

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**

**SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID DE TLEMCEN  
FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE ET ELECTRONIQUE**



**MEMOIRE**

**Présenté pour l'obtention du diplôme**

**Master 2 en Génie Industriel**

**Etude conception et réalisation d'un système de  
transport sans câble**

Présenté par :

**Mr BOUABDALLAH Oussama**

**Mr MRABEUT Moulay Ali Alaa**

**Mr. KARA Ali.**

**Président**

**Mr. GUEZANE Hakim Amine.**

**Examineur**

**Mr. SARI Mohammed**

**Encadrant**

**Année universitaire 2019/2020**

## *Dédicace*

*La vie n'est qu'un éclair,  
et un jour de réussite est un jour très cher.*

*Nous dédions ce mémoire à :*

*Nos chers parents, que nulle dédicace ne puisse  
exprimer nos sincères sentiments, pour leur grand  
amour et leur éducation dont ils nous ont entourés  
depuis notre naissance, pour leurs sacrifices et leur  
patience illimitée.*

*A nos frères et sœurs pour leurs encouragements.*

*A tous nos collègues de promotion master 2 en  
Génie industriel (2019/2020).*

## *Remerciements*

*On remercie Dieu Le Tout Puissant, Le Clément et Miséricordieux de nous avoir guidés dans le chemin des études et des connaissances. Ce projet n'est que le fruit de sa guidance.*

*Notre respect et notre gratitude vont à Monsieur M. SARI qui nous a fait l'honneur de nous encadrer pour ce mémoire de fin d'études.*

*Nous le remercions infiniment pour tout ce qu'il a entrepris pour la réalisation de ce travail. Ces interventions et conseils nous ont éclairés et balisés le chemin à suivre dans notre façon de travailler. Sa patience, sa rigueur et sa disponibilité étaient pour nous un atout vers la réussite.*

*Nos remerciements s'adressent à Mr O. BOUABDALLAH pour son aide et son soutien moral et ses encouragements.*

*Nous sommes conscients de l'honneur que nous a fait Mr KARAR ALI en présidant le jury de notre soutenance. Qu'il trouve en nous l'expression de notre profond respect.*

*Nous remercions Monsieur Mr GUE'ZANE Hakim Amine d'avoir accepté d'examiner ce travail. Toute notre reconnaissance pour sa participation à ce travail.*

*Nos profonds remerciements vont également à toutes les*

*Personnes qui nous ont aidés et soutenus de près ou de loin à savoir l'université Abou Bekr Belkaid, le personnel enseignant, le personnel administratif et nos amis universitaires*

## Résumé:

L'ascenseur a pu s'imposer et prouvé sa valeur dans notre monde. Sans lui, notre mode de vie serait totalement différent. Les services des montes charges on mit fin à beaucoup d'impasse et offrent plus de commandités imaginaire. Mais le monde commence à changer en devenant plus exigeant à cause de l'augmentation de la population dans les villes. Les métropoles demandent plus de disponibilités et plus de d'options de la part des ascenseurs. Le travail qu'on s'est donné est de revalorisé l'ascenseur et de l'aligner aux nouvelles exigences dû au progrès techniques et technologiques. Un ascenseur sans câble qui se déplace de haut en bas et de droite à gauche. C'est une solution qui ouvre la porte à des horizons nouveaux qui vont être susceptible de données des avantages urbanistique, économique et social.

ملخص:

أستطاع المصعد على فرض نفسه وأثبت قيمته في عالمنا. بدونه ، ستكون طريقة حياتنا مختلفة تمامًا. خدمات المصعد وضعت حدًا للكثير من الجمود وتقدم المزيد من الرعاية الخيالية. لكن العالم بدأ يتغير ، وأصبح أكثر تطلبًا بسبب الزيادة في عدد السكان في المدن. تتطلب المدن الكبرى توافقًا أكبر والمزيد من المصاعد. العمل الذي قمنا به هو ترقية المصعد و تكييفه مع المتطلبات الجديدة بسبب التقدم التقني والتكنولوجي. مصعد خالٍ من الكابلات يتحرك لأعلى ولأسفل ومن اليمين إلى اليسار. إنه حل يفتح الباب أمام آفاق جديدة ومن المرجح أن تقدم مزايا اقتصادية واجتماعية

### Abstract :

The elevator was able to impose itself and proved its value in our world. Without it, our way of life would be totally different. The services of the montes loads put an end to a lot of deadlock and offer more imaginary sponsorships. But the world is starting to change, becoming more demanding due to the increase in population in the cities. Metropolises require more availability and more options from elevators. The work we have done is to upgrade the lift and align it to new requirements due to technical and technological progress. A cable-free elevator that moves up and down and right to left. It is a solution that opens the door to new horizons that will be likely to benefit from urban planning, economic and social advantages.

# Sommaire

<b>Introduction générale .....</b>	<b>10</b>
<b>Chapitre 1 : Généralités sur l'ascenseur .....</b>	<b>12</b>
1.1 Introduction .....	12
1.2 Historique de l'ascenseur.....	12
1.3 Fonctionnement de l'ascenseur actuel.....	19
1.4 Escalier vs ascenseur .....	26
1.5 Les domaines d'utilisation .....	28
1.6 Les limites .....	31
1.7 Conclusion .....	32
<b>Chapitre 2 : Généralité sur les différentes technologies de notre ascenseur .....</b>	<b>33</b>
2.1 Introduction.....	33
2.2 Les bases techniques pour réaliser le MAGVELL.....	33
2.3 Généralités sur les systèmes automatisés .....	34
2.4 L'impact de l'automatique dans l'ascenseur .....	42
2.5 Généralités sur le champ magnétique .....	43
2.6 Un moteur linéaire.....	51
2.7 Conclusion.....	59
<b>Chapitre 3 : le fonctionnement de notre ascenseur .....</b>	<b>60</b>
3.1 Introduction .....	60
3.2 Présentation de notre révolution (MAGVELL) .....	61
3.3 L'objectif du MAGVELL.....	62
3.4 Les avantages du MAGVELL.....	62
3.5 Fonctionnement du MAGVELL.....	64

3.6 Notre réalisation.....	73
3.7 Conclusion .....	76
<b>Chapitre 4 : La création de l'entreprise .....</b>	<b>77</b>
4.1 Introduction.....	77
4.2 Présentation de l'entreprise.....	77
4.3 Tendence actuelle de l'urbanisation mondiale.....	78
4.4 Evolution de l'urbanisme en chine .....	79
4.5 Statistique sur le transport en Algérie .....	80
4.6 Etape de création d'entreprise .....	81
4.7 L'étude de notre entreprise .....	85
4.8 Etude du projet .....	86
4.9 L'évolution de notre entreprise .....	99
4.10 Conclusion .....	103
<b>Conclusion général .....</b>	<b>104</b>

# Liste de figures :

## Chapitre 1

1.1	Rotation à un mouvement vertical .....	12
1.2	Extraction des ressources des mines .....	12
1.3	Ascenseur dessiné par l'ingénieur allemand .....	13
1.4	Plan de chaises volantes .....	14
1.5	Roue de levage.....	14
1.6	Elisha otis.....	15
1.7	Démonstration du frein parachute .....	15
1.8	Felix Léon idoux .....	15
1.9	Exemple d'un ascenseur hydraulique .....	16
1.10	Ascenseur électrique selon Otis en 1891.....	17
1.11	Ascenseur électrique selon Otis en 1890.....	17
1.12	Système du pater noster .....	18
1.13	Pater noster à Berlin .....	18
1.14	Ascenseur paris.....	18
1.15	Schéma explicatif du fonctionnement de l'ascenseur.....	19
1.16	Salle de la machine ascenseur funiculaire de strpy-thieu (Belgique) .....	20
1.17	Ascenseur salle des machines .....	20
1.18	Model explicatif du fonctionnement de l'ascenseur à contrepoids...22	
1.19	Des gorge d'une poulie du treuil .....	22
1.20	Frein parachute .....	23
1.21	Système de sécurité dans les ascenseurs .....	24
1.22	Boutons d'appel d'ascenseur .....	25

1.23 Clavier numérique d'ascenseur .....	25
1.24 Indicateur d'étage .....	25
1.25 Bouton d'appel .....	26
1.26 Ascenseur à côté d'un escalier .....	27
1.27 Plusieurs ascenseur dans une entreprise .....	27
1.28 Ascenseur dans une usine .....	28
1.29 Ascenseur dans un hôpital .....	28
1.30 Ascenseur des mineurs pour aller au fond .....	29
1.31 Ascenseur dans un aéroport.....	29
1.32 Ascenseur dans un centre commercial.....	30
1.33 Gratte-ciel à Dubaï.....	30
1.34 Ascenseur de 20 eme siècle .....	31
1.35 Ascenseur de 21 eme siècle .....	31
1.36 Ascenseur moderne .....	31

## **Chapitre 2**

2.1 Structure d'un automatisme en boucle fermé .....	35
2.2 Système automatisé.....	36
2.3 Schéma d'un système automatisé .....	37
2.4 Pyramide des niveaux d'automatisation .....	37
2.5 Interaction entre les différents services .....	38
2.6 Exemple basique d'un grafctet d'ascenseur .....	41
2.7 Automate siemens.....	43
2.8 Une boussole.....	44
2.9 Un aimant .....	45



2.10 Polarisation des aimants .....	46
2.11 Disposition de limaille de fer autour de l'aimant .....	47
2.12 Spectre magnétique .....	47
2.13 La règle de tire-bouchon .....	48
2.14 Champ magnétique crée par un fil.....	49
2.15 Le sens du champ dans une bobine.....	50
2.16 Brevetée de zehen en 1902 sur rail.....	52
2.17 Application des moteurs liners avec des roues .....	53
2.18 Système de maglev.....	55
2.19 Suspension électromagnétique avec du guidage intégré .....	56
2.20 Suspension électromagnétique avec du guidage séparé.....	57
2.21 Suspension électrodynamique.....	58

### **Chapitre 3**

3.1 paysage urbain dubai.....	60
3.2 Logo du MAGVELL.....	61
3.3 Exemple du MAGVELL entre deux tours .....	62
3.4 Cachouatorres mexico city .....	63
3.5 Simulation d'une relation entre un quai de métro avec d'autre pôle .....	63
3.6 Train à grande vitesse maglev.....	64
3.7 Ascenseur .....	64
3.8 Le chemin C2 et la pièce mobile de la cabine C1 .....	65
3.9 Le circuit de la cabine .....	65
3.10 La disposition des aimants .....	66
3.11 Les pôles dans la première phase (attiré).....	67

3.12 Les pôles dans la deuxième phase (champ nulle).....	67
3.13 Les pôles dans la troisième phase (repoussé).....	68
3.14 Le principe du changement de sens .....	69
3.15 Exemple explicatif de notre concept.....	72
3.16 L'accrochage de C1 dans le rail.....	73
3.17 La convection du courant alternatif à un courant continu par une diode.	74
3.18 Notre prototype .....	75

## **Chapitre 4**

4.1 Population urbaine et total par groupe de développement .....	78
4.2 Croissance de la population urbaine en chine .....	79
4.3 Plan d'affaire .....	81
4.4 Exemple de business model canvas .....	83
4.5 Aimant permanent 3 mètre de longueur et qui génère 800kg de force .....	87
4.6 Cabine d'ascenseur .....	89
4.7 Automate programmable .....	90
4.8 Principe du disque de rotation .....	91
4.9 Capteur de position .....	91
4.10 Capteur de vitesse .....	92
4.11 Schéma qui explique le circuit de notre prototype .....	93
4.12 Gratte-ciels dans une ville chinoise .....	98
4.13 Gratte-ciel spectaculaire réalisable avec notre ascenseur .....	103

# **Tableaux**

## **Chapitre 2**

2.1 Les avantages des métros à moteur linéaire .....	54
--	----

## **Chapitre 3**

3.1 Tableau comparative entre l'ascenseur classique et notre MAGVELL...	70
---	----

## **Chapitre 4**

4.1 Caractéristiques des bobines .....	88
--	----

# Introduction générale

Depuis la nuit des temps, l'homme a toujours lutté pour améliorer son mode de vie car la vie était rude et l'environnement hostile. Au fil des temps, Il a créé divers outils pour dompter la nature et exploiter ses richesses. Puis petit à petit, il a éprouvé le besoin d'économiser énergie et argent dans toutes ses entreprises afin de faire durer ces richesses aussi longtemps que possible. Parmi les exploits qu'il a fait c'est dans le domaine de ses déplacements. Son acharnement pour une vie meilleure lui a donné des idées lumineuses pour parvenir à l'idée d'un moyen de transport qui facilitera son quotidien domaine des déplacements d'objets et de personnes. C'est l'ascenseur.

De nos jours des nombreuses personnes empruntent un ascenseur. Et pas que cela. Ce dernier est devenu désormais un système indispensable pour répondre aux exigences modernes de notre vie en matière d'autonomie, de mobilité, d'accessibilité et de rapidité. Il est ainsi devenu un élément essentiel des immeubles résidentiels, des bureaux, des musées, des aéroports, des centres de soins, des bâtiments publics, etc..... L'appareil n'a cessé de se perfectionner. Les constructeurs s'appuient sur des technologies semblant sorties de films de science-fiction pour l'améliorer afin de mettre au point les engins de demain.

Cet appareil élévateur (appellation ancienne) permet de transporter des personnes ou bien des charges dans une cabine de haut en bas et vice-versa. Il faut savoir qu'il est le moyen de transport le plus utilisé et le plus sécurisé au monde. Notre projet consiste à apporter une petite innovation et perfectionnement dans le fonctionnement de l'ascenseur.

Ce rapport présente le déroulement du projet et permet de suivre la progression de notre travail ainsi que les résultats obtenus et les améliorations possibles.

L'objectif initial de ce projet est de faire en sorte que l'appareil se déplace sans câble pour ouvrir la porte à plusieurs possibilités qui étaient dans l'ombre des limites qui existent actuellement.

Autre élément particulièrement important, l'ascenseur est confié à la libre utilisation de ses passagers et mis à la disposition de tous par son propriétaire.

- Le premier chapitre est consacré à une présentation sur l'ascenseur. L'historique et les différents types et modes de fonctionnement seront exposés. Nous montrerons aussi les limites de cet élévateur et nous tâcherons de donner des solutions. C'est le vif du sujet de notre projet.
- Les bases techniques de notre projet vont être présentées dans le deuxième chapitre. Nous proposerons des solutions et valeurs ajoutées qui vont améliorer l'urbanisme.
- Après cela, le troisième chapitre est consacré pour la présentation de notre projet. L'étude de conception et de réalisation des détails du système seront exposés pour faciliter au lecteur la compréhension du fonctionnement de notre appareil

- Enfin, nous proposons un modeste modèle de création d'entreprise dans le quatrième chapitre.

# Chapitre 1 : Généralités sur l'ascenseur

---

## 1.1 Introduction :

Après plusieurs décennies de galère, de difficultés et de travail acharné, l'homme a mis en place une création qui a mis fin à des années d'impuissance face à des différentes activités. C'est la raison principale qui a boosté les chercheurs à investir plus d'effort, temps et argent à cette innovation appelée ascenseur.

De nos jours les ascenseurs prennent de plus en plus de place dans notre quotidien. Ils ont un impact considérable sur de nombreux aspects de la vie moderne.

Demain, cette invention sera omniprésente dans tous les domaines étant donné qu'elle offre la possibilité d'atteindre des hauteurs comme des profondeurs très importantes en toute sécurité. Cette dernière été l'objectif de l'humanité depuis longtemps et désormais c'est un objectif atteint.

## 1-2 Historique de l'ascenseur :

---

### 1.2.1- Accès aux monastères et aux mines

---

Depuis des siècles, des lieux inaccessibles comme les monastères grecs situés dans la région des Météores ne pouvaient exister que grâce à des ascenseurs rudimentaires « sans moteur ». C'est dans les mines qu'on situe en général leur apparition et que l'on imagina de les doter d'un moteur à vapeur dès le début du XIX<sup>e</sup> siècle. On les utilise aussi dans les manufactures du début du XIX<sup>e</sup> siècle.



Figure 1.1 Rotation à un mouvement vertical

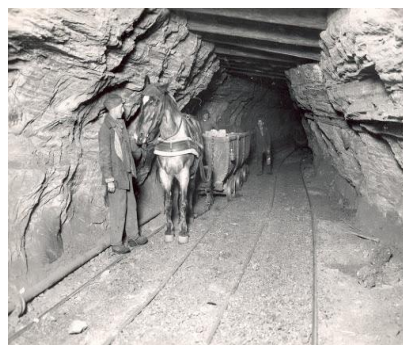


Figure 1.2 extraction des ressources des mines

### 1.2.2- Essor des hauts immeubles

---

Au XIX<sup>e</sup> siècle, l'essor des constructions de plus en plus hautes, suivies de l'apparition des gratte-ciels est étroitement lié logiquement à l'apparition de l'ascenseur. Les ascenseurs destinés au public des premiers gratte-ciels au tournant du XIX<sup>e</sup> siècle et du XX<sup>e</sup> siècle n'autorisaient que la montée aux étages et non la descente qui devait se faire par les escaliers.

Le système mécanique était contenu dans une architecture de poutres et de cornières métalliques permettant les ajustements par rapport au gros œuvre. Elle formait fréquemment une structure autonome disposée au centre de l'escalier à vis qui l'entourait à distance dans les dispositions spacieuses. La séparation pour obtenir la sécurité depuis l'escalier dans le cas de

proximité, le gainage, était faite par des panneaux grillagés fixés constituant la « cage » d'ascenseur. Cette ferronnerie, comme celle des garde-corps, allait de la simplicité utilitaire au décor très marqué.



Figure 1.3-Ascenseur dessiné par l'ingénieur allemand Konrad Kyeser (1405).

### 1.2.3-Perfectionnement progressif

Au III<sup>e</sup> siècle av. J.-C., Ctésibios invente un monte-charge qui fonctionne grâce à de l'eau sous pression.

En 236 av. J.-C., Vitruve, architecte romain, a décrit un appareil élévateur, actionné par un treuil à bras dont l'inventeur serait Archimède.

#### 1.2.4.1-Chaises volantes du château de Versailles

A cette époque, le roi Louis XV a fait aménager une chaise volante pour sa favorite Madame de Châteauroux. Cet ancêtre de l'ascenseur permettait ainsi à sa maîtresse de le rejoindre dans ses appartements privés situés au troisième étage du château de Versailles. L'appareil sera utilisé par la suite par sa seconde favorite qui n'est autre que Madame de Pompadour.

La chaise volante a d'abord été mise au point au XVII<sup>e</sup> siècle par le comte de Villayer. Plus tard, Louis XV commandera une adaptation à son machiniste Blaise-Henri Arnoult. L'appareil est manœuvré par son occupant grâce à un câble traversant la cabine et relié à un système de poulies et de contrepoids.

Cette chaise volante est la seule connue au château de Versailles. Cet appareil contribuait à l'amélioration du confort de la vie quotidienne et se base sur le même principe que les tables volantes, créées par l'inventeur Lorient. Ces dernières, toujours commandées par Louis XV, ont cette fois-ci été installées dans son château de Choisy. Elles prévoyaient d'être disposées au Petit Trianon, mais le projet n'a pas pu aboutir manque d'argent. Les tables pouvaient monter et descendre directement jusqu'aux cuisines, situées sous la salle à manger, et permettaient de se dispenser de la présence des domestiques. Ces deux inventions favorisaient une intimité alors plus confortable. [1]

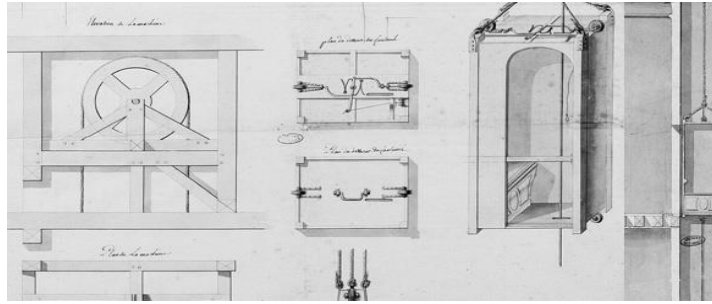


Figure1.4-Plan de la Chaise Volante, réalisé par Blaise-Henri Arnould

### 1.2.4.2-Cage à écureuil du Mont-Saint-Michel

À la même époque est installé au Mont-Saint-Michel un monte-vivres actionné par une grande roue en bois (cage d'écureuil) à l'intérieur de laquelle prenaient place quatre détenus qui en assuraient la rotation.



Figure1.5- roue de levage

### 1.2.4.3-Utilisation du public à Londres

En 1829, le premier ascenseur mécanique à usage public est construit à Londres dans le Coliseum de Régentas Park. Il pouvait contenir une dizaine de passagers.

### 1.2.4.4-Limiteur de vitesse par Elisha Otis

En 1854, Elisha Otis dota l'ascenseur d'un système de limiteur de vitesse déclenchant un système appelé frein parachute stoppant la cabine et assurant la sécurité des personnes en cas de rupture du câble. Ce système pourrait être inspiré du frein-parachute imaginé pour les ascenseurs de mines par Pierre-Joseph Fontaine en 1845.

Il donna à New York la première démonstration publique le 23 mars 1854 en ordonnant, perché sur un plateau de levage, de couper à la hache la corde qui le retient. Celle-ci fut une spectaculaire réussite contribuant à sa renommée.

En 1857, il en équipa l'appareil qui pouvait transporter 450 kg (soit 5 à 6 personnes) à la vitesse très lente de 20 centimètres (taille d'une règle) par seconde, dans un grand magasin à New York (aujourd'hui, l'on peut dépasser 10 mètres par seconde).

Le premier immeuble résidentiel à être équipé fut le Haughwout Building à New York en 1859. [2]



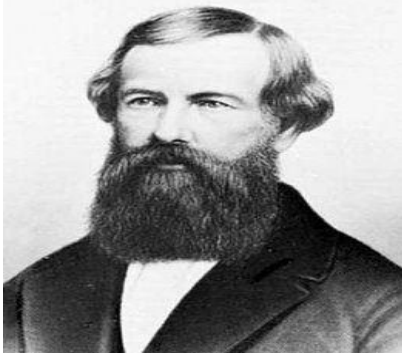


Figure1.6-Elisha Otis



figure1.7-Démonstration du frein de chute par Elisha Otis au Crystal Palace en 1853

#### 1.2.4.5-Élevateur hydraulique de Léon Édoux

Cet ingénieur invente le mot « ascenseur » pour nommer l'élévateur hydraulique qu'il conçoit dès 1867. Il équipera d'un tel appareil la Tour Eiffel afin d'en relier le deuxième étage à son sommet. Cet ascenseur fonctionnant jusqu'en 1983.

« Intelligent et laborieux mais prétentieux, brusque et plein de vanité » écrivent les maîtres du jeune Félix Léon Édoux, alors scolarisé au Petit séminaire de Montmorillon. Un sacré caractère qui fera de ce gamin, né à Saint-Savin le 29 mai 1827, un ingénieur brillant, inventeur d'un monte-charge hydraulique qu'il baptisera ascenseur, définitivement passé dans le langage courant.

Après un passage au collège royal de Poitiers (actuel Henri-IV), Félix Léon entre à l'École centrale en 1847 dont il sort, trois ans plus tard, diplômé comme ingénieur des Arts et manufactures. Il bourlingue un peu pour les Mines du Nord puis pour les Chemins de fer du Midi avant d'être chargé de mission sur des gisements métallifères d'Espagne puis d'Algérie.



Figure1.8, Félix Léon Édoux

A son retour en France, dans les années 1860, il s'installe comme ingénieur civil à Paris et il est alors frappé par les moyens rudimentaires utilisés pour hisser les matériaux lors d'édification d'immeubles. Il conçoit alors un monte fardeau hydraulique pour lequel il déposera un premier brevet en 1864. N'en suivront pas moins de 37 jusqu'en 1912, d'abord en son nom puis ensuite en celui de sa société Édoux et Compagnie qu'il installe à Vaugirard.

Mais curieusement aucun ne concerne son premier élévateur hydraulique qu'il nomme « ascenseur » et qu'il présente en 1867 à l'Exposition universelle de Paris. Un concept qui se compose, à l'époque, d'une cabine supportée par une colonne, fermée à son extrémité inférieure et qui s'enfonce à la manière d'un piston dans un cylindre vertical. Un procédé qui rencontre un succès considérable et qui permet au public d'accéder au Panorama, à 21 mètres du sol.

Le piston et le vérin comme une seringue, ces deux éléments régulent le passage de l'huile ou de la solution aqueuse. Par pression du liquide dans la colonne du vérin, le piston monte dans celle-ci et pousse la cabine pour l'élever. Dans le cas de bâtiments très hauts, le piston peut être télescopique afin de se déployer et de parcourir d'avantage d'étages. La colonne et le piston devant être de même hauteur que les étages parcourus. Ces éléments étaient souvent enterrés dans le sol. Aussi, le piston télescopique permet d'éviter cette manœuvre.

Tant dis que la vanne régule le liquide dans le vérin, ouverte, le liquide est poussé dans la colonne par le poids de la cabine qui redescend. La vanne évacue le liquide vers un réservoir afin que la pression ne soit pas trop forte dans la colonne, ce qui ferait remonter la cabine.

Si sa réussite est parisienne, Félix Léon Édoux n'en oublie pas pour autant son Poitou natal où il sera élu trois fois, en 1882, 1896 et 1900, conseiller municipal de Saint-Savin. Il y fait d'ailleurs l'acquisition avec le baron Demarcay, en 1892, de l'ancien logis abbatial appelé « le château », où il fait construire une tour crénelée néomoyenâgeuse qui sert de château d'eau pour alimenter l'habitation et qui fait fonctionner l'ascenseur hydraulique qui y est installé. Également propriétaire du moulin, par concession, il y fait établir par la société Wells et compagnie de Poitiers, une usine électrique faisant de Saint-Savin une des premières communes du département à disposer de l'éclairage public.

Avant de rendre l'âme, le 13 octobre 1910, l'ingénieur poitevin n'aura de cesse de proposer, dès 1882, mais toujours sans succès, à la ville de Poitiers, la construction de deux ascenseurs pour accéder de la gare à un viaduc routier alors en projet, entre le quartier de la Roche et de la préfecture, et qui aurait enjambé les voies du chemin de fer. Prétentieux et vaniteux, Félix Léon Édoux, sans doute, mais visionnaire, c'est certain. [3]

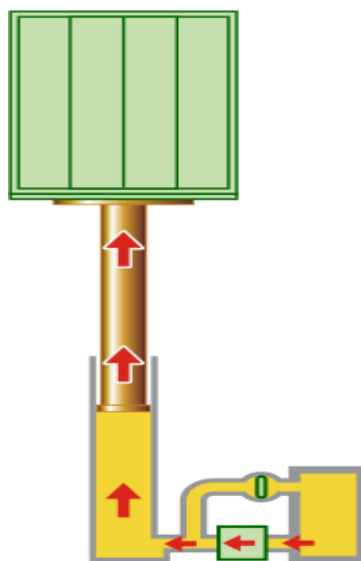


Figure1.9 un exemple d'un ascenseur hydraulique.

#### 1.2.4.6-Premier ascenseur électrique à l'Exposition universelle

Les allemands ont poussé leurs ambitions plus haut en voulant gagner plus de hauteur car les ascenseurs hydrauliques demandaient trop d'effort pour atteindre des hauteurs importantes (les cylindres doivent être profonds).

Lors de l'Exposition Universelle de Mannheim, en 1880, Werner Von Siemens et Halske présentent le premier ascenseur électrique à crémaillère. Cet appareil monte à 2,2 mètres en 11 secondes.

Il se développera principalement aux USA grâce à l'Exposition Universelle de Chicago de 1896.

Devenu suffisamment puissant, le moteur électrique est maintenant pressenti pour être utilisé dans les ascenseurs.

Placé sous la cabine, le moteur électrique est entraîné par un système de démultiplication et deux pignons placés de chaque côté de la cabine. Ceux-ci roulent sur des crémaillères placées le long des guides et font monter et descendre la cabine.

Le premier ascenseur électrique a été installé dans l'immeuble Demarist à New York en 1889.  
[4]

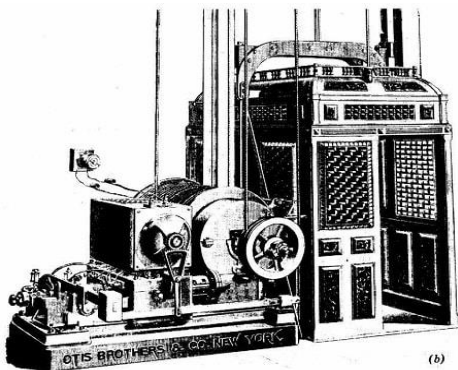


Figure1.10- ascenseur électrique en 1891

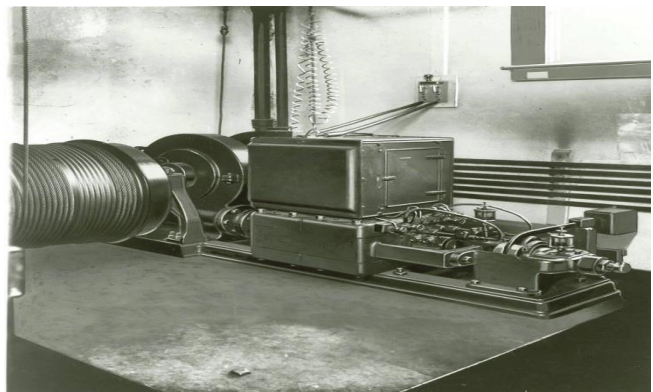


Figure1.11-ascenseur électrique en 1890

#### 1.2.4.7-Le Paternoster en continu

Construction en 1884, en Angleterre, du premier système d'ascenseur continu, plus couramment nommé pater noster, composé « d'une chaîne de cabines ouvertes dans lesquelles les passagers montent ou descendent sans que l'ascenseur s'arrête ». Le système connut un vif succès dans la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle car il permettait d'écouler un plus grand nombre de personnes plus rapidement mais fut progressivement abandonné en raison de son manque de sécurité.

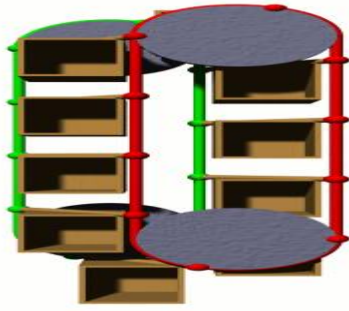


Figure1.12-système du pater noster

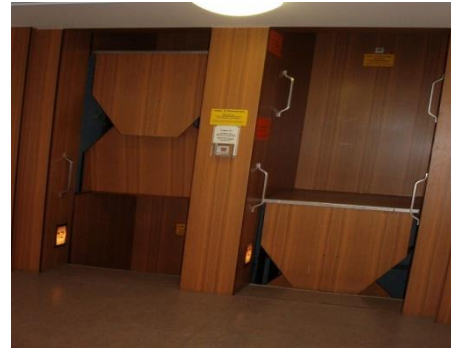


Figure1.13-pater noster à Berlin

#### 1.2.4.8-L'ascenseur du 2<sup>e</sup> étage de la Tour Eiffel

En juin 1889, la tour Eiffel est inaugurée avec un ascenseur remarquable (hauteur de 160,40 mètres, vitesse de 0,80 m/s) (actuellement 2 m/s soit 7 km/h jusqu'au 2<sup>e</sup> niveau et 3,2 m/s, soit 11,5 km/h pour aller au 3<sup>e</sup> niveau), dû aux efforts conjoints de Léon Edoux et des frères Otis qui ont succédé à leur père.

Entre le 2<sup>e</sup>ème et le 3<sup>e</sup>ème étages, l'ascension était assurée par un ascenseur « Edoux », une machine hydraulique unique au monde. La cabine supérieure était poussée par un piston hydraulique de 81 mètres de course tandis que la cabine inférieure formait le contrepoids. Il fallait donc changer de cabine à mi-parcours, suivant une passerelle qui laissait admirer une vue impressionnante. [5]



Figure1.14 ascenseur à paris

#### 1.2.4.9-Pilotage automatique sans liftier

L'ascenseur ne cesse pas de se développer et de nous surprendre avec ses loyaux services. En 1924, un ascenseur sans liftier fera son apparition, exigeant la mise au point d'automatismes et de dispositifs de sécurité.

Il existe des panneaux dans la porte de cabine qui s'ouvrent des deux côtés (gauche, droit et au centre). Ce panneau fonctionne automatiquement.

Le passager fait appel à l'ascenseur. Lorsque celui-ci arrive à l'étage visé, les portes s'ouvrent automatiquement. L'utilisateur appuie sur le bouton qui correspond à l'étage désiré.

Dans un laps de temps l'ascenseur se déplace tout en montrant sa position par des indicateurs.

Après les multiples améliorations connus par les ascenseurs aujourd'hui nous comptons 90% des ascenseurs sont équipés d'un moteur électrique.

### 1.3 Fonctionnement de l'ascenseur actuel :

Bien qu'à la portée de tout le monde, le fonctionnement des ascenseurs reste toujours un mystère vis à vis des utilisateurs.

L'ascenseur à traction électrique fait partie des dispositifs les plus utilisés dans les logements de particulier et les entreprises. Pour fonctionner, un motoréducteur ou un moteur actionne une poulie qui entraîne par adhérence une nappe de câbles. Cette action permet de suspendre la cabine en faisant un contrepoids. L'ensemble de l'ascenseur est piloté par une manœuvre électrique qui s'occupe de gérer les mouvements avec plusieurs dispositifs de sécurité.

L'ascenseur est en premier lieu composé d'une cabine, qui est l'organe destiné au transport des passagers. Cette cabine est fixée dans l'étrier qui est un cadre métallique attelé aux organes de suspensions. L'étrier est guidé par des guides au moyen de coulisseaux. Les guides permettent de maintenir la cabine dans une position rigoureusement verticale pendant son déplacement dans la gaine.

La cabine est accrochée à des rails, un de chaque côté. Grâce à ces guides, la cabine se déplace sans heurter les parois de la gaine du couloir vertical. Elle est reliée à des câbles d'un côté et de l'autre d'un contrepoids.

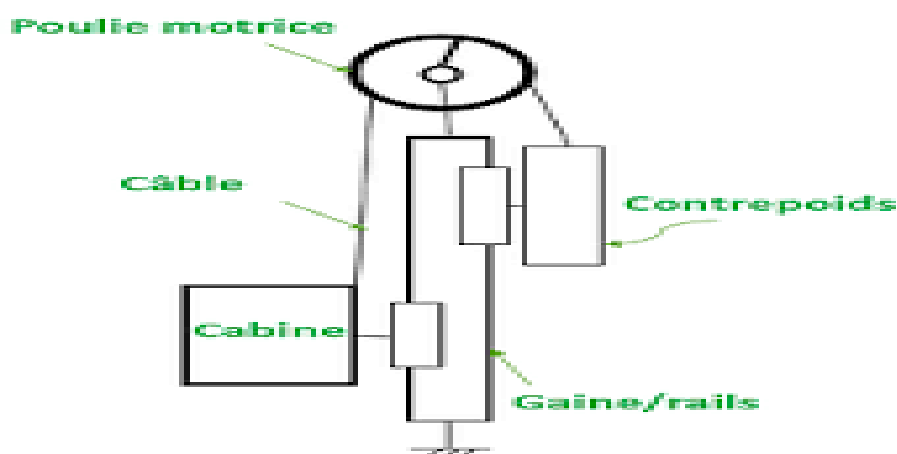


Figure 1.15 schéma explicatif du fonctionnement de l'ascenseur

Le moteur de l'ascenseur déplace la cabine grâce à un système de câbles et de poulies. Sur les anciens équipements le treuil était situé au-dessus de la gaine dans un local de machinerie.

Par ailleurs, l'ascenseur électrique récent est équipé d'un **moteur** situé dans la **gaine** permettant de gagner davantage de place.



Figure 1.16 salle des machine d'ascenseur Funiculaire de Strépy-Thieu( Belgique)



Figure 1.17 ascenseur sans salle des machines

Relativement simple, voici son mode de fonctionnement :

- Un moteur électrique assure l'élévation de l'ascenseur électrique.
- Suspendue à des câbles métalliques, la **cabine d'ascenseur** est munie d'un contrepoids destiné à la contrebalancer.

### 1.3.1 Les modèles d'ascenseur électrique :

- **L'ascenseur électrique** particulier varie en fonction du type de motorisation utilisé. Il se décline ainsi en trois modèles :
- **L'ascenseur électrique avec treuil à tambour :**

La mise en marche de la cabine est assurée par le treuil à tambour. Ce modèle est parfait pour un usage privé à vitesse limitée.

- **L'ascenseur électrique à adhérence :**

L'actionnement par adhérence de la poulie qui est effectuée par un motoréducteur électrique engendre l'activation des câbles de la cabine et du contrepoids.

- **L'ascenseur électrique « gearless » ou sans treuil :**

Comme son nom l'indique, celui-ci est dépourvu de treuil.

Les modèles d'**ascenseur électrique** sont choisis suivant la performance souhaitée et les possibilités d'installation. En revanche, quel que soit le modèle choisi, un **ascenseur électrique** est toujours équipé :

- d'un contrepoids
- d'un câble reliant la cabine au contrepoids
- d'une cabine d'ascenseur
- d'un système de traction par poulie

### 1.3.2 Le rôle du contrepoids :

Le contrepoids joue un rôle très important car il économise de l'énergie au moteur électrique. Son poids dépend du poids de la cabine et la charge maximale de l'ascenseur

Poids du contrepoids = (poids de la cabine) + (1/2 la charge maximale de l'ascenseur).

Donc pour soulever une cabine chargée au maximum, le moteur ne dépense que la moitié du poids de la charge maximale de la cabine.

Pour maîtriser ce lourd poids, le système est doté d'un frein qui réduit la vitesse lorsque la cabine est vide. Il se situe dans la poulie.

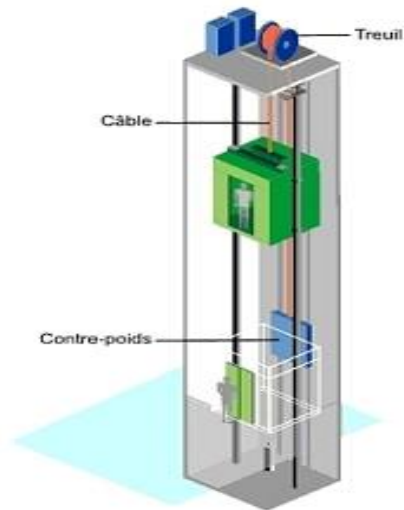


Figure 1.18 un model explicatif du fonctionnement de l'ascenseur à contrepoids

Des gorges son placées pour éviter que les câbles glissent. [6]

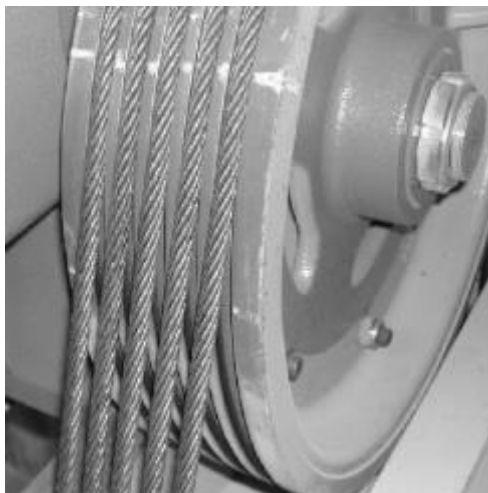


Figure 1.19 des gorges d'une poulie du treuil



### 1.3.3 Le frein parachute :

Le frein parachute rend l'ascenseur le moyen de transport le plus sûr au monde. Son principe est simple mais il faut d'abord pénétrer dans le mécanisme.

Les parachutes sont situés de chaque côté de la cabine. Ils se présentent chacun sous la forme d'une mâchoire à la fois solidaire de la cabine et d'un câble qui se trouve sur le côté et qui forme une boucle. Quand la cabine monte ou descend, le câble accompagne le mouvement et passe par un limiteur de vitesse qui est réglé sur une vitesse donnée. En cas de dépassement, le limiteur bloque instantanément le câble et puisqu'il est solidaire à la mâchoire il va tirer sur ce dernière et enclencher le mécanisme de prise de parachute. A ce moment-là la mâchoire tirée par le câble se referme sur le guide et comme cette mâchoire et aussi solidaire de la cabine, la cabine s'arrête. [7]

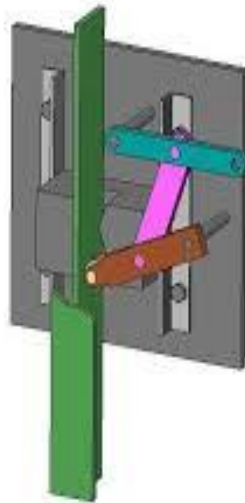


Figure 1.20 frein parachute

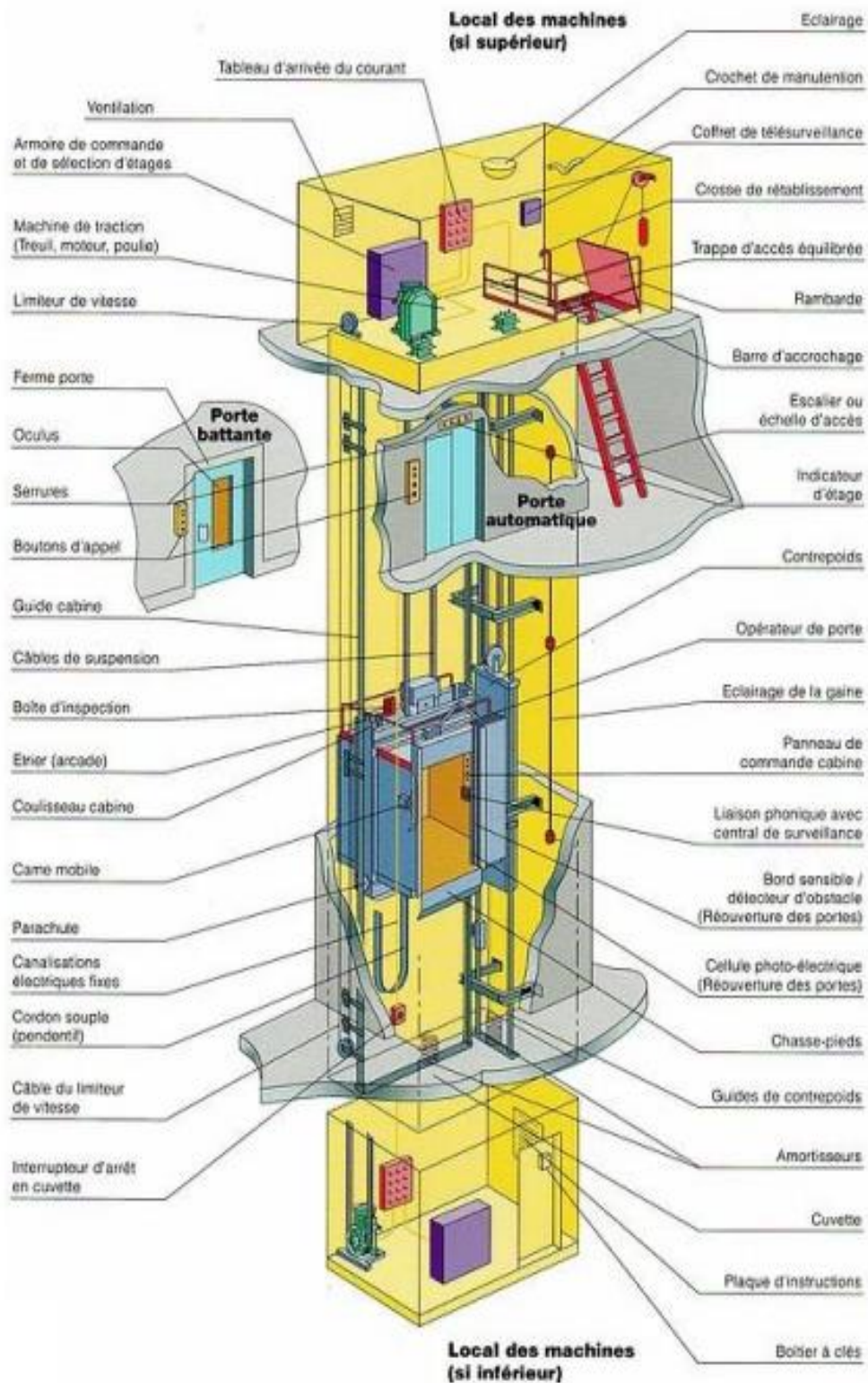


Figure 1.21 Système de sécurité dans les ascenseurs

### 1.3.4 L'appel de l'ascenseur :

L'appel de l'ascenseur se fait automatiquement en appuyant sur le bouton qui indique la direction désirée. Ensuite des automates sont chargés de gérer ces appels et les classer par ordre chronologique en fonction des voyageurs.

L'ascenseur essaie toujours d'optimiser ses déplacements. Il cherche toujours à minimiser ses voyages en portant le maximum possible de passagers sur son chemin pour éviter les allers retours.



Figure1.22 les boutons d'appel d'ascenseur

L'ascenseur est doté d'un clavier numérique qui représente les étages. Quand l'ascenseur reçoit un appel, il l'enregistre et il va répondre à cet appel après avoir vérifié et planifié son circuit optimal. Lorsqu'il arrive à la destination, l'utilisateur n'a qu'à choisir le numéro qui représente l'étage voulu.

Il y a un indicateur dans chaque étage qui affiche la position de la cabine histoire de mettre au courant les utilisateurs de ce qu'il se passe pendant leurs attentes.



Figure 1.23 clavier numérique d'ascenseur



Figure 1.24 indicateur d'étage où se trouve la cabine

Pour assurer une exploitation parfaite de cette boîte métallique, un système de sécurité est mis en place afin d'éviter le maximum des accidents. Ce système est le suivant :

- Grâce à des capteurs lorsque, la cabine se déplace toutes les portes des étages sont verrouillées et c'est la cabine qui détient la clé c'est à dire c'est à elle d'ouvrir la porte une fois arrivé à l'étage où elle est attendue.
- Un service de sécurité reste en contact 24h/24 avec les ascenseurs pour intervenir en cas d'imprévu (panne, blocage, dysfonctionnement, etc...)

L'appel depuis la cabine au service se fait grâce à un bouton placé à l'intérieur de cette dernière et qui porte le signe d'une cloche. Il est conçu pour connecter le service avec les ascenseurs.



Figure 1.25 le bouton d'appel

#### **1.4 Escalier vs ascenseur :**

Atteindre des hauteurs importantes était impossible sans les ascenseurs. Ce dernier a bouleversé le monde avec ses loyaux services. Il a apporté des options presque imaginaires et impossibles avec les escaliers.

Compter sur des marches pour prendre quelques hauteurs exige un effort qui n'est pas à la portée de tout le monde. L'homme ne pouvait pas atteindre des hauteurs actuelles sans la mise en place des ascenseurs. Il ne pouvait pas descendre suffisamment dans les mines pour exploiter le fond de la terre au maximum et pour monter quelques hauteurs il lui fallut beaucoup de temps et effort.

L'évolution de l'urbanisme a rendu l'ascenseur un besoin indiscutable. Il faut avouer que cette invention a facilité la vie aux humains dans tous les domaines. Elle est devenue primordiale dans notre quotidien.

Grâce à ses impacts l'ascenseur a pu s'imposer. Voilà quelques bienfaits :

- Un impact certain sur la valeur immobilière des biens. D'après une étude réalisée par un magazine immobilier, la valeur immobilière d'un appartement situé au sixième étage voit sa valeur augmenter de 20%, et plus vous montez et plus la valeur immobilière augmente.
- Une meilleure accessibilité de votre immeuble, à la fois pour des personnes à mobilité réduite (tels que des personnes handicapés par exemple) ou bien encore pour des objets

plus lourds. Il faut savoir effectivement que les ascenseurs sont également utilisés par des entreprises pour faciliter le déplacement d'objets lourds au sein d'un immeuble à différents niveaux de construction (1er étage,...).

- Un impact sur la productivité des salariés, Pour un immeuble de plusieurs étages, il est certains qu'un monte-charge a un impact très positif sur la productivité des salariés. Non seulement, un ascenseur facilite le déplacement du personnel à une vitesse plus importante mais le monte-charge peut également contribuer à déplacer des charges lourdes qui seraient autrement beaucoup plus difficile de transporter.
- Un impact sur le prix des loyers. Tout comme l'installation d'un monte-charge peut avoir un impact sur la valorisation immobilière, il peut également logiquement avoir un impact sur le prix des loyers dans l'immeuble. Un immeuble de plusieurs étages équipé d'un ascenseur est beaucoup plus attractif que sans ascenseur.
- Un meilleur voisinage. Avec un monte-charge, vous aurez bien souvent l'occasion d'entamer des conversations avec vos voisins alors ce ne serait pas forcément le cas dans un escalier. Tout cela peut améliorer le climat social dans votre immeuble et ainsi assurer de meilleures relations de voisinage.
- Rapidité de déplacement. Vos locataires, ainsi que les autres résidents de votre immeuble peuvent se déplacer beaucoup plus rapidement dans votre immeuble.
- Installation facile dans un immeuble existant. L'installation d'un ascenseur est très facile dans un immeuble qui n'en est pas encore doté.
- Le prix est très bas, comparativement à la quantité d'avantages qu'un tel appareil peut vous offrir dans votre immeuble.
- Efficacité énergétique importante. Un ascenseur dispose d'une excellente productivité au niveau énergétique. Ceci le rend ainsi très peu consommateur d'énergies.
- Pas beaucoup d'entretiens. La durée de vie d'un ascenseur est estimée, selon les professionnels du secteur, à environ 20-25 ans. Bien que des dispositions légales de maintenance existent, il vous est possible d'entretenir votre ascenseur régulièrement en changeant par exemple certains composants dans votre appareil, ce qui rend ainsi l'entretien de votre appareil très limité dans le temps.
- Aucun souci de pollution. Les ascenseurs fonctionnent avec une installation électrique.



Figure 1.26 ascenseur à coté d'un escalier



Figure 1.27 plusieurs ascenseurs dans une entreprise

## 1.5 Les domaines d'utilisations :

Les exigences actuelles de l'homme imposent le placement des montes charges dans tous les domaines. On va vous citez quelques-uns :

### 1.5.1 L'industrie :

Grâce à ses précieux services, on trouve l'ascenseur dans n'importe quelle industrie pour élever les charges ou bien les descendre.



Figure 1.28 ascenseur dans une usine

### 1.5.2 Les hôpitaux :

Les hôpitaux actuels sont dotés d'ascenseurs pour faciliter le déplacement des malades et gagner plus de temps. Cet appareil élévateur a développé l'hôpital en permettant de rajouter quelques étages sans toucher à la qualité de service (retard, transport du malade etc...)



Figure 1.29 ascenseur dans un hôpital

### 1.5.3 Les mines :

C'est là où l'idée de mettre une cabine qui monte et descend a vu le jour. L'homme devait accéder à des profondeurs très importantes pour exploiter des ressources situées au fond du sol. Sans l'ascenseur cette exploitation ne pourra jamais exister.



Figure 1.30 ascenseur des mineurs pour aller au fond

### 1.5.4 Le transport en commun :

On peut trouver les ascenseurs dans les aéroports, stations de métro, gares routières et gares ferroviaires pour but de relier les étages ou bien atteindre des profondeurs dans le cas du métro.



Figure 1.31 ascenseur dans un aéroport

### 1.5.5 Les immeubles :

La présence d'un ascenseur dans un bâtiment offre plus de privilège à l'immeuble et il est obligatoire lorsqu'il est haut .On le trouve dans des bâtisse hautes comme les agences, bureaux, parking, logement, hôtel, centre commercial etc....



figure 1.32 ascenseur dans un centre commercial



Figure 1.33 des grattes ciel à Dubaï



## 1.6 Les limites :

Cette boîte en métal motorisée n'a jamais cessé d'évoluer. Mais son principe reste toujours le même. Elle a pu réaliser des miracles en arrivant à atteindre des hauteurs importantes avec zéro risque et avec une vitesse élevée (l'ascenseur la plus rapide au monde peut atteindre 60km/h en Taïwan).mais malgré tous ces améliorations, l'ascenseur reste toujours améliorable car jusqu'à présent il a des limites :

- la vitesse.
- le sens de déplacement.
- la hauteur (elle est toujours limitée car il faut toujours prendre en considérations les câbles etc...).
- elle n'offre pas aux architectes la liberté de créativité.



Figure 1.34 ascenseur du 20ème siècle



Figure 1.35 ascenseur du 21ème siècle



Figure 1.36 ascenseur moderne

## **1.7 Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons tout d'abord fait une présentation générale des ascenseurs, l'historique et leurs différents types et modes de fonctionnement. On a aussi cité les raisons qui ont poussé l'humanité à creuser sur cette invention afin de s'offrir le maximum de commodités et d'accessibilité. Grâce à ces montes charges, l'urbanisme a changé et les architectes ont pu répondre à leurs imaginations en réalisant des plans miraculeux.

Cette cabine séduit le monde avec ses services irremplaçables mais elle n'a jamais franchi une ligne qui est le changement de direction. Le système actuel des ascenseurs ne permet pas de changer le sens vers la droite ou bien la gauche vu qu'il a beaucoup d'obstacle (câbles, contrepoids ...). Ces derniers ont fait l'objet de notre projet.

# Chapitre 2 : Généralités sur les différentes technologies de notre ascenseur

---

## 2.1 Introduction :

Pour réaliser un ascenseur qui change de direction il a fallu faire appel à plusieurs technologies.

Ce chapitre présente les bases techniques qui vont permettre à notre travail de voir le jour. Une étude conceptuelle de notre projet aura lieu pour une explication détaillée et précise que nous allons partager avec vous.

En premier lieu, nous allons faire une description des différents composants et ensuite vous faire voir le principe de chaque mécanisme pour assurer une parfaite compréhension.

La troisième partie contient une modélisation, la quatrième la description de la maquette où nous allons traiter un petit cahier de charge et à la fin nous abordons le côté programmation.

Un champ magnétique est nécessaire pour qu'on puisse atteindre notre objectif qui est de réaliser un ascenseur sans câble qui change de direction nommé MAGVELL.

La technologie du MAGVELL est inspirée du principe des trains à grande vitesse et sans contact avec le sol.

## 2.2 Les bases techniques pour réaliser le MAGVELL :

Tout d'abord on parle d'un ascenseur et qui dit ascenseur dit un système autonome qui fonctionne automatiquement juste en appuyant sur des boutons.

L'appel à l'automatique pour mettre en place ce projet est inévitable puisque c'est à lui de traiter, gérer et optimiser ses ordres reçus par les utilisateurs. Donc on a besoin d'un système automatique fiable pour la gestion des exigences des voyageurs.

Pour assurer l'accrochage et éliminer le câble on juge que le champ magnétique le meilleur moyen pour une telle tâche est cette dernière impose une étude profonde pour assurer une maîtrise du champ de telle sorte que l'homme prend l'ascenseur avec zéro risque.

L'électronique, c'est la base de tous les systèmes automatisés et grâce à elle on peut parler d'un mécanisme doté de moteur et de capteurs etc...

## **2.3 Généralités sur les systèmes automatisés :**

### **2.3.1 Définition d'un système automatisé :**

Un système automatisé ou automatique est un système réalisant des opérations pour lesquelles l'homme n'intervient que dans la programmation du système et dans son réglage. Il consiste à assurer la conduite par un dispositif technologique.

Les buts d'un système automatisé sont de réaliser des tâches complexes ou dangereuses pour l'homme, effectuer des tâches pénibles ou répétitives ou encore gagner en efficacité et en précision.

Dans l'industrie, les automatismes sont devenus indispensables. Ils permettent d'effectuer quotidiennement les tâches les plus ingrates, répétitives et dangereuses. Parfois ces automatismes sont d'une telle rapidité et d'une telle précision qu'ils réalisent des actions impossibles pour un être humain.

L'automatisme est donc synonyme de productivité et de sécurité.

Le savoir-faire de l'opérateur est transposé dans le système automatisé. Il devient le processus.

Un processus peut être considéré comme un système organisé d'activités qui utilise des ressources (personnel, équipement, matériels, machines, matière première et informations) pour transformer des éléments entrants (les intrants) en éléments de sortie (les extrants) dont le résultat final attendu est un produit.

Le système automatisé doit également répondre à des contraintes économiques et donc à une certaine flexibilité.

Il existe deux concepts technologiques :

- Les automatismes séquentiels,
- Les asservissements, la régulation ou « feedback control ».

Cependant, dans la plupart des systèmes complexes modernes, ces deux types d'automatismes se trouvent imbriqués.

L'automatisme ne s'est pas imposé juste dans l'industrie, il a aussi fait ses preuves dans les ascenseurs.

Il y a des panneaux dans la porte de la cabine de l'ascenseur qui s'ouvrent des deux côtés : à gauche, à droite et au centre. Ce panneau fonctionne automatiquement. Le passager appelle l'ascenseur. Lorsque celui-ci arrive à l'étage visé, les portes s'ouvrent automatiquement et le passager entre à l'intérieur de l'ascenseur. L'utilisateur appuie sur le bouton indiquant l'étage où il veut aller. Dans un court laps de temps l'ascenseur se déplace. Les indicateurs montrent aussi aux autres passagers où l'ascenseur va via les lumières sur le panneau de commande de la cabine. Ainsi beaucoup de passagers peuvent profiter de l'ascenseur en même temps.

Lorsque il n'y a pas d'appel, il se décroche jusqu'à un nouveau appel. Grâce à la cellule photoélectrique, s'il y a quelqu'un en face de la porte elle s'ouvre automatiquement. C'est pour cette raison que les ascenseurs automatiques sont plus sécurisés.

### 2.3.2 Objectif d'automatisation :

Les objectifs poursuivis par l'automatisation peuvent être assez variés. L'objectif initial est la compétitivité de l'entreprise et des produits.

Cette compétitivité passe par la qualité, la maîtrise des coûts et l'innovation. Cela induit une disponibilité à tous les niveaux. On cherche donc à améliorer la productivité. L'amélioration des conditions de travail, et surtout la sécurité qui fait partie des objectifs de l'automatisation.

Les buts de l'automatisation sont donc :

- Éliminer les tâches répétitives
- Simplifier le travail de l'humain
- Augmenter la sécurité (responsabilité)
- Accroître la productivité
- Économiser les matières premières et l'énergie
- S'adapter à des contextes particuliers : flexibilité
- Améliorer la qualité
- S'offrir plus de commodités

Le système automatisé permet d'obtenir de façon reproductible la valeur ajoutée.

### 2.3.3 Composition des systèmes automatisés :

Tout système automatisé peut se décomposer, selon le schéma ci-dessous, en trois parties :

Poste de contrôle, partie de commande et partie opérative.

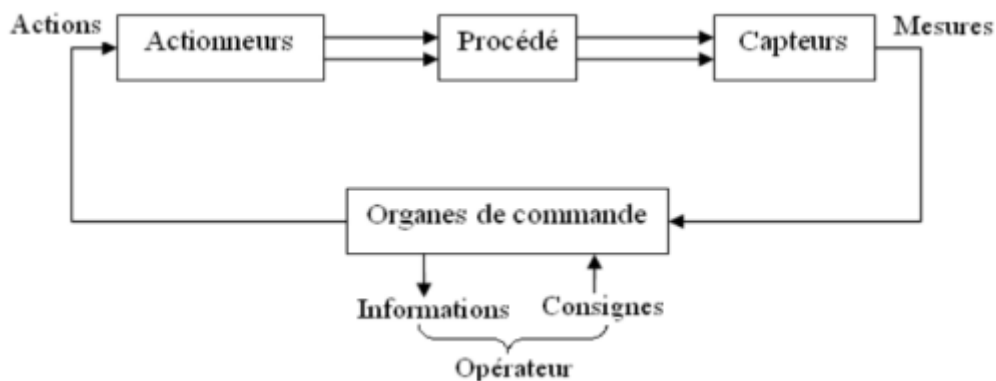


Figure2.1 : Structure d'un automatisme en boucle fermé

Mais on admet généralement qu'un automatisme est composé de deux sous-ensembles :

- Un organe de décision, nommé « partie commande ».
- Un organe effectuant les actions ordonnées par l'organe de commande qui est nommé « partie opérative » ou organe de puissance qui peut être mécanique, électrique, pneumatique ou hydraulique et bien souvent un assemblage de ces technologies.

C'est la partie visible du système. Elle comporte les éléments du procédé, c'est-à-dire :

- des pré-actionneurs (distributeurs, contacteurs) qui reçoivent des ordres de la partie commande.
- des actionneurs (vérins, moteurs, vannes) qui ont pour rôle d'exécuter ces ordres. Ils transforment l'énergie pneumatique (air comprimé), hydraulique (huile sous pression) ou électrique en énergie mécanique.
- des capteurs qui informent la partie commande de l'exécution du travail.

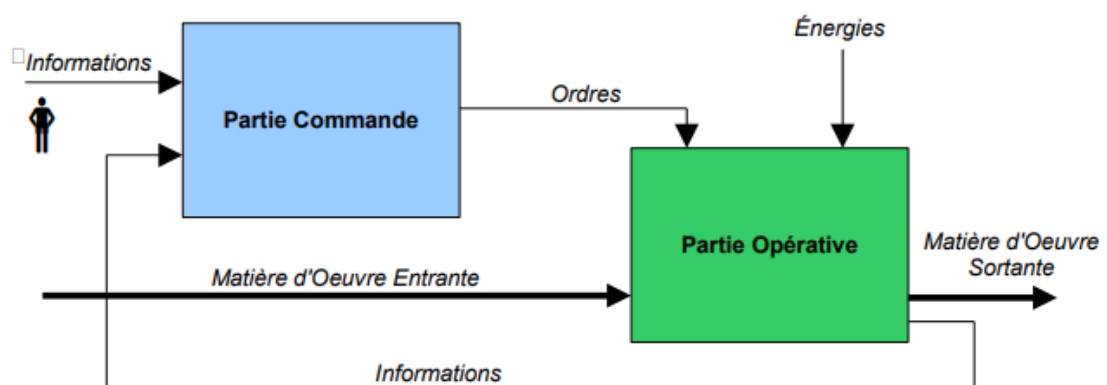


Figure2.2 schéma d'un système automatisé

Les mesures des paramètres du procédé sont effectuées par des capteurs qui prélèvent l'information, la mettent en forme et souvent en transforment la nature physique.

A l'opposé, les ordres de commande sont transmis au procédé par les actionneurs. Cette transmission est généralement accompagnée d'une transformation de la nature physique de l'information et d'un apport de puissance.

L'organe de commande élabore les actions à partir des mesures et des consignes selon la loi de commande de l'automatisme. Un système automatisé est un moyen d'assurer l'objectif

primordial d'une entreprise et la compétitivité de ses produits. Il permet d'ajouter une valeur aux produits entrants. [8]

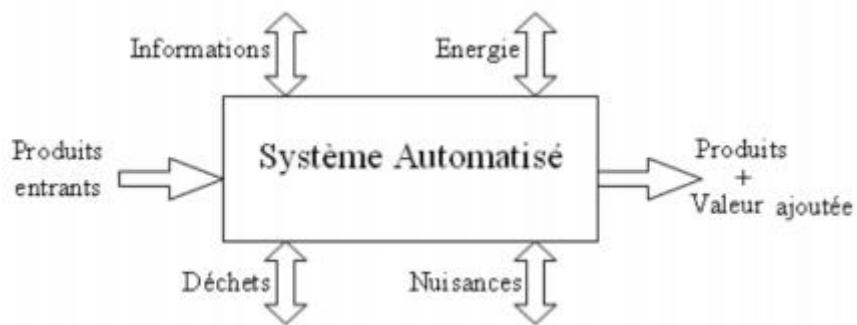


Figure2.3 : schéma d'un système automatisé

### 2.3.4 Le niveau d'automatisation, de rentabilité, et de sûreté :

L'automatisation nécessite une préconception simultanée du produit, des moyens de production et du processus. Comment mettre en œuvre un système automatisé complexe, sûr et efficace, intégrant une multitude de moyens techniques et des moyens humains des rythmes différents ?

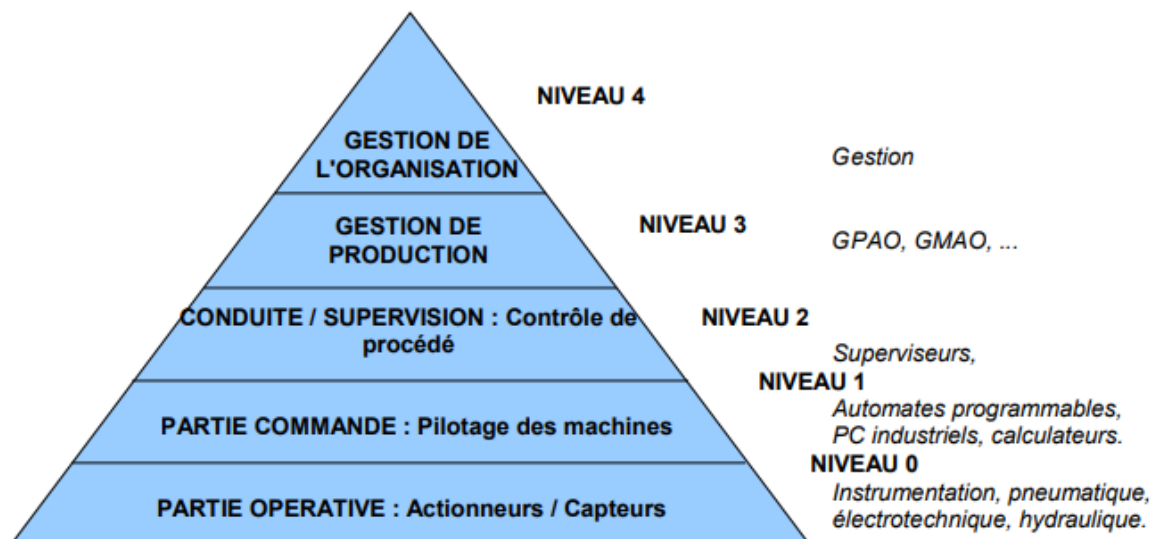


Figure 2.4 pyramide des niveaux d'automatisation

Il y a des différents degrés d'automatisation qui vont du niveau totalement manuel correspondant à 0% d'automatisation à un niveau total d'automatisation (100%) dans lequel l'homme ne joue aucun rôle dans l'accomplissement de la tâche.

Cependant, dans la plupart des applications, l'opérateur humain et la machine automatisée coopèrent pour mener à bien la tâche ou la mission à accomplir. Dans les systèmes de haut degré d'automatisation, l'opérateur humain joue seulement le rôle de superviseur.

L'augmentation des exigences de l'humanité a rendu les systèmes de plus en plus complexes. Ils nécessitent des compétences élevées pour maintenir ces moyens au niveau de performance exigée. La contrainte principale est le coût global.

Cela implique une concertation entre les services et une rentabilité économique :

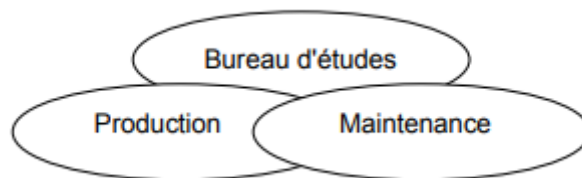


Figure 2.5 l'interaction entre les différents services

Plus le niveau du système est élevé plus son coût est conséquent. Ce qui implique l'importance du rendement du système (le retour sur investissement) et le niveau de sûreté.

La sécurité des moyens mis en œuvre permet de mettre à l'abri de tout danger ou risque les biens et les personnes.

La disponibilité dépend principalement de deux concepts :

1. la fiabilité,
2. la maintenabilité du système.

La complexité des systèmes automatisés rend plus difficile leur maintenance en cas de problème. Elle force l'entreprise à élaborer des scénarios d'escalade élaborés pour réagir en cas de panne et maintenir ses capacités opérationnelles. Exemples :



- Le système de pilotage d'un avion de ligne le niveau de sûreté est maximal (trois dispositifs de commande en redondance active).
- Le système de commande d'une centrale nucléaire : le niveau de sûreté est extrême.
- Le système de commande d'une machine-outil à commande numérique (un seul directeur de commande, une seule carte par axe) : niveau de sûreté minimal.

Les automatismes disposent de plus en plus de moyens d'aide au diagnostic, d'autodiagnostic et de systèmes de surveillance à distance permettant une "télémaintenance". On parle alors de "systèmes communiquant". Les automatismes s'organisent de plus en plus en "réseaux locaux industriels" (RLI). [8]

### 2.3.4 Les fonctions d'un système automatisé :

Les fonctions d'un système automatisé sont présentées dans l'organigramme suivant :

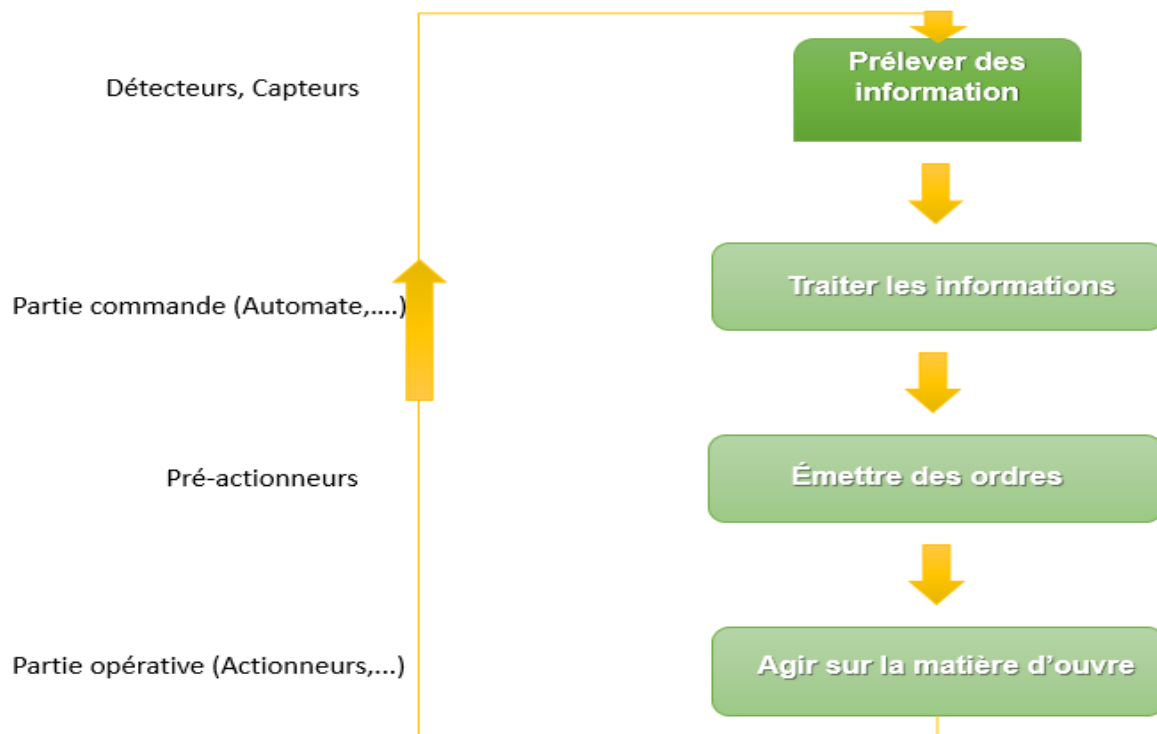


Figure2.5 : les fonctions d'un système automatisé

Les autres fonctions du système automatisé : gérer, coordonner, dialoguer, communiquer, surveiller. [8]

### **2.3.5 Automate Programmable Industriel (API) :**

#### **2.3.5. A. Définition :**

Un automate programmable est un appareil électronique, programmable par un personnel et destiné à piloter en ambiance industrielle et en temps réel des procédés automatiques.

L'automaticien intègre une mémoire programmable à l'aide d'un langage adapté pour le stockage interne des instructions composant les fonctions d'automatisme comme par exemple logique séquentielle et logique combinatoire :

- Temporisation, comptage, décomptage, comparaison ;
- Calcul arithmétique
- Réglage, asservissement, régulation, etc.

Son rôle est commander, mesurer et contrôler les entrées et de sorties (logiques numériques ou analogiques) des différents sortes de machines ou de processus en environnement industriel

#### **2.3.5. B. Programmation d'un API**

Plusieurs automates programmables existant ont un programme spécifique. Il y en a qui ont un mode de programmation pas à pas et un déroulement du programme de manière séquentielle. Il existe d'autres API plus compliqués et qui se programment en codes grâce à un programmeur.

Par ailleurs, on trouve d'autres logiciels qui permettent une programmation facile (une lecture, une modification) un dépannage simplifié (ladder diagramme – symbolique américaine, diagramme des flux, portes logiques, etc.).

Afin de simplifier la programmation des API, on a fait appel à un système d'écriture par organigramme spécialisé appelé GRAFCET (Graphe de Commande Etape/Transition). [9]

- **GRAFCET :**

Lorsque le mot GRAFCET (en lettre capitale) est utilisé, il fait référence à l'outil de modélisation. Lorsque le mot grafcet est écrit en minuscule, il fait alors référence à un modèle obtenu à l'aide des règles du GRAFCET. Présent sous forme d'organigramme, son but est la description du fonctionnement de l'automatisme contrôlant le procédé. C'est tout d'abord un

outil graphique, puissant, directement exploitable car c'est aussi un langage pour la plupart des API existants sur le marché. Il comprend :

- des étapes associées à des actions.
- des transitions associées à des réceptivités.
- des liaisons orientées reliant étapes et transitions.

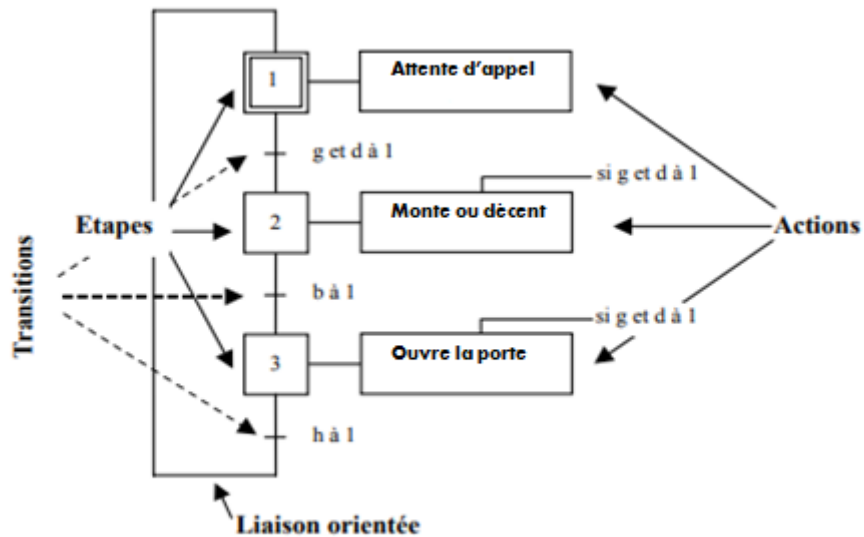


Figure 2.6 Exemple très basique d'un langage de programmation par événements

1. L'étape initiale :

Elle représente le système à l'état de repos initial. Elle est active au début du cycle.



2. L'étape :

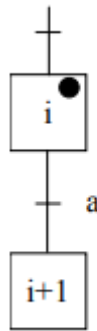
A chaque étape est associée une ou plusieurs actions ; c'est-à-dire un ordre vers la partie opérative ou vers d'autres langages.



### 3. Les transitions :

Une transition indique la possibilité d'évolution qui existe entre deux étapes et donc la succession de deux activités dans la partie opérative. Lors de son franchissement, elle va permettre l'évolution du système.

A chaque transition est associée une réceptivité qui exprime la condition nécessaire pour passer d'une étape à une autre [9]



## 2.4 L'impact de l'automatique dans l'ascenseur :

L'automatique offre plusieurs possibilités à l'homme et ouvre la porte à plusieurs révolutions primordiales dont l'ascenseur. Sans l'automatique on ne peut pas avoir les moyens qu'on a actuellement. Une cabine qui atteint des hauteurs importantes avec une rapidité élevée et une parfaite gestion d'appels simultanés ne peut pas exister sans l'apparition des automates.

Les grattes ciel prennent beaucoup plus d'ampleur dans l'urbanisme d'aujourd'hui et c'est dû à la fiabilité et la réussite des ascenseurs dans tous les domaines. Grâce à cette dernière, plusieurs problèmes sont résolus que ce soit dans l'industrie ou bien dans l'urbanisme.

Ce succès est la conséquence du développement considérable de l'automatisme et de l'ingénierie. Toutes les exigences des utilisateurs vont être gérées et traitées par des automates pour répondre à ses besoins et assuré une gestion optimale.



Figure2.7 : automates siemens

## **2.5 Généralités sur le champ magnétique :**

### **2.5.1 Définition :**

La notion de champ magnétique correspond à une région de l'espace soumise à l'action d'une force provenant d'un aimant.

On peut également dire qu'un champ magnétique est un champ de force qui résulte de la présence d'un corps susceptible de participer à une interaction magnétique.

Le champ magnétique caractérise également l'influence d'une charge électrique en mouvement et exerce, à l'inverse, son action sur les charges en mouvement.

On abandonne une petite aiguille aimantée, elle s'oriente vers une direction privilégiée. Si on la perturbe un peu, après avoir oscillé quelques instants, elle revient dans sa position initiale.

La terre se comporte comme un gigantesque aimant. Ceci est dû aux mouvements de convection des roches terrestres en fusion autour de son noyau.

De ce fait, le pôle nord géographique se comporte comme un pôle magnétique, que l'on appelle pôle nord magnétique.

Le côté de l'aiguille qui s'oriente suivant ce pôle est aussi appelé pôle nord par convention. Il est généralement marqué en rouge, l'autre côté devenant donc un pôle sud.



Figure 2.8 une boussole

### 2.5.2 La notion du vecteur :

Le champ magnétique est un vecteur noté généralement :

$$\vec{B}$$

Il possède par conséquent certaines caractéristiques :

- Une direction : celle de l'aiguille aimantée à l'équilibre.
- Un sens : du pôle sud de l'aiguille vers son pôle nord.
- Une valeur : B qui est donnée en Tesla (T).

La valeur du vecteur B peut être mesurée grâce à un appareil appelé tesla mètre.

Le Tesla, unité du système international, représente l'induction magnétique répartie uniformément sur une surface d'un mètre carré.

Cette unité porte ce nom en référence à Nikola Tesla, ingénieur physicien serbe et naturalisé américain ayant œuvré dans le domaine de l'électricité et de l'électromagnétisme.

### 2.5.3 Champ magnétique généré par un aimant :

Un champ magnétique peut être produit grâce un aimant ou une matière aimantée possédant des caractéristiques physiques particulières. Il existe des aimants naturels composés de magnétite (un oxyde de fer).

Un aimant possède toujours un pôle magnétique nord et un pôle magnétique sud et les lignes de champ sont orientées du nord vers le sud.

Un aimant est constitué de matériaux magnétiques. Les matériaux magnétiques sont souvent des métaux comme le fer, l'acier, le nickel ou le cobalt.

Si un matériau magnétique est placé dans un champ magnétique fort, chaque groupe d'atome, qui normalement ne suit pas une direction particulière, s'oriente graduellement dans la direction du champ. [10]

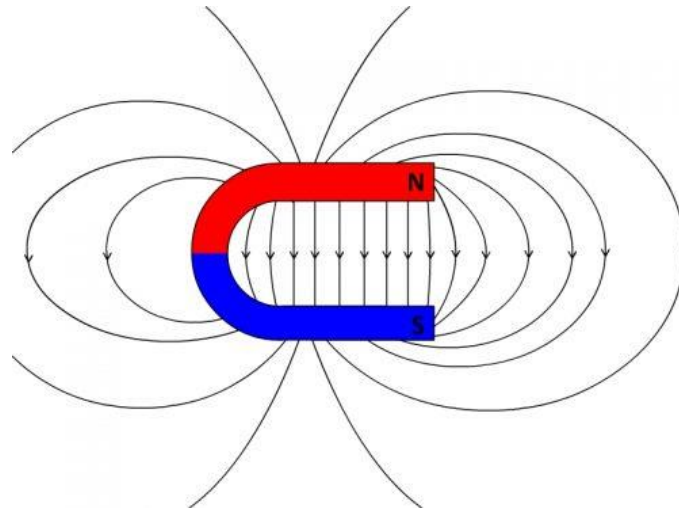


Figure 2.9 un aimant

Si on approche un des pôles de l'aimant d'une aiguille, alors deux comportements sont possibles :

- Soit celui-ci repousse le pôle nord de l'aiguille. On dit alors que le pôle de l'aimant approché est un pôle nord.
  - Soit celui-ci attire le pôle nord de l'aiguille. Le pôle de l'aimant est alors un pôle sud.
- [10]

Conclusion :

- Deux pôles d'aimant de même nature se repoussent.
- Deux pôles d'aimant de natures différentes s'attirent.

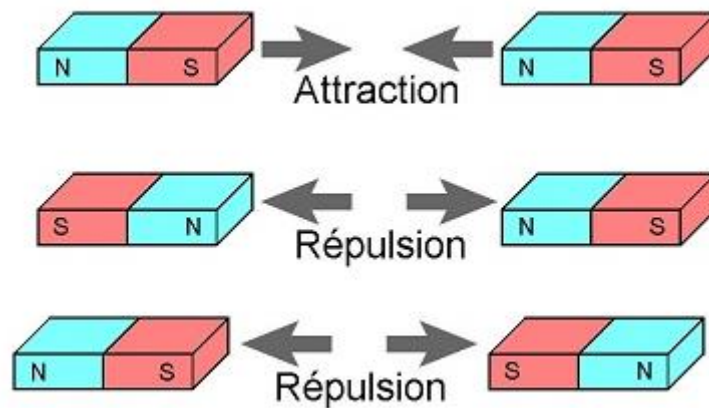


Figure 2.10 les polarisations des aimants

#### 2.5.4 Spectre magnétique et lignes de champ :

- **Expérience**

Prenons de la limaille de fer et disposons la autour d'un aimant.

Sous l'action du champ magnétique, la limaille de fer se comporte comme un ensemble de petites aiguilles aimantées.

- **Interprétation**

Elles s'orientent en fonction du champ magnétique généré par l'aimant.

La disposition de la limaille de fer autour de l'aimant met en évidence le spectre magnétique : on observe que la limaille s'est répartie selon des lignes courbes autour de l'aimant.

Le spectre magnétique est formé par les grains de limaille de fer saupoudrée autour de l'aimant matérialise les lignes de champ. Ces lignes sont orientées dans le sens du vecteur  $\mathbf{B}$ .  
[10]



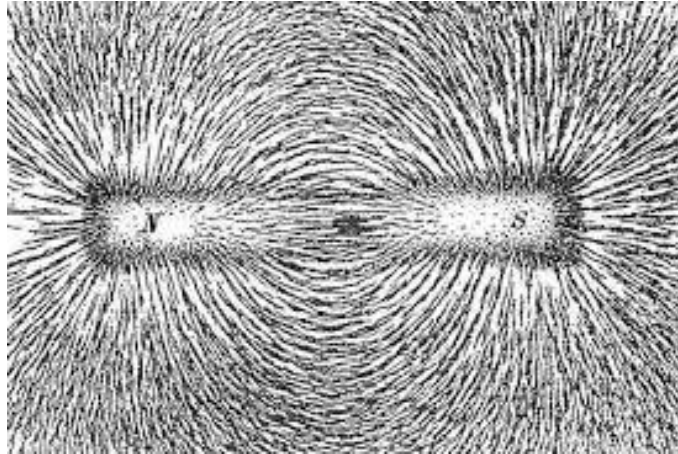


Figure 2.11 la disposition de la limaille de fer autour de l'aimant

- **Conclusion :**

La figure observée à l'aide de la limaille de fer est appelée un spectre magnétique. On observe aussi que la limaille s'est répartie selon des lignes courbes autour de l'aimant. Ces lignes sont appelées lignes de champs. En chacun des points de ces lignes, le champ magnétique y est tangent.

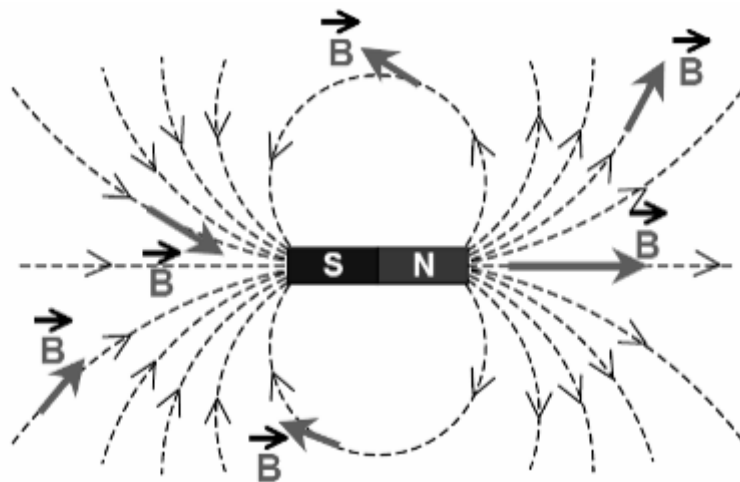


Figure 2.12 spectre magnétique

### 2.5.5 Relation entre champ magnétique et courant électrique :

Un courant électrique, et plus généralement tout déplacement de charges électriques, produit un champ magnétique dont la valeur dépend de la quantité de charges en mouvement et de leur vitesse.

Le champ magnétique produit par le passage du courant dans un simple fil électrique possède une valeur assez faible mais il est possible d'obtenir des champs magnétiques intenses grâce à des enroulements de fils électriques qui constituent des bobines.

On a vu avec l'expérience d'Oersted qu'un fil parcouru par un courant continu crée un champ magnétique. Nous allons étudier ici les propriétés d'un tel champ :

1. Les lignes de champ sont des cercles centrés sur le fil.
2. Leur sens est donné par la règle du tire-bouchon :

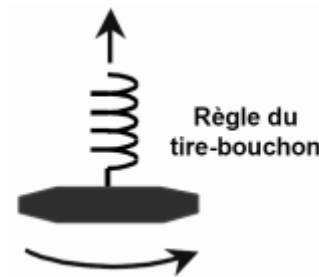


Figure 2.13 règle du tire-bouchon

3. Le vecteur champ magnétique  $B(M)$  créé en un point  $M$  par un fil rectiligne est dans le plan contenant  $M$  et la perpendiculaire au fil.

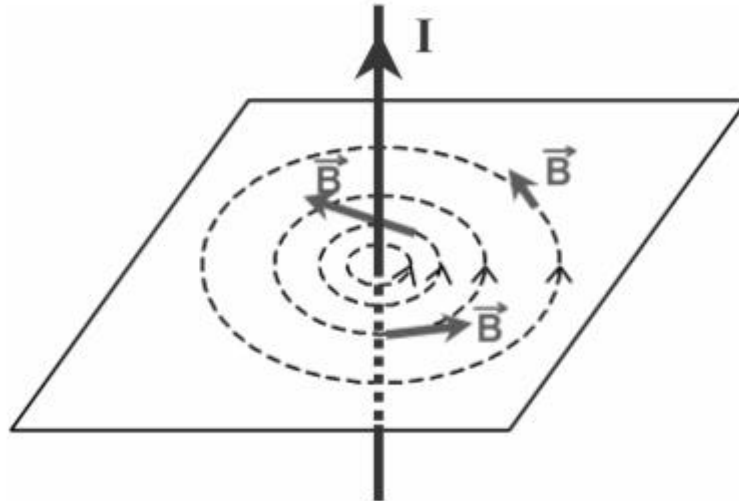


Figure 2.14 champ magnétique créé par un fil

- **La valeur du champ :**

Celle-ci est proportionnelle à l'intensité du courant traversant le fil :  $B = k \times I$ . La constante  $k$  (exprimée en T.A-1) dépend du point où l'on mesure le champ.

- **si le champ est créé par une sinusoïde :**

Lorsqu'une longue bobine, aussi appelée solénoïde est parcourue par un courant continu, elle se comporte comme un aimant et présente une face nord et une face sud.

En passant dans la bobine, l'électricité produit un champ magnétique dont la puissance dépend de l'intensité du courant électrique et du nombre d'enroulement de fil. La polarité dépend de la direction du flux.

- A l'intérieur du solénoïde les lignes de champ sont des droites parallèles. Le champ y est donc uniforme.
- A l'extérieur du solénoïde, les lignes de champ apparaissent comme celles d'un aimant classique.

On détermine le sens grâce à la règle du tire-bouchon. Le physicien James Clerk Maxwell a donné son nom à cette technique qui permet de déterminer le sens du champ magnétique dans la bobine :

- si le courant  $I$  parcourt les spires de la bobine, le champ magnétique est orienté vers le sens de l'enfoncement du tire-bouchon
- le sens du vecteur  $\mathbf{B}$  est celui de l'avancée du tire-bouchon.

En d'autres termes, les lignes de champ entrent par la face sud de la bobine et sortent de la face nord.

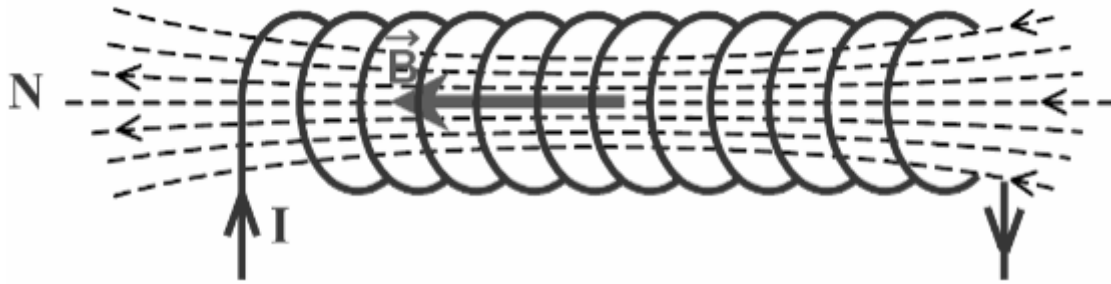


Figure 2.15 Sens du champ dans une bobine

- **Remarque :**

La règle de la main droite permet de déterminer la position de la face nord d'une bobine :

Si on enroule le courant avec la paume de la main droite, la direction qu'indique le pouce donne le lieu de la face nord, donc également le sens des lignes de champ.

- **Valeur du champ à l'intérieur d'un solénoïde :**

Elle est donnée par la formule :

$$B = \mu_0 \cdot n \cdot I$$

B : valeur du champ magnétique en Tesla (T).

I : intensité du courant en Ampère (A).

n : nombre de spires par unité de longueur (m<sup>-1</sup>).

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{T.m.A}^{-1}$$

- **Conclusion :**

La valeur d'un champ magnétique créé par un courant dépend du sens du courant, de son intensité et de la position du point de mesure.

- **Les domaines d'utilisation des bobines dans notre vie actuelle :**

De nombreux objets du quotidien utilisent les bobines pour générer un champ magnétique. En effet, si on place un barreau de fer doux à l'intérieur d'une bobine, il canalise les lignes de champ et accroît la valeur B du champ magnétique.

On retrouve ce principe notamment dans les relais et les électroaimants.

Ces électroaimants sont eux-mêmes utilisés dans les moteurs électriques, les télévisions, les téléphones, les ordinateurs et dans bien d'autres appareils modernes. [11]

## **2.6 Un moteur linéaire :**

### **2.6.1 Définition du moteur linéaire :**

Les moteurs linéaires sont une catégorie spéciale de servomoteurs synchrones sans balais. Ils fonctionnent sur le même principe que les moteurs couple mais sont ouverts et déroulés à plat. L'interaction électromagnétique entre un assemblage de bobines (ensemble primaire) et une voie d'aimants permanents (ensemble secondaire) transforme l'énergie électrique en une énergie mécanique linéaire avec une grande efficacité. Habituellement, on appelle également l'ensemble primaire moteur, partie mobile ou chariot. Quant à l'ensemble secondaire, il est aussi appelé voie d'aimants ou voie magnétique.

Etant donné que les moteurs linéaires sont conçus pour produire de hautes forces à faible vitesse ou vitesse nulle, le dimensionnement n'est pas basé sur la puissance mais sur la force, contrairement à des entraînements traditionnels.

La partie mobile d'un moteur linéaire étant directement fixée à la charge de la machine, ceci permet d'économiser de la place, de simplifier le design de la machine, d'éliminer le jeu mécanique et de supprimer les sources de panne engendrées par les courroies, vis à billes et autres éléments de transmission. Finalement, la largeur de bande et la rigidité d'un système de positionnement sont bien meilleures donnant ainsi une meilleure répétabilité de position et précision sur une course illimitée tout en étant à haute vitesse.

Du fait que les moteurs linéaires n'incluent ni cage, ni roulements ou codeur de position, le constructeur de la machine est libre de sélectionner les composants additionnels de son choix afin de répondre au mieux aux exigences de l'application.

Le moteur linéaire est de plus en plus populaire. On le trouve dans de nombreuses applications industrielles, mais également dans les systèmes de transport. En effet, les moteurs linéaires sont utilisés pour les transports urbains depuis de nombreuses années car ils sont moins bruyants, plus confortables et nécessitent moins de maintenance. Les trains à sustentions magnétiques à moteur linéaire sont des équipements innovants pour les transports publics. Cet équipement est une solution pertinente pour gérer l'augmentation de la population et son extension vers de nouvelles zones d'activités.

La technologie de ce train a attiré notre attention, son principe qui est basé sur les moteurs linéaires et lévitation nous offre des possibilités intéressantes pour arriver à la fin de notre projet qui est de réaliser un ascenseur sans fil qui change de direction.

## 2.6.2 Utilisation des moteurs linéaires dans les systèmes ferroviaires :

Il existe depuis longtemps des applications avec des moteurs linéaires dans le domaine ferroviaire. Les moteurs linéaires se sont développés grâce à leurs capacités à générer des systèmes de lévitation mais aussi pour leurs capacités de traction. Un moteur linéaire permet de générer directement une force de poussée sans aucun système intermédiaire de transformation de l'énergie de rotation en énergie de translation. Le premier brevet du moteur linéaire pour un train a été proposé par un inventeur allemand Alfred Zehden, aux Etats-Unis en 1902. Une série de brevets pour des trains à lévitation magnétique propulsés par des moteurs linéaires a été déposée par Hermann Kemper entre les années 1935 et 1941.

A l'heure actuelle, les applications du moteur linéaire pour le ferroviaire peuvent être divisées principalement en deux catégories :

- les trains traditionnels avec des roues
- les trains sans roues qui utilisent la technologie de la lévitation Magnétique (Maglev).

### 2.6.2. A. Train traditionnel avec des roues :

Ce type d'application utilise des roues et des rails traditionnels. Le train est propulsé par des forces magnétiques provenant de courants induit dans une bande conductrice située entre les rails.

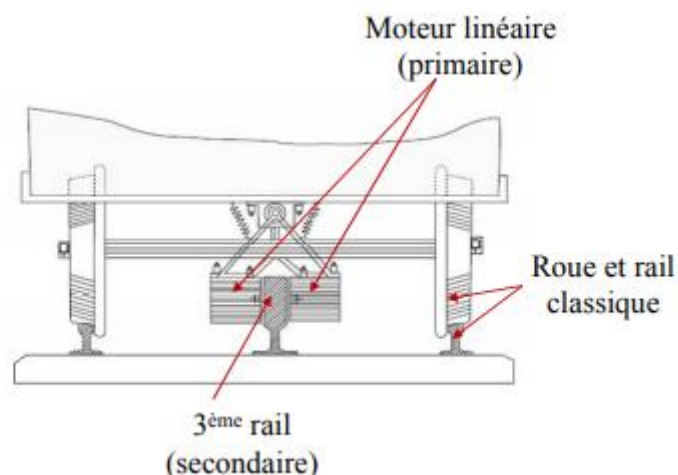


Figure 2.16 brevetée de zehden en 1902 sur rails

Aujourd'hui, les moteurs linéaires les plus utilisés en traction ferroviaire sont des moteurs plats à un seul primaire. La Figure 2.17 (a) présente une structure de traction à un seul primaire. C'est un moteur linéaire avec un primaire court. Le primaire est installé sur le train. Le secondaire est en aluminium avec une bande magnétique en fer pour le retour du champ

magnétique. L'ensemble est installé au sol le long des rails. La Figure 2.17 (b) présente l'installation du moteur linéaire sur le train. Le secondaire au sol est souvent appelé troisième rail. Les roues servent simplement à soutenir le train. Elles ne propulsent pas le train ce qui résout le problème d'adhérence

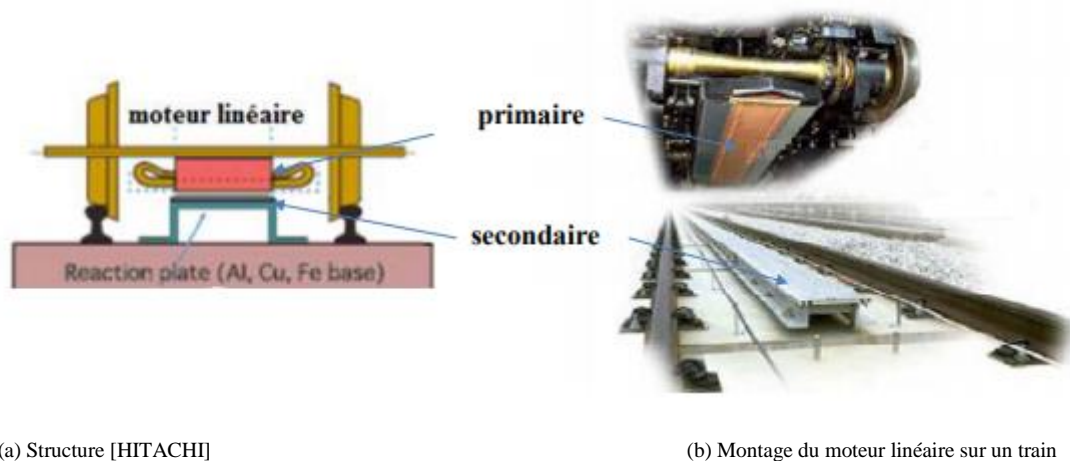


Figure 2.17 Application du moteur linéaire avec des roues

- **Avantages et inconvénients**

Le métro à moteur linéaire est une avancé pour les transports urbains. En effet, la traction linéaire apporte de nombreux avantages par rapport aux autres systèmes de transports traditionnels

La force de poussée provient du troisième rail et ne dépend plus du contact roue-rail comme dans le train traditionnel. Les roues servent seulement à soutenir le poids du véhicule. De plus le train à moteur linéaire n'a plus besoin de système intermédiaire de transformation de la force de rotation en force de translation. La suppression de cette partie permet de réduire la section du véhicule et ainsi la section de tunnel où se déplace le métro.

Le métro à moteur linéaire satisfait à tous les besoins de transport urbain. Toutefois, les recherches se poursuivent afin d'améliorer la maintenance, de réduire l'impact environnemental et la consommation énergétique. Ils ont aussi des inconvénients. Le rendement et le facteur de puissance sont plus faibles que ceux des moteurs traditionnels à cause de l'entrefer important nécessaire au système d'entraînement direct. Les moteurs

linéaires ont des effets d'extrémités qui complexifient leur commande. Le champ magnétique n'est pas périodique dans l'espace. Ainsi le contrôle du moteur linéaire est plus complexe et donc plus coûteux. [12]

Avantages	Commentaires
Réduction du coût de construction	La section du tunnel du métro à moteur linéaire peut être réduite
	Il peut négocier des pentes raides et des courbes serrées
Réduction de la maintenance	Réduction du coût des voitures et de la maintenance
	Réduction de la consommation d'électricité grâce au système de récupération d'énergie au freinage
Amélioration de la commodité	Augmentation de la vitesse commerciale grâce à une forte accélération et décélération
	Meilleure exploitation en condition, météorologique difficile
Environnement	Système de traction non-polluant
	Plus silencieux, car en entraînement direct

Tableau 2.1 les avantages du métro à moteur linéaire

### 2.6.2. B. Système à lévitation magnétique (Maglev) :

Avec l'augmentation de la population et de l'extension des zones d'activités humaines, les moyens de transport traditionnels ne satisfont plus les besoins. Des moyens de transport en commun innovant sont nécessaires. Le train utilisant le système de lévitation magnétique (Maglev) est un très bon candidat.



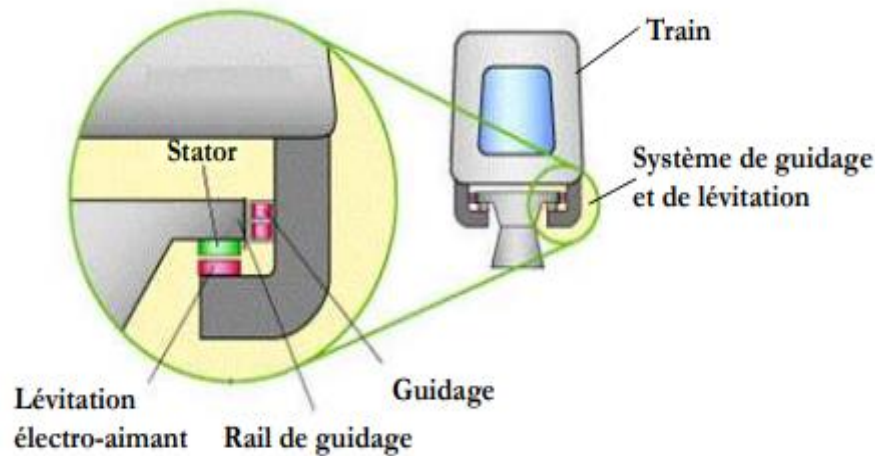


Figure 2.18 système du Maglev

Le Maglev est un système de transport qui suspend, guide et propulse le train. Tandis qu'un train conventionnel est propulsé à l'aide du frottement entre les roues et les rails. Les Maglev utilisent la lévitation sur la voie de guidage et se propulse grâce à un moteur linéaire. Il est composé de trois parties : le système de propulsion (le moteur linéaire), le système de lévitation et le système de guidage.

- **le système de propulsion :**

La force de propulsion du système Maglev provient des moteurs linéaires. Comme les moteurs linéaires génèrent directement la force de translation, sans système intermédiaire, la structure des trains avec moteurs linéaires est simple par rapport à celles avec moteurs traditionnels. De plus, les vibrations et le bruit provenant des contacts mécaniques sont fortement diminués.

Deux types principaux de moteur linéaire sont utilisés dans les Maglev : les moteurs linéaires à induction et les moteurs linéaires synchrones.

La structure du moteur linéaire à induction est présentée sur la Figure 2.17 (b). Il y a deux types de structure :

- 1) Primaire court : le primaire est fixé sur le véhicule et le secondaire (souvent une plaque conductrice de l'électricité) est fixé sur le rail de guidage.
- 2) Primaire long : le bobinage du primaire est fixé sur le rail de guidage et le secondaire est fixé sur le véhicule. Le prix de construction pour la seconde structure est beaucoup plus important que le premier mais il est préféré dans les systèmes à grandes vitesse. Les moteurs à

primaire court sont préférés pour les systèmes de faible vitesse, c'est-à-dire les trains traditionnels.

Les moteurs linéaires synchrones créent eux même leur champ magnétique d'excitation. Il y a deux types de moteur linéaire synchrone :

- 1) le champ est généré par un électro-aimant avec un noyau en fer.
- 2) le champ est généré par un supra conducteur avec un noyau en air.

Pour les trains à grande vitesse, les moteurs linéaires synchrones sont préférés, parce qu'ils ont un rendement et un facteur de puissance élevé.

- **le développement du maglev :**

La technologie Maglev est considérée comme un moyen innovant de transport mais elle a déjà une longue histoire que nous présenterons dans cette partie selon les différents systèmes de lévitation utilisés. Actuellement, deux types de technologies de lévitation existent : électromagnétique et électrodynamique. [12]

### 1. lévitation électromagnétique :

La lévitation électromagnétique est basée sur la force d'attraction magnétique entre une voie de guidage et des électro-aimants. Il existe deux types de lévitation électromagnétique.

La Figure 2.19(a) présente la structure à lévitation électromagnétique avec guidage intégré. Ce type de système est préféré pour les applications à vitesse réduite car la partie lévitation et la partie de guidage interagissent à grande vitesse. La Figure 2.19(b) présente le véhicule HSST avec trois voitures utilisant la lévitation électromagnétique.

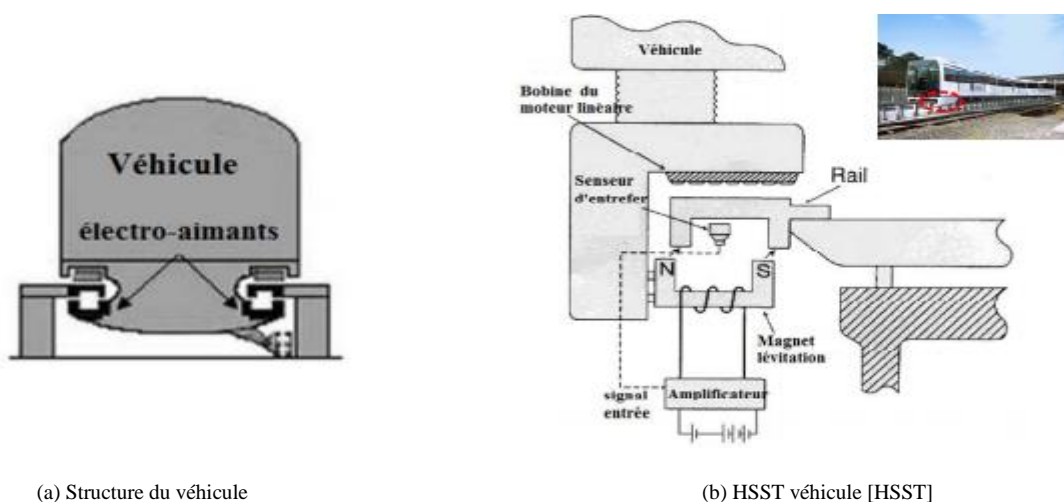
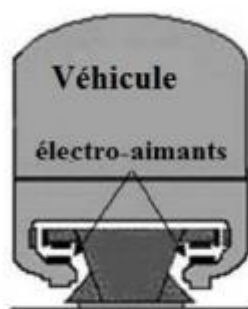


Figure 2.19 Suspension électromagnétique avec du guidage intégré

Le système HSST a été développé à partir des années 1972 au Japon pour une vitesse réduite. C'est un système pour transport urbain. Une ligne de test a été construite en 1991 et une ligne commerciale de 8,9kma ensuite été mise en service.

La construction de cette ligne a commencé en 2002 et elle a été mise en service en 2005. Le système HSST a une vitesse maximale de 100km/h. Le temps total de circulation est environ 15 minutes avec une vitesse moyenne 35,6km/h. Sa capacité nominale par train est de 255 passagers et il permet de transporter 30000 passagers par jour. La Chine et la Corée du sud ont également commencé à développer ce type de système à partir des années 1980. Plusieurs véhicules ont été construits. La Figure 2.20(a) présente la structure à lévitation électromagnétique avec guidage séparé. Ce type de système est favorisé pour des applications à grande vitesse parce que la partie lévitation et la partie guidage n'interagissent pas. Une application typique de ce système est la technologie allemande du Trans-rapid. La Figure 2.20(b) présente une photo du Trans-rapid sur une ligne de démonstration à Shanghai en Chine. La difficulté majeure de cette technologie est un entrefer de lévitation de 10mm, ce qui nécessite des électro-aimants de forte puissance et un guidage précis de l'entrefer.



(a) Structure du véhicule



(b) Suspension et guidage séparés

Figure 2.20 : Suspension électromagnétique avec du guidage séparé

Le système Transrapid a été développé comme un projet national dans les années 1969. 1,3 billion d'euros ont été investis en recherche et développement dans ce projet.

En 1979 la phase de recherche est terminée. A partir de 1980, une ligne de 31,5km est construite puis mise en service. Les véhicules de test atteignent une vitesse de 450km/h. Une ligne de 292km entre Berlin et Hambourg a commencé à être construite mais ce projet est arrêté pour des raisons économiques. Une ligne de démonstration avec une longueur de 30km est mise en service en 2004 à Shanghai (Figure 2.20(b)). La vitesse commerciale est de 431km/h. C'est le train le plus rapide du monde. De plus la fiabilité est démontrée par le respect de ses horaires à 99,97%.

- **Lévitiation électrodynamique :**

Le système de lévitation électrodynamique utilise la force de répulsion alors que le système de lévitation électromagnétique utilise la force d'attraction. Quand les électro-aimants, fixés sur le véhicule, viennent au-dessus des plaques conductrices situées sur la voie de guidage, des courants induits traversent ces plaques et produisent un champ magnétique de répulsion. La force répulsive fait léviter le véhicule. La Figure 2.21 présente les deux structures de ce système : une avec des aimants permanents, l'autre avec des électro-aimants. [12]

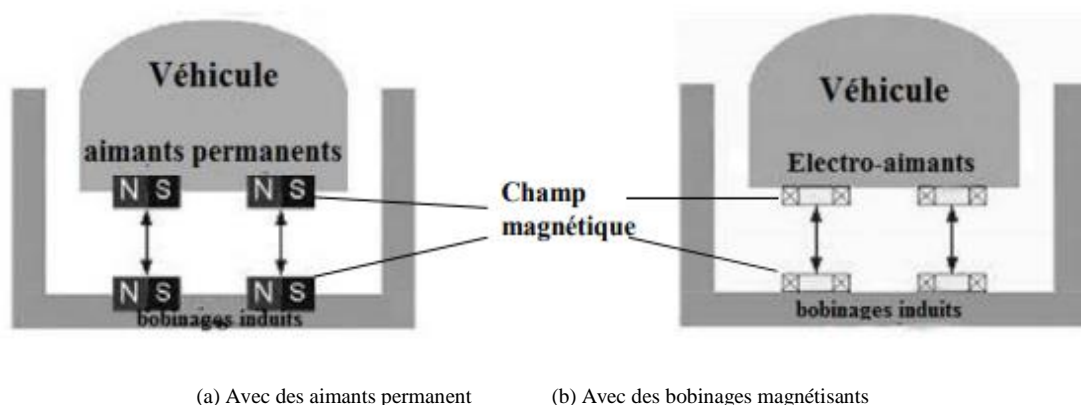


Figure 2.21 : Suspension électrodynamique

- **avantages et inconvénients**

Le système Maglev a de nombreux avantages par rapport aux trains traditionnels :

- 1) Il permet de grande vitesse de fonctionnement, 500km/h.
- 2) Il nécessite une faible consommation d'énergie, fait moins de bruit et est plus sécurisé et plus confortable en raison de l'absence de contact mécanique.
- 3) Il permet de négocier facilement des pentes importantes et des courbes serrées.
- 4) Il possède une accélération et décélération importante.
- 5) Il est peu influencé par les conditions météorologiques.

Le système Maglev a quelques inconvénients :

- 1) Le moteur de traction doit fournir la totalité de force de traction et de la force de freinage
- 2) Un système de lévitation est nécessaire et doit être alimenté en énergie
- 3) Le système de lévitation rayonne et peut éventuellement nuire aux passagers.

## **2.7 Conclusion**

La réalisation de notre ascenseur exige un ensemble des bases techniques. C'est pour cette raison qu'on a consacré ce chapitre pour citer et expliquer toutes les technologies qui nous ont inspirés afin de réaliser notre idée.

Cet aperçu détaillé de ces technologies offre la possibilité de comprendre les détails techniques de notre ascenseur et savoir sa source.

# Chapitre 3 : Le fonctionnement de notre ascenseur

---

## 3.1 Introduction :

De tous les temps, l'homme a œuvré pour rendre sa vie facile et commode. Ses inventions, conséquences de son génie créatif, sont très variées et diverses. Elles sont fonction de situations vécues. Parmi celles-ci on cite les ascenseurs.

L'essor des ascenseurs et sa prolifération dans le monde avaient pour but la facilitation d'un type de transport qui était ardu et très pénible à une époque donnée. On ne cache pas ici qu'il y a avait aussi un intérêt pécuniaire. On cite par exemple, pour les exploitations des ascenseurs, l'accèsion aux mines profondes et aux étages des immeubles de hauteurs imposantes qui furent érigés. D'où la création d'un nouveau mode de déplacement : déplacement vertical. Et ce n'est pas finit. Les recherches continues.

On situe la naissance des élévateurs (ancêtres des ascenseurs) vers 1854. Cette invention a changé le chemin de la vie de l'homme. Une cabine dans un rail accrochée par un câble voyage verticalement. Le principe n'a pas changé depuis 160 ans.

En 2003, l'apparition du premier ascenseur double cabines a changé le monde de l'industrie. Deux cabines qui voyagent indépendamment l'une de l'autre dans un seul rail pour but de répondre à l'augmentation des demandes des utilisateurs au fil du temps.

De plus en plus de personnes vont vivre dans les villes dans le futur. Aujourd'hui, le développement de l'urbanisme doit s'adapter au changement pour assurer une vie meilleure.

Une révolution doit avoir lieu. Elle consiste à mettre en place des ascenseurs qui offrent plus de commandités vis à vis des exigences énormes du futur. C'est là où notre travail va agir. Ce qu'on va vous présenter dans ce chapitre va sans doute ouvrir des horizons pour révolutionner le monde de demain.



Figure 3.1 paysage urbain Dubaï

### 3.2 Présentation de notre révolution MAGVELL :

C'est des ascenseurs sans câble qui se déplacent horizontalement et verticalement et qui dit sans câble dit plusieurs cabines qui se déplacent.

Cette invention nous permet de concevoir la ville d'une façon différente en mettant en relation plusieurs pôles et rendre les voyages en ville plus fluide.

En 2050, plus de deux tiers de l'humanité vivra en ville. Dans 30 ans, la planète comptera 43 villes de plus de 10 millions d'habitants et Tokyo aura perdu son rang d'agglomération la plus peuplée du monde, selon l'ONU.

Cette solution peut faire la différence et peut même garantir une adéquate gestion de la population.

Le futur nous réserve des villes de plus en plus denses, de plus en plus hautes en construction. C'est une réponse à cette fluidité à pouvoir transporter plus de personne dans moins d'espace.

A partir du moment où l'on peut transporter des personnes verticalement et horizontalement on va imaginer toute sorte de connexion nouvelles. On va pouvoir connecter des tours entre elles. On va aussi imaginer à connecter un quai de métro avec un quai de gare.

C'est un produit du 21<sup>ème</sup> siècle avec des matériaux plus légers et une consommation d'énergie beaucoup moins que celle des ascenseurs traditionnels.

Cette révolution va nous fournir des atouts pour une meilleure gestion de populations dans l'avenir proche sans compter les gains d'espace et en temps.

Il faut savoir que les puits d'ascenseur prennent 40 à 50 % d'espace dans un building.



Figure 3.2 logo du MAGVELL

### 3.3 L'objectif du MAGVELL :

La croissance de la population dans le monde impose une nouvelle vision de l'urbanisme. Cette vision peut éliminer quelques détails qui seront dépassés avec l'augmentation de la population et aussi elle peut rajouter ou modifier des options pour se doter des moyens qui rendent notre vie meilleure et qui rapportent des solutions dans beaucoup de domaines.

L'objectif du MAGVELL c'est de trouver des solutions qui rapportent à l'humanité des soulagements dans leur vie. Avec son changement de sens et sa disponibilité (il y aura plus de fréquence dans les rails) notre ascenseur peut offrir des commodités qui lui permettent de s'imposer au fil du temps.

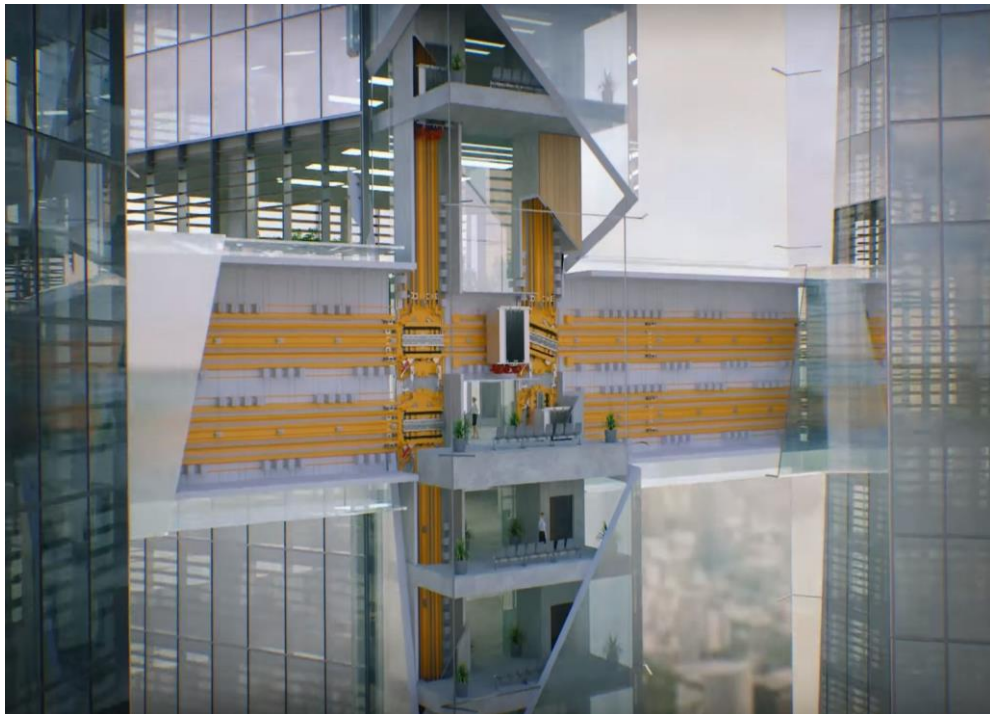


Figure 3.3 exemple du MAGVELL entre deux tours

### 3.4 Les avantages du MAGVELL :

- ▶ Offrir plus de liberté aux architectes.
- ▶ Connecter un quai de métro avec un quai de gare ou les aéroports.
- ▶ Transporter plus de personnes dans moins d'espace.
- ▶ Connecter des tours entre elles.
- ▶ Battre les records des hauteurs sans aucuns soucis et construire de plus en plus haut.



- ▶ Augmenter la vitesse en diminuant les frottements.
- ▶ Réduire le temps des attentes en rajoutant des fréquences des cabines.
- ▶ Réduire la consommation de l'énergie.
- ▶ Un ascenseur considérablement plus léger et moins massif.



Figure 3.4 Cacho Torres Mexico City

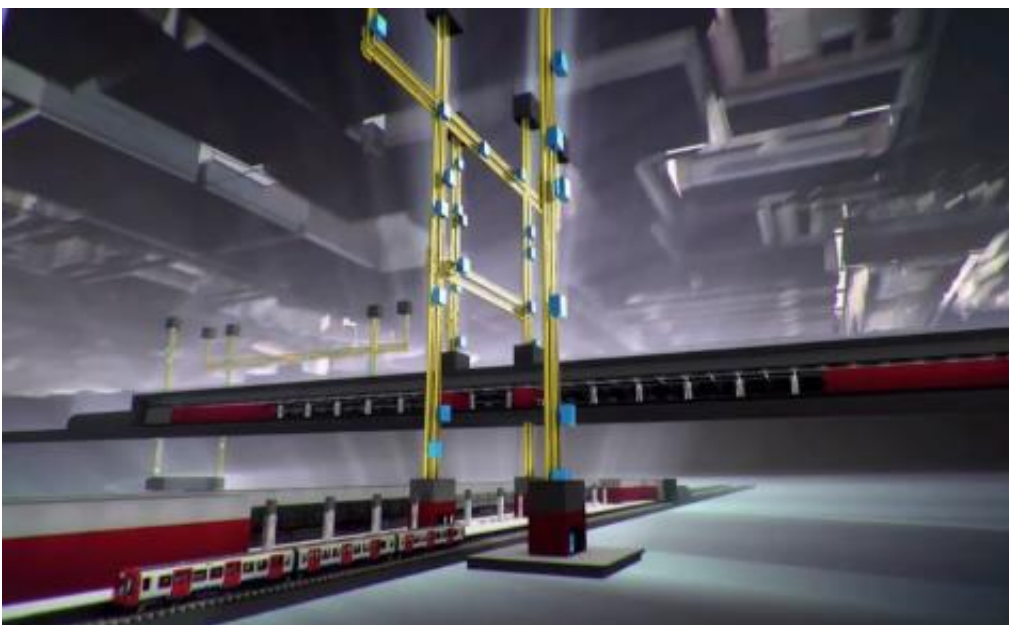


Figure 3.5 une simulation d'une relation entre un quai de métro avec d'autres pôles

## 3.5 Le fonctionnement du MAGVELL :

### 3.5.1 Le principe :

Notre ascenseur fait appel à plusieurs technologies pour arriver à se déplacer sans frottements et changer de direction quand il le faut. Il relie deux univers :

1. Le train à grande vitesse (maglev).
2. l'ascenseur.



Figure 3.6 train à grande vitesse (maglev)



Figure 3.7 ascenseur

Pour assurer la lévitation on a mis en place un champ magnétique constant qui garantit l'accrochage de la cabine.

Le déplacement se fait grâce à la technologie du moteur linéaire utilisé dans les trains à lévitation (magvel).

Le traitement d'information et la gestion des appels se fait par un arduino.

Le train à grande vitesse nous a inspirés par son mouvement sans contact avec le sol et sa rapidité. On a donc imaginé un ascenseur sans câble et sans contact avec la gaine, doté d'un moteur linéaire qui permet de faire marcher la cabine du haut en bas de droite à gauche et même éventuellement en diagonale.

### 3.5.2 L'accrochage :

Le but de cette lévitation c'est d'éliminer le contact de la cabine avec la gaine afin de supprimer la force du frottement pour s'offrir plus de vitesse.

L'accrochage est assuré par un champ magnétique constant crée par des aimant permanent placé tout au long du chemin de la cabine. Celle-ci, quant à elle, est composée de deux parties :

1. la première partie s'occupe d'accrochage et l'avancement de la cabine (C1).
2. la deuxième partie c'est la cabine (la partie visible par les utilisateurs).

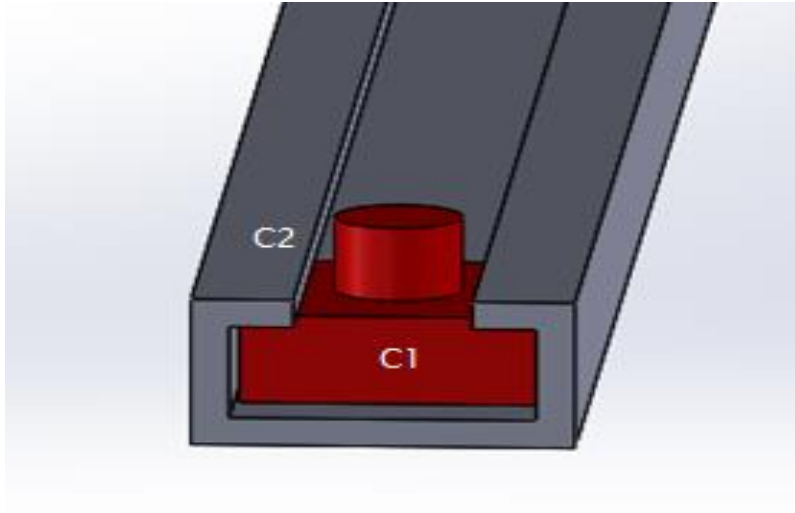


Figure3. 8 le chemin (C2) et la pièce mobile de la cabine (C1)

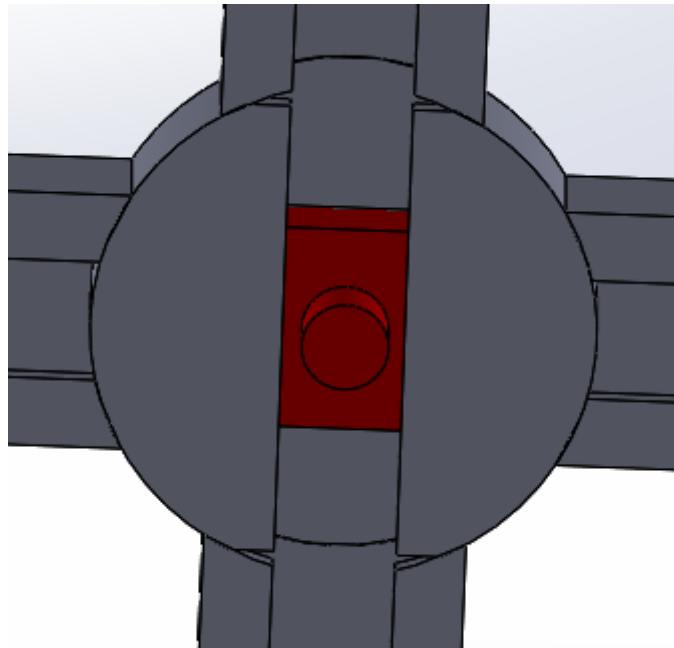


Figure 3.9 le circuit de la cabine

Le chemin de la cabine (C2) possède quatre lignes d'aimant pour garantir l'accrochage de la pièce(C1). La disposition des aimants dans les quatre lignes nous permet d'éviter le contact de la cabine avec la gaine. Il faut savoir que même (C1) est composé de quatre petites lignes d'aimant pour faire face au champ magnétique généré par les aimant de (C2). La polarisation des faces visibles de ces aimants que ce soit du C2) ou bien du (C1) sont similaires afin de

garantir la lévitation ; c'est à dire les quatre lignes d'aimants sont placées de telle sorte que chaque pôle du (C1) fait face à un pôle similaire dans (C2). (Voir la figure 3.10)

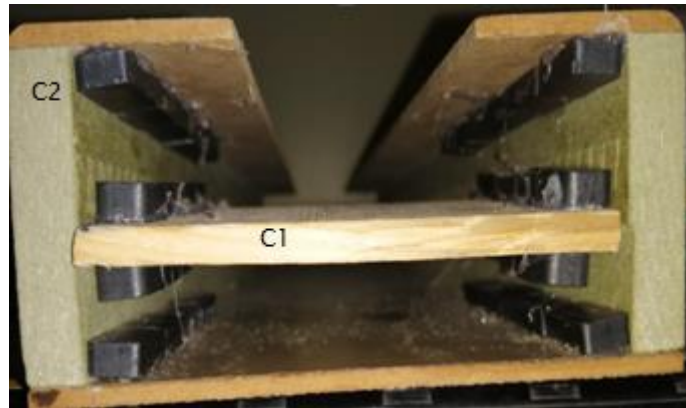


Figure3.10 la disposition des aimants

### 3.5.3 L'avancement :

Le déplacement quant à lui est aussi assuré par un champ magnétique généré par des bobines. Cette combinaison entre les aimants et les bobines nous offre le principe du moteur linéaire. C'est exactement le même principe du train à lévitation comme déjà expliqué plus haut.

La pièce mobile (C1) possède des aimants permanents au milieu. Ces aimants vont être exposés au champ magnétique généré par les bobines placées tout au long du rail. Le mouvement aura lieu lorsqu'on alimente la première bobine. Le choix du sens du courant est important car c'est à lui de juger si la pièce va être attirée ou repoussée. Autrement dit, si le sens du courant nous offre une polarisation similaire à celle de l'aimant donc on va repousser la pièce, dans le cas contraire la pièce va être attirée.

Le principe est simple. La première bobine est chargée d'attirer(C1) c'est à dire le courant qui traverse cet électroaimant doit proposer, dans le pôle le plus proche du (C1), un pôle opposé afin de l'attirer. Cela implique l'avancement de la cabine. Ensuite, le courant doit être nul durant un laps de temps pour éviter que la pièce s'arrête une fois arrivée au pôle de la bobine. Après son passage, le courant doit s'inverser pour proposer un pôle similaire des aimants de la pièce. Ce comportement va repousser la cabine vers la bobine suivante pour faire la même opération à son tour et cela va donner à la pièce plus de poussé ce qui implique plus de vitesse.

Ce changement de sens du courant est en fonction de la position du (C1). Cette combinaison doit être parfaite pour pouvoir maîtriser les champs. Et une fois fait on va obtenir un avancement impeccable et maîtrisé à son tour.

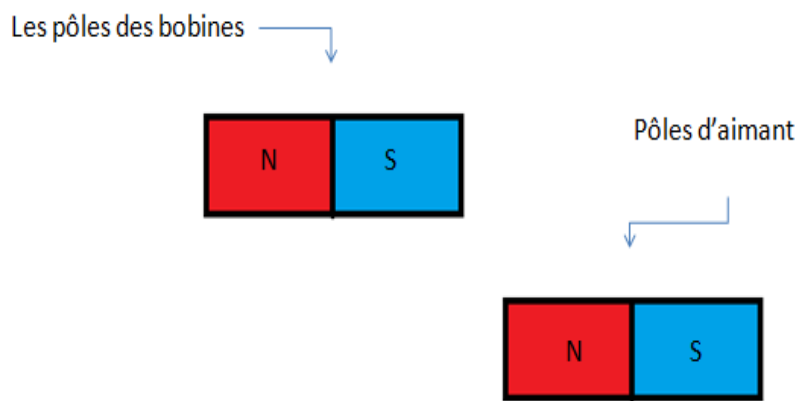


Figure 3.11 les pôles dans la première phase (attiré).

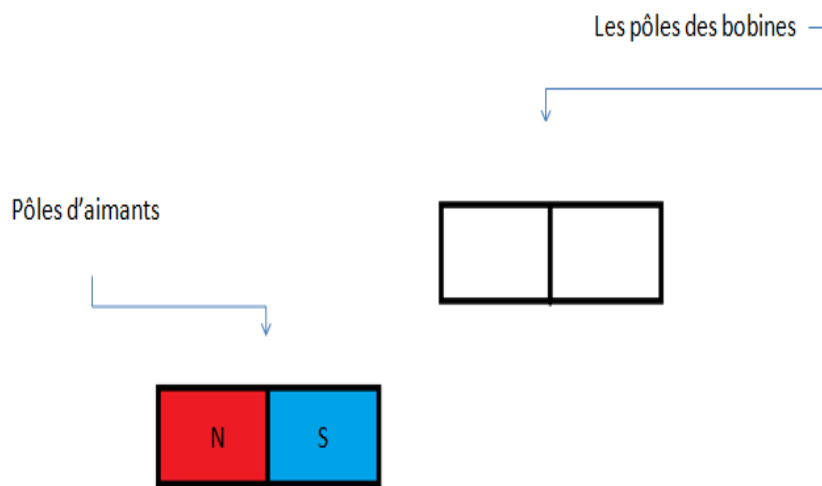


Figure 3.12 les pôles dans la deuxième phase (champ nul).

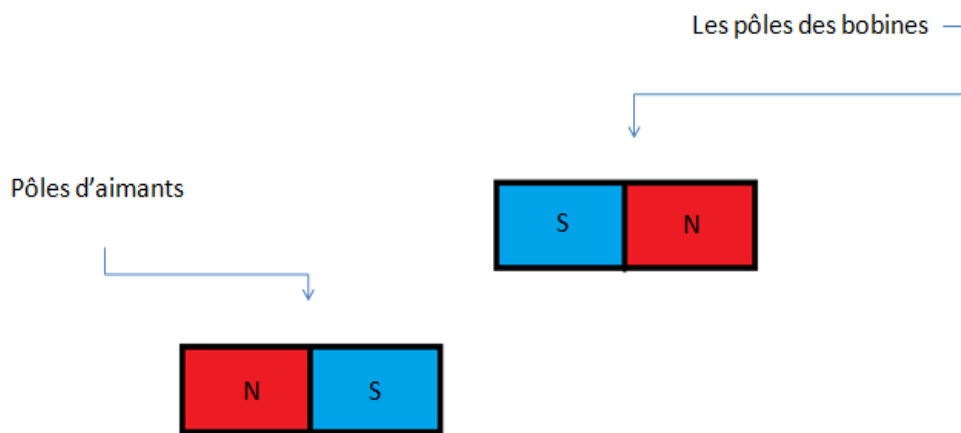


Figure 3.13 les pôles dans la troisième phase (repoussé).

### 3.5.4 Le changement de sens :

Cette partie est la plus séduisante dans notre projet vu qu'elle propose une des valeurs ajoutées du MAGVELL.

Le changement de direction se fait en fonction du choix du voyageur. La cabine cherche toujours à optimiser ses déplacements, c'est à dire elle doit prendre en considération le point d'arrivée du premier voyageur pour planifier son chemin qui est le plus court. En même temps elle doit répondre aux appels des autres passagers pour éviter de se déplacer vide ou bien pour essayer de répondre au maximum possible aux appels des utilisateurs.

Dans chaque entrée de la cabine il y a un disque de rotation situé dans le rail. Son rôle est de maintenir la pièce mobile (C1) pour la garder en arrêt ou bien faire un changement de direction de la cabine de la position horizontale à la verticale ou vis-versa. Le disque agit en fonction du besoin des passagers.

Ce mécanisme se fait au cœur du rail. Le disque possède des supports qui s'adaptent avec l'espace conçu dans l'arrière du (C1) pour fixer la pièce mobile et pouvoir contrôler son comportement. La relation entre le (C1) et le disque nous permet de changer le sens de la cabine en mettant en place un point de liberté (rotation) qui relie la partie mobile (C1) et la cabine. Grâce à ce point de liberté, (C1) tourne à 90° sans influencer la cabine.

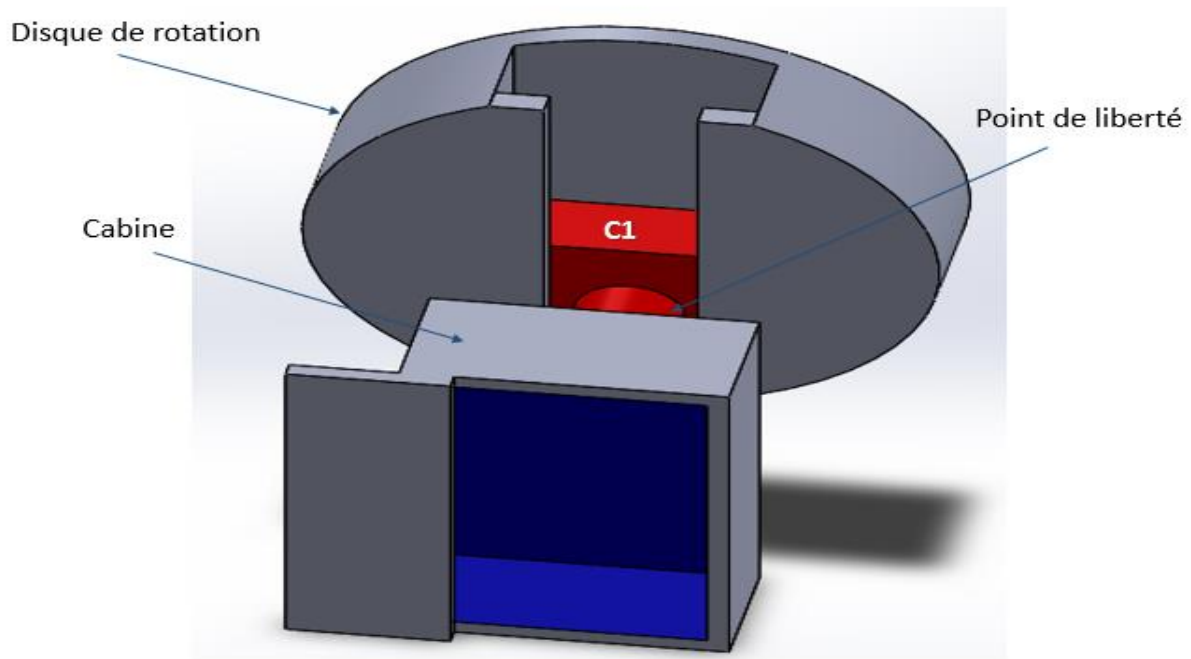


Figure 3.14 le principe de changement de sens

L'entrée de chaque disque possède des capteurs de position dans les quatre coins (les 4 entrées du disque). Leurs rôles c'est d'indiquer la position de la cabine pour préparer le disque à la recevoir. L'action de se positionner à recevoir la cabine et tourner pour changer son sens est sous la responsabilité d'un moteur qui fait tourner le disque dans le sens voulu.

### **3.5.5 L'arrêt et le passage de la cabine dans le disque :**

#### A) L'arrêt de la cabine :

Le disque possède un système de freinage constitué de quatre cylindres qui émergent pour pénétrer dans les quatre trous du (C1). Cette opération est conçue pour assurer l'arrêt de la cabine afin de permettre un changement de sens ou bien une entrée ou sortie des voyageurs. Une fois une de ces deux opérations terminée, les cylindres vont récupérer leur position initiale pour permettre à la cabine de se déplacer à nouveau.

#### B) Le passage de la cabine :

Les électroaimants qui se situent dans les quatre côtés du disque doivent toujours générer un champ plus important car, si la cabine est en arrêt, la bobine qui se positionne dans le sens désiré doit générer une force magnétique importante pour pouvoir attirer la pièce. Dans le cas où le disque est considéré comme un passage et non pas un point de changement de direction les deux bobines qui respectent le chemin de la cabine doivent générer une force importante pour attirer et repousser très fort (une, doit repousser fort et l'autre doit attirer fort) afin de fournir la puissance nécessaire pour un tel passage sans avoir besoin d'une force supplémentaire.

### 3.5.6 La force nécessaire pour déplacé la cabine :

On a supposé que notre cabine pèse 450 kg avec sa charge maximale (350kg pour 4 personnes+100kg de la cabine). Pour soulever un tel poids il faut générer une force qui supporte cette charge. Nos bobines doivent offrir suffisamment de champs magnétiques. Pour cela, on doit avoir une intensité du courant suffisante (force du frottement est nulle).

La force du poids de notre boîte en métal (P) est égale à 4410 N ( $450 \times 9.8$ ). Pour faire monter une telle charge on est tenu de mettre en place une force supérieure pour assurer la monté. La force magnétique dépend de l'intensité du courant qui traverse la bobine, le nombre de spires et la longueur de l'électro-aimant.

En résumé, nos bobines situées dans le rail vertical doivent fournir un champ magnétique qui génère une force supérieure à 4410N. Plus la force est plus grande plus la poussée est plus importante et au final, on obtient plus de vitesse. Tandis que les bobines des rails horizontaux font face à une charge minime puisque le poids de la cabine est réduit par la force de la réaction. L'absence de frottements, les électro-aimants n'ont qu'à créer une force qui peut pousser 450kg. Si on veut obtenir plus de vitesse on a qu'à augmenter la puissance des bobines.

Il faut savoir que chaque bobine a un rôle dédié uniquement à elle. La force proposée par chaque bobine dépend de sa position par rapport à la cabine et du trajet de l'ascenseur. Autrement dit, le comportement de la cabine dans le rail impose des forces différentes mise en disposition par chaque bobine pour réaliser un mouvement qui satisfait le trajet exigé par l'utilisateur.

<b>Le type d'ascenseur</b>	<b>Le poids de la cabine</b>	<b>Le poids à soulever</b>	<b>La durée de consommation</b>
Ascenseur classique	1000kg+450kg	225 kg	Durant tout le voyage
MAGVELL	100kg+350kg	450 kg	Juste lors du passage de la cabine

Tableau 3.1 tableau comparatif entre l'ascenseur classique et notre MAGVELL

D'après le tableau, on remarque que notre cabine porte moins de personnes. Cela est dû à l'augmentation des fréquences des cabines dans les rails et aussi la précision du voyage qu'on propose par rapport à l'ascenseur classique. Le moteur d'ascenseur classique soulève moins de poids par rapport au MAGVELL grâce à son contrepoids. Mais il faut savoir qu'il doit être en action tout au long du voyage donc il consomme de l'énergie durant tout son trajet. Notre objectif c'est de réduire la consommation d'énergie. C'est un point acquis car même si nos bobines doivent soulever plus de poids, elles sont alimentées juste pendant le passage de la cabine afin de donner une poussée.



L'élimination du contrepoids nous oblige à augmenter la charge à supporter. Mais cette opération nous a donné la possibilité de changer le sens et de monter encore plus haut. Pour plus de commodités, on juge que la suppression du contrepoids est indispensable malgré ses avantages.

La raison du léger poids de notre cabine est sa matière. C'est du métal composite. Notre cabine n'a pas besoin de porter beaucoup de personnes contrairement à l'ascenseur classique. Donc on n'a pas besoin d'une grande robustesse.

### **3.5.7 Le traitement d'information :**

La qualité de la réponse de notre ascenseur dépend de la maîtrise des champs magnétiques. Plus notre champ est maîtrisé plus notre ascenseur est fiable.

Pour garantir un déplacement parfait il faut avoir une gestion sans faille des bobines donc du courant électrique car c'est à lui de générer les champs magnétiques nécessaires pour créer le déplacement souhaité.

Cette gestion est sous la responsabilité des automates. C'est à eux d'utiliser les capteurs comme entrée pour étudier la situation et prendre des décisions qui doivent s'exécuter par les actionneurs qui sont les bobines. Les moteurs (les moteurs de changement de sens, les moteurs d'arrêt et les moteurs des freins)

Les capteurs de notre MAGVELL sont les suivants :

1. Capteurs de position : pour localiser la cabine dans le rail afin d'actionner, quand il le faut, les bobines ou bien les moteurs concernés durant le voyage.
2. Capteurs d'obstacle : leurs rôles sont de garantir la sécurité, c'est à dire ils doivent signaler la présence d'un obstacle devant la cabine pour éviter la collision des cabines dans le rail en cas de dysfonctionnement du système. Cette entrée pousse l'automate à actionner le frein de sécurité pour l'arrêter immédiatement.
3. capteur de vitesse : il est placé pour calculer la vitesse de la cabine dans le rail. Si la vitesse dépasse une limite déjà connue par l'automate cela implique qu'il y a une chute donc il doit aussi actionner le frein de sécurité.

Pour un bon traitement d'information, il faut mettre en place un programme qui envisage tous les scénarios possibles de notre système pour garantir la sécurité et proposer un meilleur service.

Il y a aussi d'autres entrées et d'autres sorties qui sont :

- ✓ Les entrées :
  - Les boutons qui indiquent l'étage désiré par le passager.
  - Le bouton d'appel d'ascenseur.
  - Le bouton d'urgence.
  - Le capteur d'obstacle des portes.
  - Le détecteur d'incendie.

- ✓ Les sorties :
  - La carte réseau pour les appels d'urgences.
  - Les moteurs des portes.
  - Le jet d'eau pour l'incendie.
  - L'indicateur de position.

C'est clair que l'automate a tellement d'information à gérer au même temps. C'est la raison pour laquelle il est considéré comme le cerveau de notre MAGVELL.

Pour une telle précision de réponse de la part des actionneurs, un programme sans faille doit avoir lieu pour être à la hauteur des attentes.

### 3.5.8 Le frein d'urgence :

Ce frein intervient lorsque la vitesse de déplacement est supérieure à la limite indiquée. Le non-respect de cette vitesse prouve qu'il y a un dysfonctionnement. Son rôle est d'arrêter sur le champ la pièce métallique pour assurer la sécurité des passagers et éviter la chute de la cabine.

Il y a un autre danger qui peut surgir qui est la collision de deux cabines. Une erreur de gestion due à un dysfonctionnement d'un composant ou bien une faille dans le programme peut infliger un accident conséquent. Pour éviter un tel drame, une maintenance préventive doit être mise en place.

Si la cabine fait face à un obstacle, un capteur ultra sonore signal l'apparition du danger pour actionner le frein afin de garantir la sécurité des passagers.

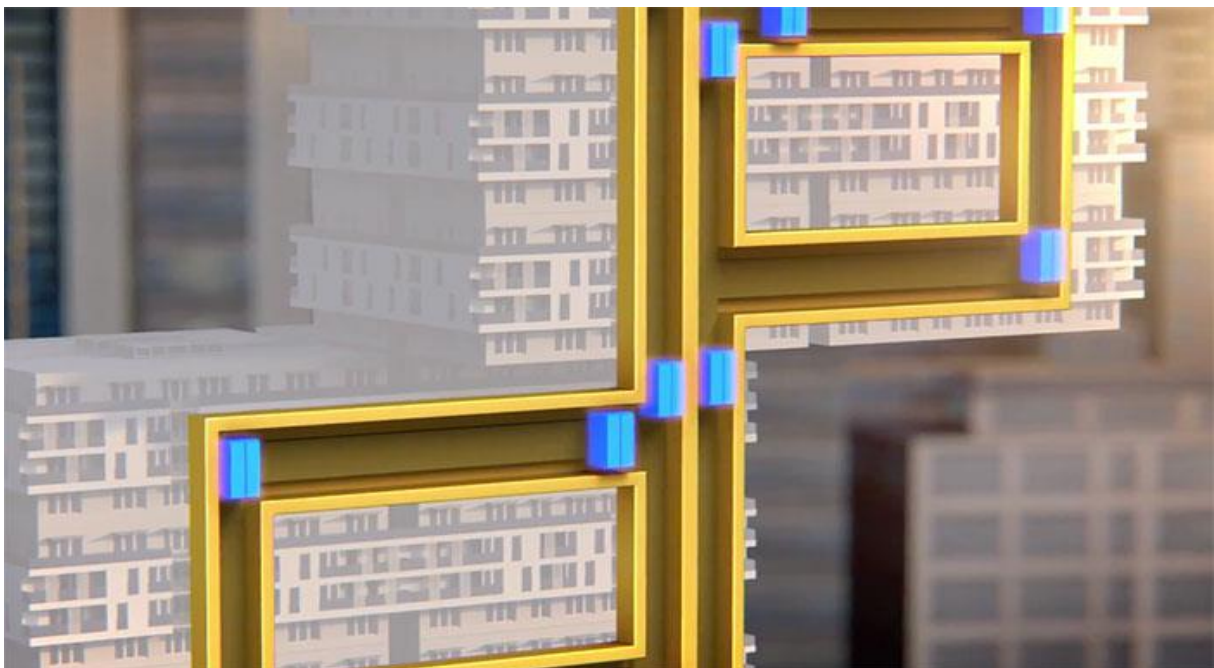


Figure 3.15 un exemple explicatif du concept

### 3.6 Notre réalisation :

La présentation d'un projet innovant demande des outils qui rendent la compréhension claire et à la portée des personnes ciblées. La meilleure façon pour passer notre message est la réalisation d'un prototype miniaturé qui propose les mêmes fonctionnalités d'un ascenseur réel mais avec une échelle réduite.

L'accrochage de notre petite cabine est assuré par des aimants permanents de 12 millimètres de longueur. Placée sur une distance de 40 centimètre du rail, cette composition d'aimants est la même dans les quatre lignes du rail.



Figure 3.16 L'accrochage du C1 dans le rail

On a utilisé des bobines D R T qui se trouvent dans des contacteurs DRT. Ces bobines sont adaptées à supporter une tension 220V. On a placé des diodes de 220V pour convertir le courant alternatif en un courant continu pour but de générer un champ magnétique stable avec des pôles bien définis.

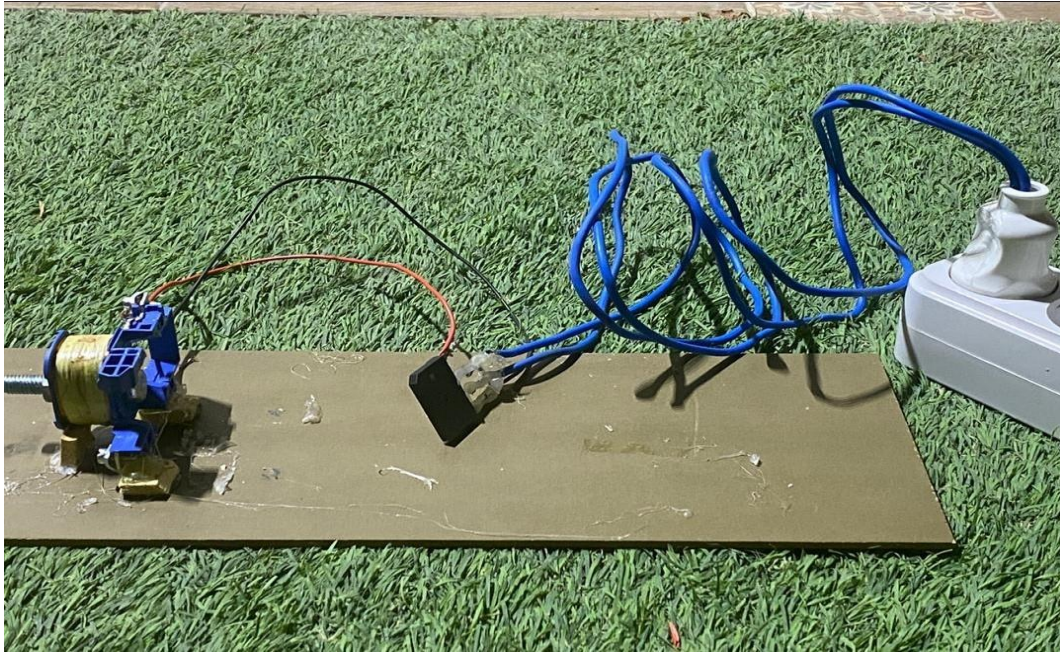


Figure3.17 la convection du courant alternatif à un courant continu par une diode

La poussée qu'on a pu obtenir avec un tel champ magnétique est de 15 cm. On a tâché à augmenter le champ pour obtenir plus de force afin d'avoir plus poussée mais les bobines ne peuvent pas supporter plus d'intensité du courant. On a donc essayé de concentrer la force magnétique dans un seul point en utilisant un noyau en fer doux pour arriver à un tel avancement.

On a perdu deux bobines à cause de l'intensité de courant qui les a traversées. Pour la protéger, on a placé des résistances mais cela a diminué la force magnétique et nous a fait perdre une distance de déplacement.

Afin d'arriver à réaliser un déplacement important, il faut utiliser des bobines plus puissantes et qui dit plus puissantes dit plus de champ magnétique. L'obtention d'un champ plus important exige plus d'intensité, plus de nombre de spires et plus de longueur. Notre bobine n'a pas les données qui offrent la poussée qu'on veut obtenir.



Figure3.18 : notre prototype

Le traitement d'informations de notre prototype est assuré par une carte arduino. Le fait qu'on n'a pas eu les moyens nécessaires pour faire avancer parfaitement la cabine nous a empêchés d'aller vers la partie programmation et traitement d'informations. Pour réaliser un tel prototype il faut avoir du matériel il faut faire beaucoup d'expériences pour arriver à maîtriser les champs magnétique pour faire marcher notre ascenseur et donc répondre à nos attentes.

### **3.7 conclusion:**

Le facteur qui a le plus de poids dans notre ascenseur est le champ magnétique. Si on arrive à le maîtriser, on arrivera à parler d'avancement rapide, d'atteinte des hauteurs inimaginables, de changer le sens et d'augmenter la fréquence des cabines dans le rail.

Pour une maîtrise de ce dernier, il faut passer par beaucoup d'expériences afin d'arriver à obtenir les bobines qui répondent à nos besoins en terme de champs magnétiques nécessaires. Ensuite, il faut améliorer leurs comportements et leurs rendements au fur et à mesure jusqu'à l'atteinte d'objectifs qui sont d'arriver à déplacer la cabine tout en garantissant un trajet sans aucun souci et réaliser tous les déplacements désirés.

Une fois l'obtention des électro-aimants voulus, le reste dépend du programme mis en place. Après plusieurs essais, on peut arriver à réaliser le programme idéal pour gérer les informations reçu par les capteurs pour convertir ces entrées en ordres qui doivent s'exécuter en sortie par les actionneurs déjà cité auparavant.

# **Chapitre 4 : La création de l'entreprise**

## **4.1 Introduction :**

La création d'entreprises présente, comme toute œuvre humaine, des risques et des sacrifices, mais aussi des satisfactions. La réussite, elle présente une démarche volontaire et consciente qui privilégie l'essentiel et se base sur les fondements solides des entreprises performantes : la qualité des hommes et des relations humaines dans l'entreprise afin d'offrir au client du produit/service de qualité. Toute démarche de la création réussie doit converger vers ce même but.

Après de longs moments de travail et de recherche sur ce domaine, on s'est posé la question pourquoi ne pas se lancer dans la création de notre entreprise. Cette dernière est basée sur une recherche et mise en place d'une étude pour ensuite une réalisation.

## **4.2 Présentation de l'entreprise :**

La tendance naturelle du marché immobilier est en expansion. Plusieurs facteurs y contribuent de façon évidente. L'apparition des gratte-ciel. Ces derniers sont en plein développement depuis quelques années. D'après des statistiques, à la fin du siècle, environ 68% de population mondiale vivra dans les villes. Les entreprises du secteur connaissent une croissance forte et une compétitivité dans ce domaine.

Aujourd'hui, plusieurs entreprises d'immobiliers ; architectes et entrepreneurs, subissent quelque fois des problèmes majeurs de créativité. Pour s'adapter à cette tendance et faire des villes les meilleurs endroits où vivre, la conception des bâtiments sera modifiée. Dans les futures villes, la population aura le désir de se déplacer rapidement, efficacement et en toute sécurité. C'est l'objectif de notre projet.

MAGVELL propose une solution réaliste tout en répondant à la problématique en assurant la liberté de créativité des ingénieurs en facilitant les déplacements et diminuant la circulation des transports en commun.

MAGVELL est une entreprise d'ascenseur qui consiste à une mobilité de déplacement de plusieurs cabines dans une seule cage, verticalement et horizontalement. Notre entreprise offre de nouvelles possibilités.

Cette révolution ouvre la porte à une attribution des nouvelles formes des bâtiments et il n'y aura aucune limitation des hauteurs et à des niveaux sans précédents. Propulsé par la technologie des moteurs linéaires. Nous offrons la fluidité et la rapidité de déplacement.

### 4.3 Tendence actuelle de l'urbanisation mondiale :

- La part de la population vivant en ville restait faible jusqu'au XIXe siècle (12% en Europe et 5% aux Etats-Unis en 1800, selon Bairoch, 1985), puis a commencé à s'accroître à un rythme accéléré. Elle a atteint 20% en 1850, puis est passé à 38% en 1900 en Europe. Jusqu'à 1950, 51% de la population Européenne et 60% de la population des Etats-Unis vivaient en ville.
- Aujourd'hui, ces proportions dépassent les 70% dans toutes ces zones. A l'échelle mondiale, la population urbaine est estimée à 3,15 milliards d'individus en 2005, soit 48,7% de la population totale, alors que les chiffres sont estimés à 730 millions et 29% seulement en 1950 (United Nations, 2006). Pendant la deuxième moitié du siècle passé, la population urbaine s'est multipliée par quatre et a connu une augmentation de plus de 40 millions d'individus en moyenne chaque année. Il est prévu qu'à partir de 2010, plus de la moitié de la population du globe, soit 3,5 milliards d'habitants, vivront en milieu urbain. Une forte corrélation entre l'urbanisation et le niveau de développement économique peut être observée dans la comparaison entre les pays.
- En termes de croissance de la population urbaine, le taux est considérablement plus élevé dans les pays en développement que dans les pays développés à l'après-guerre. Par conséquent, la part de la population urbaine dans le monde moins développé augmente continuellement.
- En 2000, la population urbaine dans les régions moins développées représente plus de deux fois celle des régions développées. De nos jours, les villes du monde en développement, grandes ou petites, accueillent plus de 70% de la population urbaine de la planète (journal United Nations, 2006).

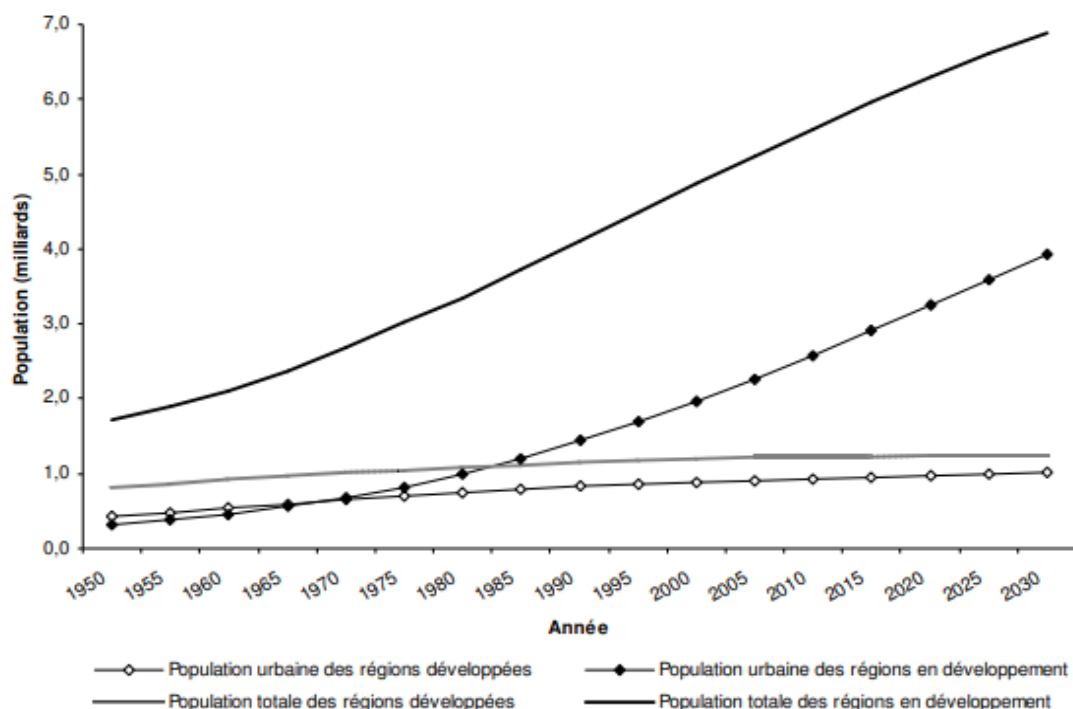


Figure 4.1 : Population urbaine et totale par groupes de développement



- En termes de croissance des grandes villes, les pays moins développés révèlent également un potentiel considérable et deviennent la source principale de la croissance mondiale.
- En 1950, New York et Tokyo étaient les seules mégalo-poles dans le monde. Dans les vingt-cinq années suivantes, aucune autre ville des pays développés n'a dépassé les 10 millions d'habitants. En revanche, deux villes des pays en développement, Shanghai et Mexico, sont devenues des mégalo-poles, ce qui a doublé le nombre de mégalo-poles du monde en 1975. Par la suite, le reste du XXe siècle a vu la croissance de 14 autres villes qui sont devenues des mégalo-poles, dont 11 des pays moins développés et seulement 3 des pays développés. Autrement dit, en 2000, 13 des 18 mégalo-poles dans le monde se situent dans le monde moins développé (United Nations, 2004).

#### 4.4 Evolution de l'urbanisme en chine :

Si la croissance urbaine a pris son ampleur dans le monde en développement depuis les années 1950, elle restait extrêmement modeste en Chine pendant les deux décennies de 1960 et 1970 : pas d'exode rural, pas de bidonvilles. La proportion urbaine de la population y atteignait à peine 20% en 1980, alors que le niveau moyen dans les pays en développement approchait les 30%.

A la fin des années 1970, l'introduction des mécanismes de marché a mis un terme à cette lenteur dans l'urbanisation. La population urbaine a doublé en moins de deux décennies et devrait excéder la population rurale du pays à partir de 2015. voir le graph ci-dessous. [14]

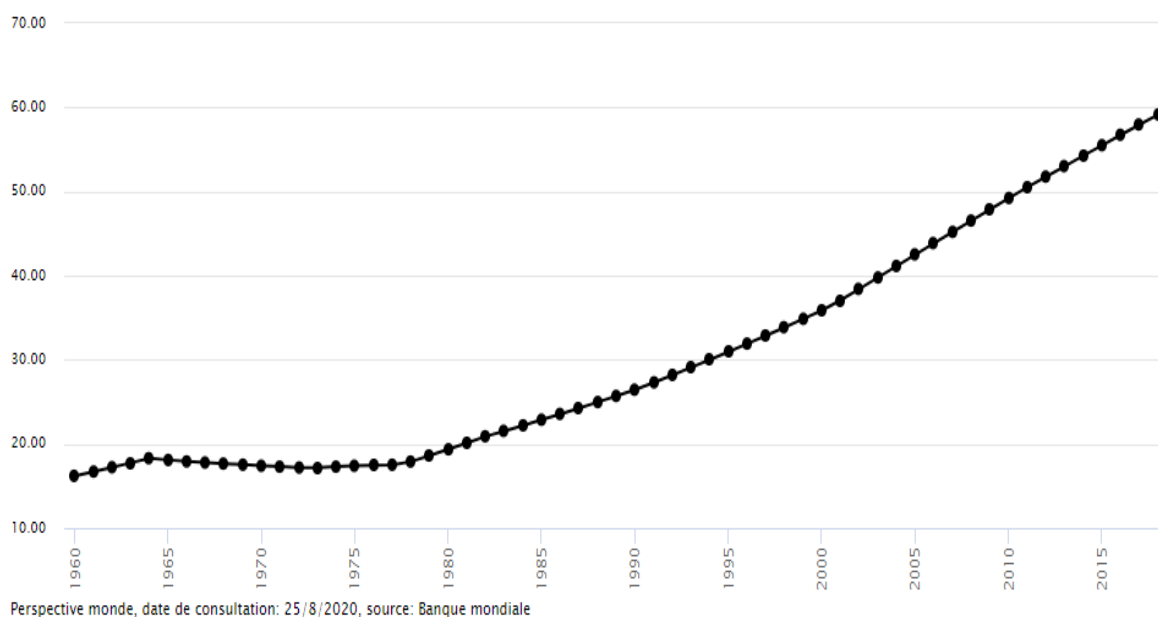


Figure 4.2: croissance de la population urbaine en chine

- Selon ces statistiques, le taux d'urbanisation est passé officiellement de 17,9 % en 1978, à 36 % en 2000 et 40,5 % en 2005. Ainsi, la population urbaine a triplé en 25 ans, de 1978 à 2003, atteignant 520 millions de chinois urbains. En 2030, selon les Nations unies, le nombre de citoyens devrait s'élever à 870 millions .Ce sont donc entre 10 et 16 millions de nouveaux venus qui sont attendus en ville chaque année.
- Ces statistiques nous permettent d'estimer l'explosion démographique urbaine. Elles n'en donnent cependant pas une image précise. Une partie de l'urbanisation peut effectivement donner une projection sur les futures villes de ce pays.
- Cet élan d'urbanisation a donc vu l'émergence de villes nouvelles et l'expansion et la reconstruction de celles qui existaient déjà. La construction de bâtiments et d'infrastructures urbaines a connu un essor considérable.
- Avec 1.338 milliard d'habitants, la chine rassemble à elle seule 20% de la population mondiale. Et face à cette rapidité, cet empire connaît une course des hauteurs, gratte-ciel, buildings et une augmentation des métropoles et les architectes cherchent toujours des solutions à ce dilemme.

#### **4.5 Statistiques sur le transport en Algérie :**

Le transport représente un des piliers du développement durable et la prospérité du pays. En Algérie, le secteur du transport connaît une véritable mutation. Un grand nombre de projets ont été réalisés où sont en phase de réalisation afin de rendre ce secteur plus performant et plus efficace dans sa contribution dans le développement économique du pays.

L'Algérie connaît un développement considérable :

- L'ouverture du métro d'Alger 2011.
- Elle vient de lancer un autre projet phare dans le cadre du plan quinquennal qui est le métro d'Oran.
- Un autre plan de développement du transport urbain circulant sur des voies ferrées, Le tramway (inauguré en 2011 à Alger, Oran et Constantine en 2013, Sidi Bel Abbas 2017, Ouargla en mars 2018, Sétif en mai 2018 puis il y a qui sont en construction Mostaganem, Annaba, Batna). Après le pays est entrain de faire des études de faisabilités lancées pour la réalisation de tramways pour les villes de Béchar, Béjaïa, Biskra, Blida, Chlef, Djelfa, Jijel, Mascara, M'Sila, Relizane, Skikda , Souk-Ahras, Tébessa, Tiaret et Tlemcen.
- Dans le cadre de transport maritime, aérien et réseau ferroviaire, l'Algérie a connu un développement remarquable porté par des créations de nouvelles stations (gares, nouveau aéroport ...).[15]

L'Algérie a pris cette stratégie sectorielle pour des objectifs de développement afin de faciliter la mobilité des personnes, répondre aux besoins logistiques des opérateurs économiques et assurer un développement durable en privilégiant l'inter-modalité.

Pour cela notre révolution MAGVELL va faciliter le transport entre ces différentes stations, reliées entre elles, optimiser le déplacement avec toute la rapidité. C'est l'interconnexion des différents modes de transports.

## 4.6 Etape de création d'entreprise :

### 4.6.1 Plan d'affaires :

Dans notre projet, pour créer cette entreprise, nous avons commencé tout d'abord à étudier ce domaine d'une manière détaillée, puis déterminer les moyens nécessaires à son lancement, fixer la somme qu'il faut apporter pour son démarrage si l'on veut présenter au banquier un dossier de financement ou à un investisseur potentiel. Ensuite, connaître la structure juridique choisir et enfin les formalités administratives à accomplir.

Pour cela, on doit bâtir un plan d'affaires montrant l'objectif à atteindre et la manière de le faire.

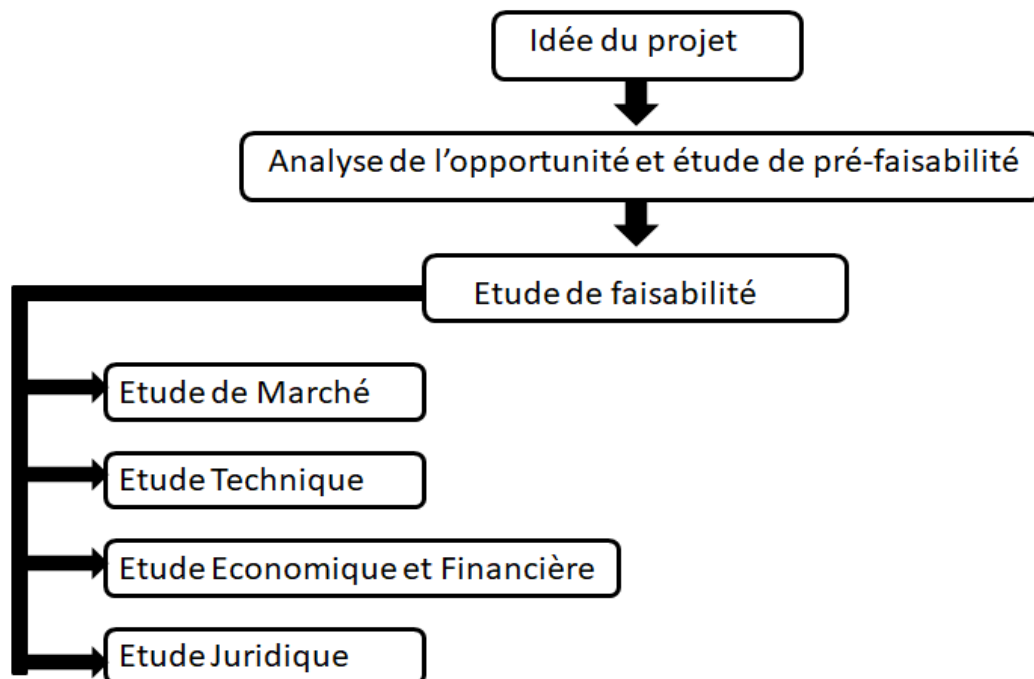


Figure 4.3 : plan d'affaire

**«Le meilleur moyen de prévoir le futur, c'est de le créer »**

Peter DRUCKER

Entreprendre, c'est être capable d'assumer des décisions importantes et pour cela nous devons passer par des étapes incontournables.

#### **4.6.2 L'approche du marché :**

L'ascenseur est un dispositif mobile permettant le déplacement des humains ou des objets. Son utilisation est indispensable dans les immeubles résidentiels, bureaux/gratte-ciel, hôtels, hôpitaux et les parkings etc.

Le marché mondial de l'ascenseur est en plein croissance notamment en Chine. Les grandes villes deviennent de plus en plus encombrante ce qui a provoqué l'apparition des métropoles.

Selon la Fédération des ascenseurs Chinoise, le marché de l'ascenseur représente un chiffre énorme. Cette fédération offre l'opportunité d'ouvrir des usines de fabrication et maintenance. L'enjeu sur le marché est important.

Ceci nous a poussés à faire un dispositif révolutionnaire dans le marché

#### **4.6.3 L'élaboration du business plan :**

Après des séances de brainstorming nous avons pu établir les démarches de ce qu'on doit faire :

En premier lieu nous établissons un business plan de notre entreprise pour s'organiser et s'offrir une vision global du déroulement de notre projet. Ce plan est un outil du succès.

Il permet de présenter l'ensemble des éléments qui le composent afin de convaincre les investisseurs. Ensuite, nous abordons dans ce document le business model de notre entreprise ainsi que le montage financier. Ce dernier (le modèle économique) permet de définir la manière dont l'entreprise générera du cash. Un business model comme présenté dans la figure ci-dessous.

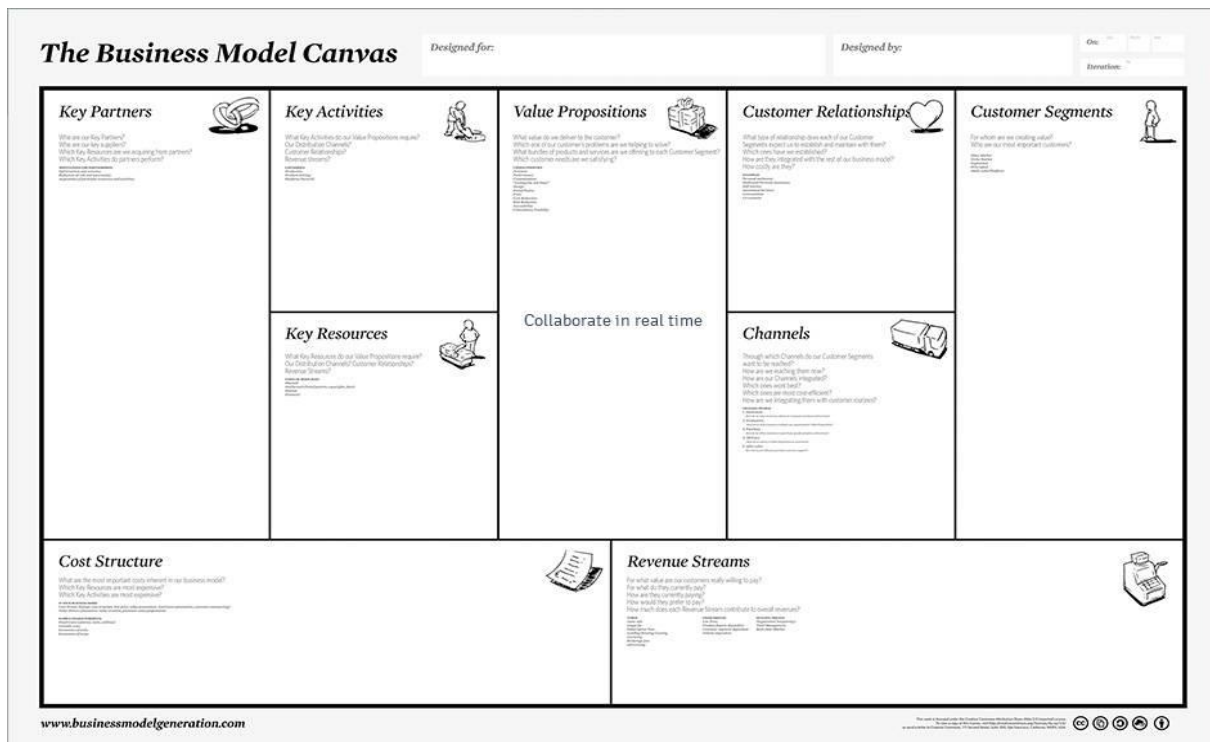


Figure 4.4 : exemple de business model canvas

- Tout d'abord le **segment client** c'est la clientèle à cibler. La différente typologie que vise l'entreprise, pour MAGVELL, la niche à établir est tout ce qui est une grande entreprise immobilier multinational, étatique ou privée et le marché international.
- La **proposition de valeur** c'est l'offre qu'on donne à notre clientèle, la valeur que nous allons lui apporter.
- , c'est la combinaison de produit et service qui répond au besoin des exigences de notre cible, cependant value **propositions** est indispensable car c'est la valeur ajoutée qui va nous différencier par rapport aux concurrents.  
MAGVELL propose une innovation dans ce secteur des cabines qui se déplacent verticalement et horizontalement dans un rayon bien défini reliant immeuble métro aéroport, gare ...  
Un dispositif qui facilite le transport et offre un gain de temps important puisque il est plus rapide grâce à lévitation (sans frottement). Son déplacement se fait à l'aide d'un champ magnétique ce qu'il nous garantit un profit d'énergie.
- Les **canaux de distribution** veulent dire quel canal le plus adapté à nos segments de clients, comment nous devons vendre notre produit.  
Dans notre société ça va être le **B to B** business to business. Ca concerne tous les moyens utilisés pour mettre en relation avec ces sociétés et faciliter les échanges.

Autrement dit notre produit est commercialisé du MAGVELL vers une autre entreprise et non pas le client.

- La **relation client** détermine comment nous allons interagir avec nos différents segments de clients. Cela comprend notre stratégie de communication et de fidélisation des clients.

Notre stratégie commerciale que nous avons mis en place avec nos clients c'est de les fidéliser grâce à un service d'après-vente et les réseaux sociaux pour créer une relation plus directe avec nos clients.

Affecter une assistance personnelle c'est-à-dire un conseiller de clientèle est dédié à un client donné. C'est un type de relation très personnalisé, qui se construit sur le long terme. Nous avons le cas particulier des gestionnaires de grands comptes qui développent au cours des années des relations très atypiques, voire personnelles avec nos futurs clients.

Un feedback sur nos services, Le client n'est plus simplement un spectateur mais devient acteur. Il est la clé de développement d'un ou plusieurs aspects par étapes successives.

- **Sources de revenus** c'est les revenus de notre entreprise, tous les flux d'argent qui sont générés par l'entreprise.

Notre bénéfice issu de ventes de nos produits, d'abonnements récurrents c'est-à-dire le gain par la maintenance trimestrielle et le pourcentage avec les entreprises de coordination.

- Avant de se lancer, nous devons essentiellement clarifier les **ressources clés** de notre business (les différentes ressources dont nous aurons besoin).

Il est nécessaire de définir tous ce qui est ressources humaines, financières et matérielles nécessaires au lancement.

1. Il s'agit des actifs matériels, tels que les moyens de production ou le matériel utilisé pour pratiquer notre activité, nous allons collaborer avec des entreprises étrangères, on aura besoin d'un local et un prototype pour mieux passer le message et obtenir une publicité efficace.
2. Parmi ces ressources essentielles on aura besoin des personnes intellectuelles telles que les connaisseurs du métier, informaticiens, développeur, ingénieur et des sous-traitants pour l'installation de l'ascenseur.
3. Les fournisseurs, c'est la clé de notre activité puisque c'est à eux de nous fournir les moyens nécessaires pour atteindre nos objectifs.
4. Le financement de notre entreprise concerne les besoins financiers au démarrage et tout au long de la vie de l'entreprise pour cela nous collaborons avec des investisseurs, des actionnaires et des banques.

- **Les activités clés** c'est les activités principales que l'entreprise. MAGVELL met en place des ascenseurs et elle assure leurs suivis.
- Question **partenaires clés**, nous avons mis au point des fournisseurs de matière première, de prestataires externes, des entreprises spécialisées pour promouvoir notre produit, et pour compléter notre offre de service, des banques pour le financement des différents investissements et les sous-traitants pour pouvoir collaborer avec eux etc....
- La première question qu'on puisse la poser c'est comment gagner de l'argent à travers ce business, tout d'abord il faut ajuster **la structure de coûts**, c'est le point crucial pour chaque entreprise.  
Il est donc primordial de bien maîtriser ses coûts. Pour cela nous avons bien défini les coûts nécessaires à la réalisation de proposition de valeur, à l'entretien des relations clients et à la génération de revenus.  
Les différents types de coûts (Coûts fixes, coûts variables, économie d'échelle...)

Pour cela nous avons attribué une étude approximative ci-dessous sur les couts que l'entreprise va générer.

#### 4.7 L'étude de notre entreprise :

Toute entreprise, quelle que soit sa nature, passe par la phase "début". C'est le moment le plus difficile, délicat et crucial au même temps. C'est à ce moment-là que chaque leader se trouve face à une situation incertaine quels que soient les études et les moyens dépensés. Il reste toujours une partie qui est le risque et tout se joue sur ce point.

Un entrepreneur compétent et sage doit faire tout ce qui est de son mieux pour réduire le risque au minimum afin d'assurer une évolution de son entreprise et afin de pouvoir s'imposer dans son marché pour garantir la pérennité de sa compagnie.

Pour réduire les risques de chaque projet, il faut les critères principaux suivants :

1. Une parfaite étude du projet (simuler tous les scenarios possibles, savoir toutes les données techniques du projet, connaitre l'évolution du marché ciblé et des concurrents et savoir ses capacités que ce soient matérielles, financières ou intellectuelles).
2. La disponibilité des ressources financiers (plus l'entrepreneur est riche plus le risque est bas).
3. La maitrise du projet (si l'entrepreneur maitrise parfaitement son activité, cela va lui offrir plus de possibilités, de confiance et solutions pour s'en sortir dans des situations critiques. Le risque est donc minimum tant que le sujet est maitrisé).

4. La possession d'une valeur ajoutée (c'est une option pour chaque patron car elle lui offre l'exclusivité par rapport à ses concurrents mais il faut bien gérer cet avantage).

MAGVELL est une jeune entreprise qui compte se faire une place dans un marché déjà saturé qui est l'ascenseur. Notre stratégie pour s'imposer dans un milieu pareil est de proposer une solution innovante. C'est réaliser un ascenseur sans câble et qui dit sans câble dit plus de hauteur, pas de frottement donc plus de vitesse, pas d'obstacles dans le changement de sens donc on peut s'offrir plus de possibilité en changeant le sens (à droite et à gauche) et garantir une meilleure consommation d'énergie puisque on va utiliser le champ magnétique comme moyen pour faire déplacer la cabine.

Pour mettre en place une entreprise, il faut d'abord avoir une idée sur l'évolution du marché ciblé afin de savoir s'il peut offrir quelque chose de concret, le coût de la mise en place des moyens indispensables pour débiter son activité, la durée qu'il faut pour atteindre le point 0 (récupérer l'investissement initial) et le chemin que doit prendre la compagnie pour s'aligner avec ses concurrents et s'imposer au long terme.

## **4.8 Etude du projet :**

### **4.8.1 Etude de coût :**

Pour obtenir un coût fiable de la création de notre entreprise MAGVELL, il a fallu d'abord savoir exactement chaque composant de l'ascenseur et chaque détail qui participe à la création de la valeur. La mise en place de notre ascenseur sans câble exige les composants suivants :

- a. Des aimants permanents.
- b. Des bobines.
- c. Des rails.
- d. Les cabines (pièce mobile, partie visible, les portes, les boutons, les indicateurs).
- e. Les automates.
- f. Les disques de rotation.
- g. Les capteurs de position.
- h. Les capteurs de vitesse.
- i. Moteurs.
- j. Capteur d'obstacle.



Les prix de ces composants varient en fonction de la qualité et la capacité de chacun d'eux. Notre objectif principal est de satisfaire notre client et garantir sa sécurité. C'est la raison qui nous a poussés à miser sur la qualité de nos composants avant tout.

**a. Les aimants permanents :**

Notre cabine pèse 1000 kg c'est à peu près le poids de la plus part des cabines. Pour soulever un tel poids il faut générer un champ magnétique important qui peut assumer plus de 1000 kg puisque la cabine doit porter des passagers. Pour une simple démonstration on a pris les aimants qui génèrent un champ magnétique qui peut soulever 800 kg ce qui implique 1600kg puisque le rail possède deux lignes d'aimants. On arrive avec ces aimants à soulever 600kg de plus dans cette cabine soit l'équivalent de 7 personnes. Un aimant pareil de 3 mètre de longueur et exerce 800 kg de force coute 4095,30 €.

On a choisi ces aimants afin d'assurer une stabilité totale de la cabine. Si on réduit la force magnétique générée par les aimants on sera obligé de réduire la capacité maximale de la cabine tandis que nous nous cherchons à apporter au client le prototype le plus proche de la réalité pour leur faire vivre l'expérience et leurs prouver le potentiel réel de notre MAGVELL. La marque de l'aimant est MAGNOSPHERE.



Figure 4.5 : aimant permanent 3 mètre de longueur et qui génère 800 kg de force

## b. Les bobines :

La montée de la cabine demande un champ assez important. Cela dépend de son poids. Puisque notre cabine pèse 1000kg, nous devons avoir un champ magnétique qui supporte une charge de plus (1000kg+600kg). Les bobines qui peuvent produire une force conséquente ont un prix. En effet, il varie en fonction du poids qu'ils doivent l'assumer. Le facteur de la qualité influe aussi. D'après nos recherches on est arrivé sur 3 bobines qui répondent à nos exigences :

Site	Capacité de la bobine (kg)	Prix de la bobine (euros)	Qualité de la bobine (1-10)
Ali baba	100-50000	2200	5/10
Amazon	10000	1813.51	10/10
<b>Axess</b>	<b>1350-36000</b>	<b>4250</b>	<b>10/10</b>

Tableau 4.1 : caractéristiques des bobines

On a choisi le produit de axess vu qu'il garantit le poids de notre cabine qui est 1600kg, tandis que le produit d'Amazon est limité si on rajoute la force d'aimant placée dans la pièce mobile, avec ces aimants on va obtenir une force de 800 kg + 10000kg mais on a considéré cette force pas suffisante par rapport à nos exigences et cela peut causer des complications lorsqu'on prend en considération le poids de la cabine qui est égale à  $(1600 \times 9.8) 15680$  N. On ne peut pas se permettre une telle erreur.

La marque de notre bobine est WELKER MAGNETICS classée parmi les leaders de son domaine, c'est une entreprise américaine.

**c. Les rails :**

Le rôle d'un rail c'est guider la cabine. C'est lui qui montre le circuit possible de chaque cabine et il est considéré comme le squelette de l'ascenseur. On a trouvé des rails de 6m de hauteur (2 niveaux) et qui pèses 450 kg avec un prix 3000 € / 2 niveaux. L'entreprise est chinoise elle s'appelle DELFAR ELVATEUR. Il y a aussi une autre entreprise chinoise qui répond à nos attentes appelée FUJIZY mais son prix est 7400 € / 2 niveaux. Le choix du fournisseur est clair dans une situation pareille.

**d. La cabine :**

Le cout de notre cabine est presque le même que celui d'une cabine d'ascenseur qui existe actuellement car elle possède à peu près les mêmes composants (bouton, portes, indicateur, etc...). Pour nous faciliter la recherche des prix on a négligé le cout de la partie mobile de notre cabine et on a supposé qu'elle coute exactement comme les cabines qui existent sur le marché actuel. D'après nos recherches une cabine d'une tonne avec une charge maximale 450 kg (6 personnes) coute en moyenne 7600 €. [16]



Figure 4.6 : une cabine d'ascenseur

**e. Les automates industriels :**

C'est le cerveau du processus, à partir des automates notre ascenseur peut relier entre les désirs des utilisateurs et les actionneurs existant dans le MAGVELL afin de répondre aux attentes. C'est en utilisant ces composants qu'on peut traiter les informations et les ordres reçus par l'utilisateur.

SIEMENS (entreprise allemande) est la meilleure entreprise qui produit les automates au monde. On va la considérer comme notre fournisseur pour garantir une parfaite exécution. Le prix d'automate industriel qu'il nous faut est de 1202 €.



Figure 4.7 : automate programmable

**f. Disque de rotation :**

C'est le point où la cabine change de rotation. Ce disque est doté de capteurs de position ultra sophistiquée et de moteurs électriques pour faire tourner le disque afin de changer le sens de la cabine si c'est le souhait de l'utilisateur. Ces disques sont placés derrière chaque entrée d'ascenseur pour relier toutes les entrées et optimiser le maximum possible le voyage de la chambre métallisée. Son prix de vente est estimé à 700 €.

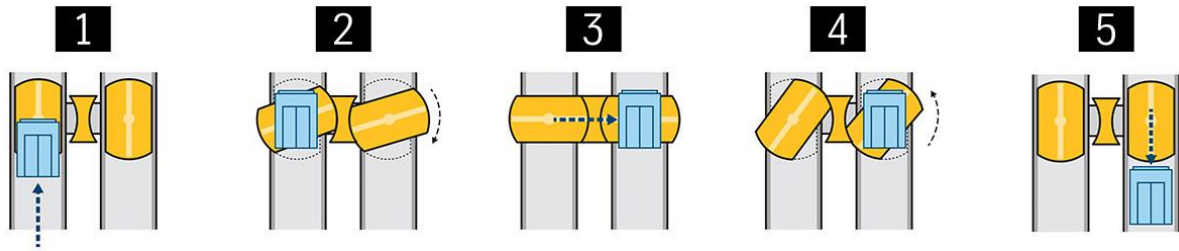


Figure 4.8 : Principe du disque de rotation

### g. Les capteurs de position :

Les capteurs de position jouent un rôle irremplaçable dans notre système. C'est l'outil qui indique la position de la cabine dans son rail à l'automate pour but de traiter cette entrée qui est la position de la cabine et l'utiliser pour prendre une décision (actionner quelque chose ou ne pas, indiquer sa position, etc. ...).

Le capteur de position qu'on va placer est de la nouvelle génération. Il capte l'information sans contact et il est plus résistant à la vibration et aux températures élevées. Il s'adapte parfaitement aux applications existantes.

Ces capteurs offrent des informations supplémentaires car ils fournissent plus de données. Ils peuvent être utilisés pour mieux comprendre le processus de l'application. Notre fournisseur est une société allemande MTS SENSORS, le prix de ces capteurs est 1000 €. [17]



Figure 4.9 : Capteur de position

#### **h. capteur de vitesse :**

La raison de la mise en place de ce capteur est la sécurité du voyageur. A travers ce capteur on peut savoir si la cabine se déplace normalement ou pas. Si la vitesse dépasse une certaine limite, qui est étudiée en fonction de la capacité des champs magnétiques, et la vitesse qui peuvent nous offrir pour déplacer l'ascenseur cela signifie qu'il y a un dysfonctionnement et à ce stade l'automate doit agir et actionner le frein d'urgence pour éviter la chute libre de la cabine.

MGA TECHNOLOGIE (entreprise française) est notre meilleure option pour nous fournir un tel capteur qui coûte 50 €. [18]



Figure 4.10 : Capteur de vitesse

#### **i. Les moteurs :**

Chaque disque de rotation possède des moteurs pour le faire tourner. Les coûts de ces moteurs sont estimés 1000 €.

#### **j. Les capteurs d'obstacle :**

C'est à partir de ces capteurs qu'on peut éviter la collision des cabines qui circulent dans un seul rail. Ces capteurs détectent si il y a des obstacles sur son chemin. Dans le cas où il détecte un objet, il informe l'automate pour qu'il lui donne l'ordre à son tour de frein et d'arrêter immédiatement la cabine. Le coût de ce capteur est 83.05 €.

#### 4.8.2 Prototype MAGVELL :

Le marché de l'ascenseur est ancien et est presque saturé. Pour se faire une place dans un tel milieu et avec cette rude concurrence, il faut avoir des atouts qui vous offrent un avantage par rapport aux autres. Notre carte dans une situation pareille est le fait que l'ascenseur offre plus d'option comparant avec les concurrents (changement de sens). Notre stratégie pour séduire les nouveaux clients et les attirer en vers nous pour se procurer nos ascenseurs modernes qui ouvrent la porte à plusieurs solutions et options dans l'urbanisme c'est de réaliser un prototype presque réel qui offre une expérience 100% véridique afin de convaincre nos clients à investir dans un ascenseur sophistiqué et parfait pour les villes dotées d'une population élevée.

Notre prototype possède 4 niveaux. Le choix du nombre de niveaux est basé sur le fait qu'il faut atteindre une certaine hauteur (12m) pour prouver l'efficacité de nos ascenseurs et montrer la différence de la vitesse entre l'ascenseur classique et notre MAGVELL.

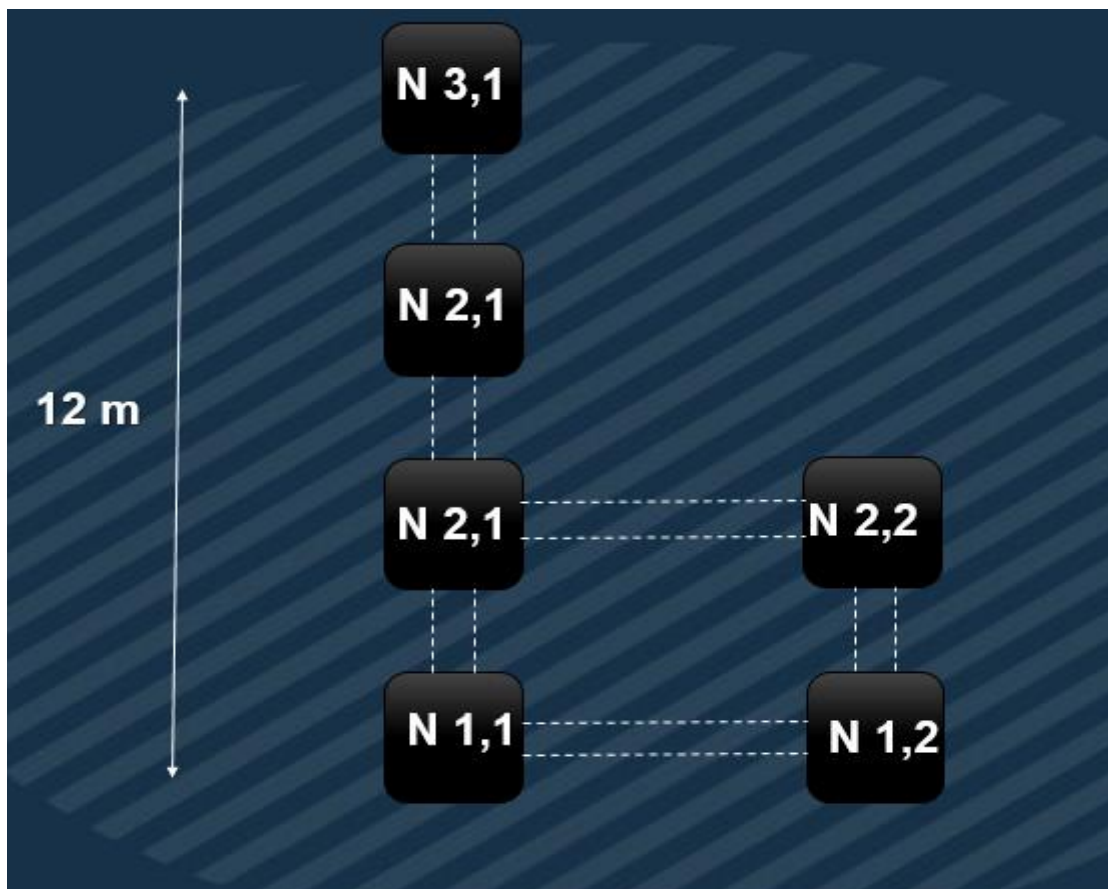
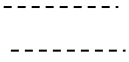


Figure 4.11 : un schéma qui explique le circuit de notre cabine du prototype



Une ouverture de la cabine (un niveau).



Un rail qui relie entre deux points (deux ouvertures).

### 4.8.3 Calcul des couts :

a. cout des aimants :

$$4*4*4095.3 = 65524.8 \text{ €} / 2*4*4095.3 = 32762.4 \text{ €}$$

Le total du cout d'aimants est : **98287.2 €**.

b. cout des bobines :

On suppose mettre 2 bobines entre chaque niveau ce qui implique que le rail entre deux points possède 2 bobines est 4 lignes d'aimants.

$$\text{Le total du cout de bobines est : } 4250*6*2 = \mathbf{51000 \text{ €}}$$

c. Le cout du rail :

$$3000*2 = 6000 \text{ €}$$

Le cout total du rail est **6000 €**

d. Le cout des moteurs :

On a besoin de 2 moteurs puisqu'on n'a que deux points de rotation dans notre prototype  
 $2*1000 = 2000 \text{ €}$

Le cout total des moteurs est : **2000 €**.

e. Le cout des cabines :

Notre prototype est doté de deux cabines. Histoire d'exposer le comportement des deux cabines dans le même rail.  $7600*2 = 15200 \text{ €}$

Le cout total des cabines est : **15200 €**.

f. Le cout des portes :

Chaque étage possède des portes séparées de la cabine et le prix de chaque porte est 3716 €. Pour un prototype on n'a pas eu besoin de placer les portes dans chaque niveaux donc 2 portes suffisent pour exposer notre création.  $3716*2 = 7432 \text{ €}$ .



Le cout total des portes est : **7432 €**.

g. le cout des automates :

On compte n'utiliser qu'un seul automate pour notre prototype vu qu'on n'a pas beaucoup d'entrée, un seul composant de ce type fait l'affaire.

Le cout total des automates : **1202 €**.

h. Le cout des disques de rotation :

Comme il est expliqué dans la figure 4.11, notre prototype possède deux points pour changer de sens donc on a besoin de deux disques de rotation.  $700*2=1400$  €

Le cout total des disques de rotation : **1400 €**.

i. Le cout des capteurs :

On a besoin de trois types de capteurs. Le premier est appelé capteur de position (1000 €). Il nous permet de connaître la position de la cabine. On a besoin de cinq pour exposer notre prototype.

Le second est un capteur de vitesse (25 €) son rôle est tout simplement le calcul de la vitesse de la cabine et enfin le dernier qui est un capteur d'obstacle (83.05 €) qui permet de détecter un la présence d'un objet devant lui à partir du système émetteur récepteur (principe des chauves-souris).

$5*1000+25+83.05=1108.05$  €.

Le cout total des capteurs est : **5108.05 €**.

j. Le cout de la mise en place du local :

Pour qu'on soit facile à contacter et à nous trouver, il faut avoir une adresse pour répondre présent à nos clients.

Un local bien situé et connu par tout le monde est la meilleure façon de se rapprocher à nos clients afin d'offrir la possibilité de mieux nous connaître, nous rencontrer pour obtenir un maximum de renseignements et savoir où nous trouver en cas de besoin. Le local va aussi nous permettre de mettre en place tous les moyens (humain, matériels) qu'il faut pour assurer une étude parfaite sans aucune faille pour nos clients puisque on compte proposer les meilleurs services dans ce domaine pour garantir notre marque et obtenir le maximum possible de clients. D'après nos recherches de cout de location des locaux commerciaux à Pékin, le cout d'un appartement bien situé et qui répond à nos exigences pour assurer un service de haute qualité est 10800 €/ ans d'après booking.

Le cout du local est : **10800 €**.

k. Le cout de la mise en place du prototype :

Pour savoir combien coute l'installation du prototype, on a cherché le cout d'installation d'un ascenseur classique et considéré son cout comme repère pour notre invention. 12000 € est le prix d'installation d'un ascenseur classique. Notre prototype est beaucoup moins couteux puisque il est fait pour démontrer le fonctionnement et prouver les points forts du MAGVELL donc il a pas besoin d'être parfait sur tous les côtés ( le fonctionnement doit être irréprochable le reste est négligeable).

Le cout d'installation est : **6000 €.**

l. Le cout du marketing :

Pour se faire une place dans n'importe quel marché, il faut que la catégorie visée vous voit et vous reconnait. Pour cela il faut faire une publicité afin d'arriver à passer le message aux bonnes personnes pour acquérir le maximum possible de clients.

Notre stratégie de marketing doit être irréversible pour s'imposer car si on n'arrive pas à obtenir des clients on risque de tout perdre. On a pensé à mettre en place notre prototype et le rendre à la portée de tout le monde même si cette mise en place va nous couter très chère. On pense que c'est un mal nécessaire puisqu'on propose quelque chose qui est couteuse à nos clients. Notre prix fait hésiter mais le fait qu'il offre tellement d'options, il va attirer l'attention des clients et les rendre tentés pour penser d'acheter. Ils doivent être sûrs que notre MAGVELL offre un service parfait sans aucun soucis et avec une meilleure qualité de voyage par rapport aux ascenseurs actuels. Donc on est tenu de rendre ce prototype très visible.

On crée aussi un site web pour viser le marché international et s'imposer dans le monde. Le cout d'un site bien fait coute en moyenne 700 €. Celui-ci va permettre aux clients de nous contacter, savoir qui on est, connaître le fonctionnement de notre MAGVELL, voir les vidéos de notre prototype pour visualiser réellement notre ascenseur et savoir de quoi il est capable, faire des simulations en fonction de ses envies afin d'avoir une idée proche de la réalité du plan qu'il veut et aussi du prix pour la mise en place de notre MAGVELL. Le cout de notre ascenseur dépend du plan de nos clients et de ses exigences.

Le but du prototype est de faire une démonstration de notre service pour garantir la rentabilité de nos ascenseurs et rassurer nos clients afin d'obtenir leurs envies d'investir pour se procurer nos services. Cette publicité va sûrement faire la différence car on est sûr de notre MAGVELL et on connait les besoins de l'urbanisme de demain. Si le client ressent le besoin de faire ce changement pour s'aligner avec l'évolution de l'urbanisme de demain et remarque la rentabilité de notre service il va sans doute nous contacter puisque on est les premiers qui offrent la possibilité de répondre à des exigences qui vont venir dans un peu de temps.

Le cout total de notre investissement :

$$\sum \text{Des couts} = 205.129,25 \text{ €.}$$

#### 4.8.4 Pourquoi la chine ?

Avant de se lancer dans n'importe quel marché, il faut bien étudier ce qu'il peut arriver après des mois voire des années. L'étude du milieu dans lequel on veut se lancer nous donne une vision du sort de l'entreprise et d'évolution du marché pour être au courant de ce qu'il peut nous offrir plus tard. Beaucoup de personnes ont mal tracé leurs chemins à cause d'une mauvaise étude du marché. C'est la raison pour laquelle on a cherché et envisagé tous les scénarios possibles même si on sait qu'il reste toujours un pourcentage pour l'imprévu et c'est là où les compétences et la maîtrise du domaine des entreprises jouent son rôle.

Notre objectif est, comme toutes les organisations, c'est de faire des bénéfices et de s'imposer pour garantir notre position dans le long terme. Ces ambitions exigent une précision dans les choix afin d'arriver à créer une valeur qui rapporte quelque chose. Autrement dit créer un besoin qui n'était pas connu auparavant. Le fait de proposer un changement de vision de l'urbanisme offre un avantage précieux mais il faut savoir ou proposer cette option car si le choix est mal fait on risque de ne rien faire et donner la chance à d'autres concurrents de passer devant.

Les villes qui vont subir une augmentation de la population sont surtout les villes asiatiques. Ils possèdent déjà la plus grande population mondiale et le plus grand nombre de gratte-ciel au monde. Ce détail attire notre attention puisque c'est les premiers pays qui doivent agir et penser à un changement de l'urbanisme pour garantir une parfaite gestion. Il y a aussi la culture des peuples qui jouent un rôle. On sait que les asiatiques aiment les hauteurs. Le fait que les villes doivent percevoir l'urbanisme de façon différente nous a motivé à travailler dessus et apporter une solution à ce besoin. [19]

En 2050 plus de 70% de la population vivra en ville. Ceci qui explique l'augmentation du nombre de gratte-ciel. Placer les gens en hauteur histoire de gagner plus d'espace est actuellement un choix imposé surtout en Asie. C'est là où on fait notre apparition puisque il y a toutes les données pour réussir. L'Asie possède 10866 building et qui dit building dit un bâtiment qui dépasse 100 mètres de hauteur. Ce chiffre représente 66 % du nombre mondial des gratte-ciel (2013). Ces statistiques sont une preuve motivante pour nous. Car on voit qu'il y a une forte demande pour atteindre les hauteurs importantes et aussi cela prouve qu'il y a une croissance remarquable de population en ville. La Chine possède 6431 gratte-ciel ce qui représente 39% des buildings au monde, la raison pour laquelle nous visons en premier lieu ce pays. [20]



Figure 4.12 : les grattes ciel dans une ville chinoise

- En 2018 la Chine connut une augmentation des buildings de 3%, ce qui représente 495 grattes-ciel de plus par rapport à 2013.

L'espace total disponible des édifices terminés a diminué de 1,3 % par rapport à 2017. Dans les édifices résidentiels et commerciaux ou de services, le déclin était de 0,7 % et 4,77 % respectivement.

Selon le Conseil sur les grands immeubles et l'habitat urbain (CTBUH), la Chine a construit 11 supers grattes-ciel de plus de 300 mètres en 2018, ce qui représente plus de 60 % de tous ceux construits en 2018. On prévoit que 30 autres seront achevés en 2019.

De plus, la Chine se maintient aussi au premier rang pour la construction d'édifices de 200 mètres ou plus, avec 88 édifices complétés en 2018, soit 61,5 % du total mondial. Les États-Unis occupent le deuxième rang avec 13 chantiers complétés, contre 10 en 2017.

Selon le CTBUH, la Chine est de loin le pays qui compte le plus de très grands immeubles dans le monde, avec 68 projets complétés. Le pays compte 61,5 % des nouveaux édifices recensés par le CTBUH en 2018.

- En 2019, environ 60 % de tous les nouveaux immeubles extrêmement élevés seront en Chine.

Les investissements en infrastructures générés par le gouvernement au cours des deux premiers mois de 2019 étaient en hausse de 4,3 % en glissement annuel, comparativement à 3,8 % en 2018.

Les investissements dans le secteur de l'immobilier au cours des deux premiers mois de 2019 étaient en hausse de 11,6 % en glissement annuel, contre 9,5 % en 2018.

- Actuellement l'Asie possède 69% de gratte-ciel au monde, un marché qui permet de grandir et voir plus grand puisque il peut nous offrir tellement de clients. D'après le journal "le monde", les pays qui connaissent une augmentation de population se pose la question suivant : comment loger les 6,3 milliards d'individus qui vivront en ville d'ici 2050 ?

Le monde connaît une brusque augmentation des gratte-ciel, plus de 16.000 constructions nouvelles. Presque le double qu'il y a 5 ans. C'est une hausse de 141% par rapport 2010 (journal le monde). [21]

La chine est entrain de construire quatre gratte-ciel classés parmi les 20 plus haut au monde.

1. golden finance 117 (Tianjin).
2. Dongguan international Trade center a (dungen).
3. Guiyang Financial center 1 (Guiyang).
4. Nanning resources center tower (Nanning).

Ce secteur connaît une hausse énorme comme le montre les statistiques et cela est un point qui joue en notre faveur. Pour nous, ce milieu nous ouvre la porte à proposer des options plus modernes est efficace comparé à ce qu'il existe actuellement.

#### **4.9 L'évolution de notre entreprise :**

L'exposition de notre prototype va rassurer les constructeurs immobiliers et les rendre tentés de couper la corde pour passer à une autre façon de concevoir la ville. On sait la crédibilité et la rentabilité de notre MAGVELL et on est presque sûr qu'on va faire la différence et attirer tellement de clients. Toutes les données sont réunies pour réussir à s'imposer et faire des bénéfices.

Il est aussi important de donner énormément de poids à la valeur perçue de notre MAGVELL. C'est le secret de la réussite car il faut toujours faire en sorte que le client ressent le besoin et la nécessité de se procurer notre modèle. On va jouer sur cela afin d'acquérir le maximum d'attention lors de notre première présentation du prototype.

Supposons qu'un seul client va faire le premier pas et s'engager avec nous. C'est là où tout va se jouer. Notre qualité de service va nous représenter et nous tracer le chemin de notre entreprise.

On suppose, en moyenne, le premier client exige un building de 200m de hauteur et de 2 lignes d'ascenseur (une matrice de 67 lignes, 2 colonnes). Les lignes représentent les nombres de niveaux du bâtiment et si l'on considère que chaque étage a 3 m de hauteur, cela impliquera  $200/3=67$ .

Le choix de la hauteur est calculé en fonction de l'urbanisme de l'époque. On sait que la chine connaît une croissance des hauteurs énormes. D'après les statistiques citées auparavant, ceci qui nous amène à supposer en moyenne des grattes ciel de 200 m de hauteur.

On va mettre en place dans chaque huit points d'ouverture( quatre niveaux) une cabine qui circule histoire de montrer une de nos valeurs ajoutées qui est la disponibilité des cabines. Un bâtiment de 67 niveaux demande  $67*2$  points d'arrêts puisqu'on a deux colonnes. Le nombre de cabines est calculé par rapport à la hauteur du building et le nombre de points d'ouvertures. Le gratte-ciel de ce premier client exige 134 portes ce qui implique  $134/8 = 16$ . On va mettre en place dans une situation pareille 16 cabines.

#### 4.9.1 Le cout de la mise en place de notre ascenseur :

Pour répondre aux besoins de ce client il lui faut:

a. Le rail :

$67*3=201$  c'est le nombre de rails qu'il nous faut.

Le cout du rail est  $6000\text{€}/2$  niveaux

$(201/2)*3000= \mathbf{301.500 \text{ €}}$

b. Les aimants :

On a 201 rails, donc il faut mettre en place des aimants tout au long de ces voies. Les rails du milieu s'appellent des rails de connexion. La mise en place de ces rails est pour montrer une autre valeur ajoutée qui relie deux tours entre elles ou bien se permettre de construire un building très long et très large. C'est au client de voir l'architecture qu'il lui sied.

$201*4*4095.30= \mathbf{3.292.621,20\text{€}}$

c. Les bobines:

On compte placer chaque 1.5 mètre une bobine.

$201*2*4250= \mathbf{1.708.500 \text{ €}}$

d. Les cabines :

$16*7600= \mathbf{121.600\text{€}}$

e. Les automates :

D'après les calculs d'entrées qu'il nous faut, on a besoins de  $11*2$  automates.

$22*1202= \mathbf{26444\text{€}}$

f. Les disques de rotation:

On a 134 points d'ouverture ce qui implique qu'il nous faut 134 disques.

$134*700= \mathbf{93800\text{€}}$

g. Les capteurs :

Chaque cabine a besoin des capteurs d'obstacle et de vitesse, tandis que les capteurs de position se situent dans les disques de rotation :

$$(16*50) + (16*83,05) = 800\text{€} + 1328,8\text{€} = 2128,800\text{€}.$$

$$134*1000 = 134000\text{€}.$$

$$134000 + 2128,8 = \mathbf{136.128,80\text{€}}$$

h. Les moteurs :

Chaque point de rotation doit être actionné par un moteur.

$$1000*134 = \mathbf{134.000\text{€}}$$

i. Les portes :

Il nous faut 136 portes pour répondre aux besoins de notre client.

$$3716*136 = \mathbf{505.376\text{€}}$$

j. la mise en place :

**10.000€** destinés à nous pour faire l'étude.

**50.000€** Destinés à nos sous-traitants (la partie installation du MAGVELL).

$$\Sigma \text{ Des couts de revient} = \mathbf{6.379.970 \text{ €}.$$

On calcule notre prix en fonction du coût de revient. Notre marge représente 5% du coût de revient ce qui fait, dans ce cas on va bénéficier de 318.998.5€.

Le client doit payer **6.698.968.5€**

#### 4.9.2 Le point 0 :

Notre investissement va nous coûter **205.129,25 €**. Notre bénéfice dès le premier client et en moyenne **318.998.5€**. Le premier client va nous offrir la possibilité d'atteindre le point 0 et le dépasser. Il faut prendre en considération le fait que si on arrive à séduire le premier client il y en aura d'autres. Une fois que le client est satisfait, on va réussir à séduire de plus en plus de personnes et arriver à attirer l'attention des entreprises étatiques afin de créer le changement de vision de la conception des villes.

Notre MAGVELL coûte cher. Mais si on voit le bon côté des choses, on remarque que plus notre technologie s'infiltrera dans l'urbanisme plus les tramways et les métros vont disparaître et nous offrir plus d'espace sans oublier les hauteurs et la vitesse qu'on peut atteindre puisqu'il n'y aura plus de câbles et de frottements. Les connexions des tours et les possibilités qui vont apparaître pour une gestion plus fiable de la population.

Pour garantir la pérennité de notre entreprise, il faut pousser nos ambitions plus haut. On compte viser le continent asiatique puisque son marché dans ce domaine connaît une forte croissance (il représente 69% des bâtiments dans le monde) et il possède la population la plus

importante. Ceci nous amène à l'idée du besoin d'un changement de vision de l'urbanisme qu'on peut offrir.

Les réseaux sociaux et les sites web vont être le moyen de communication initial pour créer une relation plus intime avec nos clients. Ensuite il faut avoir des locaux pour être présent physiquement pour nos futurs clients afin d'offrir plus d'assurance et de maîtrise du marché asiatique. Le choix des nouveaux locaux doit être étudié en fonction de l'évolution de l'urbanisme de chaque pays, du comportement de la population et sa culture. Il faut aussi prendre en considération les demandes reçues par nos clients autrement dit là où il y a une forte demande. La mise en place d'un local s'impose car il faut toujours montrer au client notre attention et notre envie d'être toujours disponibles pour eux.

Enfin, on compte être présent partout dans le monde (Europe, Amérique, Australie et Afrique) pour garder toujours notre avantage et notre exclusivité. La Chine est notre modèle et notre point de départ pour diverses raisons déjà citées plus haut. Ensuite l'Asie pour assurer notre croissance et garder notre position en premier lieu dans le monde. Il faut toujours penser à s'imposer dans les marchés mondiaux pour réaliser énormément de bénéfices et assurer une pérennité de notre MAGVELL.



## 4.10 Conclusion :

Entreprendre c'est avoir le courage de tenter quelque chose en prenant un risque. C'est une qualité qui n'est pas donnée à tout le monde. Le fait de se lancer dans un projet et accepter les risques pour créer des valeurs et réaliser des bénéfices exige beaucoup de connaissances, de maîtrise, de courage, de charisme et le côté probabiliste de la chance. L'absence d'un de ces points peut réduire les chances de réussite.

C'est pour cette raison qu'il faut bien connaître ses capacités, son projet et son marché. On a fait des recherches pour connaître les besoins qui existent pour maîtriser notre projet et étudier son marché afin de juger les chances de réussite de notre MAGVELL. Il y a beaucoup de facteurs qui influent sur nos chances de réussite à savoir :

- Savoir si le marché est saturé ou pas, prometteur ou pas.
- La maîtrise du domaine pour être sûr de la faisabilité du service et sa qualité afin d'attirer plus de clients.
- Connaître ses sous-traitants pour proposer un service de bonne qualité.
- Connaître le coût pour prévoir ce qu'il nous attend etc... .

La qualité des recherches joue un rôle important dans les choix et les décisions qu'on peut prendre pour mettre en place notre business. Après la maîtrise du domaine et la connaissance des moyens il faut être au courant de l'évolution du marché pour juger s'il peut nous faire une place ou pas. Ensuite il faut savoir où commencer autrement dit chercher la localisation qui nous convient le plus pour débiter (l'endroit du marché qui nous offre le plus de chance de réussite).

Nos études ont prouvé que pour un business pareil, il n'y a pas meilleur que la Chine pour débiter. Notre réussite en Chine va nous booster et nous donner un avantage inatteignable par nos concurrents dans ce domaine.



Figure 4.12 : Un gratte-ciel spectaculaire réalisable avec notre ascenseur

## Conclusion générale

Le pouvoir de s'adapter à des situations plus ou moins pénibles, est une qualité qui fait de l'homme un être à part, voire même un génie. Malgré les défis pour lesquels il doit faire face, l'humain arrive toujours à trouver des solutions que ce soit pour une vie meilleure ou à la limite une vie moins pénible. Il reste cependant toujours idéaliste

L'urbanisme, à travers les âges, se dirige vers un changement radical vu l'évolution démographique que connaît le monde. Bientôt les métropoles n'auront plus qu'à saisir les solutions qui vont être proposées par les ingénieurs et les entreprises.

Le gain d'espace dans le futur sera une priorité absolue pour tous les pays de cette planète et surtout ceux qui possèdent des villes déjà surchargées. Le monde doit s'adapter aux gratte-ciels et à la vie en hauteur tôt ou tard.

L'ascenseur s'est montré un moyen indispensable dans la vie de ces gratte-ciels. Sans lui, on ne peut pas parler d'habiter les hauteurs. Ce monte-charge qui a tellement révolutionné le monde commence à atteindre ses limites car les prévisions actuelles montrent que les villes vont se surcharger de plus en plus. La question qui se pose comment vivront-nous dans le futur ?

Notre travail a pour but de contribuer sur l'évolution de l'urbanisme. On a proposé une solution applicable et rentable à ce phénomène qui est celui des villes de plus en plus denses et de plus en plus hautes en urbanisme.

## Références bibliographiques :

- [1] <https://www.tou Eiffel.paris/fr/le-monument/ascenceurs>
- [2] <https://www.ascenseurs-online.com/lhistoire-de-lascenseur-partie-iv>
- [3] <https://www.france-pittoresque.com/spip.php?article14260>
- [4] <http://www.sietram.com/univers-de-l-ascenseur.html>
- [5] <https://lascenseurprenddelahauteur.wordpress.com/2016/04/16/la-chaise-volante/>
- [6] HOUASNI ZAKARIA, Université DjilaliBounaamaKhemisMiliana, Faculté des Sciences et de la technologie, département de la Technologie, Mémoire de Master (2018).
- [7] <http://klervithuault.wixsite.com/tpe-ascenseurs/limiteur-de-vitesse>
- [8] Livre Généralités sur les systèmes Automatisés de MERBOUH (Chapitre 01) sur Scribd.
- [9] <https://sabtex.files.wordpress.com/2011/11/cours-api-automatique.pdf>
- [10] <https://www.superprof.fr/ressources/scolaire/physique-chimie/premiere-s/mecanique/champs-magnetiques.html>
- [11] [http://www.physagreg.fr/Cours1ere/Physique/Cours/Physique-Chapitre15-champ\\_magnetique.pdf](http://www.physagreg.fr/Cours1ere/Physique/Cours/Physique-Chapitre15-champ_magnetique.pdf)
- [12] GONG JINLIN, Thèse sur la modélisation et conception optimale d'un moteur linéaire à induction pour système de traction ferroviaire, Génie électrique Université Lille Nord-de-France(2011). <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00663812/document>
- [13]
- [14] <https://perspective.usherbrooke.ca/bilan/tend/CHN/fr/SP.URB.TOTL.IN.ZS.html>
- [15] <http://www.andi.dz/index.php/fr/secteur-de-transport>
- [16] <https://www.travaux.com/ascenseurs/guide-des-prix/type-ascenseur-choisir>
- [17] <https://www.directindustry.fr/prod/mts-sensor-technologie-gmbh-co-kg/product-16777-2000492.html>
- [18] <https://www.mga-technologies.fr/capteur-vitesse/>
- [19] <http://www.passion-gratte-ciel.com/STATISTIQUES.htm>
- [20] <https://www.lesechos.fr/idees-debats/sciences-prospective/nouveaux-gratte-ciel-plus-hauts-plus-sobres-963508>
- [21] <https://www.delegatescommerciaux.gc.ca/china-chine/market-facts-faits-sur-le-marche/>