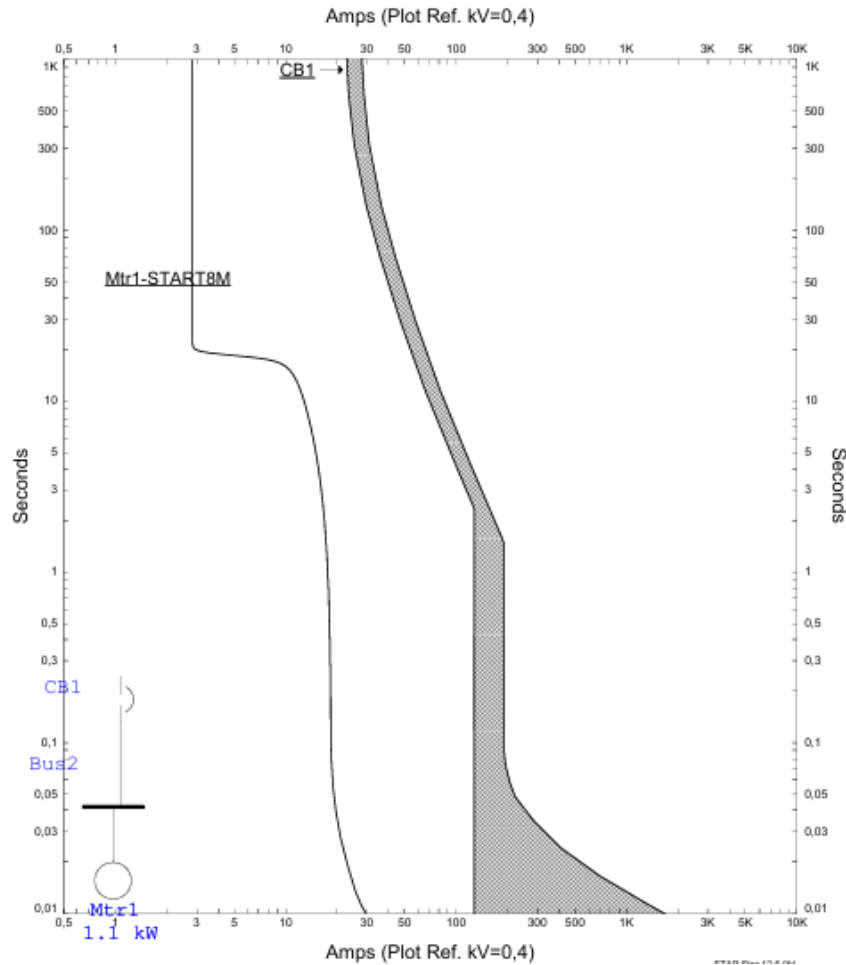


Figure IV 7 Courbe de coordination de protection pour moteur de 1,1 kW

Ce schéma représente une **courbe de coordination de protection électrique** pour un moteur asynchrone de **1,1 kW** fonctionnant sous **0,4 kV**. L'axe horizontal indique le courant en ampères, tandis que l'axe vertical représente le **temps de déclenchement en secondes**.

Deux courbes principales sont tracées :

- **CB1** : la courbe de déclenchement du disjoncteur, avec une zone hachurée indiquant ses seuils de protection.
- **Mtr1-START8M** : la courbe de démarrage du moteur, illustrant le pic de courant pendant le démarrage et son comportement temporel.

L'objectif de cette représentation est de **vérifier que le disjoncteur protège efficacement le moteur sans provoquer de déclenchement intempestif** lors du démarrage. Cela garantit une bonne sélectivité et une coordination [28] entre les équipements de protection et les charges.

IV.6 Les différentes stratégies de continuité de service

Pour assurer une meilleure qualité de service, le réseau doit être apte à s'adapter à plusieurs cas de disfonctionnement pouvant causer des problèmes aussi bien économique en particulier les biens et les personnes. De cette faite pour assurer une bonne continuité de service de notre monte-charge on a intégré dans notre Simulation les différents cas Pannes qui peuvent se répercuter sur le réseau en général et sur le monte-charge en particulier.

Le fonctionnement normal étant évidant, la configuration est basée sur le cas anormal. Parmi ceci nous avons choisis un cas de panne sur la source, sur un jeu de barre principale, sur un moteur triphasé et voici les différents cas de simulation avec l'analyse des résultats.

IV.7 Analyse de court-circuit

L'analyse de court-circuit nous permet de visualiser le fonctionnement de notre monte-charge en cas de défaut [29], en identifiant les intensités de courant extrêmes susceptibles d'endommager les équipements et en vérifiant l'efficacité des protections mises en place pour garantir la sécurité de l'installation.

Pour bien comprendre ce fonctionnement on a eu à introduire certain défaut soit venant de la source ou de l'un des jeux-de barre en fin de connaitre comment va se comporter notre monte-charge et essayer de trouver un remède en cas de fonctionnement anormal de notre ascenseur.

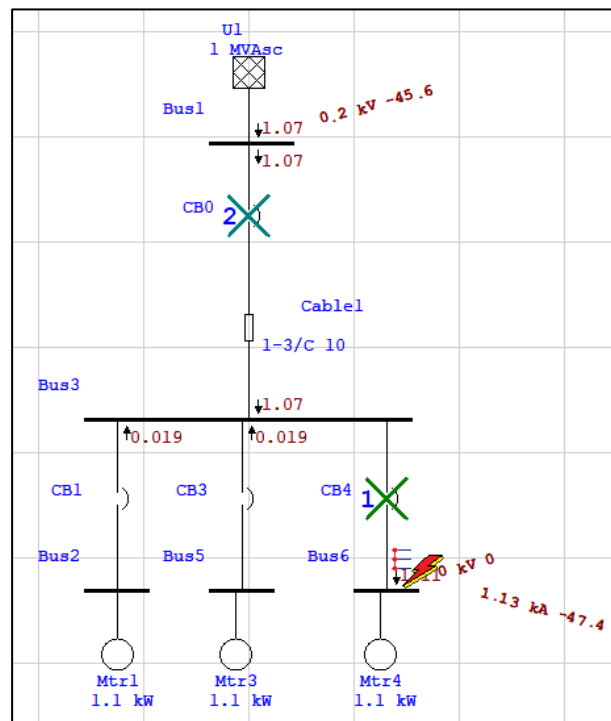


Figure IV 8 Schéma unifilaire de court-circuit

Le schéma unifilaire représente un système de distribution dans lequel le transformateur **U1** alimente le **Bus1** à **0,2 kV**, distribuant l'énergie à travers le disjoncteur **CB0** et des câbles jusqu'aux charges finales, avec une surveillance assurée par des compteurs (**Mtr1, Mtr3, Mtr4**)

La courbe TCC montre que le disjoncteur moteur coupe le courant de défaut **1,129 kA** en environ **0,050 s** sur **Bus6**, assurant une protection rapide et sélective avant l'intervention du disjoncteur principal.

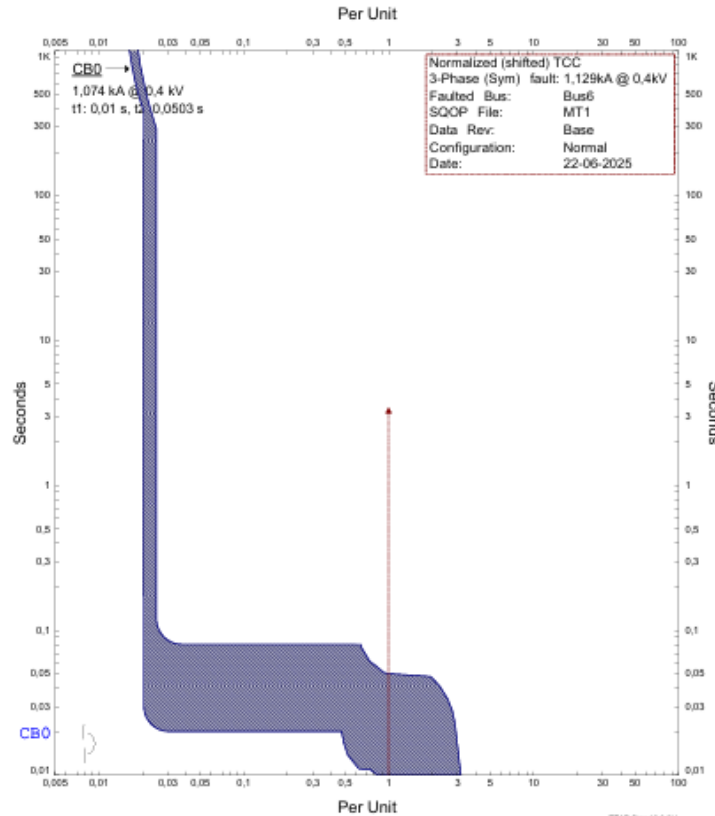


Figure IV 9 Schéma de coordination temps-courant (Time Current Characteristic, TCC)

La courbe **TCC** montre que le **disjoncteur CBO**, calibré à **1,074 kA**, assure une protection efficace en se déclenchant en environ **0,050 s** face à un défaut triphasé de **1,129 kA** sur le bus **6** à **0,4 kV**.

Sequence-of-Operation Events - Output Report: MT1

3-Phase (Symmetrical) fault on bus: Bus3

Data Rev.: Base Config: Normal Date: 22-06-2025

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
50.3	CB0	1.074	10.0	50.3	Phase

Figure IV 10 Rapport de simulation

Le schéma présente un **rapport de déclenchement automatique** issu d'un essai de **court-circuit triphasé** sur **Bus3**. Le **disjoncteur CB0** a détecté un courant de défaut de **1.074 kA**, avec un

délai d'action de **50.3 ms**. L'événement s'est produit dans une configuration normale, sur une installation basse tension alimentée par une source de **1 MVA** à **0.2 kV**. Ce résultat confirme une **réactivité rapide et conforme du dispositif de protection**.

IV.7.1 Monte de levage

Dans la première partie, nous discuterons des résultats dans le cas de l'ascension par levage :

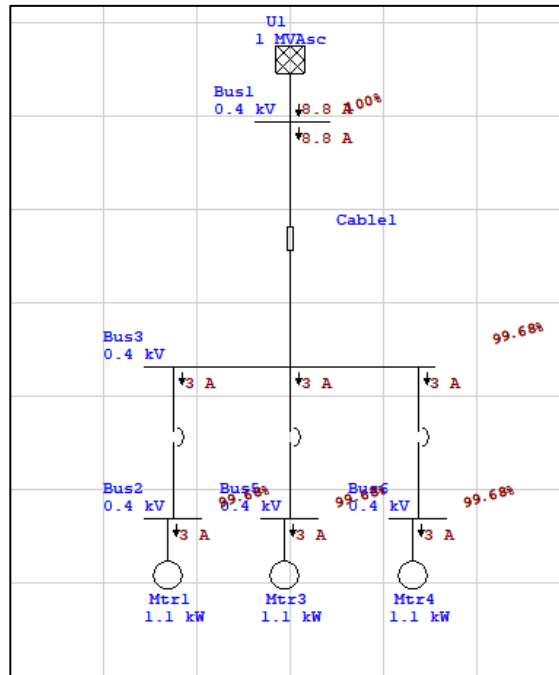


Figure IV 11 Schéma unifilaire d'un réseau électrique de levage

La figure représente un schéma unifilaire d'un réseau électrique de levage basse tension (0,4 kV) alimenté par une source de 1 MVA. Le courant total de 8,8 A est distribué via un câble principal vers trois bus secondaires (Bus2, Bus3 et Bus6). Ces derniers alimentent des charges incluant plusieurs moteurs de 1,1 kW chacun. Les tensions relevées montrent de faibles chutes : 99,68 % sur Bus3 et 99,44 % sur Bus6, indiquant une bonne stabilité du réseau.

Device ID	Type	Alert	Condition	Rating/Limit	Unit	Operating	% Operating	TBegin	Duration
Bus2	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.38	94.9	0	0.24
Bus3	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.38	94.9	0	0.24
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.38	94.9	0	0.24
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.38	94.9	0	0.24

Figure IV 12 Analyse du démarrage le moteur dynamique (ETAP)

Ce tableau, tiré d'une simulation de démarrage dynamique dans ETAP, met en évidence une alerte de **sous-tension** observée sur les barres de distribution **Bus2, Bus3, Bus4 et Bus5**, où la tension mesurée atteint **0,38 kV**, soit **94,9 % de la valeur nominale de 0,4 kV**. Bien qu'aucun déclenchement

n'ait été enregistré (0 trips/h), cette alerte signale une **baisse transitoire de tension durant 0,14 seconde** au moment du démarrage moteur.

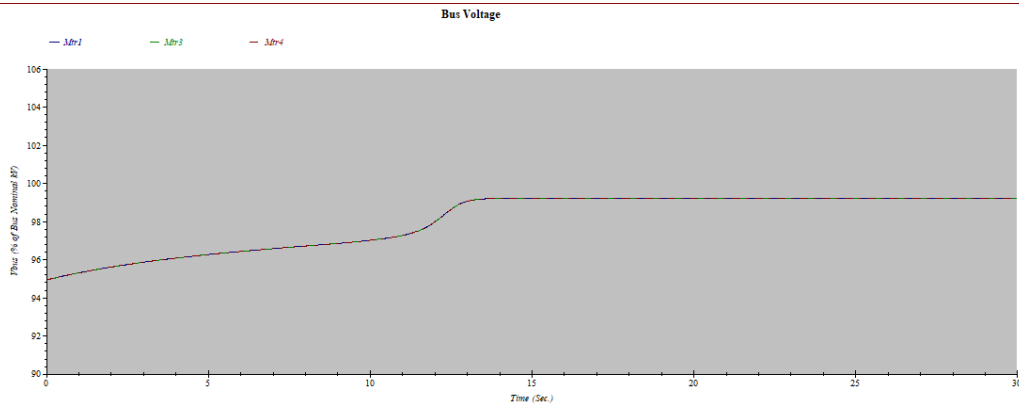


Figure IV 13 Chute de la tension aux barres lors du démarrage moteur

Ce graphique, issu d'une simulation dans ETAP, montre la **variation de la tension sur trois barres électriques (Mr1, Mr3, Mr4)** montre la variation de la tension sur trois barres électriques (Mr1, Mr3, Mr4) lors d'un démarrage moteur : après une chute initiale autour de 94 %, les tensions remontent progressivement pour se stabiliser à 100 % vers 15 secondes, indiquant un retour à l'équilibre du réseau.

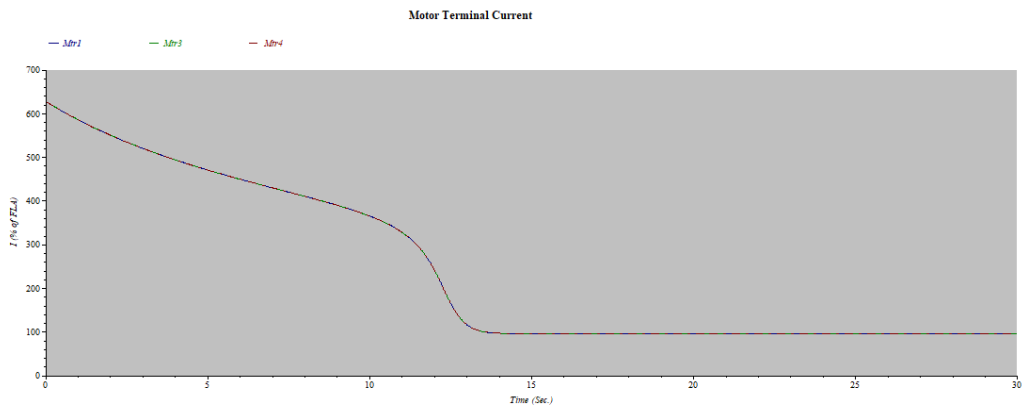


Figure IV 14 Courant de démarrage aux bornes du moteur

Ce graphique illustre un **démarrage direct** des moteurs Mn1, Mn3 et Mn4, avec un **appel de courant initial très élevé (~650 %)** suivi d'une **décroissance progressive vers 100 %** du courant nominal en une dizaine de secondes. Cela indique une **mise en régime stable sans à-coup**, typique d'un scénario de démarrage bien modélisé.

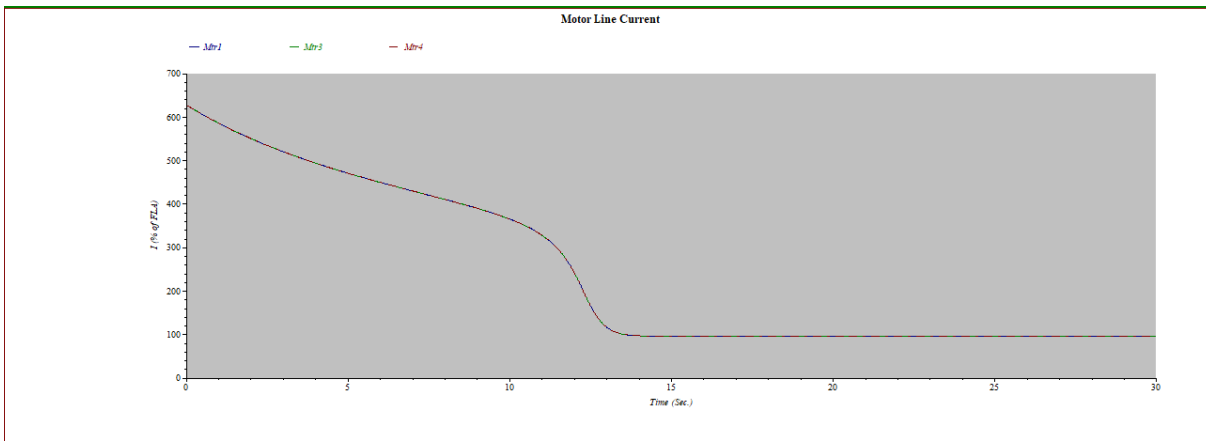


Figure IV 15 Courant de ligne moteur

Ce graphique montre l'évolution du **courant de ligne** des moteurs **Mr1, Mr3 et Mr4** en pourcentage du courant de pleine charge, sur une période de **30 secondes**. Les trois courbes présentent une **chute progressive du courant** à partir d'environ **120 %**, suivie d'une **stabilisation autour de 100 % après 15 secondes**. Cela reflète un **démarrage moteur contrôlé**, avec un courant initial plus élevé qui diminue à mesure que le moteur atteint son régime nominal.

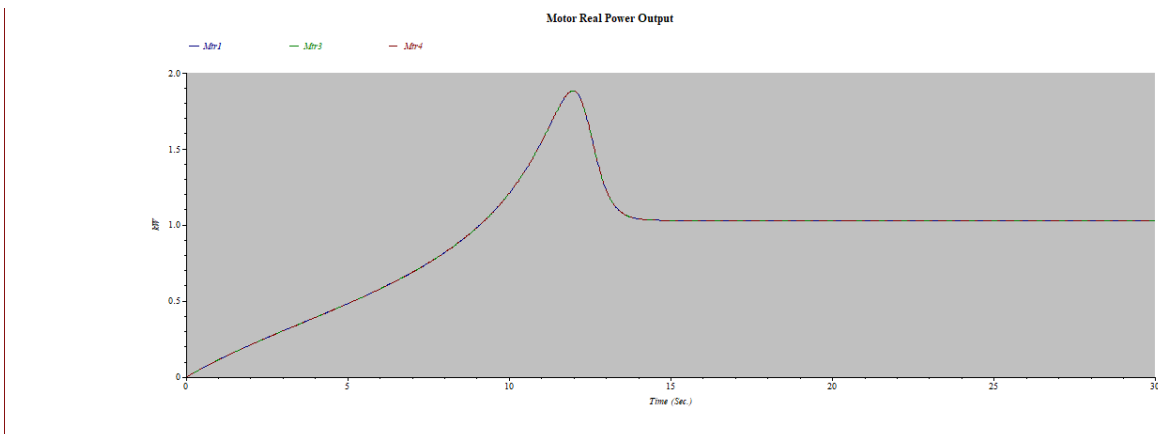


Figure IV 16 Puissance active du moteur (kW)

La figure affiche deux courbes issues d'une simulation dans ETAP montrant la **puissance active (ou réelle) produite par le moteur Mtr1** pendant un scénario de démarrage, et montrant progressive linéaire de la puissance de **0 à environ 0,7 kW** sur une période de **10 secondes**. Cela indique que le moteur atteint progressivement sa pleine charge en régime permanent.

Cette évolution est typique d'un **démarrage sous contrôle** avec montée progressive du couple moteur et du travail mécanique associé. Cela permet de **limiter les contraintes sur le réseau** et d'assurer une **meilleure durée de vie du moteur**.

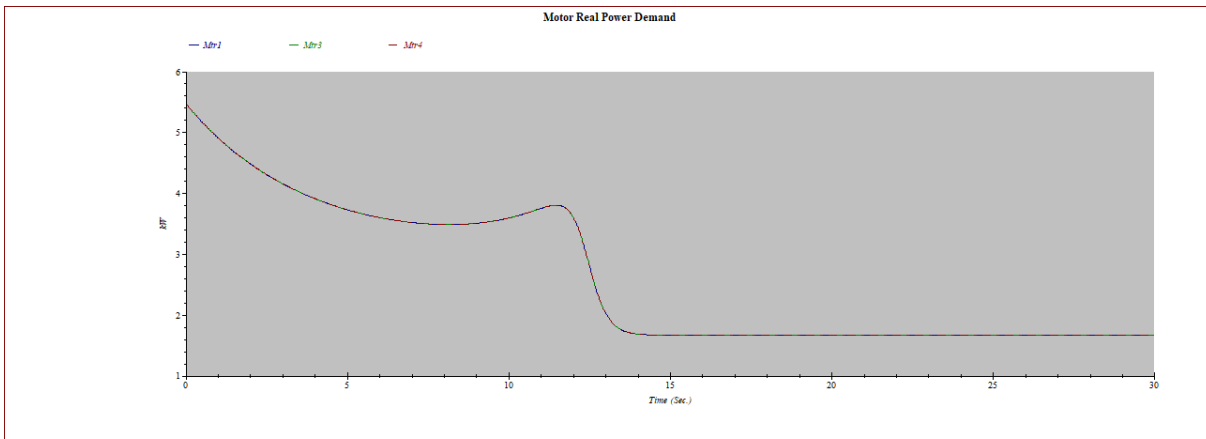


Figure IV 17 Demande de puissance active du moteur

Ce graphique montre la **puissance active de sortie** des moteurs Mr1, Mr3 et Mr4 : elle augmente progressivement jusqu'à un **pic d'environ 2 pu**, puis **diminue et se stabilise à 1 pu**, traduisant une **phase d'accélération suivie d'un fonctionnement stable**.

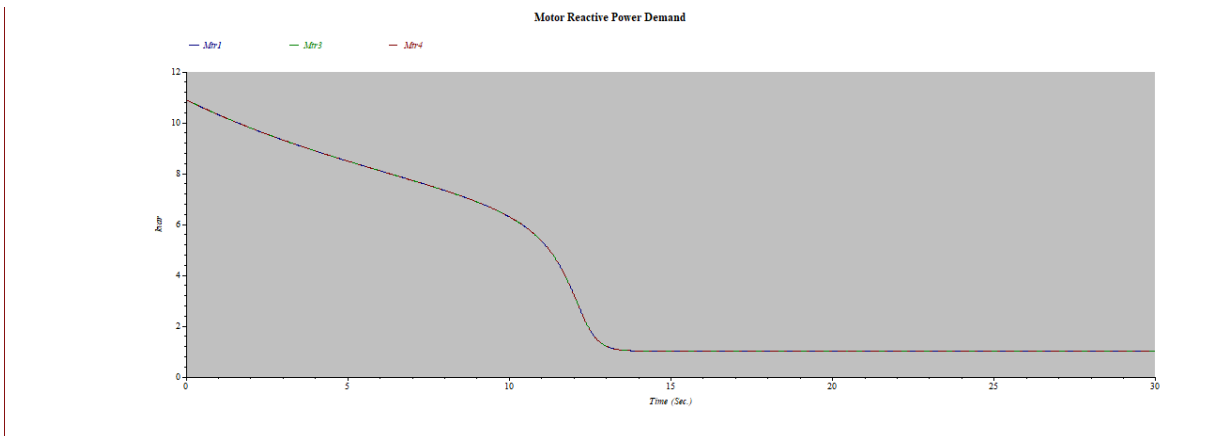


Figure IV 18 Demande de Puissance réactive du moteur (kvar)

Ce graphique montre que les moteurs Mtr1, Mtr3 et Mtr4 absorbent une **puissance réactive élevée (~11 pu) au démarrage**, qui **diminue progressivement** pour se **stabiliser près de zéro vers 15 secondes**, indiquant leur passage en **régime nominal stable**. Cela reflète un comportement classique de démarrage moteur avec équilibrage réactif du réseau.

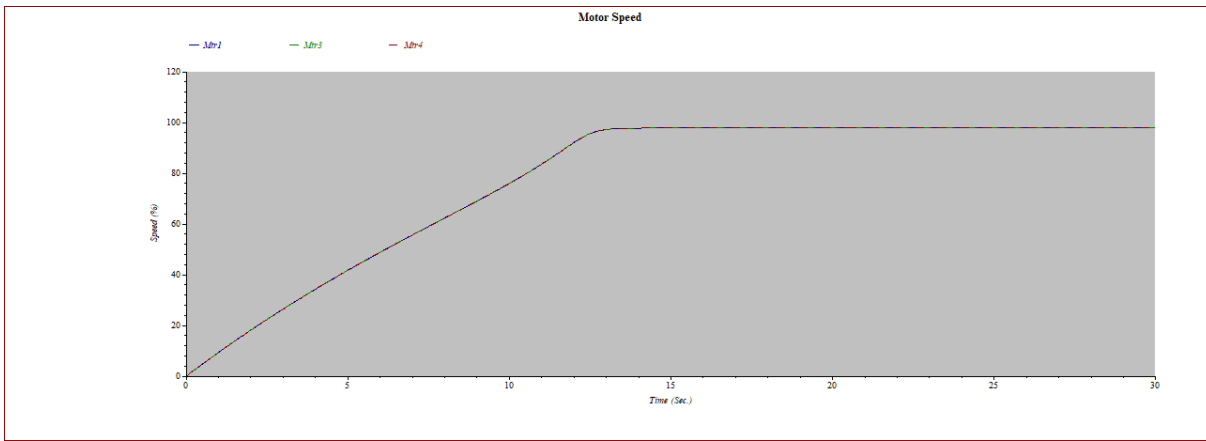


Figure IV 19 Vitesse du moteur

Ce graphique montre une **montée progressive de la vitesse** des moteurs Mr1, Mr3 et Mr4 de **0 % à 100 % en 10 secondes**, suivie d'une **stabilisation à 100 %**, indiquant un **démarrage synchronisé et maîtrisé** des moteurs jusqu'au régime nominal.

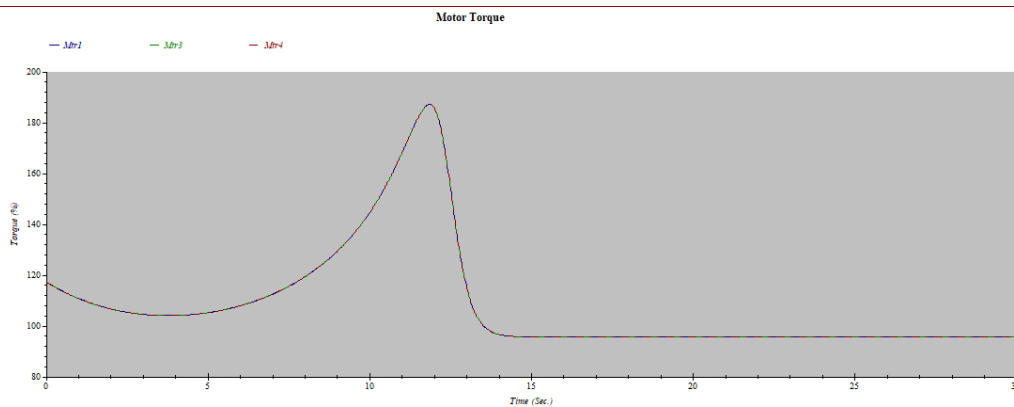


Figure IV 20 Couple moteur

Ce graphique montre l'évolution du **couple moteur** pour les moteurs Mr1, Mr3 et Mr4 sur 30 secondes. Après un **pic de couple important (~200 %) autour de 10 secondes**, les courbes chutent rapidement pour **se stabiliser à 100 %**, indiquant une **phase d'accélération puissante suivie d'un régime nominal atteint avec succès**.

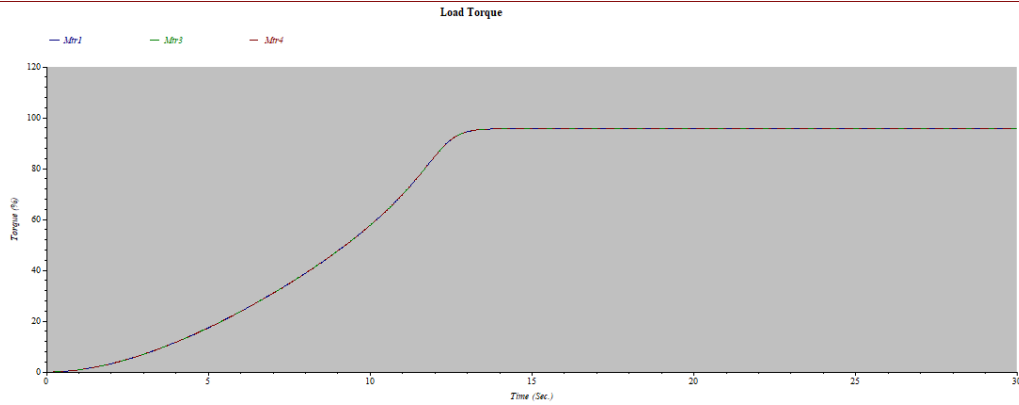


Figure IV 21 Couple résistant appliqué à la charge

Ce graphique représente l'évolution du **couple résistant appliqué** aux moteurs Mr1, Mr3 et Mr4. On y observe une **augmentation progressive du couple de 0 % à 100 % pendant les 15 premières secondes**, suivie d'une **stabilisation constante à 100 %**, indiquant une charge qui devient pleinement active après une phase de montée maîtrisée.

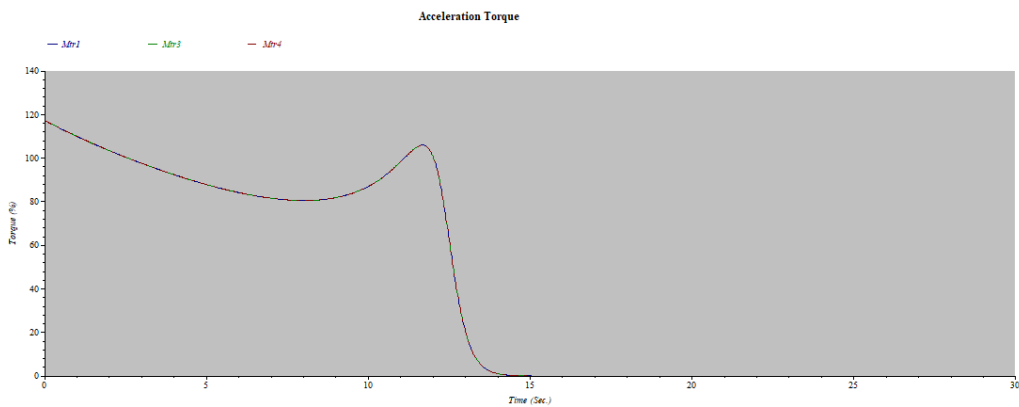


Figure IV 22 Couple d'accélération moteur

Ce graphique illustre l'évolution du **couple d'accélération** pour les moteurs Mn1, Mn3 et Mn4 sur 30 secondes. On observe une **baisse initiale de ~120 % à 60 % du couple**, suivie d'un **saut vers 100 %**, puis une **chute brutale à 0 % autour de 15 secondes**, où le couple reste nul jusqu'à la fin. Cela reflète une **phase transitoire d'accélération suivie d'un régime stabilisé sans besoin de couple supplémentaire**.

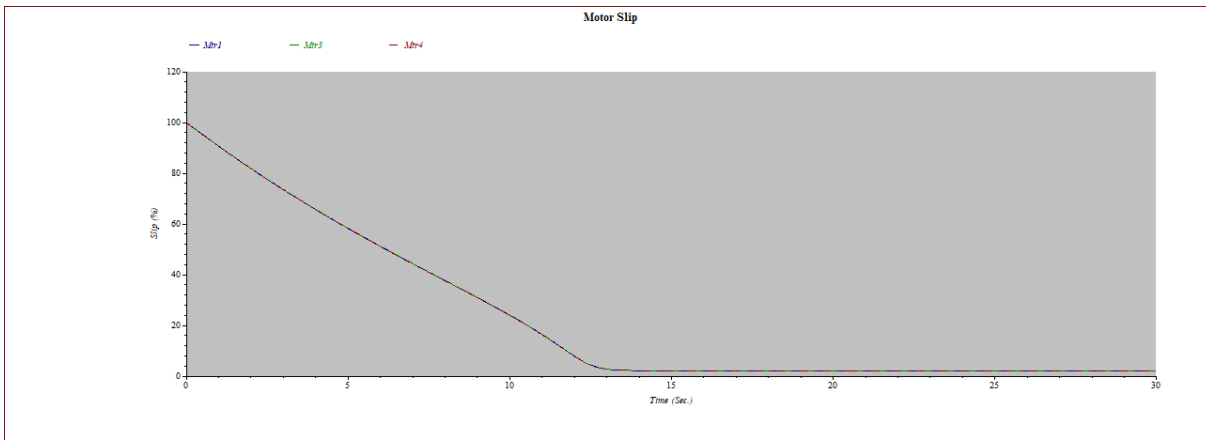


Figure IV 23 Glissement du moteur (Motor Slip)

Ce graphique montre l'évolution du **glissement** des moteurs Mr1, Mr3 et Mr4 : il débute à **100 % au démarrage**, puis **diminue progressivement jusqu'à 0 % aux alentours de 15 secondes**, où il reste stable. Cela indique que les moteurs ont atteint leur **synchronisation avec la vitesse du champ tournant**, confirmant un passage réussi au régime nominal.

IV.7.2 Descente de lavage :

Dans la deuxième partie, nous discuterons des résultats opposés, c'est-à-dire dans le cas d'une descente de lavage :

Study Case: MS		Data Revision: Base							
Configuration: Normal		Date: 19-06-2025							
Zone Filter		Area Filter		Region Filter					
1		1		1					
Critical									
Marginal									
Device ID	Type	Alert	Condition	Rating/Limit	Unit	Operating	% Operating	TBegin	Duration
Bus2	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.38	94.9	0	0
Bus3	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.38	94.9	0	0
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.38	94.9	0	0
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.38	94.9	0	0

Figure IV 24 Analyse du démarrer le moteur dynamique (ETAP)

Dans le scénario MS - Normal, quatre bus basse tension (Bus2, Bus3, Bus5, Bus6) présentent une alerte de sous-tension à 94,9 % de la tension nominale (0,38 kV contre une limite de 0,4 kV). Chaque alerte est classée dans la condition Under Voltage, avec une durée d'occurrence de 0,02 s, indiquant un incident bref mais significatif à surveiller.

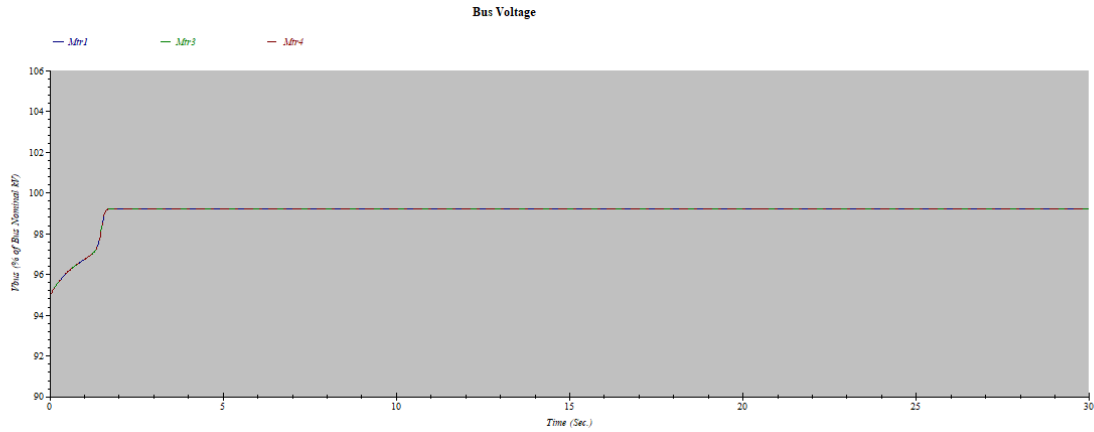


Figure IV 25 Chute de la tension aux barres lors du démarrage moteur

Ce graphique représente la **tension au niveau du bus d'alimentation (V/pu)** pour les moteurs Mr1, Mr3 et Mr4 sur une durée de 30 secondes. La tension démarre légèrement basse (~94 %), grimpe rapidement vers **98 %**, puis se **stabilise autour de 100 %**, indiquant une **mise sous tension efficace et une bonne régulation de la tension réseau**.

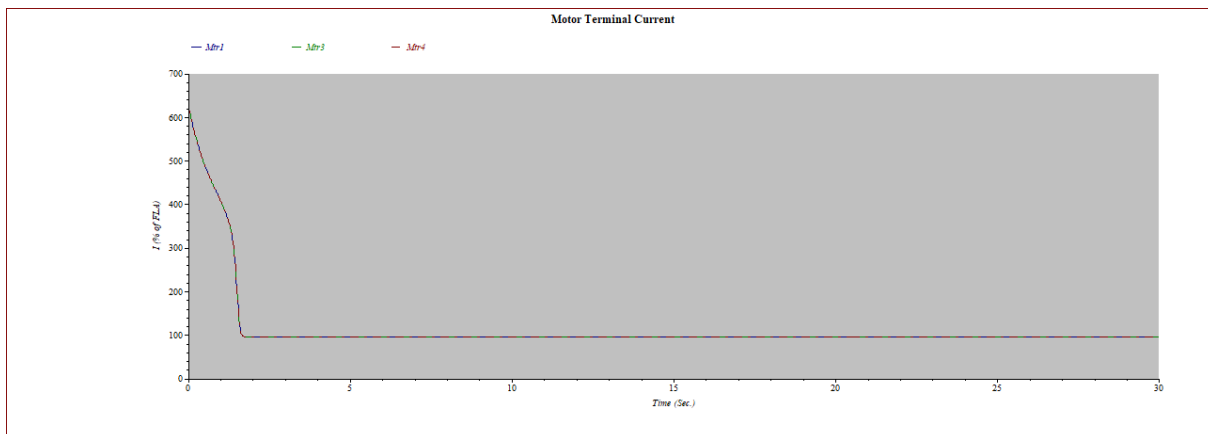


Figure IV 26 Courant de démarrage aux bornes du moteur

Ce graphique représente le **courant aux bornes des moteurs Mtr1, Mtr3 et Mtr4**, exprimé en pourcentage du courant nominal. Le courant démarre à environ **700 %**, traduisant un appel important au démarrage, puis **diminue rapidement dans les 5 premières secondes** pour se **stabiliser autour de 100 %**, indiquant que les moteurs ont atteint leur régime établi sans surcharge prolongée.

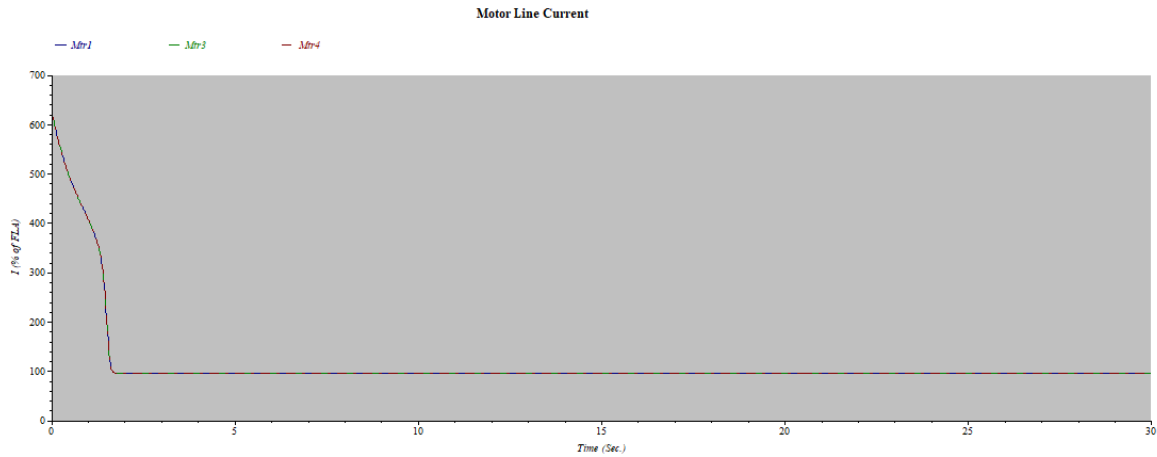


Figure IV 27 L'évolution du courant de ligne du moteur

Ce graphique illustre le **courant de ligne des moteurs Mr1, Mr3 et Mr4**, exprimé en pourcentage du courant nominal. Au démarrage, le courant atteint un **pic élevé d'environ 600 %**, puis **décroît rapidement** dans les premières 5 secondes pour se **stabiliser autour de 100 %**, ce qui indique un **démarrage direct classique** suivi d'un **fonctionnement nominal stable** sans surcharge prolongée.

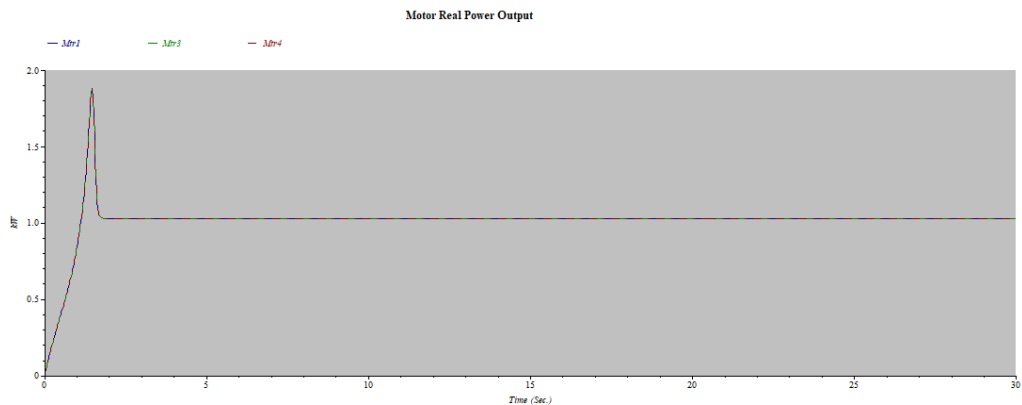


Figure IV 28 Puissance active de sortie du moteur

Ce graphique montre la **puissance active de sortie** des moteurs Mr1, Mr3 et Mr4 au cours du démarrage. On observe une **pointe à environ 2 MW** dans les premières secondes, suivie d'une **stabilisation autour de 1 MW**, indiquant que les moteurs ont atteint leur régime nominal après une phase transitoire de pleine charge.

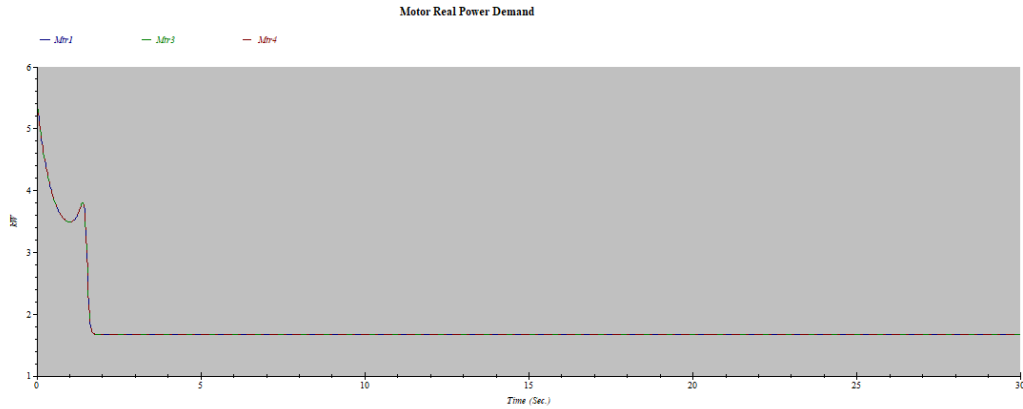


Figure IV 29 Puissance active demandée par le moteur

Ce graphique représente la **puissance active demandée (en kW)** par les moteurs Mr1, Mr3 et Mr4 sur 30 secondes. Les courbes débutent autour de **5,5 kW**, chutent rapidement vers **3,5 kW**, connaissent un léger **pic transitoire**, puis se **stabilisent à environ 2 kW**, indiquant une **phase de démarrage énergivore suivie d'un régime établi efficace et constant**.

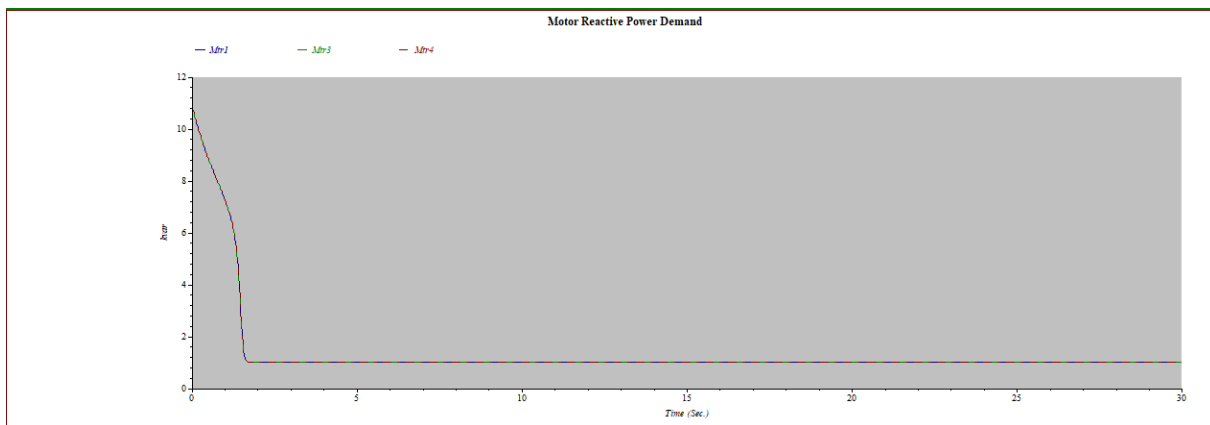


Figure IV 30 Puissance réactive demandée par le moteur

Ce graphique montre l'évolution d'une grandeur (probablement **courant ou puissance**) pour les moteurs Mr1, Mr3 et Mr4. Les trois courbes commencent à une valeur élevée (~11 unités), puis **chutent rapidement à 1 unité dans les 5 premières secondes**, avant de rester **stables jusqu'à 30 secondes**. Cela reflète un **démarrage dynamique avec absorption initiale importante**, suivi d'un fonctionnement en **régime nominal stabilisé**.

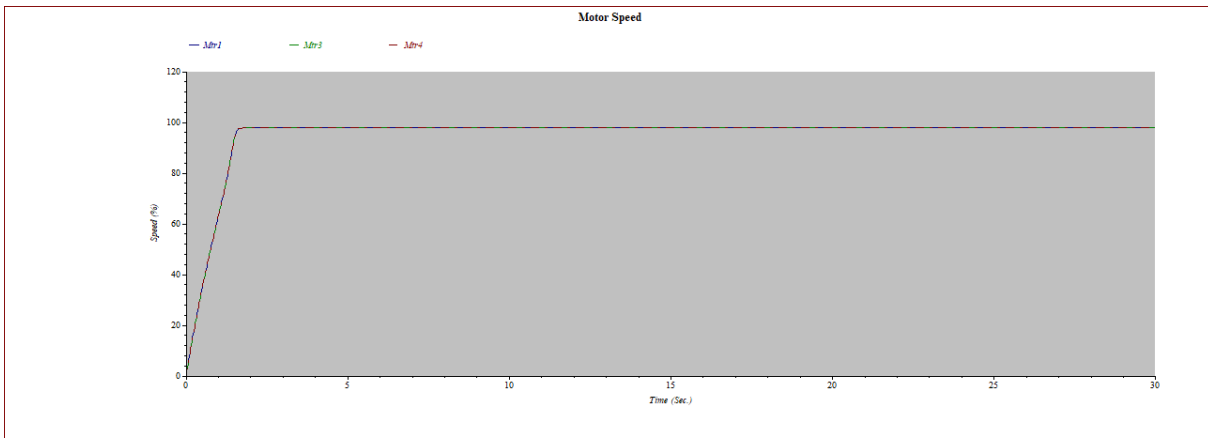


Figure IV 31 Vitesse moteur

Ce graphique montre l'évolution de la vitesse des moteurs Mr1, Mr3 et Mr4 lors d'un démarrage : la vitesse passe rapidement de 0 % à 100 % dans les premières secondes, puis reste stable à 100 %, indiquant une montée en régime rapide et synchronisée jusqu'au régime nominal.

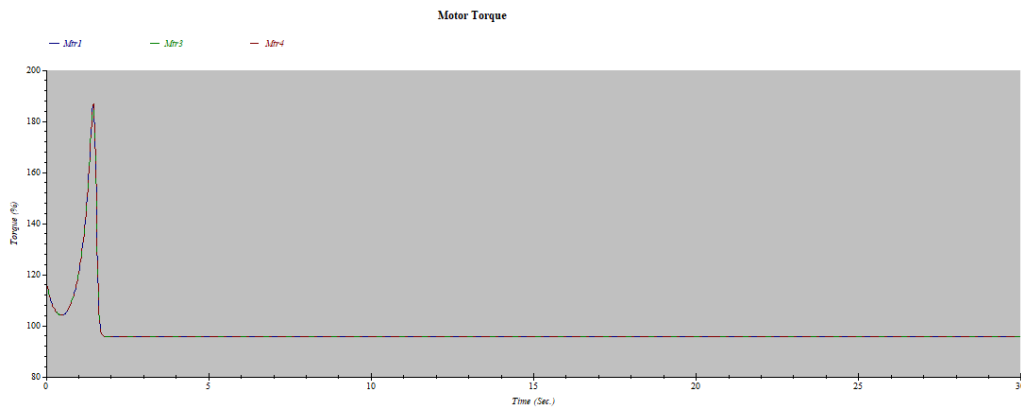


Figure IV 32 Couple moteur

Le graphique présente le couple moteur des machines Mr1, Mr3 et Mr4 : après un pic autour de 180–190 % dans les 2–5 premières secondes, le couple diminue progressivement et se stabilise à 100 %, traduisant une accélération forte suivie d'un régime nominal atteint avec stabilité

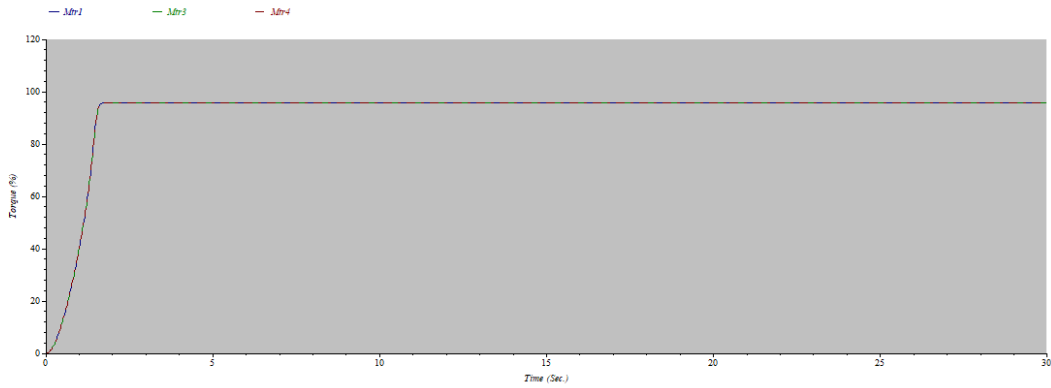


Figure IV 33 Couple résistant

Ce graphique illustre le **couple moteur (%)** pour Mr1, Mr3 et Mr4 sur 30 secondes. Les courbes débutent à **0 %**, augmentent rapidement, puis se **stabilisent autour de 100 %**, indiquant que les moteurs ont atteint leur **couple nominal après une montée progressive contrôlée** — un comportement typique d'un **démarrage maîtrisé**.

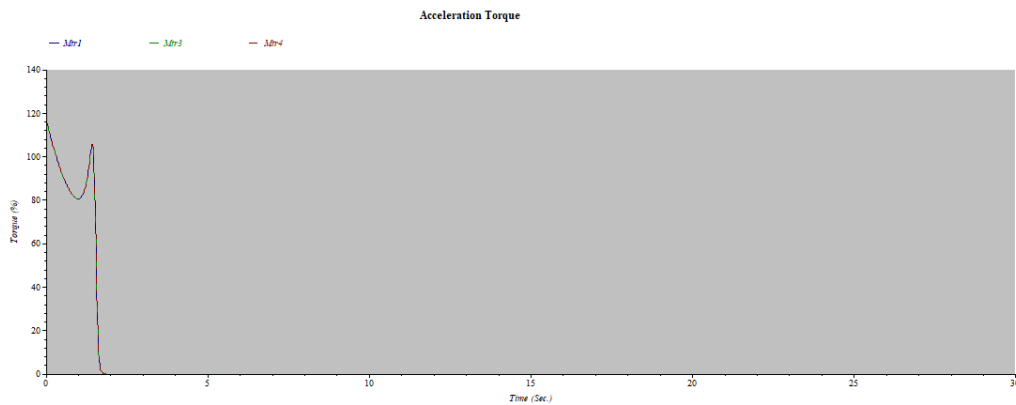


Figure IV 34 Couple d'accélération

Ce graphique illustre l'évolution du **couple d'accélération** des moteurs Mtr1, Mtr3 et Mtr4. Après un **niveau élevé en tout début de simulation (~130 %)**, le couple diminue rapidement de façon irrégulière, puis chute brutalement à **0 % dès la cinquième seconde**, où il reste constant. Cela indique que les moteurs ont terminé leur **phase d'accélération très tôt** et n'ont plus besoin d'effort supplémentaire pour maintenir la vitesse, ce qui traduit un **régime permanent atteint rapidement**

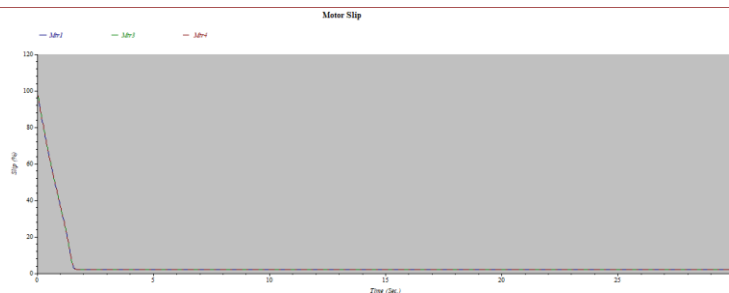


Figure IV 35 Glissement moteur

Ce graphique illustre le **glissement des moteurs Mr1, Mr3 et Mr4 lors de la descente du monte-charge**. Le glissement débute à environ **100 %**, puis **diminue rapidement jusqu'à atteindre 0 % en moins de 5 secondes**, où il reste stable par la suite. Cela indique que les moteurs ont **atteint leur synchronisation avec la vitesse du champ magnétique**, assurant une **descente**

maîtrisée et sans à-coups du monte-charge.

IV.8 Comparaison montée / descente à partir des courbes ETAP

Tableau IV 1 Tableau de comparaison montée / descente de monte-charge

Grandeur	Montée (levage)	Descente (lavage)	Commentaire d'interprétation
Courant de crête	≈ 650 % du In (~680 A), décroissance en ~10–15 s	≈ 700 % du In (~650 A), chute rapide à 100 % en ~5 s	En descente, la gravité réduit la durée d'appel de courant ; les composants sont donc moins sollicités thermiquement.
Demande de puissance active	≈ 0,7 kW → stabilisation à 0,7–1 kW	Pic ≈ 2 MW → stabilisation à ≈ 1 MW	En montée, l'effort est constant. En descente, un pic transitoire est suivi d'un relâchement rapide (freinage ou récupération).
Tension aux barres / moteur	Chute à ~94,9 % (0,38 kV), retour à 100 % vers 15 s	Chute à ~94 %, stabilisation plus rapide (5–10 s)	Réseau rigide dans les deux cas. La montée a une récupération plus lente ; en descente, le système réagit plus vite à la baisse.
Glissement	100 % → 0 % en ~15 s	100 % → 0 % en ~5 s	La synchronisation est plus rapide en descente, car la charge favorise l'accélération.
Couple moteur	Pic à ~200 %, chute progressive à 100 %	Pic à ~190 %, stabilisation rapide à 100 %	L'effort moteur est plus marqué à la montée (contre la gravité), alors qu'en descente il s'agit de réguler la charge.
Couple d'accélération	~120 % → 0 % en ~15 s	~130 % → 0 % dès la 5 ^e seconde	Phase d'accélération plus longue en montée, contrôlée ; descente plus dynamique.
Puissance réactive (kvar)	Pic ~11 pu → 0 en ~15 s	Pic ~11 pu → 0 en ~5 s	Descente montre une meilleure stabilisation du facteur de puissance plus rapidement.
Vitesse moteur	0 % → 100 % en 10 s	0 % → 100 % en < 5 s	Montée progressive en levage, démarrage plus rapide en descente grâce à la contribution gravitaire.

Synthèse :

- **Montée** : régime le plus sollicité électriquement ; courant et couples élevés durant toute la phase d'élévation. Le dimensionnement des câbles ($\geq 1,5 \text{ mm}^2$), disjoncteurs et transformateur doit être basé sur cette situation de charge maximale.
- **Descente** : phase courte d'appel de courant suivie d'un régime stabilisé à faible intensité. Les pertes thermiques sont très limitées, rendant le freinage régénératif pertinent pour valoriser l'énergie potentielle.
- **Qualité de tension** : le réseau reste rigide (chute $< 1 \%$) dans les deux cas, mais la **montée** constitue le scénario critique en termes de chute de tension transitoire.

IV.9 Freinage dans un monte-charge électrique – Analyse technique à partir des simulations

Le freinage joue un rôle essentiel dans le fonctionnement sécurisé et performant d'un monte-charge électrique. Il intervient principalement lors de la **phase de descente**, lorsque la cabine est entraînée par la gravité, mais également en cas d'arrêt d'urgence ou de coupure d'alimentation. À partir des simulations réalisées dans le logiciel ETAP, il est possible de tirer des conclusions précises sur le comportement du système pendant cette phase.

IV.9.1 Comportement électrique en descente

Lors de la descente, le moteur passe rapidement du mode moteur au **mode générateur** :

- Le **courant chute fortement** de 650 A à 100 A en moins de 5 s.
 - La **puissance active** diminue de 2 MW à 1 MW, et la **puissance réactive** chute à presque 0.
- Ce comportement indique une phase de **freinage électrique**, ouvrant la voie à un **freinage rhéostatique ou régénératif** pour contrôler la descente et valoriser l'énergie absorbée.

IV.9.2 Type de freinage identifié

Sur la base des courbes de courant, de puissance active et de couple moteur, deux types de freinage peuvent être identifiés :

➤ Freinage rhéostatique (ou dynamique)

- L'énergie mécanique de la descente est transformée en énergie électrique par le moteur fonctionnant en générateur, puis **dissipée sous forme de chaleur** dans une **résistance de freinage** connectée via un hacheur ou variateur.
- Ce type de freinage est cohérent avec la **chute rapide de la puissance active sans réinjection visible vers le réseau**.
- Il permet un ralentissement contrôlé de la cabine, sans sollicitation excessive des **freins mécaniques**, ce qui améliore la durabilité du système.

➤ Freinage régénératif (optionnel, recommandé)

- Le moteur, en mode générateur, **réinjecte l'énergie électrique récupérée vers le réseau ou un système de stockage** (batterie, supercondensateur).
- Cette solution est **particulièrement pertinente pour les systèmes à cycles fréquents**, comme les monte-charges de pigeonnier utilisés plusieurs fois par jour.
- Elle offre une **économie d'énergie significative** à moyen terme et s'inscrit dans une démarche de durabilité.

IV.9.3 Sécurité et frein mécanique

En complément du freinage électrique, un **frein électromécanique de sécurité** est systématiquement intégré. Ce dispositif, de type **à ressort à action positive**, remplit plusieurs fonctions critiques :

- Immobilisation de la cabine en cas de **coupure d'alimentation**,
- Activation lors d'un **arrêt d'urgence**,
- Blocage automatique en cas de **survitesse** (overspeed governor),
- Maintien en position si une **dérive incontrôlée** est détectée.

Ce frein est de type **normalement fermé (NF)** : il reste appliqué en l'absence de tension et ne se relâche que lorsqu'il est alimenté. Cette architecture respecte les exigences de la **norme EN 81-20** [30], garantissant une sécurité passive permanente, même en cas de défaillance du système électrique.

IV.10 Conclusion








Grâce aux résultats de la simulation à l'aide du logiciel ETAP, nous nous sommes assuré que le système électrique de l'ascenseur proposé à un haut niveau d'efficacité et de fiabilité dans les positions de montée et de descente.

Les analyses ont montré que les courants et les efforts de fonctionnement restent dans les limites de sécurité, et que la protection du système contre les pannes est assurée par une coordination minutieuse entre les disjoncteurs et les équipements.

De plus, une comparaison entre les montées et les descentes a montré que la montée nécessite un effort électrique plus important, tandis que la descente offre la possibilité d'appliquer des techniques avancées telles que le freinage régénératif pour améliorer la consommation d'énergie.

L'étude des scénarios de panne et des périodes de pointe a également prouvé que le système est capable de maintenir sa stabilité sans exposer les éléments électriques au risque de dommages. Tous ces résultats démontrent l'efficacité de la conception électrique proposée et soutiennent l'adoption de ce modèle dans des applications techniques similaires d'ascenseurs.

1. BMC. Business Model Canvas :

<p>Key Partners </p> <p>Entreprises de fabrication de structures métalliques</p> <p>Fournisseurs de composants électriques et mécaniques</p> <p>Organismes de soutien à l'innovation (NASDA)</p>	<p>Key Activities </p> <p>Conception du système électrique et mécanique.</p> <p>Maintenance et Installation et équipement d'ascenseur.</p>	<p>Value Propositions </p> <p>Faciliter le mouvement dans les bâtiments.</p> <p>Une solution technique qui combine la préservation du caractère architectural traditionnel avec l'innovation moderne.</p> <p>Système sûr et économe en énergie à un coût abordable</p>	<p>Customer Relationship </p> <p>Relation directe avec des entités commerciales</p> <p>Assistance technique après-vente et maintenance régulière</p>	<p>Customer Segments </p> <p>Municipalités et administrations de bâtiments publics fermés (aéroports, universités, Les hôpitaux...)</p> <p>Entreprises de nettoyage et d'entretien de grands bâtiments.</p> <p>Grands centres commerciaux</p>
<p>Cost Structure </p> <p>Achat des moteurs, système de commande et de sécurité.</p> <p>Fabrication de la structure avec des matériaux légers et résistants.</p> <p>Coûts de transport et d'installation.</p> <p>Le coût d'étude, de conception et de suivi maintenance.</p> <p>Salaires des employés et frais de bureau.</p>		<p>Revenue Streams </p> <p>Vente de l'ascenseur ou le système à des projets similaires dans d'autres régions.</p> <p>Contrats annuel de maintenance et support technique continu.</p> <p>Abonnements aux formations.</p>		

Ce Business Model Canvas présente une solution innovante de levage électrique intégrée dans des structures architecturales modernes, combinant des partenariats industriels solides, une offre technique sécurisée et économe en énergie, ainsi qu'une stratégie de commercialisation orientée

vers les collectivités locales, les établissements publics et les grands complexes. Il se distingue par une valeur ajoutée fondée sur l'intégration harmonieuse de l'innovation dans le patrimoine, tout en assurant maintenance, assistance et durabilité

2. BP. Business plan :

Tableau 2.1 de la liste des équipements techniques investis dans le projet

Retour au sommaire		ASF ALGERIAN STARTUP FUND		Durée d'amortissement		à intégrer ↓	
				5 années			
à intégrer ↓	à intégrer ↓	à intégrer ↓	à intégrer ↓	à intégrer ↓	à intégrer ↓	à intégrer ↓	à intégrer ↓
Désignation du matériel	Fonctionnalité du matériel	Prix unitaire	Année 01	Année 02	Année 03	Année 04	Année 05
Matériel N°01	Disjoncteur magnétique schneider	1	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000
Matériel N°02	Disjoncteur magnétothermique	3	4,000	12,000	12,000	12,000	12,000
Matériel N°03	Contacteur Schneider 24 DC	3	2,500	7,500	7,500	7,500	7,500
Matériel N°04	Relais thermique 2.5-32A	3	1,120	3,360	3,360	3,360	3,360
Matériel N°05	Relais de phase RDP1	1	3,391	3,391	3,391	3,391	3,391
Matériel N°06	Sectionneur porte-fusible Schneid	2	4,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Matériel N°07	Redresseur Powertech SA/120W	1	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700
Matériel N°08	Lampes LED 16 mm	6	800	4,800	4,800	4,800	4,800
Matériel N°09	Coffret armoire électrique IP66	1	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
Matériel N°10	Câbles électriques 3x1.5mm² 100m	1	8,600	8,600	8,600	8,600	8,600
Matériel N°11	Fin de course IP65	6	3,600	21,600	21,600	21,600	21,600
Matériel N°12	Capteur proximité SN04-P	1	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
Matériel N°13	Batterie 24 DC	1	57,807	57,807	57,807	57,807	57,807
Matériel N°14	Moteur triphasé SEVA -CMRV 063-9	3	152,700	458,100	458,100	458,100	458,100
Matériel N°15	Plateforme 500KG	1	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000
Matériel N°16	Les rails	6	4,000	24,000	24,000	24,000	24,000
Matériel N°17	Roulements	18	4,500	81,000	81,000	81,000	81,000
Total				857,818.00	857,818.00	857,818.00	857,818.00

Cette liste présente le matériel utilisé dans le projet, avec les prix unitaires et l'amortissement sur 5 ans. Elle permet de suivre la valeur de chaque équipement d'année en année et d'estimer les coûts à long terme.avec un total de 857 818 DZ


Tableau 2.2 Tendence d'Expansion des Activités : Installation, Maintenance et Formation

Retour au sommaire		ASF ALGERIAN STARTUP FUND		Chiffre d'affaires					
				FY22	FY23	FY24	FY25	FY26	FY27
				N-1 (historique)	Année 01	Année 02	Année 03	Année 04	Année 05
Produit/Service N°01	Désignation:	Installation d'ascenseur							
	Quantité:	128			12	21	27	32	36
	Prix unitaire:	1,000,000			1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
	Sous-Total:				12000000	21000000	27000000	32000000	36000000
Produit/Service N°02	Désignation:	Maintenance							
	Quantité:	267			30	41	55	63	78
	Prix unitaire:	120,000			120,000	120,000	120,000	120,000	120,000
	Sous-Total:				3600000	4920000	6600000	7560000	9360000
Produit/Service N°03	Désignation:	Les formations							
	Quantité:	100			10	15	20	25	30
	Prix unitaire:	10000			10000	10000	10000	10000	10000
	Sous-Total:				100000	150000	200000	250000	300000
TOTAL:				0	15700000	26070000	33800000	39810000	45660000
Progression:				-		66%	30%	18%	15%

Ce tableau montre une stratégie de croissance incrémentielle bien organisée. L'augmentation constante des quantités vendues dans tous les services, en particulier l'installation et la maintenance des ascenseurs, reflète une ambition claire d'expansion. La cohérence des prix unitaires indique un approvisionnement stable, tandis que l'ajout de la formation est une source diversifiée de revenus.

Tableau 2.3 des achats directs et projection des coûts sur 5 ans

Retour au sommaire



ASF
ALGERIAN STARTUP FUND

Achats directs

		FY22	FY23	FY24	FY25	FY26	FY27
		N-1 (historique)	Année 01	Année 02	Année 03	Année 04	Année 05
Produit/Service N°01	Désignation:	Moteur électrique					
	Quantité:		12	21	27	32	36
	Prix unitaire:	152,700	152,700	152,700	152,700	152,700	152,700
	Sous-Total:	0	1832400	3206700	4122900	4886400	5497200
Produit/Service N°02	Désignation:	Armoire de commande					
	Quantité:		12	21	27	32	36
	Prix unitaire:	90,000	90,000	90,000	90,000	90,000	90,000
	Sous-Total:		1080000	1890000	2430000	2880000	3240000
Produit/Service N°03	Désignation:	Câbles électriques et connectique					
	Quantité:		12	21	27	32	36
	Prix unitaire:	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000
	Sous-Total:		264000	462000	594000	704000	792000
Produit/Service N°04	Désignation:	Capteurs fin de course *2					
	Quantité:		12	21	27	32	36
	Prix unitaire:	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200
	Sous-Total:		86400	151200	194400	230400	259200
Produit/Service N°05	Désignation:	Rails +Plateforme+Fournitures diverses					
	Quantité:		12	21	27	32	36
	Prix unitaire:	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
	Sous-Total:		540000	945000	1215000	1440000	1620000
TOTAL:			3802800	6654900	8556300	10140800	11408400
Progression:			-	75%	29%	19%	13%

Ce tableau regroupe les achats directs liés au projet, répartis sur cinq années (FY23 à FY27). Il inclut les principales composantes telles que le moteur électrique, l'armoire de commande, les câbles et connectique, ainsi que les capteurs et rails.

Chaque ligne précise la quantité, le prix unitaire, et le sous-total annuel, ce qui permet d'avoir une vision claire de l'évolution des dépenses. On remarque une progression croissante du coût total chaque année, reflétant probablement une montée en charge du projet.

Tableau 2.4 Masse Salariale

[Retour au sommaire](#)



		Mensuel								
		à intégrer ↓	à intégrer ↓	Calcul automatique	Calcul automatique	à intégrer ↓	Calcul automatique	Calcul automatique	Calcul automatique	Calcul automatique
		Salaire Base Mensuel	Indemnité Mensuel	Retenue Sécurité	Retenue Sécurité	Prime Panier & Transport	Salaire imposable	IRG	Salaire Net Mensuel	Salaire chargé Annuel
Poste N°01	Ingénieur N°1	60 000		5,400	15,600		54,600	-300	54,900	903,600
Poste N°02	Ingénieur N°2	60 000		5,400	15,600		54,600	-300	54,900	903,600
Poste N°03	Ingénieur N°3	60 000		5,400	15,600		54,600	-300	54,900	903,600
Poste N°04	Ingénieur N°4	60,000		5,400	15,600		54,600	8,500	46,100	1,009,200
Poste N°05	Ingénieur N°5	60 000		5,400	15,600		54,600	-300	54,900	903,600
Poste N°06	Comptable	40 000		3,600	10,400		36,400	-7,300	43,700	517,200
Poste N°07	secrétaire	30,000		2,700	7,800		27,300	2	27,298	453,618
Poste N°08		0		0	0		0	0	0	0
Poste N°09		0		0	0		0	0	0	0
Poste N°10		0		0	0		0	0	0	0

ASF:
Exemple: Ingénieur Travaux Public, Développeur Web, Commercial,

à intégrer ↓						A intégrer ↓ A intégrer ↓ A intégrer ↓ A intégrer ↓					
ETP						Masse salariale chargée (Calcul automatique)					
N-1 (historique)	Année 01	Année 02	Année 03	Année 04	Année 05	N-1 (historique)	Année 01	Année 02	Année 03	Année 04	Année 05
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	903,600.00	903,600.00	903,600.00	903,600.00	903,600.00
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	903,600.00	903,600.00	903,600.00	903,600.00	903,600.00
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	903,600.00	903,600.00	903,600.00	903,600.00	903,600.00
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1,009,200.00	1,009,200.00	1,009,200.00	1,009,200.00	1,009,200.00
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	903,600.00	903,600.00	903,600.00	903,600.00	903,600.00
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	517,200.00	517,200.00	517,200.00	517,200.00	517,200.00
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	453,618.38	453,618.38	453,618.38	453,618.38	453,618.38
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	0.00	5,594,418.38	5,594,418.38	5,594,418.38	5,594,418.38	5,594,418.38

Ce tableau présente l'évolution prévisionnelle des ressources humaines et des charges salariales sur cinq années. Accompagnée d'une hausse proportionnelle de la masse salariale annuelle. Cette croissance maîtrisée reflète une stratégie d'investissement humain adaptée au développement des activités, tout en assurant une cohérence budgétaire entre les recrutements et les rémunérations.

Tableau 2.5 Des Charges Externes

[Retour au sommaire](#)



Charges externes

	à intégrer ↓ Historique (n-1)	à intégrer ↓ Année 01	à intégrer ↓ Année 02	à intégrer ↓ Année 03	à intégrer ↓ Année 04	à intégrer ↓ Année 05
DZD	FY22	FY23	FY24	FY25	FY26	FY27
Sous-traitance		240,000	240,000	240,000	240,000	240,000
Loyers		150,000	150,000	150,000	150,000	150,000
Energie/eau/gaz		100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Frais Marketing		-	-	-	-	-
Honoraires d'avocat		70,000	70,000	70,000	70,000	70,000
Honoraires du Notaire		-	-	-	-	-
Honoraires d'expert-comptable		50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
Honoraires Commissaire aux Comptes		150,000	150,000	150,000	150,000	150,000
Frais du transit		50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
Frais télécom		100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Divers fournitures						
Frais de formation						
R&D						
Autre 1		-	-	-	-	-
Autre 2						
Total	0	910,000	910,000	910,000	910,000	910,000

Ce tableau détaille l'évolution anticipée des charges externes entre FY23 et FY27. Les dépenses les plus significatives concernent la sous-traitance, les loyers et les honoraires professionnels (avocat, etc.). Leur répartition relativement stable à partir de FY23 suggère une maîtrise budgétaire et une structuration progressive des partenariats et des services externalisés.

Tableau 2.6 Bilan Prévisionnel sur 5 Ans

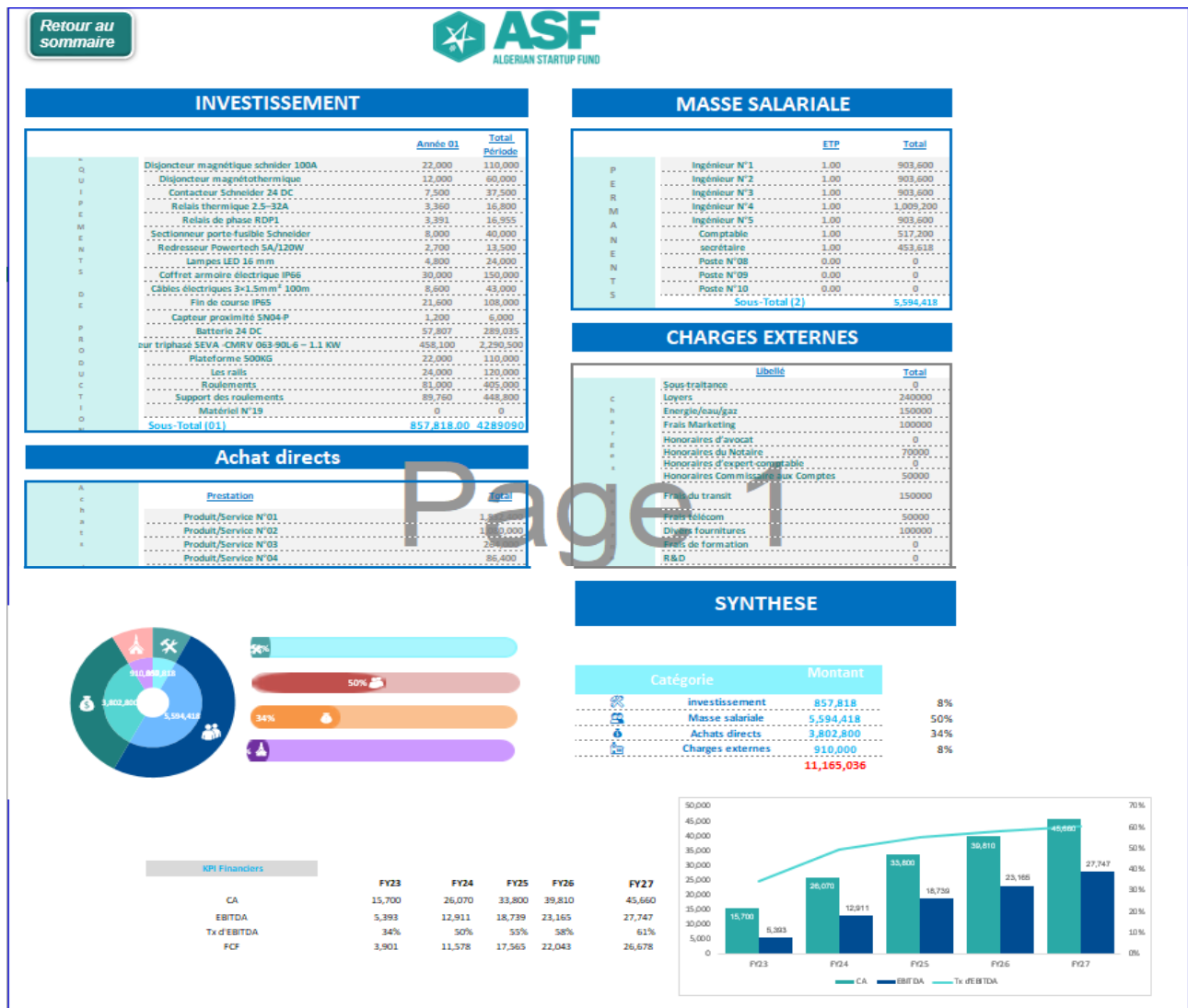
[Retour au sommaire](#)

Bilan

DZD	FY23	FY24	FY25	FY26	FY27
Immobilisations	686,254	1,200,945	1,544,072	1,715,636	1,715,636
Clients	-	-	-	-	-
Stock	633,800	1,109,150	1,426,050	1,690,133	1,901,400
Autres actifs courants					
Autres passifs courants					
Trésorerie	3,901,164	15,478,677	33,043,241	55,086,121	81,764,218
Fournisseurs	-	-	-	-	-
Actif Net	5,221,218	17,788,772	36,013,363	58,491,890	85,381,254
Capital social					
Résultat de l'exercice	5,221,218	12,567,554	18,224,591	22,478,527	26,889,364
Réserves légales					
Reports à nouveau		5,221,218	17,788,772	36,013,363	58,491,890
Total capitaux propres	5,221,218	17,788,772	36,013,363	58,491,890	85,381,254

Ce tableau présente l'évolution du bilan comptable prévisionnel entre FY23 et FY27. On y observe une forte augmentation de la trésorerie et des stocks, traduisant une croissance soutenue des liquidités et de l'activité. L'actif net augmente chaque année, en lien direct avec les bénéfices cumulés, tandis que les capitaux propres se renforcent exclusivement à travers les résultats non distribués. Cette dynamique illustre une stratégie de capitalisation prudente, sans augmentation du capital social, axée sur l'autofinancement de la croissance.

Tableau 2.7 Synthèse Budgétaire et Financier



Cette synthèse met en lumière la répartition des dépenses principales sur cinq ans ainsi que les indicateurs clés de performance (KPI). On y remarque que la masse salariale constitue la moitié des charges totales, confirmant une stratégie centrée sur le capital humain. Les autres postes — achats directs, sous-traitance, investissements — restent équilibrés. En parallèle, les KPI montrent une croissance continue du chiffre d'affaires, avec une amélioration régulière de l'EBITDA et du cash-flow libre, traduisant une rentabilité croissante et une gestion financière efficace.

Conclusion générale

Conclusion générale

À travers ce mémoire, nous avons mené une étude approfondie portant sur la conception et la réalisation de la partie électrique d'un système de levage d'ascenseur à traction, dans le cadre d'un projet innovant d'implantation de pigeonniers multifonctionnels à Mostaganem.

Ce travail nous a permis de mettre en œuvre un ensemble de compétences théoriques et pratiques acquises tout au long de notre formation en électrotechnique industrielle. De l'analyse des besoins fonctionnels à la modélisation du système, en passant par le dimensionnement des composants, le choix des solutions techniques et les simulations à l'aide d'outils spécialisés, chaque étape a été abordée avec rigueur et réflexion.

L'intégration d'un ascenseur dans un contexte aussi particulier que celui d'un pigeonnier a représenté un véritable défi, à la fois technique et créatif. Il a fallu concilier les exigences de performance et de sécurité avec celles d'un projet architectural original, tout en veillant à la faisabilité et à l'optimisation énergétique du système.

Ce projet nous a également permis de mieux appréhender les réalités du terrain, la complexité des systèmes automatisés, ainsi que l'importance de la normalisation, de la maintenance et de la durabilité dans toute installation électrique.

En somme, cette expérience a renforcé notre capacité à analyser, concevoir et proposer des solutions adaptées à des problématiques concrètes. Elle marque pour nous la fin d'un parcours académique riche en apprentissages, et le début d'un engagement professionnel que nous espérons tout aussi enrichissant.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie

- [1] J. Pierre, Les Ascenseurs : conception et fonctionnement, Paris: Edition techniques de l'ingenieur , 2018.
- [2] «Otis Elevator Company, ' History of the Elevator',» [En ligne]. Available: <https://www.otis.com>. [Accès le 10 Juin 2025].
- [3] «Thyssenkrupp, “MULTI: The world’s first rope-free elevator system,”» 2021. [En ligne]. Available: <https://www.thyssenkrupp-elevator.com>. [Accès le 10 Juin 2025].
- [4] G. Thomas, Ascenseurs et monte-charge: technologies et sécurité, Lyon: Presses Polytechniques, 2016.
- [5] *ISO 4190-1:2010, Installations de transport vertical – Ascenseurs – Règles d’aménagement pour les ascenseurs passagers et ascenseurs de charge..*
- [6] A. Benslama, A. Benslama, Génie électrique – systèmes d’ascenseurs, Mostaganem: Presses universitaires algériennes, 2020.
- [7] *Schneider Electric, “Technical Guide: Lift Control Systems,” Schneider Docs, 2019.*
- [8] *ISO 4309:2017 – Câbles en acier – Guide pour l’inspection et le retrait des câbles dans les appareils de levage..*
- [9] *EN 81-20:2014 – Règles de sécurité pour la construction et l’installation des élévateurs – Partie 20 : Ascenseurs pour personnes et pour charges.*
- [10] *EN 81-50:2014 – Règles de sécurité pour la construction et l’installation des élévateurs – Essais, calculs et examens des composants d’ascenseurs..*
- [11] *Schneider Electric , 2015 – Principes de transmission mécanique : catalogues moteurs et solutions d’entraînement..*
- [12] *SEW-Eurodrive . (2020). Guide Technique – Réducteurs standard et à vis sans fin. Bruchsal : SEW-Eurodrive GmbH & Co. KG.*
- [13] *ISO 16625 :2013 –Appareils de levage à charge suspendue et treuils- choix de cables, tam-bours et poulies.*
- [14] *Catalogue Montanari – Catalogue Technique Poulies TAB50, Montanari Giulio & C. Srl.*
- [15] P.Bourdon, Transmission de puissance – Conception des systèmes d'entraînement mécaniques. Techniques de l’Ingénieur, Réf. M5210, 2010.
- [16] A.Lemaître, Machines électriques – moteurs asynchrones et synchrones, Paris : El-lipses, 2009.
- [17] M.Hugon, Éléments de machines – Résistance des matériaux, engrenages, arbres, roulements., Paris :

Dunod, 2008.

- [18] SEVA TECH – *Fiches techniques moteurs de levage à vis sans fin – Modèle CMRV 063-90L-6.*
- [19] Schneider Electric, *Guide pratique de l'électricité industrielle*, Schneider Electric, 2016.
- [20] D. Chevrier, *Électrotechnique - Machines, composants et systèmes*, 3e éd., Dunod, 2019.
- [21] F. Barlier, *Automatisme industriel : capteurs, préactionneurs et actionneurs*, Cépaduès, 2015.
- [22] «Famic Technologies Inc., *Automation Studio – Manuel utilisateur*, Montréal, Canada,» 2020. [En ligne]. Available: www.famictech.com.
- [23] C. B. e. A. Mansouri, *Conception mécanique et modélisation 3D*, Ellipses, 2021.
- [24] «Dassault Systèmes, *Guide de l'utilisateur SOLIDWORKS*,» 2022. [En ligne]. Available: www.solidworks.com.
- [25] AFNOR, *Norme EN 81-20 : Règles de sécurité pour la construction et l'installation des ascenseurs*, AFNOR, 2020.
- [26] «Ministère de la Transition écologique (France), *Guide de sécurité des ascenseurs*,» 2021. [En ligne]. Available: www.ecologie.gouv.fr.
- [27] «ETAP. (2024). *ETAP Technical Manual: Electrical Power System Analysis & Operation Software*. ETAP Corporate.,» [En ligne]. Available: <https://etap.com>.
- [28] «Schneider Electric. (2019). *Guide technique – Coordination de la protection électrique des moteurs.*,» [En ligne]. Available: <https://www.se.com>.
- [29] *IEC 60909-0: Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 0: Calculation of currents. International Electrotechnical Commission..*
- [30] *EN 81-20:2020 – Safety rules for the construction and installation of lifts – Part 20: Passenger and goods passenger lifts. European Committee for Standardization.*
- [33] *IEEE Std 242-2001 (Buff Book): Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems. IEEE Power Engineering Society..*

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة عبد الحميد بن باديس-مستغانم-
كلية العلوم التكنولوجية

تصريح شرفي خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لإنجاز البحث

أنا الممض ي أدناه،
الطالب(ة): بن دلة محمد الأمين رقم التسجيل الجامعي 202037029788 الحامل لبطاقة التعريف الوطنية
رقم: 100030963013670006 والصادرة بتاريخ: 2025/02/25 عن بلدية مستغانم
المسجل بكلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة عبد الحميد ابن باديس/ قسم هندسة كهربائية
شعبة الكروتقني / التخصص الكروتقني صناعي والمكلف بإنجاز مذكرة ماستر بعنوان:

دراسة وتصميم الجزء الكهربائي من نظام رفع مصعد الجر لمشروع دور الحمام داخل مدينة مستغانم

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير الأخلاقيات العلمية والنزاهة الأكاديمية
المطلوبة في إنجاز البحث، وأتحمل المسؤولية الشخصية عن كل المحتوى المتضمن في البحث المذكور أعلاه.

التاريخ: 2025/06/23

إمضاء المعني



* ملحق القرار الوزاري رقم 933 المؤرخ في 28 جويلية 2016 الذي يحدد القواعد المتعلقة بالوقاية من السرقة العلمية ومكافحتها.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة التعليم
العالي والبحث العلمي

جامعة عبد الحميد بن باديس-مستغانم-
كلية العلوم و التكنولوجيا

تصريح شرفي خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لإنجاز البحث

أنا الممض ي أدناه،
الطالب(ة): بن حليمة محمد رقم التسجيل الجامعي: 202037029987 الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم: 100010963018230008
والصادرة بتاريخ: 2025.02.02 عن بلدية مستغانم
المسجل بكلية العلوم و التكنولوجيا جامعة عبد الحميد ابن باديس / قسم هندسة الكهربائية
شعبة الكترو تقني . التخصص الكترو تقني صناعي. والمكلف بإنجاز مذكرة ماستر بعنوان:
دراسة و تصميم الجزء الكهربائي لنظام رفع مصعد يعمل بالجر ضمن مشروع انشاء أبراج الحمام بمدينة مستغانم
أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير الأخلاقيات العلمية والنزاهة الأكاديمية
المطلوبة في إنجاز البحث ، وأتحمل المسؤولية الشخصية عن كل المحتوى المتضمن في البحث المذكور أعلاه .

التاريخ: 2025/06/23

إمضاء المعني



*ملحق القرار الوزاري رقم 933 المؤرخ في 28 جويلية 2016 الذي يحدد القواعد المتعلقة بالوقاية من السرقة العلمية ومكافحتها.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة التعليم
العالى والبحث العلمى

جامعة عبد الحمىء بن باءىس-مستغانم-
كلية العلوم والتكنولوجيا

تصرىء شرفى خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمىة
لإنجاز البحث

أنا الممضى أدناه،

رقم التسىءل الجامعى: 202037030009

الطالب(ة): بوعزة صلاح الءىن

والصادرة بتاريخ: 2024/03/02

الحامل لبطاقة التعرف الوطنىة رقم: 410077784

عن : بلدىة مستغانم

/ قسم الهندسة الكهربائىة
/التخصص كهروئقنى صناعى

المسىءل بكلية العلوم والتكنولوجيا
شعبة كهروئقنى

والمكلف بإنجاز مذكرة ماسئر بعنوان:

دراسة وتصمىم الجزء الكهربائى لنظام رفع مصعد يعمل بالجرّ ضمن مشروع إنشاء أبراج الحمام
بمءىنة مستغانم

أصرء بشرفى أنى ألتزم بمراعاة المعائىر العلمىة والمنهجىة ومعائىر الأخلاقىات العلمىة والنزاهة الأكاءىمىة
المطلوبة فى إنجاز البحث ، وأتحمل المسؤولىة الشخصىة عن كل المحتوى المتضمن فى البحث المذكور أعلاه .

التارىء: 2025/06/23

إمضاء المعنى

* ملءق القرار الوزارى رقم 933 المؤرخ فى 28 جوىلوىة 2016 الذى يءءد القواعد المتعلقة بالوقاىة من السرقة العلمىة ومكافءتها.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة التعليم
العالى والبحث العلمى

جامعة عبد الحمىء بن باءىس-مستغانم-
كلية العلوم والتكنولوجيا

تصرىء شرفى ءاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمىة لإنجاز البحث

أنا الممضى أدناه،

الطالب(ة): بن دراوة فتء النور

رقم التءجىل الجامعى 202037029955 الحامل لبطاقة التعرفى الوطنىة رقم: 118211501 والصادرة بتاريخ: 2020.07.30 عن دائرة

مستغانم

المسجل بكلية العلوم والتكنولوجيا قسم هندسة كهربائىة

شعبة /كهروتقنى التخصص كهروتقنى صناعى

والمكلف بإنجاز مذكرة ماستر بعنوان:

دراسة وتصمىم الجزء الكهربائى لنظام رفع مصعد يعمل بالجرّ ضمن مشروع إنشاء أبراج الحمام
بمءىنة مستغانم

أصرء بشرفى أنى ألتزم بمراعاة المعابىر العلمىة والمنهجىة ومعابىر الأخلاقيات العلمىة والنزاهة الأكاءىمىة
المطلوبة فى إنجاز البحث ، وأتءمل المسؤولىة الشءصىة عن كل المءتوى المتضمن فى البحث المذكور أعلاه .

التارىء: 2025.06.23

إمضاء المعنى

* ملءق القرار الوزارى رقم 933 المؤرء فى 28 جوبلىة 2016 الذى بءء القواعد المتعلقة بالوقاية من السرقفة العلمىة ومكافءتها.

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة عبد الحميد بن باديس-مستغانم-
كلية العلوم والتكنولوجيا

تصريح شرفي خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لإنجاز البحث

أنا الممضي أدناه،

الطالب(ة): قورين قورين رقم التسجيل الجامعي: 202037030015 الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم:

100021110137530002 والصادرة بتاريخ: 25/02/2025 عن بلدية مستغانم

المسجل بكلية العلوم والتكنولوجيا / قسم هندسة كهربائية

شعبة إلكتروني / التخصص إلكتروني صناعي والمكلف بإنجاز مذكرة ماستر بعنوان:

دراسة وتصميم الجزء الكهربائي من نظام رفع مصعد الجر لمشروع دور الحمام داخل مدينة مستغانم

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير الأخلاقيات العلمية والنزاهة الأكاديمية المطلوبة في إنجاز البحث، وأتحمل المسؤولية الشخصية عن كل المحتوى المتضمن في البحث المذكور أعلاه.

التاريخ: 23/06/2025

إمضاء المعني

* ملحق القرار الوزاري رقم 933 المؤرخ في 28 جويلية 2016 الذي يحدد القواعد المتعلقة بالوقاية من السرقة العلمية ومكافحتها.