



HAL
open science

Introduction d'une nouvelle technique à base de Laser dans le contrôle de positions d'ascenseur

Richard Gedeon

► **To cite this version:**

Richard Gedeon. Introduction d'une nouvelle technique à base de Laser dans le contrôle de positions d'ascenseur. Electronique. 2012. dumas-01314784

HAL Id: dumas-01314784

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01314784>

Submitted on 12 May 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

le **cnam**
Liban

Institut des Sciences Appliquées et Économiques - Université Libanaise
ISAE – Cnam Liban
Centre du Liban associé au
Conservatoire national des arts et métiers – Paris



Mémoire présenté en vue d'obtenir
Le **DIPLOME d'INGENIEUR CNAM**
En Electronique

Réalisé par

GEDEON Richard

Introduction d'une nouvelle technique à base de Laser dans le contrôle de positions d'ascenseur.

Jury composé de:

Président : M. Michel TERRE.

Membres : M. Khaled ITANI.

M. Nouredine ASSAAD.

M. Haissam HAJJAR

M. Mohamad ALWAN

M. François ZIADEH

Remerciements

J'adresse toute ma reconnaissance à Mr. Khaled Itani qui m'a encadré durant ce projet. Malgré des emplois du temps chargés, vous avez su vous montrer disponibles. La confiance que vous m'avez témoigné et l'autonomie dont j'ai pu jouir durant ce projet tout en bénéficiant de vos précieux conseils tant scientifiques que techniques, auront été, je pense, des points très importants de ma formation.

Je remercie la société FORTESS ELEVATORS & ESCALATORS pour son soutien financier. Je remercie encore Mr. ZEITOUNY Elie, pour l'immense aide qu'il m'a apportée pendant la réalisation du projet.

Mes remerciements s'adressent aussi au Jury, Président et membres.

Table de matières

Résumé	12
Summary	12
Introduction	13
Chapitre: 1 Cahiers des charges	16
1.1 Problématique	16
1.2 Besoin d'un nouveau système	18
1.3 Solution	19
Chapitre: 2 Principaux composants et caractéristiques de sécurité des ascenseurs	21
2.1 Introduction	21
2.2 Principaux composants d'un ascenseur	22
2.3 Sécurité des ascenseurs	23
2.3.1 Parachutes d'ascenseurs	24
2.3.2 Limiteur de vitesse d'ascenseurs à commande électrique.....	24
2.3.3 Course libre et réserve supérieure au dessus de la cabine des ascenseurs	25
2.3.4 Amortisseurs de cabine et de contrepoids d'ascenseurs	25
2.3.5 Deux contacteurs en série	26
2.4. Sélection du variateur de fréquence	26
2.5 Fonctionnement du moteur	26
2.6 Contrôle de l'ascenseur avec codeur absolu	27
2.7 Décélération en fonction du temps	28
Chapitre: 3 Les interrupteurs magnétiques et les codeurs	29
3.1 Contrôle par commutateurs mécaniques	29

3.2 Contrôle par interrupteur magnétique	30
3.2.1 Capteurs magnétiques traditionnels	31
3.2.2 Les aimants	31
3.2.3 Fonctionnement des capteurs bistables cylindriques	33
3.2.4 Les Capteurs Bistables de la Forme d'un Parallélépipède.....	34
3.2.5 Influence entre les capteurs et les aimants.....	34
3.3 Les codeurs	34
3.3.1 Les codeurs incrémentaux.....	35
3.3.2 Les codeurs absolus	36
Chapitre: 4 Le Laser	38
4.1 Historiques des Lasers	38
4.2 Principes du Laser.....	38
4.3 Emission spontanée.....	40
4.4 Emission stimulée	41
4.5 Les conditions d'amplification	41
4.6 Les modes de transfert pour les transitions atomiques	41
4.7 La cavité du Laser.....	43
4.8 Classification du Laser.....	43
Chapitre: 5 Mesure par ultrason et mesure par Laser	46
5.1 Mesure par ultrason.....	46
5.1.1 Les détecteurs à ultrasons	46
5.1.2 Facteurs d'influence et caractéristiques de mesure par ultrason.....	47
5.1.3 Applications de mesure par ultrason	48
5.2 Mesure par Laser.....	48
5.2.1 Introduction	48

5.2.2	Mesure de distance par temps de vol	50
5.2.2.1	Technique impulsionnelle.....	52
5.2.2.2	Régime sinusoïdal permanent.....	52
5.2.2.3	Télémétrie par modulation de fréquence (pseudo FMCW).....	53
5.2.2.4	Télémétrie laser par mesure de déphasage.....	54
5.2.2.5	Bilan des méthodes de mesure.....	56
5.3	Télémètre Laser LDM 41A.....	57
5.3.1	Caractéristiques du LDM 41A.....	57
5.3.2	Câble d'interface.....	58
	Chapitre: 6 Transmission de données	60
6.1	La révolution informatique industrielle	60
6.2	Les normes des réseaux	60
6.3	La transmission de données	60
6.4	Vitesses de transmission	61
6.5	Le protocole RS232	62
6.5.1	La norme RS232	65
6.5.2	La conversion des niveaux.....	67
6.6	Le protocole RS-422	68
6.7	Différences entre RS232, RS485 et RS422	70
6.8	Choix de mode RS-232.....	70
	Chapitre: 7 Conception du projet	71
7.1	Introduction.....	71
7.2	Composants principaux.....	71
7.3	Carte principale.....	73

7.3.1 Constituants de la carte principale	74
7.4 La carte interface.....	74
7.4.1 Schéma bloc de la carte interface	76
7.5 Organigramme de lecture des étages	77
7.6 Organigramme fonctionnel de la carte interface.....	78
Chapitre: 8 Partie Matérielle.....	81
8.1 Circuit imprimé et rôle des composants.....	81
8.2 Schéma électronique du circuit.....	82
8.3 PCB de la carte interface.....	83
8.4 Liste des prix et des composants.....	83
8.5 Réalisation de la carte interface	86
Chapitre: 9 Test et mise en œuvre	87
9.1 Test du télémètre Laser LDM 41A	87
9.2 Mal adaptation du signal analogique à l'application considérée	87
9.3 Variateur de fréquence (VF)	89
9.4 Mise en œuvre du système	90
9.4.1 Système sous tension	90
9.4.2 Communication avec le Laser.....	91
9.4.3 Mode de programmation.....	91
9.4.4 Nombre des étages	92
9.4.5 Lecture des étages	93
9.4.6 Mode de fonctionnement	93
9.4.7 Mode de mise au point.....	94

9.5 Résultat de la mise en œuvre	95
Conclusion	96
Différence entre le contrôle par technique Laser et le système traditionnel.....	96
Bilan économique et perspectives.....	96
Webographies	98

Liste des figures

Fig.1 Codeur rotatif	18
Fig.2 Interrupteur magnétique	19
Fig.3 Schéma Bloc du système de mesure	20
Fig.4 Ascenseur hydraulique de la tour Eiffel	22
Fig.5 Vue generale des composants d'un ascenseur	23
Fig.6 Schéma fonctionnel du codeur	27
Fig.7 Commutateur mécanique	29
Fig.8 Commutateur de contrôle des ascenseurs avec leurs équipements	30
Fig.9 Le cœur du capteur	31
Fig.10 Positionnement des aimants bistables	32
Fig.11 Aimants en ferrite	32
Fig.12 Capteurs bistables cylindriques	33
Fig.13 Capteurs bistables de forme parallélépipédique	34
Fig.14 Codeurs a axe sortant et axe creux	35
Fig.15 Signaux codeurs A, B et 0	36
Fig.16 Disque du codeur absolu	37
Fig.17 Les niveaux d'énergie	39
Fig.18 Transfert par collision résonnante	42
Fig.19 Cavité Laser	43
Fig.20 Couleurs du spectre visible.....	44
Fig.21 Principe de mesure par ultrason	47
Fig.22 Principe de mesure par télémétrie Laser	50
Fig.23: Tête optique d'un télémètre à diode laser fonctionnant par temps de vol.....	51

Fig. 24: Schéma synoptique d'un télémètre FMCW	53
Fig.25: Schéma de principe du télémètre laser par déphasage avec méthode hétérodyne	55
Fig.26 Télémètre LDM 41A	57
Fig.27 : Codes des couleurs du câble interface.....	58
Fig.28 : Oscillogramme d'une liaison asynchrone	63
Fig.29 : Horloges de l'émetteur et du récepteur	64
Fig.30 : Le MAX232	68
Fig.31 : Vue générale du système	71
Fig.32 : Schéma bloc général de communication	72
Fig.33 : Communication de la carte principale	73
Fig.34 : Carte interface entre la carte principale et le télémètre Laser	75
Fig.35 : Schéma bloc de la carte interface	76
Fig.36 : Organigramme fonctionnel pour la lecture des étages	77
Fig.37 : Schéma représentatif du contact de sortie de la carte interface	78
Fig.38 : Contact de sortie de la carte interface	79
Fig.39 : Organigramme fonctionnel de la carte interface	80
Fig.40 : Schéma électronique de la carte interface	82
Fig.41 : PCB de la carte interface	83
Fig.42 : Carte interface réalisée	86
Fig.43 : Les commandes du "SV-iE5"	90
Fig.44 : Message d'accueil	91
Fig.45 : Message d'établissement de la communication	91
Fig.46 : Communication établie.....	91
Fig.47 : Message d'entrée au mode de programmation.....	92
Fig.48 : Nombre des arrêts de l'ascenseur	92

Fig.49 : Ascenseur de quatre arrêts.....	92
Fig.50 : Message de procédure à suivre	93
Fig.51 : Enregistrement de distance du premier étage.....	93
Fig.52 : Message d'information du mode actuel	94
Fig.53 : Mesure de distance en mode normal	94
Fig.54 : Message d'information du mode actuel	94
Fig.55 : Mise au point du positionnement de la cabine	95
Fig.56 : Mise au point du début de la décélération.....	95

Liste des tableaux

Tab.I Connecteur DB9	65
Tab.II Tableau comparatif des modes de transmission	69
Tab.III Liste des composants et des prix	83
Tab.IV Comparaison de résolution des mesures entre signal analogique et RS 232	88

Liste des abréviations

EMP : Exposition Maximale Permise

FMCW : Frequency-Modulated Continuous- Wave

VCO : Voltage-Controlled Oscillator

ASCII :American Standard Code for Information Interchange

DTE :Data Terminal Equipment

DCE :Data Communication Equipment

TTL :Transistor-Transistor Logic

RS :Recommended Standard

UV :Ultra Violet

IR :Infra Rouge

LDM :Laser Distance Measurement

DC :Direct Current

AC :Alternating Current

USB :Universal Serial Bus

LCD :Liquid Crystal Display

LED :Light Emitting Diode

PIC :Programmable Interrupt Controller

DM :Distance Measurement

VF :Variable Frequency

Résumé

Comme toutes les industries, l'industrie des ascenseurs électriques est actuellement face à deux problèmes principaux:

1. La pression continue pour réduire le temps nécessaire d'installation et améliorer la performance de transportation.
2. La compétition ascendante demande des recherches continues par les entreprises d'ascenseurs pour trouver de nouvelles technologies et par suite attirer l'attention des clients.

La technologie de contrôle de position d'un ascenseur traditionnel s'avère trop compliquée et demande un temps important d'installation du système de positionnement. Pour cela, nous avons proposé une nouvelle solution de positionnement se basant sur la technique de mesure par Laser pour connaître et contrôler le déplacement de la cabine dans la gaine.

Mots clés: Signal Laser, Mesure de distance, Microcontrôleur, Contrôle de positions, Ascenseur.

Summary

Like many other industries, the electric elevator industry is facing at present two main problems:

1. Continuous pressure to reduce the time needed to install and improve the performance of transportation.
2. The increasing competition demand ongoing researching by the elevator companies to find new technologies and attract the attention of customers.

The technology of controlling a traditional lift has become very complicated and requires a long duration of time to complete the installation. Therefore, we will find a new solution based on a Laser measurement technique to know and control the displacement of the car inside the shaft.

Keywords: Laser Signal, Distance Measurement, Microcontroller, position control, Elevator.

Introduction

D'un point de vue réglementaire est considéré comme « **ascenseur** » un appareil, destiné à desservir de manière permanente les bâtiments et constructions, qui dessert des niveaux définis à l'aide d'une cabine qui se déplace le long de guides rigides dont l'inclinaison sur l'horizontale est supérieure à 15 degrés et qui est destinée au transport soit de personnes, soit de personnes et d'objets, soit d'objets uniquement, dès lors qu'elle est accessible, c'est-à-dire qu'une personne peut y pénétrer sans difficulté et qu'elle est équipée d'éléments de commande situés à l'intérieur ou à la portée d'une personne qui s'y trouve. Sont également regardés comme des ascenseurs les appareils qui se déplacent selon une course parfaitement fixée dans l'espace, même s'ils ne se déplacent pas le long de guides rigides, notamment les ascenseurs guidés par des ciseaux.

Réservé à ses débuts aux immeubles de luxe, l'ascenseur s'est beaucoup développé à partir des années 1970, accompagnant l'urbanisation de notre société. Il est devenu un élément familier et incontournable de nos immeubles d'habitation, de nos bureaux, des musées, aéroports, centres de soins, bâtiments publics, etc.

L'ascenseur joue un rôle clé pour répondre aux exigences modernes en matière d'autonomie, mobilité, accessibilité, rapidité. Il limite la fatigue, fait gagner du temps, facilite les déplacements, le transport des courses... Il permet aussi aux personnes âgées, de plus en plus nombreuses compte tenu de l'évolution démographique, ou aux personnes à mobilité réduite, de vivre à leur domicile, en étant autonomes. [w01]

La société FORTESS ELEVATORS & ESCALATORS est une entreprise qui s'occupe de l'installation et de la maintenance des ascenseurs et des escaliers mécaniques. Etablie au Liban depuis une trentaine d'années, cette compagnie importe les composants nécessaires des pays Européen et d'autres pays développés, pour assembler enfin des systèmes complets.

Je suis actuellement chef de projet chez FORTESS, d'une expérience de quatre années dans le domaine d'installation et de la mise en services des parties électriques. Je suis aussi responsable du développement de nouvelles idées pour accélérer le temps de travail, et superviseur de la conformité de l'application des normes Européennes concernant la sécurité des passagers et des

techniciens. Un sujet important me semble important à développer est celui de contrôle de vitesse et de positionnement des ascenseurs.

Dans notre modèle technologique, toutes les entreprises d'ascenseurs travaillant dans le marché local utilisent un interrupteur électromagnétique mobile avec des plaques métalliques ou bien des aimants afin de déterminer la localisation de l'ascenseur dans le bâtiment. L'interrupteur doit être fixé en haut de la cabine, et en passant devant un étage, le signal sera alors transmis vers le contrôleur principal. Grâce à cette logique, l'ascenseur peut alors s'arrêter devant l'étage désigné. Afin de développer cette méthode et d'améliorer la précision ainsi que de réduire le temps nécessaire pour l'installation, on a recours à une nouvelle méthode appelée '**Advanced Laser Control System**'.

Cette méthode consiste à appliquer un rayon Laser pour déterminer la distance du trajet à accomplir. Le Laser va émettre un signal qui sera transmis vers un microcontrôleur qui analyse le signal et communique le résultat au contrôleur principal. À partir du résultat de l'analyse, il est possible de déterminer la hauteur de chaque étage et par suite de contrôler le mouvement et la vitesse de l'ascenseur.

Avant tout, comme toute nouvelle idée, il faut faire une recherche globale des composants nécessaires pour la mise en œuvre et du fonctionnement de l'application prévue. Une autre recherche s'avère aussi nécessaire concernant les systèmes actuels disponibles et proches, en terme d'application, de notre projet. Après avoir dimensionné et trouvé les composants les plus convenables pour la réalisation de notre projet, notre but ainsi est d'affirmer la convenance de choix par une application technique.

Dans le rapport, on parle, d'abord, des principaux composants et les caractéristiques de sécurité des ascenseurs, des interrupteurs magnétiques et des codeurs, du Laser et de la mesure par ultrason et de la transmission des données. Ensuite on rédige l'application technique du système en abordant la conception du projet, la partie matérielle du projet, le test et la mise en œuvre et enfin une conclusion générale.

Le premier chapitre présente la problématique lié aux méthodes usuelles de contrôle du déplacement et du positionnement des ascenseurs. On présente aussi l'idée de notre projet pour résoudre cette problématique.

Le deuxième chapitre décrit les principaux composants d'un ascenseur avec les caractéristiques et les facteurs de sécurité à prendre en compte pour installer les systèmes. Il donne aussi une vue générale à propos du variateur de fréquence et de son fonctionnement.

Dans le troisième chapitre, on décrit deux méthodes existantes et qui sont les plus utilisées pour le contrôle de vitesse et de position des ascenseurs. Ces deux méthodes sont le contrôle par interrupteur magnétique et celle de contrôle en utilisant un codeur rotatif installé sur la tête du moteur.

Le quatrième chapitre est réservé à la description du principe de fonctionnement du Laser avec les types d'émissions et les conditions d'amplification, les modes de transfert pour les transitions atomiques et la cavité du Laser. On parle aussi des classifications du Laser selon l'énergie de chacune ainsi que les effets de chacune.

Le cinquième chapitre présente les méthodes disponibles de mesure à distance. Il décrit la méthode de mesure par ultrason et la non compatibilité de cette dernière avec le cas envisagé. En plus, il décrit les méthodes de mesure par Laser avec les caractéristiques de chacune d'elle.

Dans le sixième chapitre, on décrit les protocoles de transmissions de données disponibles avec le télémètre Laser et qui sont le RS232 et le RS422. On compare ensuite ces deux protocoles avec ceux les plus répandus dans le monde de communication industriel.

Le septième chapitre tient compte de la conception du projet en introduisant les cartes et les composants nécessaires pour réaliser le système ainsi que les relations et les informations à communiquer entre les différentes parties. Il présente aussi les organigrammes fonctionnels de lecture des étages et du programme fonctionnel de la carte interface.

Le huitième et le neuvième chapitres décrivent la réalisation pratique du projet que ce soit le circuit imprimé ainsi que les composants utilisés pour faire fonctionner la carte interface, ou bien le test et la mise en œuvre de l'ascenseur. On rédige ensuite les problèmes rencontrés durant la mise en marche et le mode de lecture et du réglage des points d'arrêts et de variation de vitesse.

On conclut par la différence entre le contrôle par la technique Laser et le système traditionnel du côté technique et économique ainsi qu'une perspective de développement pour le système final.

Chapitre: 1

Problématique

1.1 Problématique

De nos jours, l'ascenseur est devenu l'élément indispensable dans le domaine de construction des bâtiments, surtout ceux constitués d'un grand nombre d'étages pouvant atteindre plusieurs dizaines et même plus qu'une centaine d'étages.

Le confort durant le trajet des ascenseurs est un paramètre important pour prendre en considération pendant la construction. Quatre mesures permettent de qualifier ce confort et par suite d'assurer un déplacement confortable des usagers.

Comme tout système en mouvement, il doit commencer son trajet par l'accélération pour atteindre une vitesse maximale limite et puis vient le phénomène du ralentissement et ensuite l'arrêt sur l'étage destination [w02]:

1. L'accélération contrôlée: Le profil de la courbe de démarrage d'un moteur d'ascenseur est avant tout lié au confort des utilisateurs dans la cabine. Il peut être soit linéaire ou en forme de "s". Ce profil ou "rampe" est la plupart du temps ajustable en permettant de choisir le temps de mise en vitesse de l'ascenseur.
2. La variation et la régulation de vitesse: parmi les fonctionnements classiques des variateurs de vitesse, on distingue :
 - a) La variation de vitesse proprement dite où la vitesse du moteur est définie par une consigne d'entrée (tension ou courant) sans tenir compte de la valeur réelle de la vitesse du moteur qui peut varier en fonction de la charge, de la tension d'alimentation, ... On est en boucle "ouverte" (pas de feedback).
 - b) La régulation de vitesse où la consigne de la vitesse du moteur est corrigée en fonction d'une mesure réelle de la vitesse à l'arbre du moteur introduite dans un comparateur. La consigne et la valeur réelle de la vitesse sont comparées, la différence éventuelle étant corrigée. On est en boucle "fermée".

3. La vitesse maximale: cette vitesse est prédéfinie dans la programmation de chaque ascenseur et dépend de plusieurs paramètres à prendre en compte comme le nombre d'arrêt, la charge totale, l'usage du bâtiment...
4. La décélération contrôlée: les variateurs de vitesse permettent une décélération contrôlée sur le même principe que l'accélération. Dans le cas des ascenseurs, cette fonction est capitale dans le sens où on ne peut pas se permettre de simplement mettre le moteur hors tension et d'attendre son arrêt complet suivant l'importance du couple résistant (le poids du système cabine/contrepois varie en permanence). Il faut impérativement contrôler le confort et la sécurité des utilisateurs par le respect d'une décélération supportable et d'une mise à niveau correcte.
5. Le freinage: on distingue, au niveau du variateur de vitesse deux types de freinage :
 - a) En cas de décélération désirée plus importante que la décélération naturelle, le freinage peut être électrique soit par renvoi d'énergie au réseau d'alimentation, soit par dissipation de l'énergie dans un système de freinage statique.
 - c) En cas de décélération désirée moins importante que la décélération naturelle, le moteur peut développer un couple moteur supérieur au couple résistant de l'ascenseur et continuer à entraîner la cabine jusqu'à l'arrêt.
6. Le freinage mécanique: Le freinage mécanique n'intervenant qu'après arrêt total de la cabine devant l'étage destination. Le contrôleur coupe la tension d'alimentation de la bobine ce qui permet de fermer les garnitures mécaniques du frein sur le tambour du moteur. Ce type de freinage est encore utilisé pour l'arrêt de l'ascenseur en cas d'urgence. Lorsque la vitesse est contrôlée par un variateur de fréquence, la précision d'arrêt n'est pas soumise aux aléas du freinage.

Plusieurs paramètres électroniques, électriques et mécaniques s'interfèrent ensemble pour assurer les phases de la trajectoire de vitesse. Lorsque la vitesse maximale est atteinte, le seul paramètre

affectant le confort est le facteur mécanique. Les méthodes de contrôle de la courbe de vitesse disponibles sur le marché local et même international se basent sur des contacts électriques ou bien sur un “micro switch” magnétique avec l’usage d’un nombre important d’aimants pouvant atteindre six pièces par étage. Ces méthodes traditionnelles ne permettent pas de connaître la localisation de la cabine en tout point de la gaine et par suite un aimant endommagé ou un seul mal fonctionnement du “micro switch” suffit pour embrouiller le système tout entier. En plus, les réglages des points d’arrêts et du début des phénomènes de ralentissement sont compliqués surtout pour des bâtiments constitués de plus d’une dizaine d’étages.

1.2 Besoin d’un nouveau système

Les systèmes d'ascenseurs doivent réaliser le grand écart entre de nombreuses exigences différentes: une fiabilité absolue et un niveau de sécurité le plus élevé constituent les priorités absolues, et ce tout en assurant une grande durée de vie, une exploitation économique et une douceur de fonctionnement parfaite.

Deux méthodes principales sont disponibles de nos jours sur le marché. La première se base sur le contrôle par des codeurs qui régulent la vitesse de rotation, la position de l'entraînement et ils assurent à la carte une recopie de la position de la cage.



Fig.1: Codeur rotatif

La deuxième utilise les interrupteurs magnétiques pour la génération des signaux d’étages et de niveau, des points de ralentissement et d’autres informations relatives à la position.



Fig.2: Interrupteur magnétique

Ils se composent de deux unités, à savoir l'interrupteur proprement dit et l'aimant de commutation. Les lames-contacts de l'interrupteur sont scellées dans une ampoule en verre. Dans les deux cas, le réglage des points de vitesse est impossible sans l'accès de l'installateur à l'intérieur de la gaine afin de changer le positionnement des éléments concernés.

Ces systèmes de contrôle usuels des ascenseurs nous guident à chercher une nouvelle technique plus développée. En fait, l'exigence de réduire le temps d'installation, d'améliorer la précision de positionnement d'arrêt des ascenseurs, d'introduire un nouveau facteur de sécurité pour arrêter le fonctionnement en cas de survitesse de la cabine et enfin d'améliorer le confort d'accélération et de ralentissement en variant facilement le début de ces intervalles, tous ces facteurs contribuent à chercher une nouvelle idée plus facile et plus pratique pour conserver la concurrence de notre entreprise que ce soit sur le marché local ou bien international.

1.3 Solution

Le concept de contrôle de position à base de Laser va nous permettre de développer des méthodes usuelles pour avoir enfin un système flexible, confortable et précis.

L'utilisation du télémètre Laser trouve sa place dans divers domaines de mesures de distance et dans plusieurs industries nécessitant une fiabilité et une précision élevée. En plus, ce genre de télémètre est utilisé lorsque l'accès à certains lieux est difficile ou même impossible.

Citons quelques points d'application du télémètre Laser [w03]:

- Supervision des grues a tours et des convoyeurs
- Supervision des pièces de sécurité permanente
- Supervision de course des mesures
- Mesure du diamètre des bobines et des rouleaux

- Positionnement des bateaux

Lors du déplacement de l'ascenseur, le "micro switch" installé sur le haut de la cabine, et en passant en face des aimants, va transmettre au contrôleur principal un signal ouvert ou bien fermé pour l'informer de la position et du déplacement de la cabine dans la gaine.

Notre objectif final est de lire à travers du télémètre Laser la position de la cabine et de saisir l'information afin de simuler le travail d'un contact (ouvert ou fermé). Le microcontrôleur, et à travers un programme approprié, va comparer la valeur instantanée lue par le Laser avec une autre ayant été sauvegardé automatiquement dans la mémoire dès la configuration initiale du système.

A travers le signal "information de distance" provenant du télémètre Laser, on doit avoir accès à varier les points de début d'accélération, de vitesse et de position de la cabine et ceci d'une manière flexible simplifiée et efficace à travers une carte interface qui constitue le cœur de notre étude. Cette carte interface joue le rôle de connecteur entre la Laser et la carte principale de contrôle des ascenseurs qui peut être de n'importe quel type utilisant le principe d'un "micro switch" bistable. Ce type de contrôleur d'ascenseurs est très répandu dans le monde de fabrication des ascenseurs. La figure suivante donne une idée plus claire à propos de la relation entre les composants et les cartes électroniques.

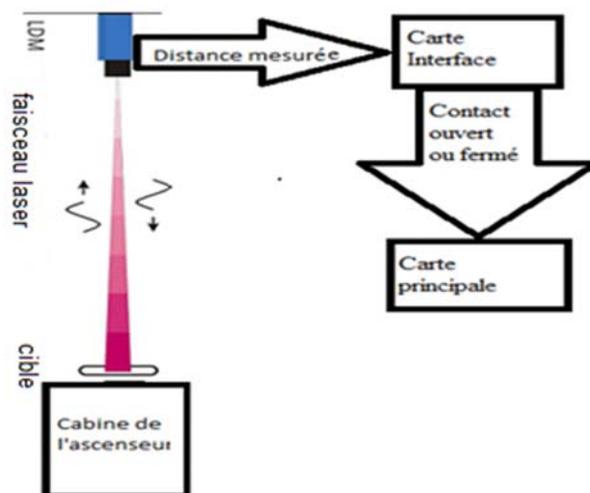


Fig.3: Schéma Bloc du système de mesure

Chapitre: 2

Principaux composants et caractéristiques de sécurité des ascenseurs

2.1 Historique des ascenseurs

Au XIX^e siècle, l'essor des constructions en hauteur puis, logiquement, l'apparition des grattes ciels est étroitement lié à l'apparition de l'ascenseur. Les ascenseurs destinés au public des premiers gratte-ciels au tournant du XIX^e siècle au XX^e 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 cornières métalliques permettant les ajustements par rapport au gros œuvre. Elle était fréquemment en 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 gardes corps allait de la simplicité utilitaire au décor très marqué.

Les ascenseurs des grands hôtels à l'architecture luxueuse du premier tiers du XX^e siècle étaient aussi richement décorés que les trains de luxe le seront plus tard: ornements de la cabine et des baies des portes de la cage chantournées et dorés à l'or fin... À partir du milieu du XX^e siècle et la contrainte de plus en plus forte dans le code d'urbanisme de disposer d'un ascenseur pour des édifices. L'ascenseur s'est banalisé y compris dans son aspect et est devenu automatique. Cependant, cet objet marquant dans l'habitat au départ l'utile, le confort et plutôt le luxe est resté un équipement ostentatoire dans les espaces commerciaux. Il est incidemment devenu un objet à sensations de fête foraine.

En 1889, la Tour Eiffel est inaugurée avec un ascenseur remarquable de hauteur de 160,40 mètres et de vitesse de 0,80 m/s, dû aux efforts conjoints de Léon Edoux et des frères Otis.

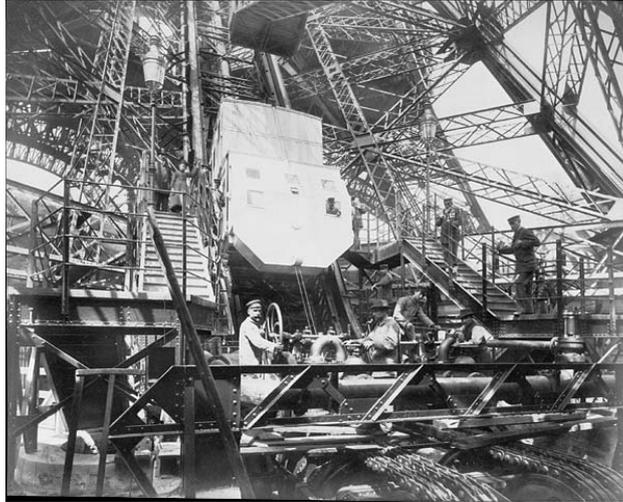


Fig.4: Ascenseur hydraulique de la tour Eiffel

Et puis, en 1924, un ascenseur sans liftier appelé le machiniste fera son apparition, exigeant la mise au point d'automatismes et de dispositifs de sécurité. Les commandes deviennent électriques puis électroniques et se dotent de mémoire. Les grilles fixes ou articulées des portes disparaissent, les portes pleines métalliques se verrouillent automatiquement [w04].

2.2 Principaux composants d'un ascenseur

Les principaux éléments présents dans un ascenseur électrique sont :

- **Le tableau principal** (Controller): lieu où toutes les commandes internes ou externes sont manipulées et exécutées.
- **Le moteur électrique** Ou bien la machine: généralement composé d'un moteur triphasé et un disque de freinage. Le moteur électrique reçoit les commandes du tableau principal.
- **Poulie de renvoie** (Deflector sheave): lieu où les câbles de traction sont enroulés pour le support de la cabine et du contrepoids.
- **Cabine** ou bien la cage mobile de l'ascenseur: C'est la partie mobile dans la gaine.
- **Câble souple**: qui est le câble connecté au tableau principal et au dessous de la cabine.
- **Contre poids** (counter weight): en mécanique c'est le poids qui aide le moteur pour le transport vertical de la cabine.

- **Les ressorts:** qui sont installés dans la cuvette de l'ascenseur pour des raisons de sécurité et qui aident à absorber la force en cas ou la cabine glisse incontrôlable.
- **Le parachute:** en cas ou la vitesse de l'ascenseur dépasse la vitesse maximale.

La figure suivante présente les principaux composants d'un ascenseur ainsi que la structure générale dans une gaine.

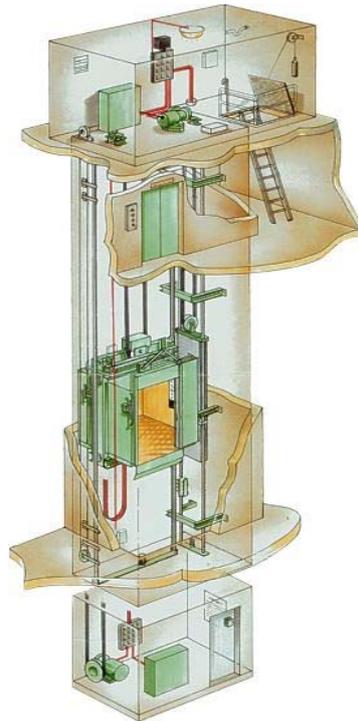


Fig.5: Vue générale des composants d'un ascenseur

2.3 Sécurité des ascenseurs

Le domaine de sécurité des ascenseurs est très étendu car il couvre les différentes normes internationales et les petits détails à prendre en compte durant l'installation. Pour cela, nous allons limiter notre étude sur les composants et les facteurs de sécurité qui sont en relation directe avec la vitesse et le déplacement des ascenseurs.

2.3.1 Parachutes d'ascenseurs

Toute cabine d'ascenseur suspendue par câbles ou chaînes, est munie d'un parachute, ne pouvant agir que dans le sens de la descente, capable de l'arrêter en plein charge à la vitesse de

déclenchement du limiteur de vitesse, même en cas de rupture des organes de suspension, en prenant appui sur ses guides, et de l'y maintenir. Ce parachute est un parachute à prise amortie lorsque la vitesse nominale de l'ascenseur est supérieure à 1,00 m/s. Il peut être:

a) un parachute à prise instantanée avec effet amorti lorsque la vitesse nominale ne dépasse pas 1,00 m/s.

b) un parachute à prise instantanée lorsque la vitesse nominale ne dépasse pas 0,63 m/s.

La décélération est conçue de telle façon qu'elle ne constitue pas un danger pour les personnes dans la cabine, en cas d'arrêt au moyen du parachute.

L'entrée en action du parachute de la cabine est provoquée en cas de survitesse à la descente, au plus tôt lorsque la vitesse de la cabine atteint 115 % de la vitesse nominale.

Tout déclenchement du parachute de la cabine d'un ascenseur à commande électrique amène l'ouverture du circuit de manœuvre par un contact de sécurité autre que celui du limiteur de vitesse. Ce contact de sécurité rend impossible la remise en marche de l'ascenseur aussi longtemps que le parachute n'a pas été ramené dans sa situation initiale.

2.3.2 Limiteur de vitesse d'ascenseurs à commande électrique

Un ascenseur à commande électrique est muni d'un limiteur de vitesse qui actionne le parachute et qui actionne un contact de sécurité ou un système offrant les mêmes garanties de sécurité en cas de survitesse à la descente. Pour un ascenseur dont la vitesse nominale est supérieure à 1,00 m/s, le limiteur de vitesse actionne ce contact de sécurité ou un système offrant les mêmes garanties de sécurité, à une vitesse inférieure à celle correspondant à la mise en action du parachute. Dans le cas où la vitesse à la montée d'un ascenseur à commande électrique peut dépasser les vitesses prévues, le limiteur de vitesse actionne également un contact de sécurité ou un système offrant les mêmes garanties de sécurité en cas de survitesse à la montée. Les câbles pour limiteurs de vitesse doivent pouvoir être détachés facilement du parachute. La rupture ou le mou du câble du limiteur de vitesse doit être contrôlé par un contact de sécurité.

2.3.3 Course libre et réserve supérieure au dessus de la cabine des ascenseurs

Lorsque le contrepoids repose sur ses amortisseurs totalement comprimés ou sur une butée fixe, les conditions suivantes sont simultanément remplies:

- a. la course guidée de la cabine encore possible en montée est au moins égale à $0,10 \text{ m} + 0,035v^2$, la course étant exprimée en mètres et v (vitesse nominale) en mètres par seconde;
- b. la distance libre au-dessus du toit de cabine est au moins égale à $1,00 \text{ m} + 0,035v^2$.

Pour des vitesses supérieures à 2,50 m/s, et lorsque le ralentissement de l'ascenseur, du monte-charge ou de l'ascenseur industriel, est contrôlé, on peut diminuer la valeur $0,035v^2$ telle qu'elle est prévue ci-dessus pour la détermination de la course de sécurité au-delà du niveau supérieur:

- a. à la moitié pour un appareil dont la vitesse nominale est \leq à 4 m/s;
- b. à un tiers pour un appareil dont la vitesse nominale est $>$ à 4 m/s;

Toutefois, dans les deux cas, cette valeur ne peut être inférieure à 0,25 m.

2.3.4 Amortisseurs de cabine et de contrepoids d'ascenseurs

Un ascenseur est muni d'amortisseurs placés dans le fond de la gaine destinés à freiner et à arrêter la cabine et le contrepoids en cas de dépassement des arrêts extrêmes, sans entraîner, avec la charge nominale, de danger pour les personnes se trouvant dans la cabine. Les amortisseurs peuvent également être fixés à la cabine et au contrepoids. Si les amortisseurs se déplacent avec la cabine ou le contrepoids, ils butent sur un socle de 0,50 m de hauteur au moins, à l'extrémité de la course. Cette disposition n'a pas d'application pour les amortisseurs de contrepoids si, en cuvette, l'accès sous le contrepoids est impossible au personnel d'entretien ou de contrôle.

Les amortisseurs à accumulation d'énergie ne peuvent être employés que si la vitesse nominale ne dépasse pas 1,00 m/s. Si la vitesse nominale ne dépasse pas 1,60 m/s, les amortisseurs à accumulation d'énergie avec amortissement du mouvement de retour peuvent être employés. Ceux à dissipation d'énergie peuvent être employés quelle que soit la vitesse nominale. Le fonctionnement de l'ascenseur est subordonné au retour en position normale de ces amortisseurs. Le dispositif utilisé dans ce but doit être un contact électrique de sécurité.

2.3.5 Deux contacteurs en série

En cas de machines alimentées directement par un réseau de courant électrique, l'arrivée d'énergie est coupée par deux contacteurs indépendants dont les contacts sont en série sur deux phases au moins du circuit d'alimentation du moteur.

Si, pendant l'arrêt de l'ascenseur, un des contacteurs n'a pas ouvert les contacts principaux, un nouveau démarrage est empêché, au plus tard au prochain changement du sens de marche.[w05]

2.4 Sélection du variateur de fréquence

Les variateurs de fréquence sont prévus pour contrôler des moteurs jusqu'à une haute intensité, où l'on recherche une grande précision de positionnement et un grand confort.

Les caractéristiques du variateur de fréquence peuvent se résumer par deux points:

- Tout le cycle de voyage est contrôlé depuis le démarrage (vitesse 0) jusqu'à l'arrêt.
- Réponse de régulation précise, avec une grande réponse dynamique et une exactitude de positionnement.

L'intensité nominale du variateur peut être dépassée jusqu'à 1.8 fois. Une fois le moteur choisi, on part du principe que le moteur travaillera avec son couple nominal à intensité nominale. Mais par ailleurs, on a besoin de couple pour l'accélération, c'est-à-dire un courant de 60%-80% approximatif de la nominale. L'intensité dans des conditions maximales ne doit pas dépasser 1,8 fois l'intensité nominale du variateur. De façon approximative, le variateur de fréquence doit être choisi suivant la condition ci-dessous:

$$I_{\text{nom variateur}} \geq I_{\text{nom moteur}}$$

2.5 Fonctionnement du moteur

Le variateur de fréquence fournit une tension triphasée avec une fréquence et une tension variables. Le moteur se magnétise de façon optimale en tous points de fonctionnement grâce à un système de régulation orientée par des champs. Ceci permet de disposer du couple nécessaire sans aucun retard. Le couple nominal à pleine charge est également possible avec le moteur

arrêté (vitesse nulle). Un microprocesseur contrôle le fonctionnement en fonction de programmes basés sur le temps et la distance, choisis par le système de contrôle de l'ascenseur.

La régulation orientée par champs permet de maintenir de façon précise la courbe de trajet en cours tout au long de la plage de vitesses. Ceci garantit un comportement adéquat de voyage quelle que soit la charge. Grâce au fonctionnement régulé depuis la vitesse 0 au démarrage jusqu'à l'arrêt, il n'y a pas d'usure du frein. Le moteur travaille très silencieusement.

Pour le fonctionnement avec une machine synchrone il faut utiliser un codeur absolu. Le variateur a besoin de savoir la position exacte du rotor par rapport au bobinage du stator. Par conséquent, il faut mesurer cette position avant la mise en marche du moteur. Pour cela, il faut que le moteur puisse bouger librement. Même un couple très bas peut modifier la mesure ce qui rend le bon fonctionnement du variateur impossible [w06].

2.6 Contrôle de l'ascenseur avec un codeur absolu

Le rôle des codeurs est de transformer les signaux du générateur d'impulsions monté sur le moteur en signaux différentiels. Cela nécessite l'installation ultérieure lorsque la commande a besoin des signaux du codeur moteur pour le positionnement de la cabine.

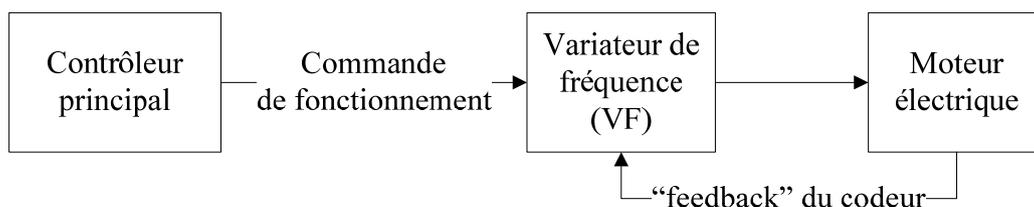


Fig.6: Schéma fonctionnel du codeur

Avec la commande "Porte fermée" le moteur est alimenté, le frein mécanique s'ouvre et l'actionneur maintient la vitesse 0. Le variateur accélère jusqu'à atteindre une vitesse maximale constante en fonction de l'accélération programmée suivant de souples transitions. La décélération en fonction de la distance durant la période de décélération est pilotée par les commandes de trajet suivant la vitesse d'approximation.

Le contrôleur transmet au variateur de fréquence, en cas de commande de démarrage, la distance restante jusqu'au niveau suivant. Pendant le voyage cette distance est constamment actualisée. Si pendant le voyage il n'y a pas de demande d'arrêt pour ce niveau, c'est-à-dire jusqu'à la fin de la distance de décélération, on prolongera le voyage jusqu'au prochain étage. Le voyage, de l'accélération, à la vitesse constante jusqu'à la décélération, sont définis uniquement par le variateur de fréquence.

La décélération en fonction de la distance durant la période de décélération est pilotée par les commandes de trajet de vitesse d'approximation. Lorsqu'il y a changement avec la vitesse pré-programmée, la trajectoire courbe est réalisée en fonction du temps.

2.7 Décélération en fonction du temps

Durant ce mode, toutes les transitions de vitesse sont contrôlées comme des fonctions dépendant du temps. Après avoir coupé la vitesse correspondante, le variateur ralentit en fonction du temps jusqu'à atteindre la vitesse inférieure sélectionnée, suivant la courbe programmée de décélération avec des transitions souples. A proximité de la vitesse 0, le variateur actionne la sortie du frein mécanique, de telle façon que le frein électromagnétique tombe. Le point de coupure devra, si possible, être programmé avec une distance supérieure à celle déterminée pour la distance de freinage, de telle façon d'avoir une course libre pour optimiser le comportement pendant le voyage. Les points de coupure doivent être programmés avec une précision de +/- 1 mm.

Chapitre: 3

Les interrupteurs magnétiques et les codeurs

3.1 Contrôle par commutateurs mécaniques

Les commutateurs d'étage et d'approche sont utilisés pour le positionnement de la cabine d'ascenseur dans la gaine. Etant donné que de nos jours d'autres technologies plus modernes sont fréquemment utilisées pour la détection de position des ascenseurs, ces produits sont quasi exclusivement utilisés comme pièces de rechange. Ils disposent d'un boîtier et d'un levier métalliques particulièrement robustes, qui conviennent parfaitement à des conditions de service difficiles. Les leviers en deux parties permettent un ajustement précis par rapport aux cames de commande selon deux plans. Les leviers sont réglables parallèlement à la surface de montage, le galet caoutchouc verticalement à celle-ci. Le modèle de base des commutateurs possède un couvercle plastique transparent ainsi qu'un boîtier. Afin de répondre à tous les besoins, il y a deux types commutateurs d'étage et un commutateur d'approche. Les commutateurs d'étage sont fixés à la paroi de la gaine, et la came correspondante à la cabine. Deux cames sont nécessaires, une pour la montée l'autre pour la descente. Chaque came commute le contact opposé, les contacts NF sont câblés en série. Le commutateur d'approche est fixé à la cabine, et la came à la paroi de la gaine [w08].



Fig.7: Commutateur mécanique

3.2 Contrôle par interrupteur magnétique [w09]

L'automatisation des ascenseurs ainsi que le fonctionnement à grande vitesse nécessite de trouver un moyen efficace de contrôle de position et du déplacement de la cabine. Comme tout système en mouvement, des contacts placés tout au long de la gaine avaient le rôle de contrôler l'arrêt de la cabine à l'étage choisi. Plus tard, l'utilisation des commutateurs magnétiques a remplacé les contacts mécaniques, mais l'utilisation de ces derniers reste indispensable pour assurer la sécurité surtout aux extrêmes du trajet. Ces commutateurs magnétiques et qui sont repartis sur le trajet de l'ascenseur, jouent le rôle des points de début de décélération ainsi que des points d'arrêts de l'étage destination. De même, leur rôle est de compter les étages pour informer le contrôleur principal du lieu de la cabine.

Quelques années plus tard, l'introduction des microprocesseurs dans l'industrie des ascenseurs a permis l'utilisation d'un seul commutateur magnétique bistable fixé sur le plafond de la cabine avec des aimants repartis sur le guides de l'ascenseur. Ces aimants doivent être réglés d'une manière très précise pour assurer le bon fonctionnement du système.

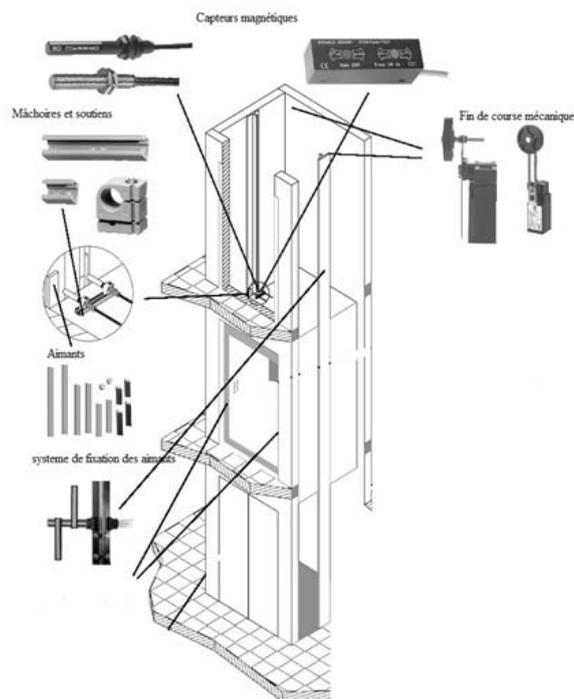


Fig.8: Commutateur de contrôle des ascenseurs avec leurs équipements

3.2.1 Capteurs magnétiques traditionnels

Les capteurs magnétiques traditionnels sont réalisés en utilisant un contact de lecture en tant que composant sensible au champ magnétique. Ils sont constitués par deux plaques minces en matériau ferromagnétique contenues dans une enveloppe de verre contenant du gaz inactif garantissant l'isolement.

Les possibilités d'obtenir ces caractéristiques électriques sont dues à la lecture avec différentes dimensions mécaniques de l'enveloppe de verre ainsi que les plaques minces; la technologie utilisée pour leur construction est très importante aussi.

En général, pour obtenir plus de pouvoirs, les contacts de lecture sont utilisés ou construits avec des technologies plus raffinées en emprisonnant le gaz inactif à l'intérieur du verre à une grande pression.



Fig.9: Le cœur du capteur

Par conséquent, il est important de savoir que même si le capteur est apparemment constitué par une partie de plastique mécaniquement insensible aux chocs mais la composante principale est en verre et donc très sensible aux fortes sollicitations mécaniques.

3.2.2 Les aimants

Les aimants utilisés pour les ascenseurs sont réalisés en plastoferrite, et ils sont obtenus de différentes tailles, en fonction de l'utilisation et des distances d'activation requises. Leur épaisseur peut varier de 6 à 8 mm, leur largeur de 15 à 20 mm et leur longueur de quelques millimètres jusqu'à plus d'un mètre.

Les aimants pour les contacts bistables peuvent être soit en plastoferrite, et nécessitent les deux polarités d'être sur le même côté, ou en ferrite, et en forme d'anneau. Dans le dernier cas, les

aimants sont utilisés par paires, 5 cm éloignées entre elles.

Les contacts bistables ne nécessitent pas de longs aimants en plastoferrite parce qu'ils ne sont utilisés que comme un interrupteur. Habituellement l'aimant plastoferrite est de 80 mm de longueur. Les deux contacts bistables sont à la fois actifs tout au long du trajet de l'ascenseur, alors (un au cours de la course de montée et l'autre pendant la course de descente) ils ouvrent le contact lorsque l'ascenseur aborde les étages supérieur et inférieur, respectivement. Il est donc très important d'installer l'aimant plastoferrite correctement sur le rail.

L'image montre comment les aimants bistables pour le sens ascendant sont fixés (position 1) ainsi que pour le sens descendant doivent être fixés (position 2).

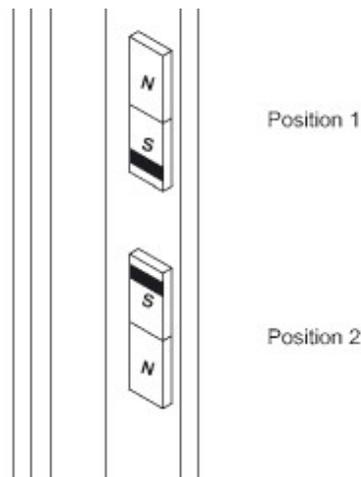


Fig.10: Positionnement des aimants bistables

Près de la même chose arrive si les aimants sont en ferrite. L'aimant en ferrite permet un fort champ magnétique et pourrait donc être plus petit. Les boulons de fixation de rail sont souvent au même niveau des aimants bistables et l'utilisation de deux anneaux de ferrite aimants est très utile pour résoudre ce problème. La séquence de polarité de ces deux aimants est la même que celle indiquée pour la bascule magnétique plastoferrite.

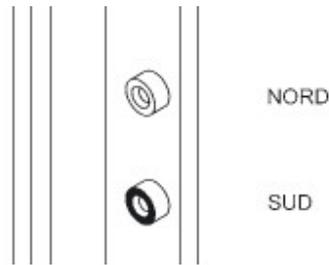


Fig.11: Aimants en ferrite

Dans le cas de la fixation externe au rail, les aimants sont disponibles en ferrite (ou néodyme) et montés sur des supports particuliers dotés d'une vis de fixation.

3.2.3 Fonctionnement des capteurs bistables cylindriques

Le capteur ferme le contact seulement lorsque l'aimant a une Polarité Sud, et maintient portant le contact, même quand il n'y a pas d'aimant. Si l'aimant a une Polarité Nord, le contact est ouvert, et il reste sur ce cas même en dehors du champ.

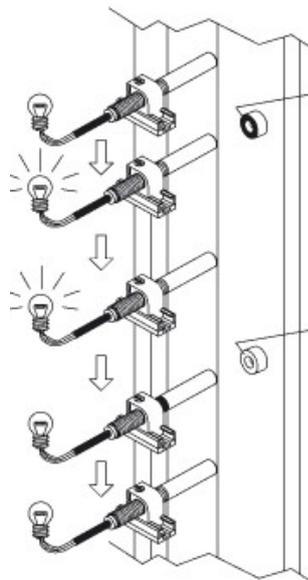


Fig.12: Capteurs bistables cylindriques

3.2.4 Les Capteurs Bistables de la Forme d'un Parallélépipède

Les différences géométriques ne sont pas si importantes comme les différences de fonctionnement. Les capteurs bistables de l'autre série sont frontalement activés par la polarité sud de l'aimant et ils sont désactivés par la polarité nord.

L'activation et la désactivation de ces capteurs sont à la même polarité de l'aimant, mais en deux différents points. La polarité opposée de l'aimant permet aussi au bistable de travailler contrairement.

Cette fonctionnalité des bascules permet leur utilisation soit aux étages extrêmes de l'ascenseur (en utilisant un seul aimant au lieu des deux utilisés avec l'autre bascule ou au lieu de l'aimant bipolaire plastoferrite) ou bien pour contrôler l'arrêt de la cabine dans la zone étage.

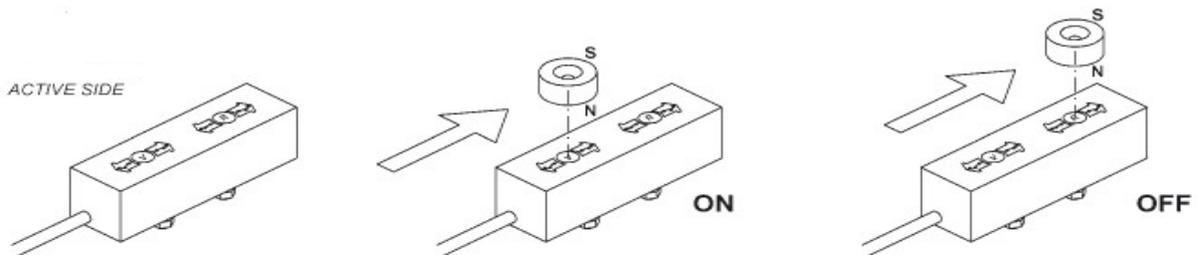


Fig.13: Capteurs bistables de forme parallélépipédique

3.2.5 Influence entre les capteurs et les aimants

Nous pouvons avoir différentes distances d'activation pour différents capteurs selon le contact examiné ainsi que l'aimant utilisé. Nous devons tenir compte de l'interférence entre les différents aimants positionnés sur les rails et les capteurs sur la cabine d'ascenseur. Durant l'installation, il faut tenir compte de la distance minimale et maximale entre l'aimant et le capteur ainsi que de la distance entre les capteurs. Pour ces capteurs une distance minimale existe aussi en vertu de laquelle nous pourrions avoir un phénomène indésirable d'activation et de désactivation.

3.3 Les codeurs [w07]

Le codeur est un mélange de mécanique, d'un système de lecture optique ou magnétique,

d'électronique et de connectique.

Les codeurs convertissent une position, un mouvement, une vitesse ou une accélération en informations digitales exploitables par un automate ou un calculateur industriel. Ils sont disponibles avec différents types de configurations de montage: axes sortants, axes creux, axes traversant.

Concernant les ascenseurs, l'encodeur est fixé au bout moteur et doit être connecté au variateur de fréquence pour l'informer à propos des paramètres de vitesse, d'accélération et de positionnement de la cabine se déplaçant dans la gaine.



Fig.14: Codeurs à axe sortant et axe creux

Il existe 2 types de codeurs optiques : les codeurs incrémentaux et les codeurs absolus.

3.3.1 Les codeurs incrémentaux

Les codeurs incrémentaux sont destinés à des applications de positionnement et de contrôle de déplacement ou de vitesse d'un mobile par comptage/ décomptage des impulsions qu'ils délivrent. Les signaux de sortie pour ce type de codeur sont le A et A/, le B, B/ et le 0, 0/.

Le front montant de la voie B arrive avant celui de la voie A dans le sens horaire vu côté axe ou embase pour les axes creux. Le déphasage de 90° électrique des signaux A et B permettent de déterminer le sens de rotation de l'axe du codeur:

- dans le sens horaire pendant le front montant du signal A, le signal B est à "1".

- dans l'autre sens pendant le front montant du signal A, le signal B est à '0'.

Les signaux inverses permettent d'effectuer une lecture différentielle optimisant la transmission d'information.

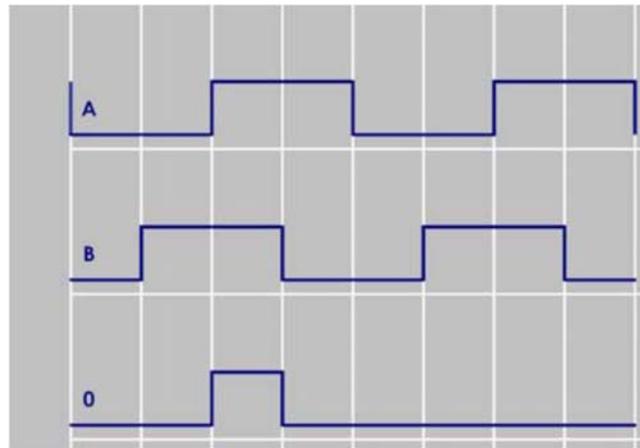


Fig.15: Signaux codeurs A, B et 0.

Ce signal carré est généralement de fréquence élevée. La formule de calcul de la fréquence (f en Hz) est :

$$f = N * \frac{R}{60}, \text{ avec:}$$

N= vitesse d'utilisation de l'axe entraînant (en tr/mn),

R = résolution souhaitée en période par tour (p/tr).

Exemple :

Si N = 3000 tr/mn et R = 5000 p/tr, le calcul de la fréquence donne: f= 250 kHz.

3.3.2 Les codeurs absolus

Les codeurs absolus déterminent à tout moment leur position au moyen d'un code unique dans un même tour, même en l'absence d'une mesure de référence.

Le code unique est donné par la lecture individuelle de pistes optiques concentriques, au moyen d'une LED et d'un réseau récepteur de cellules photosensibles. Ces pistes sont codées en Gray qui présente l'avantage de ne changer d'état que sur une seule piste (un bit) à chaque pas, et

garantit ainsi une lecture sans erreur.

Le disque d'un codeur absolu comporte "n" pistes concentriques divisées en segments égaux alternativement opaques et transparents. A chaque piste est associé un récepteur. La piste intérieure est composée d'une moitié opaque et d'une moitié transparente. La lecture de cette piste, bit de poids le plus fort (**MSB**: Most Significant Bit), permet de déterminer dans quel demi-tour on se situe. La piste suivante est divisée en 4 quarts alternativement opaques et transparents. La lecture de cette piste combinée avec celle de la piste précédente permet de déterminer dans quel quart de tour on se situe. Les pistes suivantes permettent de déterminer dans quel huitième de tour, seizième de tour, etc.... La piste extérieure correspondant au bit de poids le plus faible (**LSB** : Least Significant Bit) donne la précision finale. Elle comporte $2n$ points correspondant à la résolution du codeur. Ainsi pour chaque position angulaire de l'axe, le disque fournit un code, qui peut être soit un code binaire, soit un code Gray. Les mêmes valeurs codées se répètent au bout d'un tour complet du codeur.

Un codeur absolu délivre en permanence un code qui est l'image de la position réelle du mobile à contrôler. Dès la première mise sous tension ou dès le retour de tension après une coupure, le codeur délivrera une information directement exploitable par le système de traitement.

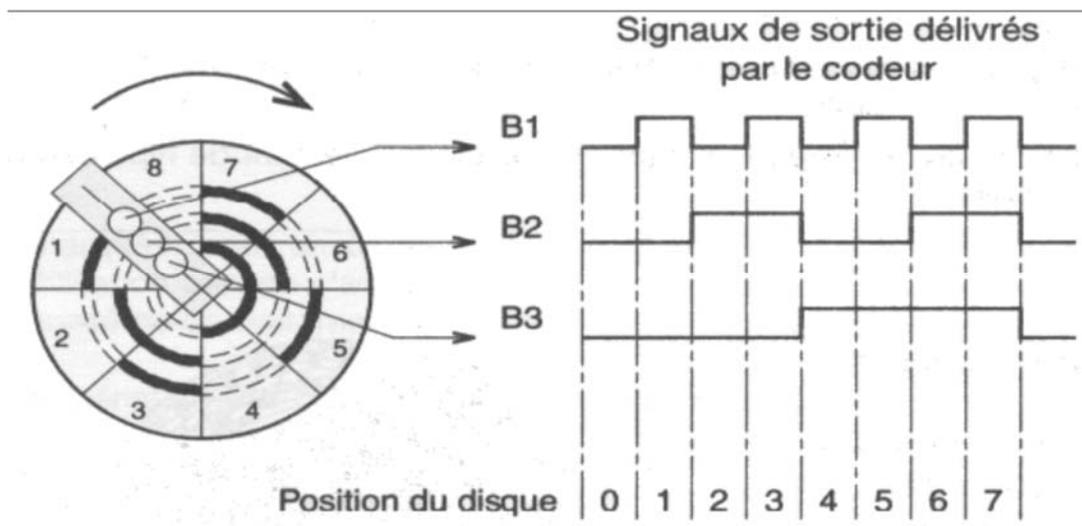


Fig.16: Disque du codeur absolu

Chapitre: 4

Le Laser

4.1 Historiques des Lasers

Le mot laser est constitué par les initiales de "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation". Le laser est un type de source non-classique: il ne fonctionne pas, comme tous les systèmes d'électronique active (tubes à vide, transistors) au moyen d'interactions entre des champs électriques appliqués et des charges mobiles (les électrons). Il s'agit d'une émission stimulée. Bien avant l'apparition du laser, la possibilité d'obtenir une émission stimulée, avait été démontrée par Einstein (en 1917). On peut aussi noter les travaux d'A. Kastler (1950) sur le pompage optique, sans lequel aucun laser à solide ne fonctionnerait, ainsi que ceux de Fabry et Pérot, sur les interféromètres à ondes multiples, qui sont le cœur de toutes les cavités laser. Pratiquement en même temps (dès 1952), Townes, Gordon et Zeiger aux Etats Unis ainsi que Basov et Prokhorov en URSS ont imaginé des expériences d'amplification stimulée sur la molécule d'ammoniac (NH_3). En 1957, A.L. Schawlow et C.H.Townes (tous deux de Bell Labs) publiaient le premier schéma de laser, puis annonçaient la possibilité de créer des rayonnements dans l'infrarouge, le visible et même au-delà. Les premiers lasers ont été: un laser solide impulsif à rubis (T. Maiman 1960) puis un laser à gaz continu, le laser hélium-néon (A. Javan 1961).

4.2 Principes du Laser

La théorie quantique nous dit que les électrons d'un atome ne peuvent pas être disposés n'importe comment autour du noyau. Ils suivent des trajectoires très précises, régies par les énergies électroniques qui dépendent de la nature du milieu. Ces trajectoires possibles sont ce que l'on appelle les niveaux d'énergie. Plus cette trajectoire est éloignée du noyau, plus l'énergie correspondante est importante.

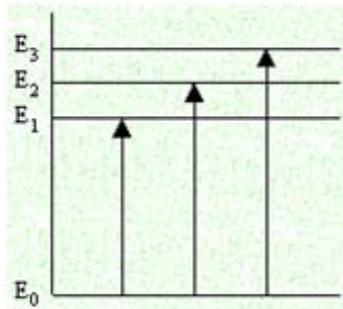


Fig.17: Les niveaux d'énergie

La disposition de ces différents niveaux d'énergie est caractéristique d'un atome et peut être calculée à partir de la connaissance de ses nombres quantiques. Par rapport au niveau fondamental, la différence d'énergie correspondante s'exprime par:

$$\Delta E = h * \nu \quad (4-1)$$

Dans cette expression, h est la constante de Planck et ν est la fréquence de l'onde électromagnétique. E représente un quantum d'énergie, valeur minimale pour tous les échanges énergétiques: c'est le photon. Comme dans tout phénomène sinusoïdal, la fréquence du rayonnement peut être reliée à sa longueur d'onde λ par:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (4-2)$$

c étant la vitesse de la lumière.

En réalité, les niveaux ne sont pas aussi simples que cela. Ils sont décomposés en sous-niveaux, à cause de l'élargissement qui se produit naturellement, pour les raisons suivantes :

- l'effet Doppler,
- la pression et les collisions,
- le champ ambiant et, en particulier, le champ cristallin,
- les interactions avec le milieu, ou entre atomes actifs,
- la température.

Au repos, les électrons ont tendance à se grouper autour du noyau, laissant inoccupées les places les plus éloignées. Il faut apporter de l'énergie à l'atome pour faire sauter ses électrons sur des niveaux supérieurs et on voit que cette énergie doit être de plus en plus grande lorsqu'on s'éloigne de la base. L'équilibre naturel suit la loi de Boltzmann, donnée par la formule :

$$\frac{N_1}{N_2} = \exp\left[-\frac{(E_2 - E_1)}{K * T}\right] \quad (4-3)$$

N_1 et N_2 sont les nombres d'électrons sur les niveaux E_1 et E_2 . K est la constante de Boltzmann et T est la température absolue du corps. Lorsque la différence entre ces niveaux est telle que la fréquence ν du quantum $h\nu$ correspond à une longueur d'onde proche du domaine visible, le niveau supérieur n'est pratiquement pas peuplé et tous les électrons sont concentrés sur le niveau inférieur, dit fondamental ($N_2/N_1 \sim 10^{-21}$ pour $l=1$ mm).

Si l'atome reçoit un rayonnement à une longueur d'onde correspondant à une transition possible, ce rayonnement est absorbé. Ce sont d'ailleurs les expériences d'absorption dans les gaz qui ont permis de comprendre ces phénomènes et d'établir les lois de l'optique quantique. La dynamique du phénomène d'absorption dépend de la population N_1 du niveau inférieur et de l'intensité du champ présent.

4.3 Emission spontanée

Considérons maintenant le cas d'un atome excité. Etant donné que les électrons doivent naturellement être le plus près possible de l'état fondamental, il est assez normal de penser que, si la source d'excitation cesse, ils ne vont pas rester sur leur niveau excité. La vitesse de désexcitation est proportionnelle à la population du niveau supérieur. Cette émission spontanée est une fonction statistique du temps et de l'espace. Si plusieurs photons sont émis simultanément, il n'existe aucune relation de phase entre eux. On dit qu'ils sont incohérents.

4.4 Emission stimulée

Nous avons vu que l'absorption d'un photon de longueur d'onde λ , telle que $\lambda = hc/\Delta E$ provoque le transfert d'un électron sur le niveau supérieur, ce qui correspond à l'excitation de l'atome considéré. Si un photon de même longueur d'onde frappe cet atome excité, il le désexcite et, en retrouvant son état fondamental, celui-ci produit un autre photon avec la même fonction d'onde que celle du photon incident. L'émission est cohérente. Contrairement à ce qui se produit dans le cas de l'émission spontanée, l'émission stimulée est proportionnelle au champ.

4.5 Les conditions d'amplification

Si le système est en équilibre, les niveaux les plus bas sont toujours les plus peuplés. Si nous calculons la différence entre la population du niveau inférieur et celle du niveau placé juste au-dessus, elle est positive. La réponse impulsionnelle à l'arrivée d'un signal sera une absorption. Si maintenant nous considérons que nous avons pu déplacer cet équilibre et peupler le niveau supérieur de façon telle que sa population soit nettement supérieure à celle du niveau inférieur, l'arrivée du même signal provoquera une émission stimulée. Il y a amplification du signal incident. Cette condition est appelée l'inversion de population. Pour obtenir l'amplification, premier pas vers l'effet laser, il faut donc déjà avoir réalisé deux conditions :

- disposer d'un milieu actif.
- avoir obtenu une inversion de population.

4.6 Les modes de transfert pour les transitions atomiques

Il faut arriver à stocker des électrons sur le niveau supérieur. Pratiquement, ce mécanisme de stockage se fait de plusieurs façons différentes.

Pompage optique: le pompage optique est l'excitation du milieu actif par la lumière. C'est le mode de pompage des lasers à solides. On distingue généralement les systèmes à 3 niveaux et ceux à 4 niveaux.

Pompage électronique: ce type de pompage est généralement utilisé dans les lasers à gaz. Comme le gaz est en principe isolant, il faut d'abord envoyer une décharge pour ioniser le milieu et le rendre conducteur. Ensuite, en appliquant un champ électrique entre deux électrodes plongées dans le gaz, on obtient un courant. Les électrons qui circulent cèdent leur énergie cinétique aux atomes du milieu actif et provoquent l'inversion de population cherchée.

Le transfert est alors souvent obtenu par collision résonnante, car on est généralement en présence d'un mélange de gaz. Le niveau E_3 appartient au premier gaz (A), alors que les niveaux E_2 et E_1 entre lesquels se produit la transition radiative, appartiennent au second gaz (B).

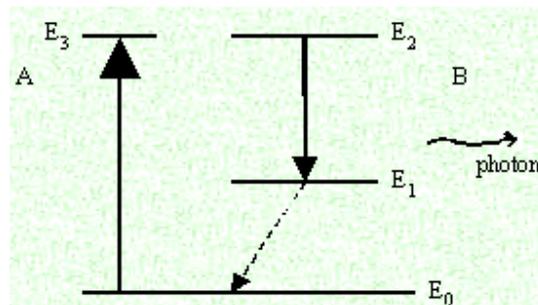


Fig.18 Transfert par collision résonnante

Les deux niveaux supérieurs E_2 et E_3 , qui sont très voisins, sont peuplés de la même façon par le pompage réalisé. Si le niveau E_3 est métastable, il agit comme un réservoir d'énergie et transfère celle-ci au gaz B, lors des collisions entre les atomes ou les molécules des deux gaz. Le rendement peut donc être très élevé et le seuil bas, puisque le niveau E_1 est en permanence dépeuplé de façon non radiative. Le fonctionnement est assez semblable à celui du laser à 4 niveaux. Le laser hélium-néon de Javan fonctionne de cette façon.

Pompage chimique: on utilise des réactions chimiques qui, en se produisant, fournissent directement des molécules ionisées. L'avantage de ce type de laser est qu'il ne nécessite pas de source d'électricité. Pratiquement, ces techniques, qui permettent d'obtenir de très grandes puissances, sont réservées aux applications militaires. On peut citer les lasers au fluorure d'hydrogène (HF) ou au fluorure de deutérium (DF) dans l'infrarouge moyen.

Pompage par injection de porteurs: c'est le pompage des lasers à semi-conducteur, qui est

produit par le courant direct qui traverse une jonction de type p-n.

4.7 La cavité du Laser

Il n'est pas suffisant de provoquer une inversion de population pour obtenir l'effet laser, il faut obliger les photons à partir en majorité dans une direction bien définie, ce qui va permettre d'augmenter considérablement leur flux par l'émission stimulée. C'est le rôle que joue la cavité. La cavité est formée par deux miroirs parallèles, qui encadrent le milieu actif et qui définissent une direction privilégiée. Le miroir arrière est totalement réfléchissant alors que le miroir avant laisse passer une partie du rayonnement, ce qui autorise l'émission laser.

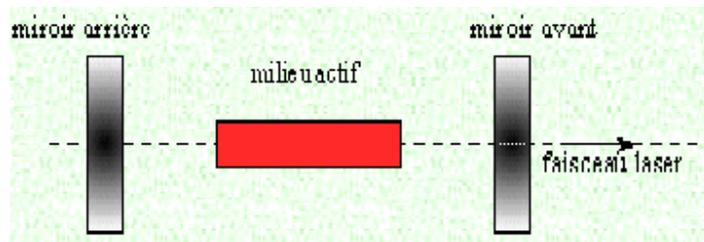


Fig.19: Cavité Laser

Au départ, l'émission spontanée produit les premiers photons, qui peuvent se diriger dans n'importe quelle direction. Seuls ceux qui sont émis suivant l'axe normal aux deux miroirs rencontrent un grand nombre d'atomes excités. A la fin du premier passage, les photons en phase sont déjà assez nombreux. Ils se réfléchissent sur les miroirs et viennent encore entraîner d'autres photons, par émission stimulée. On imagine facilement qu'un gain important puisse être obtenu. Il faut enfin noter que le phénomène est rapide, étant donné la vitesse de la lumière et que l'émission spontanée ne joue qu'un rôle négligeable, limité à l'initialisation du phénomène. Si le gain obtenu sur un aller et retour est supérieur aux pertes rencontrées, le seuil est franchi et un faisceau laser est émis [w10].

4.8 Classification du Laser

Il existe divers types de laser: lasers à solide, lasers semi-conducteurs (diodes), lasers à liquide, lasers à gaz. Ils sont classés selon leur puissance et en fonction des dommages qu'ils peuvent causer aux tissus biologiques et à la matière. L'EMP (exposition maximale permise) est la valeur

de rayonnement, exprimée en W/cm^2 ou en J/m^2 , à laquelle les personnes peuvent être exposées dans les conditions normales sans subir d'effets nuisibles. Cette EMP dépend de la longueur d'onde et est aussi utilisée pour classer les lasers.

- **Classe 1:** Lasers à sécurité oculaire intrinsèquement sans danger en raison de leur conception technique ou dispositif d'utilisation. Les énergies transportées par le faisceau sont ainsi toujours inférieures à l'EMP. Certains puissants lasers sont suffisamment confinés pour être de classe 1. Exemples: imprimante laser, lecteur CD, microscope confocal.
- **Classe 2:** Lasers visibles (400-700 nm) sans danger grâce au réflexe palpébral (fermer les yeux et tourner la tête, $\sim 0,25$ s). La puissance émise en continu est inférieure à 1 mW. Exemples: pointeurs lasers permis en classe, lecteurs de code-barres.

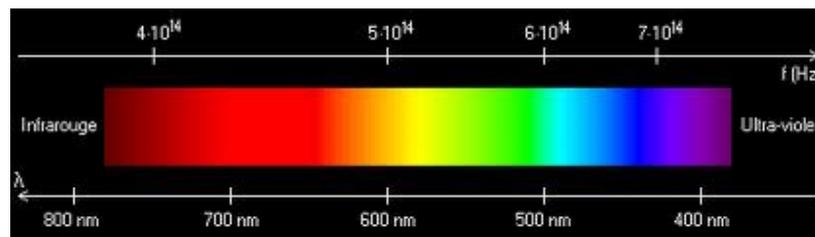


Fig.20: Couleurs du spectre visible

- **Classe 3R:** Lasers pouvant émettre de l'UV à l'IR (180 nm à 1 mm), dangereux s'ils sont utilisés avec un instrument d'optique et qui peuvent atteindre au plus 5 mW en continu. La vision directe du faisceau est potentiellement dangereuse mais le risque est inférieur à celui présenté par les lasers de classe 3B. Les réflexions diffuses ne représentent pas de danger. Exemples: pointeurs lasers, lasers d'alignement optique.
- **Classe 3B:** Lasers toujours dangereux en vision directe ou en réflexion spéculaire et qui peuvent atteindre au plus 500 mW en continu. Les réflexions diffuses de ces lasers ne représentent pas un danger significatif pour des temps d'exposition inférieurs à 10 secondes et à une distance supérieure à 13 cm. Ces lasers ne représentent pas de danger pour les incendies. Exemples: certains lasers militaires, lasers utilisés en recherche et en médecine.
- **Classe 4:** Lasers toujours dangereux. Ces lasers ont une puissance en continu supérieure à

500 mW et peuvent être continus ou pulsés. Ils présentent des risques d'incendies, de lésions à la peau et aux yeux, en vision directe et en réflexion spéculaire et diffuse. Leur utilisation requiert de très grandes précautions. Exemples: Lasers utilisés pour couper, percer ou marquer des matériaux, lasers chirurgicaux [w11].

Chapitre: 5

Mesure par ultrason et mesure par Laser

5.1 Mesure par ultrason [w07]

5.1.1 Les détecteurs à ultrasons

Les ultrasons sont produits électriquement à l'aide d'un transducteur électroacoustique (effet piézoélectrique) qui convertit l'énergie électrique qui lui est fournie en vibrations mécaniques grâce aux phénomènes de piézoélectricité ou de magnétostriction. Le principe est de mesurer le temps de propagation de l'onde acoustique entre le capteur et la cible.

La vitesse de propagation est de 340 m/s dans l'air à 20 °C, par exemple pour 1 m le temps à mesurer est de l'ordre de 3 ms. Ce temps est mesuré par le compteur d'un microcontrôleur. Les capteurs ultrasons ont la capacité de fonctionner jusqu'à une distance maximale de 10m, mais ils sont capables de détecter tout objet réfléchissant le son indépendamment de la forme et de la couleur.

Excité par le générateur haute tension, le transducteur (émetteur-récepteur) génère une onde ultrasonique pulsée (de 100 à 500 kHz suivant le produit) qui se déplace dans l'air ambiant à la vitesse du son. Dès que l'onde rencontre un objet, une onde réfléchie (écho) revient vers le transducteur.

Un microprocesseur analyse ensuite le signal reçu et mesure l'intervalle de temps entre le signal émis et l'écho. Par comparaison avec les temps prédéfinis ou appris, il détermine et contrôle l'état des sorties. En connaissant la vitesse de propagation du son, une distance peut être déduite selon la formule:

$$D = \frac{T.V_s}{2} \quad (5-1)$$

Avec D : distance du détecteur à l'objet, T: temps écoulé entre l'émission de l'onde et sa réception, Vs: vitesse du son (340 m/s).

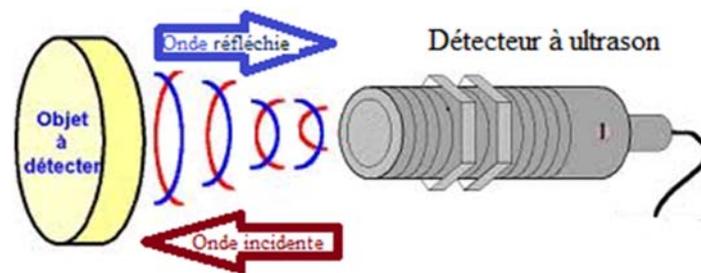


Fig.21: Principe de mesure par ultrason

5.1.2 Facteurs d'influence et caractéristiques de mesure par ultrason

Les détecteurs à ultrasons sont particulièrement adaptés à la détection d'objet dur et présentant une surface plane perpendiculaire à l'axe de détection. Cependant l'utilisation des détecteurs à ultrasons pour le contrôle des ascenseurs est inutile à cause des facteurs suivants:

- La distance maximale de mesure de capteurs ultrasons est limitée à 10m. Cette propriété toute seule rend cette méthode inutile comme moyen de contrôle des ascenseurs.
- Les courants d'air brusques et de forte intensité peuvent accélérer ou dévier l'onde acoustique émise par le produit (éjection de pièce par jet d'air).
- Les gradients de température importants dans le domaine de détection: une forte chaleur dégagée par un objet crée des zones de températures différentes qui modifient le temps de propagation de l'onde et empêchent une détection fiable.
- Les isolants phoniques: les matériaux tels le coton, les tissus, le caoutchouc, absorbent le son et causent des perturbations des distances mesurées.
- L'angle entre la face de l'objet à détecter et l'axe de référence du détecteur: lorsque cet angle diffère de 90° , l'onde n'est plus réfléchie dans l'axe du détecteur et la portée de travail diminue. Cet effet est d'autant plus accentué que la distance entre l'objet et le détecteur est plus grande. Au-delà de $\pm 10^\circ$, la détection est rendue impossible.

- La forme de l'objet à détecter: un objet très anguleux est plus difficile à détecter.

5.1.3 Applications de mesure par ultrason

Le domaine d'utilisation de mesure par ultrason est très étendu, que ce soit en médecine, dans les laboratoires, dans l'industrie, en agriculture, en télémétrie ou bien pour le calcul du débit des réservoirs...

Les capteurs à ultrasons sont certainement les capteurs les plus utilisés en robotique. La raison en est qu'ils peuvent fournir des informations très importantes aux robots, à savoir la distance le séparant des obstacles autour de lui.

En plus, les capteurs à ultrasons sont utilisés surtout dans les applications industrielles pour détecter la présence et la position des objets, par exemples:

- la position des pièces de machine
- la présence de pare-brise lors de l'assemblage d'automobile
- le passage d'objets sur des convoyeurs : bouteilles en verre, emballages cartonnés
- le niveau de peinture de différente couleur dans des pots
- le niveau de granulés plastiques dans les trémies de machine d'injection.

5.2 Mesure par Laser

5.2.1 Introduction

Lorsqu'une onde acoustique ou électromagnétique illumine une surface quelconque, une fraction de l'énergie est réfléchiée ou rétrodiffusée dans l'espace du demi-plan de cette surface. Pour distinguer cette surface cible de tout l'environnement dans laquelle elle est placée, il est nécessaire que la majorité de la puissance de l'onde incidente soit en interaction avec la cible, afin d'obtenir une analyse quasi-ponctuelle. Si la distance à mesurer est grande devant la dimension de la cible à détecter, il est nécessaire que le faisceau incident d'analyse soit de faible section et peu divergent. Ceci est indispensable lorsque la puissance d'émission est relativement faible et qu'elle doit encore satisfaire le rapport signal sur bruit du bilan de liaison.

Une faible divergence du faisceau d'analyse est obtenue lorsque la pupille de la source est de grande section en comparaison de la longueur d'onde, ce qui donnera une faible diffraction du faisceau d'analyse. Grâce aux diodes laser, les techniques optiques dont la longueur d'onde est proche de $1\mu\text{m}$ permettent de fournir à la fois des faisceaux de faible divergence et de forte puissance.

La mesure de distance et la détection d'objets sont devenues essentielles dans de nombreux domaines tels que la détection d'obstacles pour les véhicules ou les robots autonomes, les applications médicales, les procédés industriels et agricoles, la détection de surface des routes, les systèmes de surveillance et de sécurité, etc.

Les conditions de détection dépendent de l'application souhaitée, des types de surfaces à discriminer, de l'intervalle de distance sur lequel la détection doit se faire et de la position angulaire du capteur par rapport à la surface. Selon ces conditions, on choisit un type précis de capteur, ayant les propriétés physiques optimales pour l'application considérée. Ces capteurs peuvent être optiques, le proche infrarouge ou l'ultraviolet, à ultrasons, radar, tactile, etc. Les capteurs à ultrasons sont utilisés dans les environnements nécessitant de la détection d'obstacles sur des distances moyennes (de l'ordre du mètre), les capteurs radar pour les grandes distances, les capteurs tactiles pour les applications où le contact avec la cible est possible et permet l'acquisition de données discriminantes. Les capteurs optiques présentent une gamme de mesure de distance relative importante, pour des surfaces pouvant être difficiles d'accès et dont les dimensions peuvent être petites devant la distance. Le choix de la longueur d'onde du capteur optique dépend notamment de sa réponse par rapport à la cible souhaitée et de l'hostilité de l'environnement, en fonction de l'ensemble des interférences et autres phénomènes perturbateurs du milieu. Par exemple, un faisceau laser CO_2 ayant une longueur d'onde de $10.6\mu\text{m}$ peut se propager à travers d'une épaisse fumée noire produite par un incendie.

Les signaux issus du système de mesure de distance ne sont pas exploitables tels quels. Un traitement de ces signaux, est toujours nécessaire. On distingue trois grandes familles de techniques optiques de mesure de distance par faisceau laser :

- les méthodes par triangulation,
- les méthodes par interférométrie,
- les méthodes par temps de vol.

Le principe de base de la mesure de déplacement par technique de triangulation est la projection sur une cible d'un faisceau de lumière collimatée et monochromatique dont la composante diffusante est rétrodiffusée vers un photorécepteur. Bien que cette technique ne nécessite pas de performances extrêmes au niveau de la source optique et de l'électronique associée, son principal inconvénient réside dans l'existence d'une "zone d'ombre" due à la non-colinéarité des faisceaux d'émission et de réception.

Le principe de base de la mesure de déplacement par technique interférométrique consiste à compter le nombre de franges d'interférence produites par deux faisceaux lumineux cohérents issus de la même source et déphasés dans un interféromètre. Bien que cette technique permette des mesures d'une précision de l'ordre d'une fraction de longueur d'onde pour des distances de l'ordre du mètre, ses principales limitations sont souvent imposées par la nature de la surface des cibles coopératives, et la rugosité de la cible pour des cibles non-coopératives.

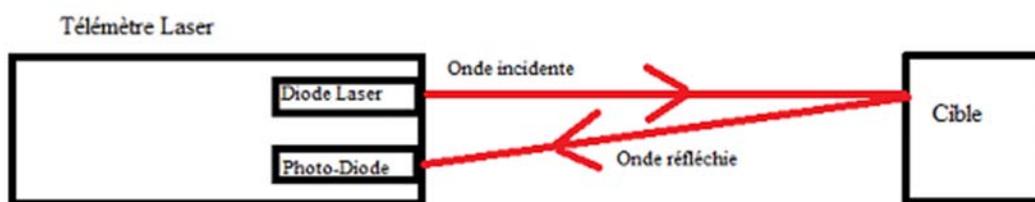


Fig.22: Principe de mesure par télémétrie Laser

5.2.2 Mesure de distance par temps de vol

La mesure de distance D est directement déduite du "temps de vol" aller-retour τ_D de la lumière entre la source et le photorécepteur, via la cible illuminée. Si les faisceaux d'émission et de réception sont colinéaires ou quasi-parallèles et si le rayon incident illumine la cible de façon quasi-ponctuelle, une fraction de l'énergie optique émise par la source sera rétrodiffusée par la surface de la cible dans une direction très voisine de celle du faisceau incident. En supposant que l'indice de groupe de l'atmosphère à la longueur d'onde λ est égal à 1, la distance D à mesurer est directement déduite de la relation :

$$D = \frac{1}{2} c \tau_D \quad (5-2)$$

Ainsi, la connaissance de la vitesse de propagation de la lumière dans le milieu considéré (air) permet d'accéder directement à la valeur absolue de la distance, par opposition aux dispositifs de comptage ou de défilement qui n'indiquent que des déplacements. A priori, la technique par temps de vol est l'une des mieux adaptées pour la mesure de distance sur une plage importante et pour des cibles quelconques, du type diffusantes ou non coopératives. La figure 1 représente un exemple de tête optique d'un dispositif fonctionnant par temps de vol. La source laser émet un faisceau optique collimaté ou faiblement divergent. Le photorécepteur est positionné sur l'axe et au foyer de l'optique de collecte.

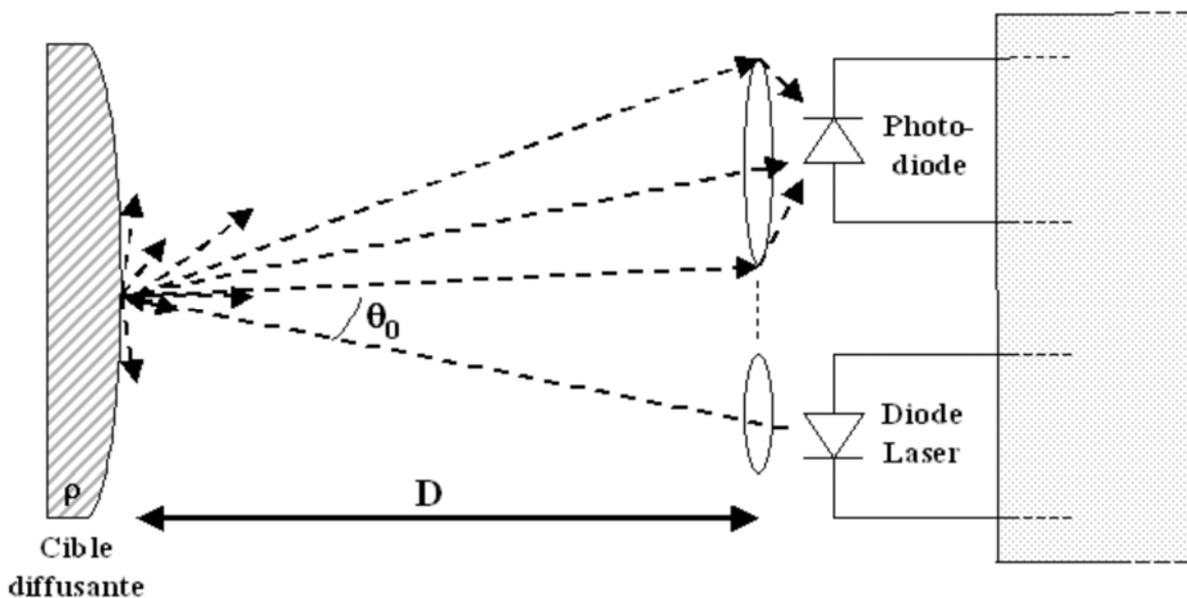


Fig.23: Tête optique d'un télémètre à diode laser fonctionnant par temps de vol.

La technique de mesure de distance par temps de vol est bien adaptée aux surfaces cibles diffusantes, dont la composante de rétrodiffusion lambertienne est importante. Cette propriété offre comme avantage d'avoir une orientation quelconque de la surface cible par rapport au rayon laser d'émission. Pour accéder à la détermination de la distance par temps de vol, il apparaît principalement deux techniques "classiques" de modulation de la puissance optique émise par la source laser : le régime impulsionnel et le régime sinusoïdal permanent.

Concernant la deuxième technique, deux méthodes sont possibles, l'une basée sur la modulation de fréquence (FMCW) et l'autre fonctionnant à fréquence fixe (télémétrie laser par déphasage).

5.2.2.1 Technique impulsionnelle

Les télémètres utilisant une technique impulsionnelle sont les plus répandus pour mesurer de grandes distances absolues. Le dispositif d'émission lance des impulsions optiques de fortes puissances crêtes, de $1W_{\text{crête}}$ à $100W_{\text{crête}}$, avec un temps de montée très court et une largeur de l'impulsion compatible avec le temps de montée du signal photoélectrique de la réception. La technique en régime impulsionnel permet d'accéder à la mesure de distances sur des cibles non coopératives a priori quelconques dans une plage de 3m à 300m environ, avec une résolution de quelques dizaines de cm en "mono-coup". Pour des applications représentatives, les largeurs à mi-hauteur des impulsions sont de l'ordre de 10ns et la fréquence de répétition est voisine de la dizaine de kHz. Le rapport cyclique et la puissance moyenne sont donc relativement faibles.

5.2.2.2 Régime sinusoïdal permanent

La puissance optique émise par la source laser est modulée en amplitude par un signal sinusoïdal (ou carré avec un rapport cyclique proche de 50%). La méthode la plus simple est la modulation de l'intensité du courant de polarisation directe de la diode laser. Si on admet une modulation linéaire (c'est à dire du type "petit signal"), l'intensité du courant de polarisation de la diode laser est de la forme:

$$I_{DL}(t) = I_{th} + I_{DL}(1 + m \cdot \sin(2\pi f_{RF} t)) \quad (5-3)$$

avec I_{th} le courant de seuil de la diode laser, I_{DL} l'amplitude du courant moyen de modulation, m l'indice de modulation (dans la pratique, $m \approx 1$), et f_{RF} la fréquence du signal de modulation. La puissance optique émise est alors de la même forme :

$$P_{DL}(t) \cong P_{DL}(1 + m \cdot \sin(2\pi f_{RF} t)) \quad \text{avec } m \approx 1 \quad (5-4)$$

Jusqu'à des fréquences de modulation supérieures à plusieurs centaines de MHz, on pourra considérer que la diode laser est aperiodique en fonction du courant alternatif de polarisation. On peut donc décomposer la puissance optique émise en la somme d'une puissance optique moyenne $\langle P_{DL} \rangle$ et d'une puissance optique "alternative" d'amplitude ou de valeur crête P_{DL} :

$$P_{DL}(t) \equiv \langle P_{DL} \rangle + P_{DL}(\sin(2\pi f_{RF}t)) \quad (5-5)$$

5.2.2.3 Télémétrie par modulation de fréquence (pseudo FMCW)

Une première méthode de mesure de distance par temps de vol en régime sinusoïdal permanent repose sur la modulation de la puissance optique par un signal lui-même module en fréquence dans un large domaine (une octave). Pour une modulation linéaire en fréquence, la mesure de distance est déterminée par la valeur d'une fréquence de battement issue du décalage entre le signal d'émission et le signal photoélectrique de retour. La figure suivante représente le schéma synoptique du dispositif.

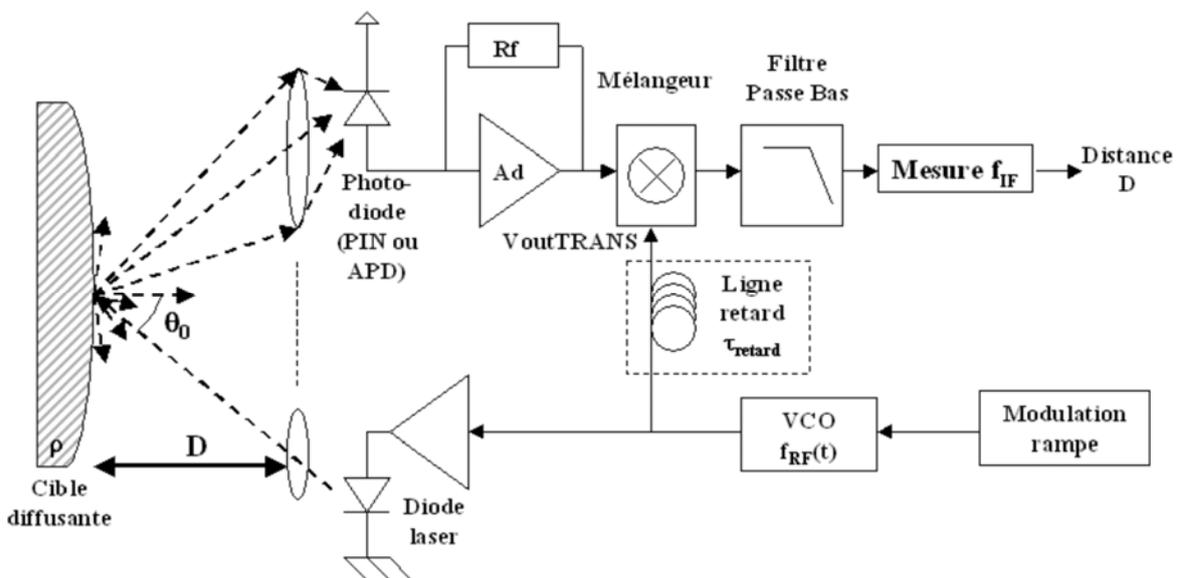


Fig. 24: Schéma synoptique d'un télémètre FMCW.

Le signal de modulation est généré par un oscillateur haut fréquence contrôlé en tension (VCO). Le signal photoélectrique rétrodiffusé par la cible, est multiplié par le signal de modulation directement issu du VCO par l'intermédiaire d'une ligne à retard.

On obtient ainsi un signal de battement (de fréquence intermédiaire f_{IF}) disponible à la sortie du mélangeur et du filtre passe-bas. La vitesse de variation a_{VCO} de la fréquence du VCO est très élevée. En modulant linéairement la fréquence du signal généré par le VCO par un signal

triangulaire de période T_r , la vitesse de variation a_{VCO} s'écrit :

$$a_{VCO} = \frac{df_{RF}}{dt} = \pm \frac{\Delta f}{T_r/2} \text{ (MHz. } \mu\text{s}^{-1}\text{)} \quad (5-6)$$

Si Δf est l'excursion en fréquence du VCO, la fréquence intermédiaire est proportionnelle au temps de vol :

$$f_{IF}(t) = \left| \pm 2 \frac{\Delta f}{T_r} \right| \tau_D = \left| \pm 2 \frac{\Delta f}{T_r} \right| \frac{2D}{c} \quad (5-7)$$

Si le temps de vol est petit devant la demi-période de la rampe de contrôle, on peut négliger les périodes de transition du changement de signe de la pente de la rampe. Si la distance D est suffisamment grande, l'écart entre la fréquence instantanée du VCO et celle du signal photoélectrique est relativement élevé. On obtient alors un certain nombre de périodes de ce signal de battement durant une durée correspondant à la période T_r de la modulation. La distance minimale D_{0min} mesurable avec une modulation linéaire idéale est :

$$D_{0min} = \frac{c}{4\Delta f} \quad (5-8)$$

Pour une excursion $\Delta f = 100\text{MHz}$ du VCO, on en déduit $D_{0min} = 0,75\text{m}$. Pour accéder à des mesures de distances inférieures à D_{0min} , on améliore le dispositif par la mise en œuvre d'une ligne à retard caractérisée par le temps de retard t_{retard} . L'expression de la fréquence intermédiaire devient, pour une modulation linéaire :

$$f_{IF}(t) = a_{VCO}(t_{retard} \pm \tau_D) = a_{VCO}t_{tot} \quad (5-9)$$

La ligne à retard est placée soit entre le VCO et la diode laser, soit entre le VCO et le mélangeur (figure précédente).

5.2.2.4 Télémétrie laser par mesure de déphasage

La technique par déphasage consiste à moduler la puissance du faisceau laser d'émission avec un signal dont la fréquence f_{RF} est fixe. La suivante représente le schéma bloc d'un télémètre par déphasage. La puissance optique émise par la diode laser est modulée par un signal sinus ou carré généré par un oscillateur très stable en fréquence. Le signal optique rétrodiffusé par la cible est capté par la photodiode dont le courant photoélectrique est amplifié par un circuit transimpédance.

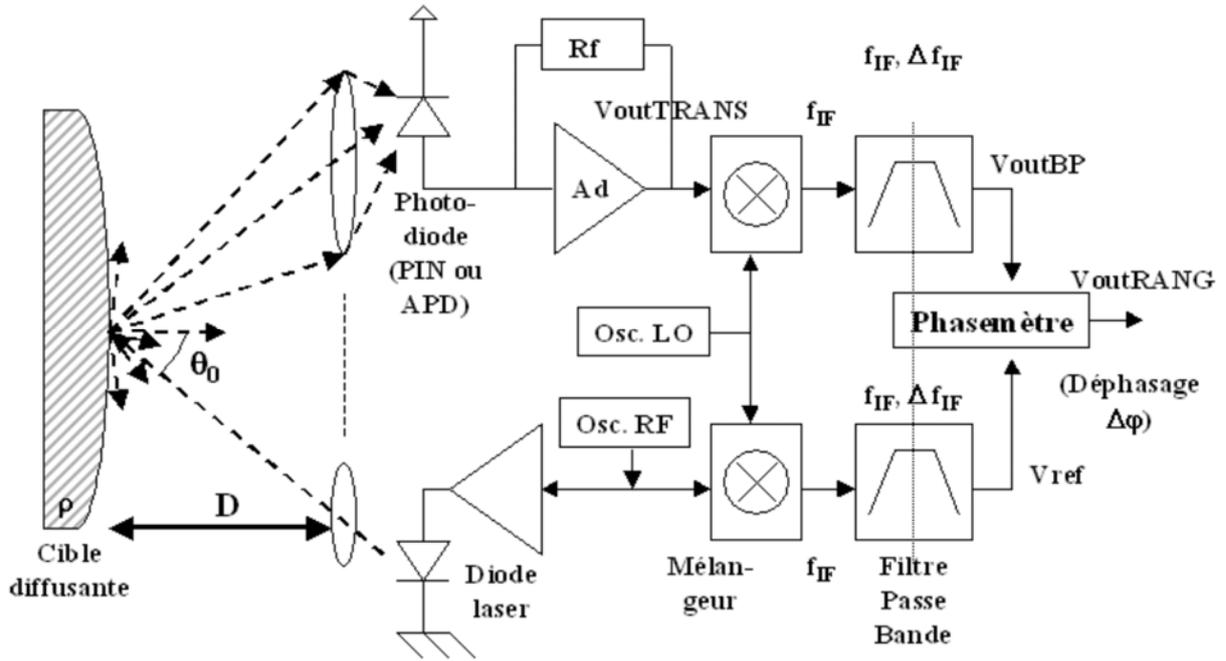


Fig.25: Schéma de principe du télémètre laser par déphasage avec méthode hétérodyne.

La distance D séparant le dispositif de la cible est déduite du glissement de phase $\Delta\phi$ qui existe entre le signal photoélectrique et celui de modulation de la puissance optique :

$$\Delta\phi = 2\pi f_{RF} \tau_D = 2\pi f_{RF} \frac{2D}{c} \quad (5-10)$$

Cependant, la détermination de D est effectuée a priori modulo 2π , ce qui donne une plage d'incertitude égale à un nombre entier de Λ :

$$\Lambda \equiv D_{Modulo} = \frac{c}{2f_{RF}} = 0.9m \quad \text{pour } f_{RF} = 166,6MHz \quad (5-11)$$

Ainsi, plus la fréquence de modulation f_{RF} est importante, plus l'intervalle de mesure est limité. En revanche, la sensibilité de la mesure est accrue à hautes fréquences :

$$\frac{\Delta D}{\Delta\phi} = 0.25 \text{ cm/deg} \quad (5-12)$$

soit, une résolution δD de la mesure en fonction de résolution $\delta\phi$ de la mesure du déphasage :

$$\delta D = \frac{1}{2.360.f_{RF}^2} c \delta\phi = 50\mu m \quad \text{pour } f_{RF} = 166,6MHz \text{ et } \delta\phi = 0.02^\circ \quad (5-13)$$

Pour faciliter l'acquisition du déphasage, on effectue la mesure à une fréquence de battement f_{IF} beaucoup plus faible grâce à une technique hétérodyne. Le signal utile est alors mélangé avec celui issu d'un oscillateur local f_{LO} de telle sorte que:

$$f_{RF} - f_{LO} = f_{IF} \text{ avec } f_{IF} \ll f_{RF} \quad (5-14)$$

Un signal auxiliaire est appliqué sur la voie référence du phasemètre. Il est obtenu par le mélange direct entre les signaux issus des deux oscillateurs. Le signal photoélectrique de fréquence intermédiaire f_{IF} est soumis si possible à une amplification à bande étroite de largeur Δf_i afin d'améliorer son rapport signal sur bruit. Pour des raisons de symétrie, un filtre identique est positionné sur la voie référence.

5.2.2.5 Bilan des méthodes de mesure

De par son principe, la technique par triangulation semble la plus facile à mettre en œuvre. Elle peut être utilisée pour des cibles non coopératives diffusantes. Cependant, si le problème de la zone d'ombre peut être résolu, la dynamique de la plage de mesure reste relativement faible (2cm à 2m environ) pour une résolution relative d'environ 10^{-3} . Les mesures de distances issues de l'interférométrie ne semblent pas favorables pour la détection d'obstacles en "temps réel" en raison des limitations associées à la nature et à la rugosité des cibles.

La technique de mesure de distance par temps de vol est la mieux adaptée des trois grandes familles pour la détection d'obstacles. Cette technique demande des composants optoélectroniques et des circuits électroniques plus performants en puissance optique et en bande passante que les techniques issues de la triangulation, mais la plage relative des distances mesurables est plus grande.

La technique en régime impulsionnel permet d'accéder à la mesure de distances sur des cibles non coopératives à priori quelconques dans une plage de 3m à 300m environ, avec une résolution de quelques dizaines de cm en "mono-coup".

De par sa structure, le télémètre laser utilisant une technique de modulation de fréquence possède un certain nombre d'avantages car l'information "distance" est contenue dans une fréquence de battement. Ce dispositif de mesure par temps de vol présente à priori une meilleure immunité à la diaphonie et aux variations d'amplitude du signal photoélectrique que le télémètre laser par déphasage sur une plage de mesure de 1m à 20m, avec une résolution de l'ordre du millimètre [w12].

5.3 Télémètre Laser LDM 41A [w03]

Le LDM 41/42A est un détecteur de distance optoélectronique pour des applications industrielles, comme la distance et la mesure de position sans utiliser de réflecteurs spéciaux. L'objectif pourrait être à peu près n'importe quel type de surface naturelle.



Fig.26: Télémètre LDM 41A

Le capteur fonctionne sur la base de mesure de phase comparative. Il émet de la lumière laser modulée, qui est réfléchi de manière diffusée à partir de la cible en arrière avec un certain décalage en phase pour être comparée à un signal de référence. À partir de la quantité de décalage de phase, une distance requise peut être déterminée avec une précision du millimètre. Un faisceau laser rouge visible permet plus facilement de visée.

5.3.1 Caractéristiques du LDM 41A

- Plage de mesure: 0,1 m à 30 m avec des surfaces naturelles pouvant atteindre 100m (ou bien une trentaine d'étages) en utilisant un réflecteur approprié monté sur la cible (exemple : papier blanc)
- Résolution: millimètre près sur des surfaces diverses
- Temps de mesure d'un échantillon: 20 ms (50Hz)
- Vitesse de mouvement de la cible: ≤ 4 m/s
- Tension d'alimentation: 10 à 30 V (DC)
- Interface de données : RS 232 ou RS 422, la vitesse de transmission 9600 (2400 ... 38400), ASCII, format 8N1 (fixe)

- Sortie analogique : 4 mA à 20 mA avec des limites inférieures et supérieures pour la plage de mesure (3mA et 21mA)
- Classe du Laser : Classe 2 (voir paragraphe 4.8)
- Longueur d'onde: 650 nm (rouge visible)
- Démarrage automatique des mesures après la remise sous tension

5.3.2 Câble d'interface

Un câble interface permet la communication du LDM 41A avec le PC ou bien avec différents genres de systèmes électroniques. Il contient plusieurs types d'entrées et de sorties pour bien s'adapter à l'application voulue.

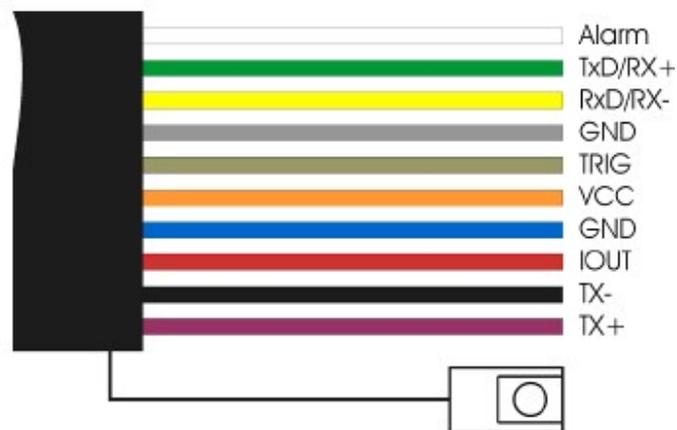


Fig.27: Codes des couleurs du câble interface

L'utilisation de 5 fils de ce câble interface est suffisante pour la mise en marche du télémètre Laser, puisque la communication est établie suivant le mode communication RS232. Ce mode a besoin de 3 fils pour la transmission de données (TxD, RxD et le GND) et 2 fils comme source d'alimentation du télémètre (VCC et le GND).

L'« Alarm » peut être utilisé lorsque la distance mesurée est hors de la gamme déjà sauvegardée, le « TRIG » pour le déclenchement de mesure et le « IOUT » comme sortie de courant correspondant à la distance. Les 2 derniers fils, le « TX- » et « TX+ » sont utilisés avec le mode

RS422 de communication de données comme des transmetteurs d'informations. Dans ce cas, les fils de couleurs vert et jaune seront utilisés comme des fils de réception.

Chapitre: 6

Transmission de données

6.1 La révolution informatique industrielle

La création de flux d'informations plus efficaces permet aux entreprises d'augmenter leur compétitivité. Des délais de livraison plus courts, un développement de produits plus rapide et des temps de maintenance réduits sont quelques-uns des concepts clés de cette nouvelle révolution industrielle au même titre que l'accès rapide à l'information et la possibilité de contrôler les procès. L'industrie développe des outils informatiques qui nécessitent une intégration toujours plus poussée à tous les niveaux des procès, depuis l'achat jusqu'à la production et la commercialisation. La qualité des chemins suivis par ces informations et de leurs flux est aujourd'hui une des conditions les plus importantes de l'efficacité et de la compétitivité des entreprises.

6.2 Les normes des réseaux

De nouvelles idées, de nouveaux systèmes, de nouvelles solutions pour créer ces outils informatiques naissent tous les jours. Un inconvénient de ce dynamisme et de cette diversité est que, malgré de nombreuses tentatives, nous avons manqué pendant longtemps de normes reconnues par tous. Chaque pionnier a créé sa propre solution. Les problèmes surgissent lorsque l'on demande aux ordinateurs, machines et équipements de communiquer entre eux. Ce manque de normes apparaît à de nombreux niveaux, et pas seulement à celui des câbles et des connecteurs. Il touche la manière dont les données sont créées et stockées, compressées, adressées, transportées par un support (par exemple un câble), reçues, décompressées et lues par le receveur. Ce n'est que lorsque toutes ces étapes fonctionnent bien que nous avons établi une transmission de données au niveau industriel.

6.3 La transmission de données

Plus l'automatisation augmente, plus les industriels exigent des transmissions fiables entre les unités et les systèmes qui commandent et ceux qui réalisent, produisent et mesurent. Cette communication est le système nerveux qui assure une efficacité et une compétitivité toujours

meilleures, que ce soit au niveau de la fabrication, de la construction, des transports ou des services médicaux.

Dans le domaine de la transmission, nous parlons d'émetteurs et de récepteurs. Un ordinateur personnel et un robot, par exemple, peuvent être l'un et l'autre mais rarement en même temps. Lorsque la communication ne se fait que dans une direction, par exemple un ordinateur qui envoie une instruction de marche-arrêt à un moteur, la transmission est unidirectionnelle et dite simplex. Si ce même moteur doit confirmer à l'ordinateur qu'il est en marche et lui indiquer son régime, il y a communication bidirectionnelle ou duplex. Semi-duplex signifie que les unités émettent en alternance, c'est-à-dire que les communications peuvent aller dans les deux directions mais pas en même temps. Duplex intégral implique une communication simultanée dans les deux directions.

Deux termes qui reviennent souvent dans la transmission de données sont DTE (Data Terminal Equipment) et DCE (Data Communication Equipment). DTE est l'équipement terminal et DCE le matériel de communication. La norme RS-232/V.24 prévoit des connecteurs à 25 voies. Les ordinateurs et les terminaux sont le plus souvent des DTE, les modems et autres matériels de communication sont le plus souvent des DCE alors que les autres équipements tels que les multiplexeurs et les imprimantes peuvent être soit l'un, soit l'autre. L'émission et la transmission de données ne se font pas par les mêmes broches de connecteur dans les DTE et les DCE. Pour éviter les erreurs de connexion fréquentes, il est important de connaître la définition des équipements. Si vous connectez un DTE à un DCE, le DTE transmet par la broche 2 alors que le DCE reçoit par la broche 2 (bien que le signal s'appelle TD, Transmit Data, dans les deux cas). Si vous connectez entre eux deux matériels DCE, vous devez croiser les broches 2 et 3 pour que l'émetteur puisse communiquer avec le récepteur.

6.4 Vitesses de transmission

La vitesse de transmission optimale n'est pas toujours la vitesse la plus élevée. Toute accélération augmente en effet le risque d'erreurs et de brouillage. Ce sont le type de câble et la distance qui imposent les limites à la vitesse optimale. Une grande sécurité et une grande fiabilité de transmission ainsi qu'une bonne insensibilité aux parasites sont les éléments recherchés en premier lieu. Pour pouvoir émettre des signaux numériques sur un fil en cuivre standard, il

convient de commencer par les transformer. Autrement, il risque d'être atténué et altéré du fait de la longueur du câble et, à grande vitesse, cet effet peut s'avérer critique. Pour décrire les vitesses de transmission, on fait appel à deux notions que l'on confond souvent : bit/s et baud. La vitesse de transmission est mesurée en bit/s (bits par seconde). Un caractère contenant approximativement 10 bits, il n'y a aucune difficulté à calculer le nombre de caractères transmis par seconde. Ainsi, une vitesse de transmission de 9 600 bit/s transmet environ 960 caractères par seconde. Pour convertir le signal numérique en un signal pouvant être transmis dans un réseau, on se sert d'un modem. Le rôle du modem consiste à convertir (moduler) le signal et le modem du récepteur reconvertit (démodule) à son tour l'information reçue en signaux numériques. Les modèles courte distance sont transparents et la transmission n'est alors pas modulée : les données sont reçues exactement de la même façon qu'elles ont été émises. Les modems PTT peuvent fonctionner comme des modems courte distance, mais peuvent aussi intégrer une mémoire tampon de quelques bits qu'ils remplissent avant d'émettre. C'est le contenu de cette mémoire qui est transmis à chaque transaction. On envoie ainsi plusieurs bits, ce qui fait que la vitesse de transmission en bit/s et le nombre d'émission par seconde en bauds, ne sont plus les mêmes. Si un modem émet à 2 400 bauds et que grâce à une compression de données quatre bits soient envoyés à chaque transaction, la vitesse de transmission est de 9 600 bit/s.

6.5 Le protocole RS232 [w13]

Le protocole RS232 est apparu en 1962, et bien qu'il est vieux, il est toujours beaucoup utilisé en industrie pour la communication entre un ordinateur via un port série et un système électronique. Les communications sont en Full duplex, c'est-à-dire capable de fonctionner dans les deux sens, ainsi la carte peut envoyer des informations et en recevoir.

La liaison RS232 est un protocole de transfert de données asynchrones qui utilise pour se faire un fil de signal et un fil de masse, la norme RS232 précise les niveaux électriques des signaux chargés de véhiculer l'informations et ajoute à la donnée envoyée un certain nombre de signaux de contrôle.

Pour définir la liaison asynchrone, voyons d'abord le fonctionnement d'une liaison synchrone. La liaison synchrone est un mode de communication à 3 fils, un fil de donnée, un fil d'horloge et

un fil de masse. Chaque coup d'horloge indique qu'un nouveau bit vient d'être transmis. Il est donc indispensable dans ce mode de communication que l'horloge soit parfaitement synchrone par rapport à la donnée envoyée.

L'idée dans la communication asynchrone est de supprimer cette horloge, afin d'une part de diminuer la taille du bus pour ne passer qu'à un canal indispensable pour transporter l'information (ce qui pourra alors faciliter la mise en place d'un système radio) en mettant à l'émetteur et au récepteur une horloge indépendante de chaque côté qui ne sont pas obligées d'être synchrone et dont les fréquences peuvent différer de quelques pourcents sans pour autant empêcher la communication. La liaison asynchrone est donc en théorie beaucoup plus simple à mettre en œuvre.

Pour établir correctement la communication, il est nécessaire d'avoir une synchronisation entre l'émetteur et le récepteur. Pour cela il est nécessaire que l'émetteur envoie un signal indiquant au récepteur qu'une trame de donnée va être envoyée. A partir de ce moment tout n'est plus qu'une question de timing. Le protocole et la norme précise la forme du signal transportant l'information ainsi que le débit et la taille de celle-ci. Le débit de l'information est donné en Bauds, 1 baud égale 1 bit par seconde, dans ce cas, le niveau indiquant la valeur du bit envoyer restera présent sur la ligne pendant 1 seconde. Une fois ce temps écoulé, l'émetteur met la ligne au niveau du second bit à envoyer, le récepteur possédant lui aussi une horloge sait quand il doit regarder et enregistrer l'état de la ligne pour en déterminer correctement le bit envoyé et ainsi de suite jusqu'à la fin du mot :

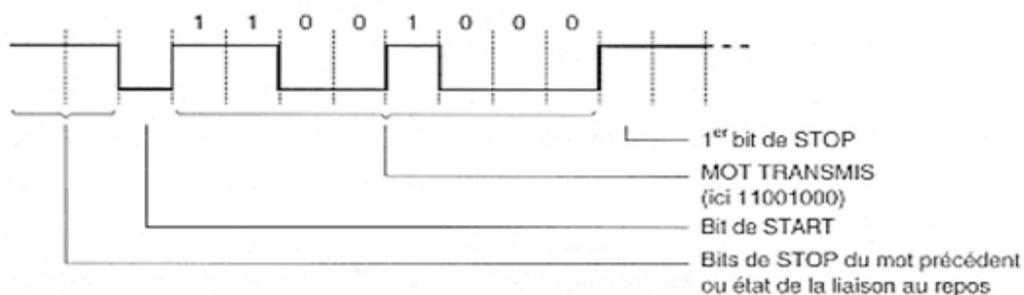


Fig.28: Oscillogramme d'une liaison asynchrone

Précisons pour comprendre ce dessin, que premièrement le récepteur et l'émetteur sont configuré de la même façon, ainsi chacun connaît: la vitesse de transmission, l'état de la ligne au repos, la logique correspondant aux niveaux de la ligne, et la taille du mot envoyé (la donnée plus les éventuelle bits de vérification). Dans le cas de ce dessin, il n'y a pas de bits de vérification, la ligne au repos est au niveau haut, l'état du bit 1 est le niveau haut, et la transmission est finie par 1 bit de stop.

Au départ nous avons donc, une ligne à l'état de repos, ou du moins au niveau haut depuis un temps suffisamment long indiquant que toute transmission précédent est terminée. Une nouvelle communication va alors commencer par un basculement de la ligne à l'état opposé à celui du repos (soit l'état bas dans notre cas) pendant une durée de $1/\text{Vitesse}$ en bauds [sec] ce que nous appellerons une période d'horloge. Le récepteur sait alors qu'il va recevoir une information, il démarre alors son horloge, vu que son horloge est à peu de chose près égale à celle de l'émetteur, à chaque coups d'horloge la ligne portera le nouveau bit. Après 9 coups d'horloge sur le récepteur, celui-ci sait qu'il a reçu le mot et se mettra en attente d'un bit de « start ». Pour se faire correctement il sera préférable que l'horloge du récepteur se décale d'une demi-période par rapport à l'horloge de l'émetteur afin d'aller lire la valeur présente sur la ligne lorsque celle-ci est à la moitié de sa vie et donc assurer que premièrement le signal à eu le temps de s'initialiser correctement et secondement que si les deux fréquences d'horloge diffère légèrement que l'on ne risque pas de lire le mauvais bit.

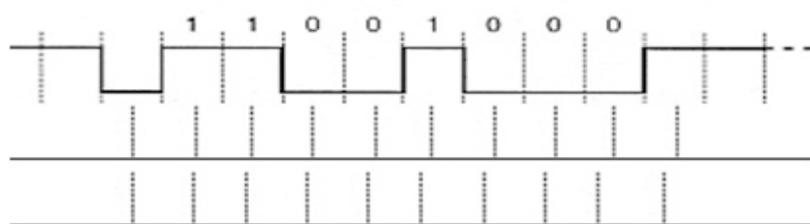


Fig.29: Horloges de l'émetteur et du récepteur

Dans la figure ci dessus, les pointillés de la première ligne représente l'horloge de l'émetteur, ceux de la deuxième ligne, l'horloge d'un récepteur possédant une exactement la même fréquence décalée d'une demi période, sur la troisième ligne, la fréquence est différente. Nous remarquons

que l'horloge est légèrement plus rapide que celle de l'émetteur, que le récepteur va toujours bien lire à un moment où le signal est bien représentatif du bit envoyé. Dans le cas où nous envoyons dix bits, que le récepteur se synchronise à la demi période, pour que l'horloge du récepteur tombe toujours au bon moment, il ne faut pas qu'elle ne bouge d'un vingtième de période ($1/2 * 1/10$) par bit, sinon le dernier coup d'horloge risque de tomber mal, soit la fréquence du récepteur doit être la fréquence de l'émetteur à 5% près.

Dans le cas de l'émission la seule chose à faire attention c'est d'avoir la fréquence d'émission correcte, mais nous n'aurons pas à la synchroniser vu que c'est l'émission qui joue le rôle de synchronisation pour le récepteur.

6.5.1 La norme RS232

Maintenant que nous avons vu le principe élémentaire d'une liaison asynchrone, voyons la particularité d'une liaison RS232:

Premièrement elle précise l'état des niveaux étant de -25V à -3V pour caractériser le niveau 1 et 3V à 25V pour caractériser le niveau 0.

Deuxièmement, la norme précise le type de connecteur utilisé qui est soit un connecteur de type DB9 soit de type DB25, aux pins de ces connecteurs sont définies les différents signaux de la norme RS232. Nous remarquerons qu'il y en a plus que 3 (deux fils pour le data émission et le data réception et un fil de masse) car d'autres signaux ont été ajoutés mais ne sont pas obligatoires dans le cadre d'une liaison RS232).

Tab. I : Connecteur DB9

Broche	Signal	Description	E/S
1	CD	Détection de porteuse	Entrée
2	Rx	Réception de données	Entrée
3	Tx	Emission de données	Sortie

4	DTR	Terminal de données prêt	Sortie
5	GND	Masse de signal	
6	DSR	Données prêtes	Entrée
7	RTS	Requête d'émission	Sortie
8	CTS	Prêt pour l'émission	Entrée
9	RI	Indicateur d'appel	Entrée

Et troisièmement la norme définit un Protocol; afin que les éléments communicants puissent se comprendre, il est nécessaire d'établir un protocole de transmission. Ce protocole devra être le même pour les deux éléments afin que la transmission fonctionne correctement.

Paramètres rentrant en jeu:

- Longueur des mots: 7 bits (ex : caractère ascii) ou 8 bits
- La vitesse de transmission: les différentes vitesses de transmission sont réglables à partir de 110 bauds (bits par seconde) de la façon suivante : 110 bds, 150 bds, 300 bds, 600 bds, 1200 bds, 2400 bds, 4800 bds, 9600 bds,...
- Parité: le mot transmis peut être suivi ou non d'un bit de parité qui sert à détecter les erreurs éventuelles de transmission. Il existe deux types de parité:
 1. parité paire : le bit ajouté à la donnée est positionné de telle façon que le nombre des états 1 soit paire sur l'ensemble donné + bit de parité. Par exemple, soit la donnée 11001011 contenant 5 états 1, le bit de parité paire est positionné à 1, ramenant ainsi le nombre de 1 à 6.
 2. parité impaire : le bit ajouté à la donnée est positionné de telle façon que le nombre des états 1 soit impaire sur l'ensemble donné + bit de parité. Par exemple, soit la donnée 11001001 contenant 4 états 1, le bit de parité impaire est positionné à 1.

- Bit de start: la ligne au repos est à l'état logique 1 pour indiquer qu'un mot va être transmis la ligne passe à l'état bas avant de commencer le transfert. Ce bit permet de synchroniser l'horloge du récepteur.
- Bit de stop: après la transmission, la ligne est positionnée au repos pendant 1, 2 ou 1,5 période d'horloge selon le nombre de bits de stop.

Ensuite nous finirons par prévenir que la liaison RS232 sur le câblage prévu à cet effet est censé porter sur 10m. Ce qui rend la norme RS232 énormément utilisée comme bus de terrain pour communiquer entre un ordinateur et un drive ou autre chose dans le cadre par exemple du contrôle d'une machine. Les nouvelles normes telle que l'USB ont des portées nettement moins importante mais avec l'apparition des liaisons sans fils la liaison RS232 tente à laisser le relais. Pour ce faire, il est apparu sur le marché au cours des dernières années des convertisseurs USB vers série qui permettent de simuler un port série sur un ordinateur (au travers d'un driver). L'interface alors se connecte sur le port USB mais est reconnue comme un port série sur l'ordinateur, ce qui permet alors d'utiliser les anciens logiciels de contrôle avec une interface électronique plus récente.

6.5.2 La conversion des niveaux

Les cartes électroniques à base de microcontrôleurs fonctionnent très souvent avec des niveaux TTL soit 0-5Volt, 0V pour le niveau 0 et 5Volt pour le niveau 1. Brancher donc directement une ligne RS232 sur un microcontrôleur n'aurait donc aucun sens et pourrait aussi endommager le système en imposant des tensions de 25volt.

Pour rendre compatible une ligne RS232 avec une carte de ce type il existe un composant très simple d'utilisation que nous allons étudier: le MAX232. En regardant son schéma interne ci-dessous, nous constatons directement qu'il est premièrement doté d'un convertisseur de tension, au travers des capacités C1 et C3 il génère une tension de 10Volt depuis les 5Volt (doubleur de tension), et au moyen des capacités C2 et C4 il génère une tension de -10Volt à partir de la tension de 10Volt. Il est bien sur évident que la puce est munie de tout un système, avec un oscillateur, des diodes et ... afin d'intégrer ce convertisseur DC-DC. Il existe une version de cette

puce, le MAX233, où les capacités sont intégrées directement dedans, mais nous ne rentrerons pas dans ce détail. La valeur des capacités va dépendre de la version de la puce:

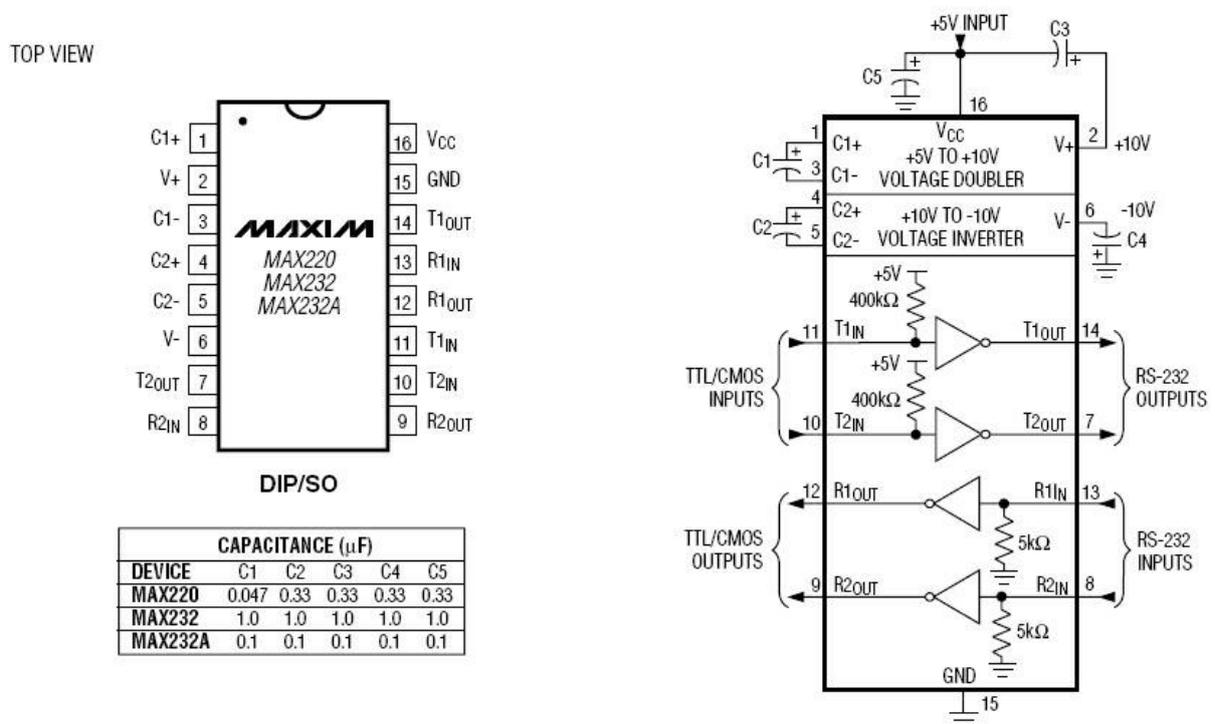


Fig.30: Le MAX232

La connexion avec le port série se fait via la broche Rx (réception) Tx (émission) et nous n'oublions pas de brancher la masse (broche 5) avec la masse du circuit (voir annexe A).

6.6 Le protocole RS-422

Le RS-422 est une interface normalisée qui convient aux applications industrielles puisqu'elle n'a été créée que pour réaliser des bus de données multipoints entre un ordinateur principal et plusieurs terminaux. Cette interface équilibrée est relativement insensible aux parasites. Elle change la polarité de la paire de conducteurs selon que le bit à transmettre est 1 ou 0. RS-422 a été conçue à l'origine pour 10 unités mais peut aujourd'hui en prendre en charge 32. La distance maximale recommandée est de 1200 m pour une vitesse de 100 kbit/s. Les circuits de commande acceptent des vitesses allant jusqu'à 10 Mbit/s mais la distance de transfert tombe alors à 20 m.

Le RS-422 peut, au moyen de convertisseurs et connexions diverses, être intégrée avec les RS-485, RS-232/V.24, RS-423-A et RS-449. Dans le système RS-422 à 4 fils, l'émetteur du maître peut toujours être actif ou en marche quelle que soit l'activité des esclaves. La norme permet une communication simultanée dans les deux sens.

6.7 Différences entre RS232, RS485 et RS422

Les différences entre RS232, RS422, RS423 et RS485 définissent essentiellement les caractéristiques du signal électrique des conducteurs et des récepteurs tels que, débit de signalisation, des niveaux de tension, le comportement de court-circuit, la capacité de charge maximale et la tension de résister à des niveaux.

Tab. II Tableau comparatif des modes de transmission

Paramètre	RS 232	RS 423A	RS 422A	RS 485
Mode d'opération	Half & Full Duplex	Half Duplex	Half Duplex	Half Duplex
Nombre d'émetteurs et de récepteurs	1 émetteur 1 récepteur	1 émetteur 10 récepteurs	1 émetteur 10 récepteurs	32 émetteurs 32 récepteurs
Longueur maximum du câble (m)	15	1200	1200	1200
Débit maximum (baud)	20k	100k	10M	10M
Tension maximum en mode commun (V)	± 25	± 6	0.25; 6	7; 12
Niveau de sortie de l'émetteur (V)	±5 ; ±15	±3.6 ; ±6	±2 ; ±5	±1.5 ; ±5

6.8 Choix de mode RS-232

Le télémètre LDM41A utilisé a pour rôle de transmettre la distance mesurée du positionnement de la cabine vers le microcontrôleur. Ce dernier va analyser les données reçues et les transmettre vers la carte principale.

Ce détecteur Laser possède, outre qu'une sortie analogique, deux modes de communications en séries, le RS-232 et le RS-422. Dans notre cas d'application, le mode RS232 est suffisant pour établir la transmission de données, en fait:

- Nombre d'émetteurs et de récepteurs: ce nombre est limité à un émetteur et un récepteur, or on a besoin d'établir la communication seulement entre le télémètre d'une part et le microcontrôleur d'autre part.
- Longueur maximale du câble limité à 15 m: la boîte du Laser va être installée près du tableau de contrôle principal de l'ascenseur avec un câble blindé de 2 m comme longueur maximale.
- Débit maximal de 20 kBauds: la fréquence d'échantillonnage du télémètre est de 50 Hz ou bien 50 échantillons par seconde. Chaque trame correspondante à un échantillon est formée de 10 bits au maximum, ce qui fait, en total, un débit de 500 bits par seconde. On a fixé ce débit à 9600 bauds.
- Interférence négligeable: le télémètre étant fixé dans la salle des machines, le câble utilisé est de courte distance et fixé loin des câbles de haute tension pour réduire au minimum les effets d'interférences.

Chapitre: 7

Conception du projet

7.1 Introduction

Le système est constitué des deux principaux éléments indispensables pour la mise en marche d'un ascenseur:

- Une maquette d'ascenseur: formée de quatre étages, avec un moteur électrique, des guides et d'une cabine. Cet équipement représente un exemple réduit d'une gaine d'ascenseur réelle avec les composants nécessaires pour représenter notre objectif.
- Le contrôleur principal: formé d'un tableau électrique assurant le fonctionnement de la maquette.

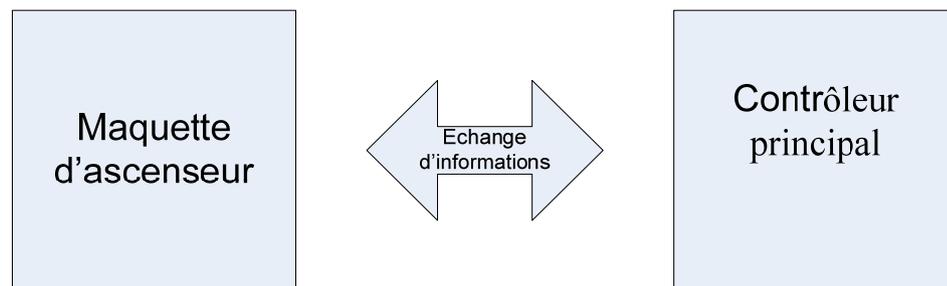


Fig.31: Vue générale du système

7.2 Composants principaux

La maquette est constituée des éléments suivants:

- Un support en aluminium représentant la gaine de l'ascenseur
- Des guides en aluminium en forme de T
- Une boîte en fibre de verre représentant la cabine de l'ascenseur
- Un moteur électrique bidirectionnel 220V AC
- Un télémètre Laser qui supervise la cabine et qui constitue le cœur de notre maquette.

Le tableau de contrôle est constitué par:

- Une carte principale de contrôle d'un ascenseur
- Une carte interface entre le télémètre Laser et la carte principale de contrôle
- Un variateur de fréquence (VF) pour contrôler la vitesse de la cabine d'une manière précise
- Des relais d'interface entre la carte principale et le moteur
- Une alimentation principale pour le système
- Des boutons poussoirs pour donner des appels à l'ascenseur.

Le schéma suivant présente la conception générale du projet tout entier.

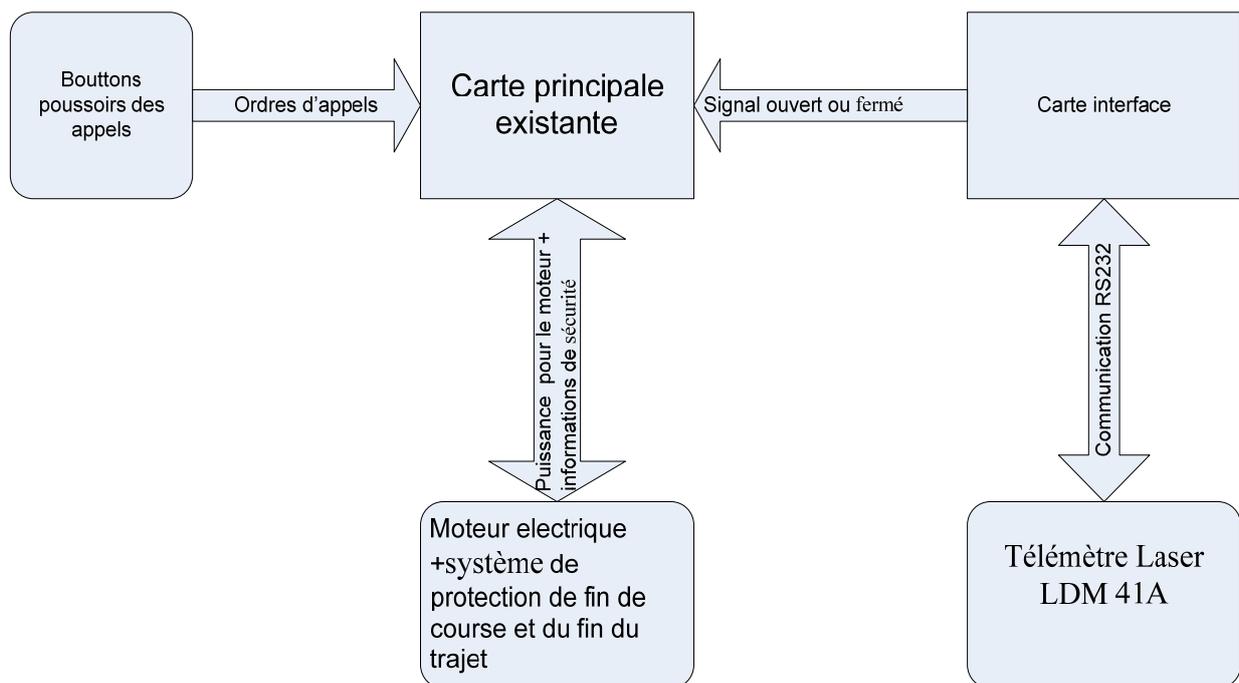


Fig.32: Schéma bloc général de communication

7.3 Carte principale

La carte principale utilisée, fabriquée localement par la compagnie S&AS.LTD, est du type MICROZED de version v3.3 et elle est utilisée par notre entreprise depuis plusieurs années.

La figure suivante montre les entrées et les sorties en communication directe avec la carte principale existante.

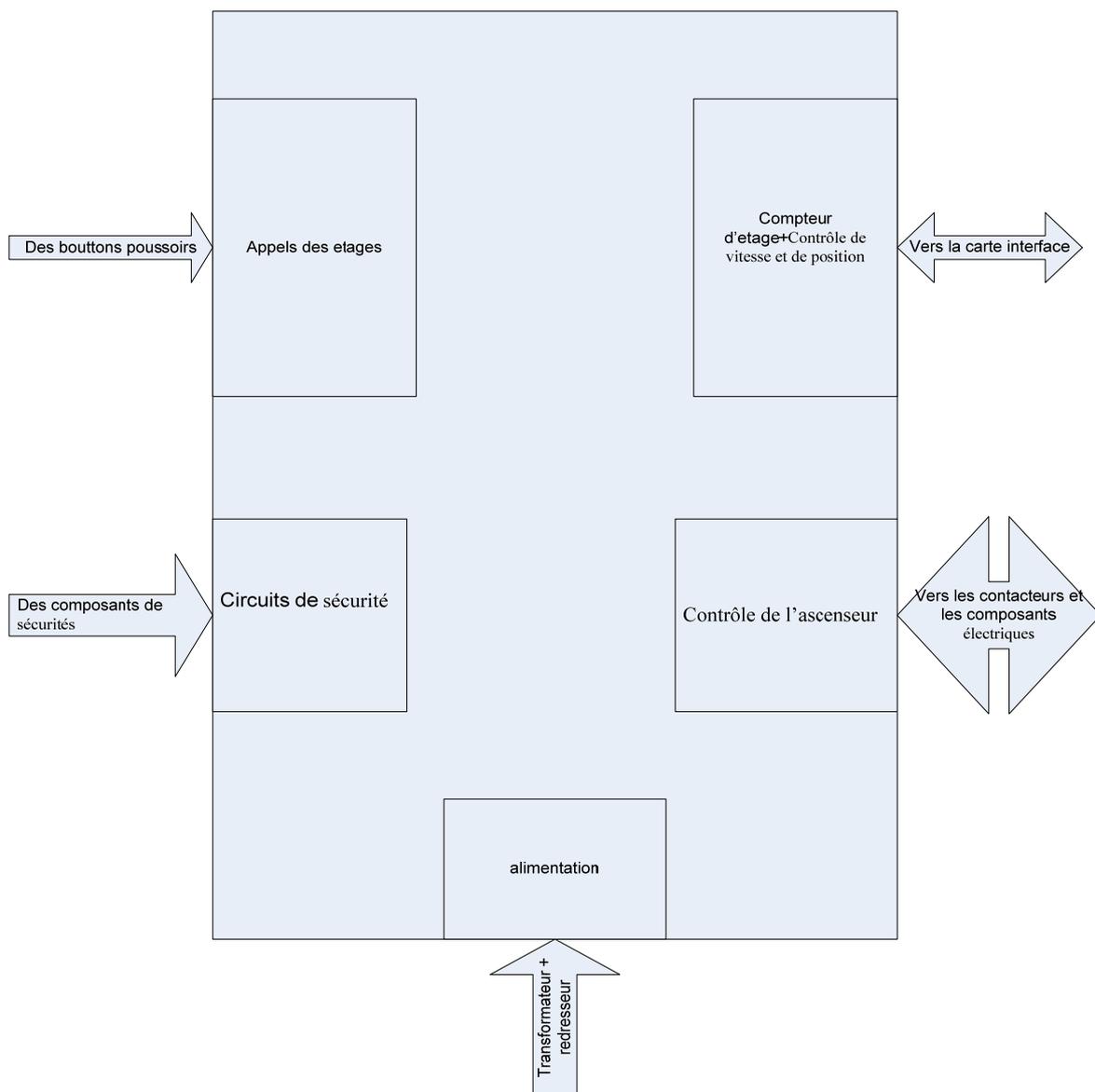


Fig.33: Communication de la carte principale

7.3.1 Constituants de la carte principale

Appels des étages: la carte possède huit appels externes et huit appels internes.

Circuit de sécurité: ces entrées permettent de superviser tous les composants de sécurité durant le fonctionnement et avant de donner un ordre de démarrage.

Alimentation: la carte a besoin de deux types d'alimentations. Une tension alternative de 17 V pour démarrer les composants électroniques et une autre tension continue de 22 V pour lire les circuits de communication avec cette carte.

Contrôle du moteur et des équipements électriques: ces sorties permettent de fonctionner le moteur, le freinage, les lampes, les indicateurs d'étages et les portes d'accès de la cabine.

Compteurs d'étages et contrôle de vitesse et de positionnement: cette entrée permet de compter le nombre d'ouverture et de fermeture du switch magnétique qui va être remplacé durant cette étude par le télémètre Laser avec la carte d'interface.

7.4 La carte interface

Cette carte constitue l'interface entre la carte de contrôle principale d'une part, et du télémètre Laser d'une autre part. Elle permet de convertir les informations prise du signal RS232 de sortie du Laser en un contact ouvert ou fermé selon la position de la cabine dans la gaine. La figure suivante montre le synoptique générale de la carte interface, contenant un port d'interface RS232 et un microcontrôleur PIC16f877A.

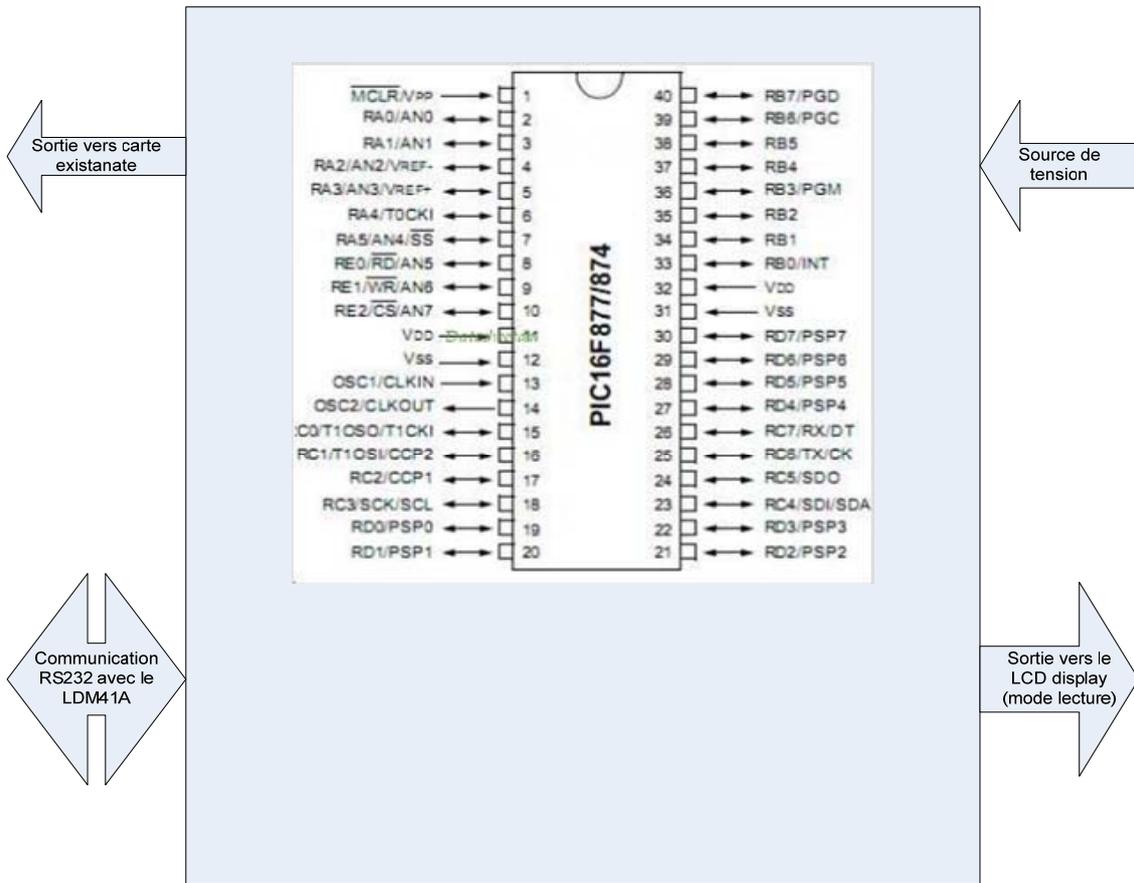


Fig.34: Carte interface entre la carte principale et le télémètre Laser

Une alimentation continue de 12 V est indispensable pour le fonctionnement de la carte. Un afficheur LCD optionnel peut être connecté pour en savoir plus sur la position de la cabine et sur les paramètres enregistrés.

7.4.1 Schéma bloc de la carte interface

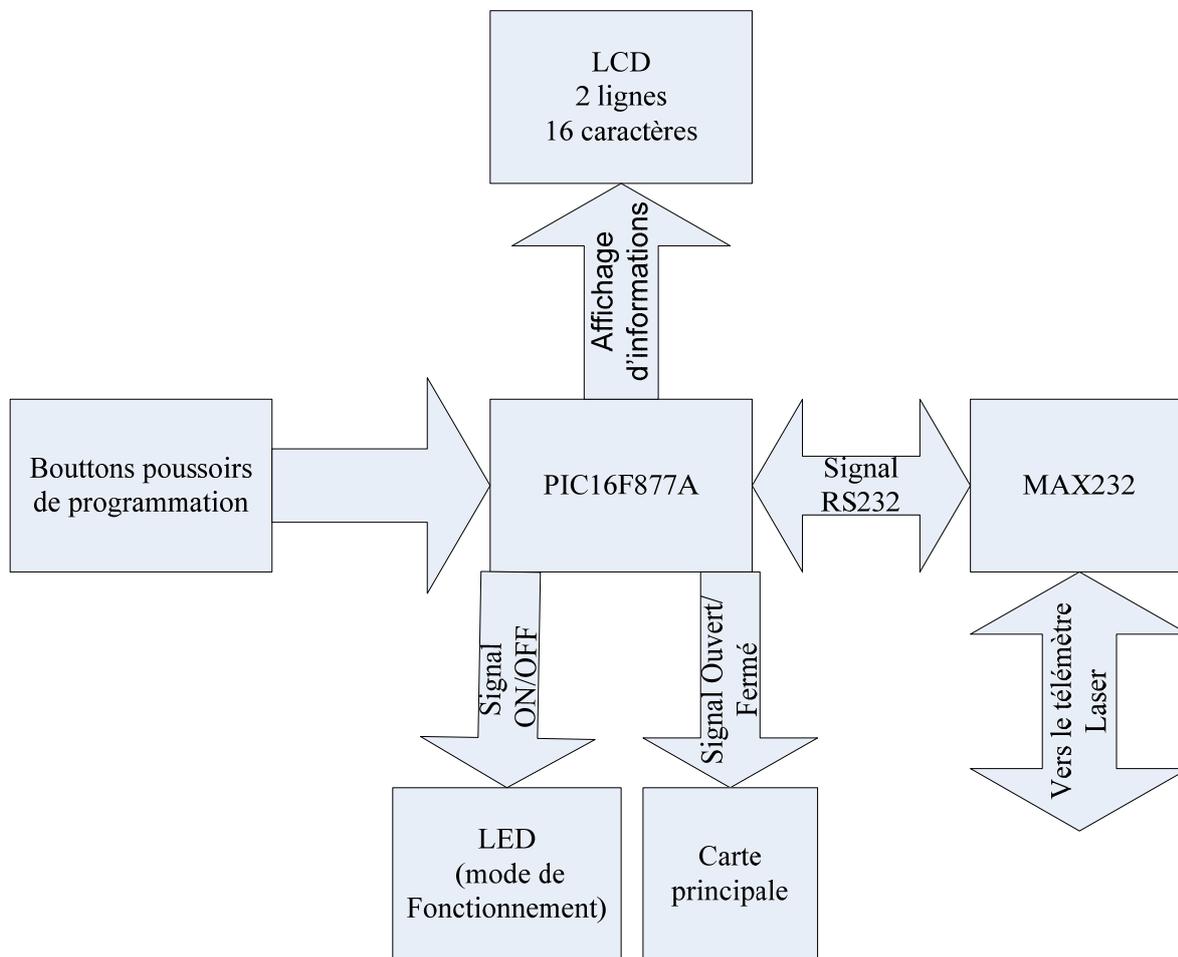


Fig.35: Schéma bloc de la carte interface

Le PIC16F877A est le composant principal de la carte interface puisqu'il permet le traitement des informations reçues des autres composants. En fait, il communique avec le MAX232 pour recevoir les informations de distances après transformation en niveaux logiques de 0 et 5V. De l'autre part, il permet de donner des signaux ouverts ou bien fermés, suivant le cas pour contrôler la vitesse et le positionnement de l'ascenseur. En plus, il reçoit des commandes manuelles à travers les boutons poussoirs afin de faire une configuration des étages et une mise au point des valeurs enregistrées. Des « LED » connectés au microcontrôleur permettent de connaître le mode de programmation et l'état de communication avec le Laser. Enfin, il permet d'afficher sur un

« LCD display » toutes les informations traitées en mode de programmation ainsi que la distance mesurée durant le mode normal de fonctionnement.

7.5 Organigramme de lecture des étages

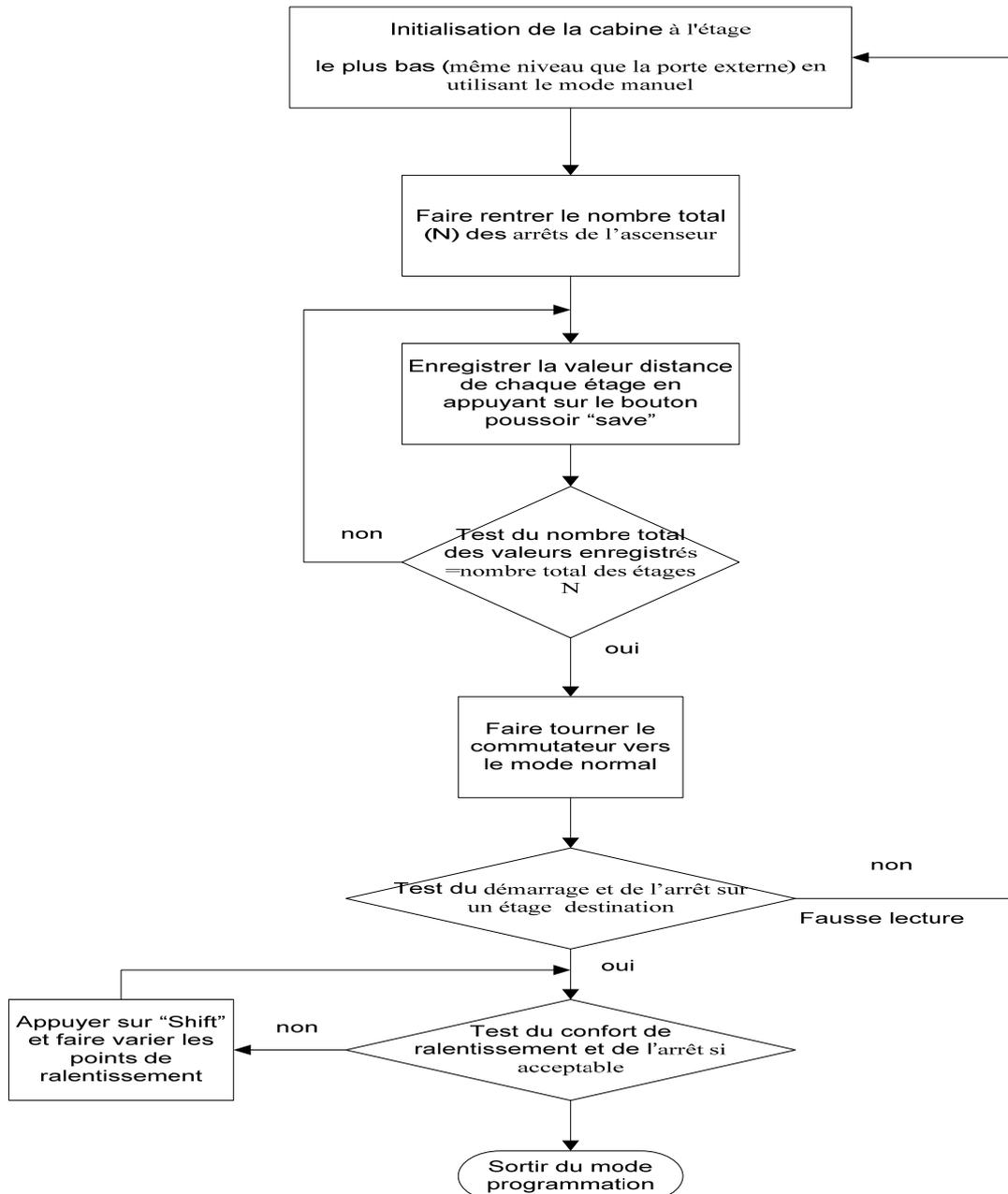


Fig.36 : Organigramme fonctionnel pour la lecture des étages

Cet organigramme doit être appliqué avant la mise en marche en mode normal du système puisqu'il permet de lire les étages disponibles.

La première étape de la lecture consiste à arrêter l'ascenseur en utilisant le mode manuel au niveau le plus bas. Ensuite, il faut introduire le nombre total N des arrêts.

L'étape suivante nécessite d'arrêter la cabine au même niveau exact de chaque étage et d'appuyer sur le bouton poussoir "save" pour enregistrer les valeurs de distance dans la mémoire de la carte interface. Il faut répéter cette étape pour atteindre le nombre total N des étages. Une fois ce nombre est atteint, il faut tourner le switch vers le mode normal et tester le fonctionnement de l'ascenseur. S'il ne peut pas arrêter correctement à un étage destination, la lecture est incorrecte et on a à répéter la procédure de lecture. S'il fonctionne proprement, la lecture est correcte.

La dernière étape consiste à tester le confort du ralentissement et de l'arrêt de l'ascenseur et de varier ces points, si nécessaire, en utilisant le mode "Shift".

7.6 Organigramme fonctionnel de la carte interface

Le schéma suivant représente les intervalles de distance entre deux étages consécutifs, avec d la variable distance entre la tête de l'émetteur du Laser et la cabine. Le 1 signifie que le contact de la carte interface est fermé et le 0 implique le contact est ouvert.

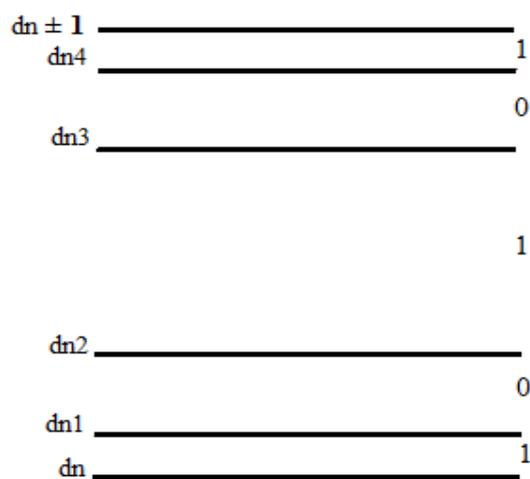


Fig.37 : Schéma représentatif du contact de sortie de la carte interface

Dans cette figure d_n et $d_n \pm 1$ représentent les valeurs des distances de positionnement de l'ascenseur sur deux étages consécutifs, d_{n1} à d_{n4} représentent les points de variation d'état du contact de sortie de la carte interface. (d_{n3} est le point de début du ralentissement si l'étage $n \pm 1$ est l'étage destination).

Un Relay (12 VDC) avec un régulateur permettent la connexion du microcontrôleur (0V et +5V) avec la carte principale (+22 VDC).

Le schéma suivant représente les sorties du Relay de la carte interface (N.O et COM). Ce Relay prend la commande de fermeture de la sortie RC0 du PIC.

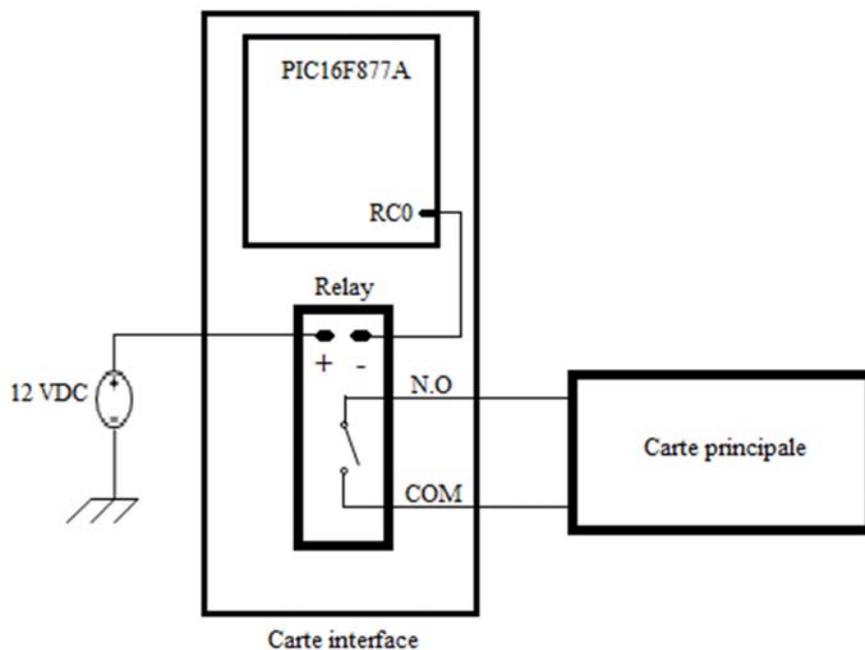


Fig.38 : Contact de sortie de la carte interface

Le bilan de distance entre deux étages consécutifs est le suivant :

- $d_n < d \leq d_{n1}$ donc le contact est fermé
- $d_{n1} < d \leq d_{n2}$ donc le contact est ouvert
- $d_{n2} < d \leq d_{n3}$ donc le contact est fermé
- $d_{n3} < d \leq d_{n4}$ donc le contact est ouvert
- $d_{n4} < d \leq d_n \pm 1$ donc le contact est fermé

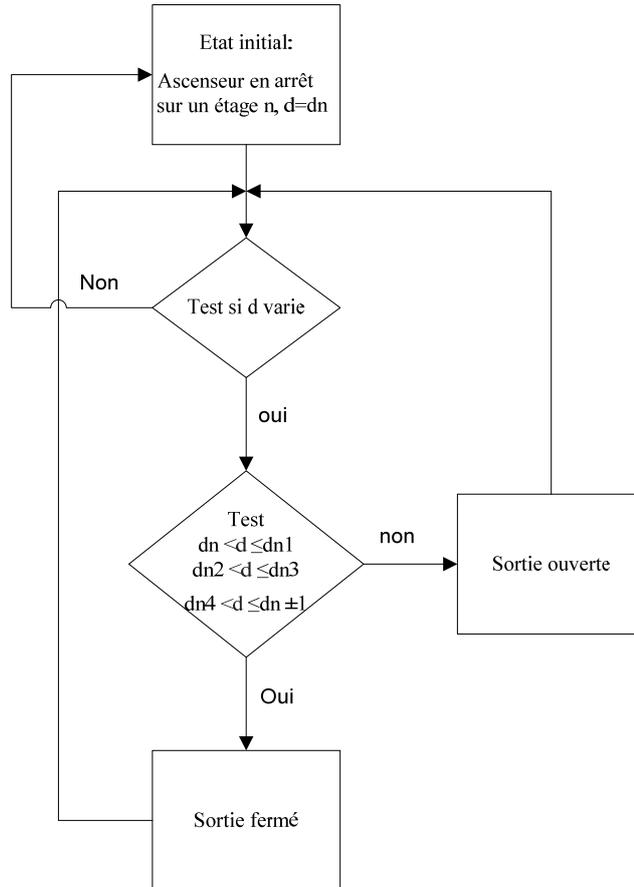


Fig.39 : Organigramme fonctionnel de la carte interface

Chapitre: 8

Partie Matérielle

8.1 Circuit imprimé et rôle des composants

Le circuit imprimé de la carte est réalisé en utilisant le programme PCB designer V1.60. Cette carte contient toutes les entrées et les sorties nécessaires pour réaliser l'objectif de notre étude.

Tout d'abord, comme tout circuit électronique, l'alimentation de la carte est indispensable pour la mise en marche des composants, pour cela une entrée de 12 VDC est nécessaire. Cette tension est réduite à travers le régulateur LM 7805 (voir annexe A) jusqu'à 5 VDC pour alimenter les circuits intégrés. De plus, trois sorties liées au relais constituent l'interface de cette carte avec la carte principale. Ces trois sorties sont le "COM", le "N.O" et le "N.C" dont deux seulement sont nécessaires pour notre application et ça dépend du programme utilisé s'il faut choisir le "N.O" ou le "N.C".

Une autre connexion de la carte c'est le connecteur en série "DB 9 Female" de 9 lignes, dont trois lignes sont utilisées pour assurer la connexion RS 232 avec le télémètre Laser. Les numéros utilisés sont les broches 2, 3 et 5.

Le dernier connecteur est le "ICSP" (In Circuit Serial Programming), ce connecteur permet l'accès à la carte sans le débranchement du microcontrôleur de sa base.

En se basant sur ces fonctions d'entrées et de sorties, l'utilisation d'un microcontrôleur PIC 16F877A (voir annexe B) était nécessaire, ayant une interface série sur le port C. Le circuit intégré interface avec le microcontrôleur est le MAX 232 (voir annexe C). Ce dernier permet de connecter le signal RS 232 avec le microcontrôleur.

Une diode de 6A est implantée à l'entrée de la carte pour protéger les différents composants contre une mal connexion probable de la polarité principale.

L'accès de l'utilisateur à cette carte se fait à travers deux ponts électriques appelés "Programming" et "Editing". En plus, pour confirmer le choix d'une variante ou bien pour changer des valeurs ayant été enregistrés, trois boutons poussoirs sont disponibles et portant les

8.3 PCB de la carte interface

La figure suivante montre le schéma PCB de la carte interface.

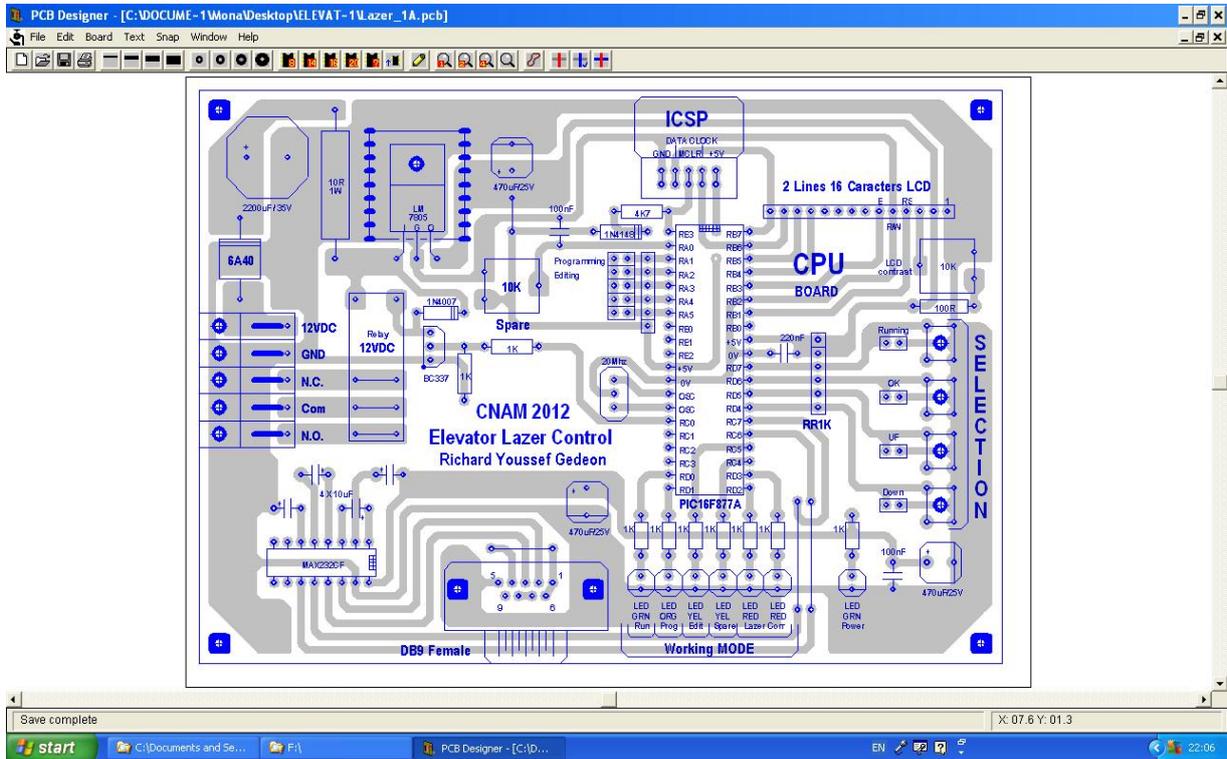


Fig.41 : PCB de la carte interface

8.4 Liste des prix et des composants

Tab.III Liste des composants et des prix

Elevator Lazer Control				
Components	QT Y	Unit Price	Total Price	Remarks
Resistor 1.000W 5% 10R	1	0.02	0.02	
Resistor 0.500W 5% 10R	1	0.01	0.01	
Resistor 0.250W 5% 100R	1	0.00	0.00	

Resistor 0.250W 5% 1K	9	0.01	0.09	
Resistor 0.250W 5% 4K7	1	0.01	0.01	
Resistor Network 5 x 1K (6pins)	2	0.10	0.20	
BOX Header 2x5	1	0.15	0.15	
1N4007	2	0.01	0.02	
1N4148	1	0.01	0.01	
LCD Female Connector 10pins	1	0.90	0.90	Colored cables
LCD Female Connector 06pins	1	0.54	0.54	Colored cables
SIL Male Connector 16pins	2	0.08	0.16	
LED 3mm Yellow	3	0.03	0.09	
LED 3mm Green	2	0.03	0.06	
LED 3mm Red	2	0.03	0.06	
BC337	1	0.04	0.04	
Capacitor 10uF/50V	4	0.02	0.08	
Capacitor 470uF/25V	3	0.09	0.27	
Capacitor 2200uF/35V	1	0.32	0.32	
Capacitor 100nF/50V	2	0.04	0.08	
Capacitor 220nF/50V	1	0.05	0.05	
LM7805	1	0.25	0.25	
Heatsink TO220	1	0.35	0.35	
Resonator 20Mhz	1	0.25	0.25	
PIC16F877A	1	4.00	4.00	
MAX232CP	1	2.00	2.00	
IC SOCKET 16Pins	1	0.04	0.04	
IC SOCKET 40Pins	1	0.10	0.10	
Trimmer CA09 10K	2	0.11	0.22	
Tact Switch	4	0.10	0.40	
5 Pins PCB Green (Male + Female)	1	0.65	0.65	
LCD 2Lines 16Caracters	1	4.00	4.00	
Relay (12Vdc, 16Amps)	1	2.40	2.40	Zettler Germany
DB9 Female PCB Mounting	1	0.90	0.90	
DB9 Male	1	0.75	0.75	
Diode 6A40	1	0.10	0.10	
Others ...cables, solder, silk screen, ...	1	3.48	3.48	
Board (10.8 x 15.0 cm2)	165	0.04	7.26	

Sub TOTAL :	30.22	U.S.Dollars
Taxe Compensation 10% :	03.02	U.S.Dollars
TOTAL :	33.24	U.S.Dollars
Man-LABOR Cutting :		
	00.25	U.S.Dollars
Man-LABOR Developing :		
	00.50	U.S.Dollars
Man-LABOR Etching :		
	02.00	U.S.Dollars
Man-LABOR Cleaning :		
	00.25	U.S.Dollars
Man-LABOR Drilling & Re-Drilling :		
	10.00	U.S.Dollars
Man-LABOR Soldering :		
	06.50	U.S.Dollars
Man-LABOR Cleaning :		
	00.25	U.S.Dollars
Man-LABOR Hardware Testing :		
	01.00	U.S.Dollars
Man-LABOR Hardware Validation :		
	01.00	U.S.Dollars
Grand TOTAL :		
	54.99	U.S.Dollars

Le coût total de la carte électronique, prête à installer sur site est à peu près 55 \$. Ce n'est pas une somme élevée comparée à celle nécessaire pour la mise en place et pour le réglage de la méthode traditionnelle utilisée. Le seul inconvénient est le prix du télémètre Laser car le prix des composants est à peu près le même. En fait, la méthode traditionnelle nécessite deux interrupteurs magnétiques avec leur base de fixation, deux fils électriques du contrôleur principal vers la cabine et quatre aimants pour chaque étage.

L'avantage de cette nouvelle méthode réside dans le fait de réduire le temps nécessaire de l'installation et de la mise au point des aimants. En plus la précision d'arrêt et de positionnement est de plus en plus améliorée.

8.5 Réalisation de la carte interface

La figure suivante montre le schéma réalisé de la carte interface.

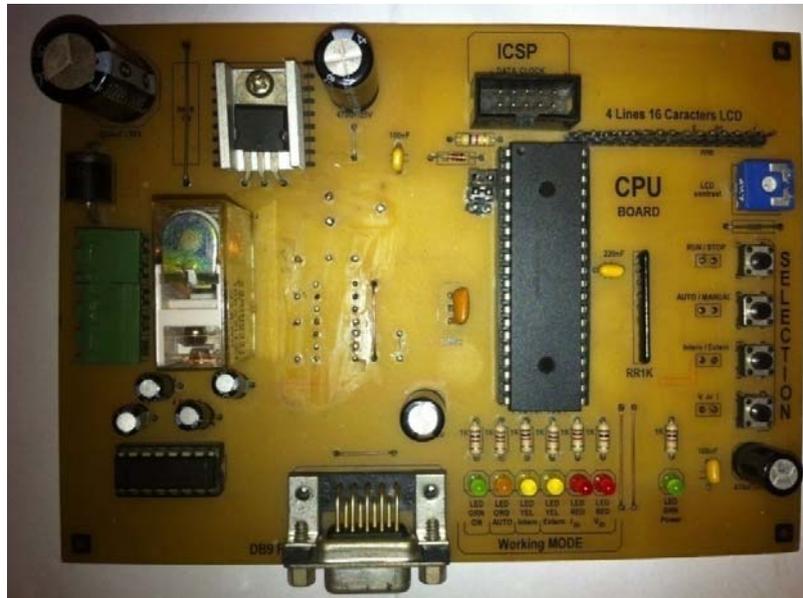


Fig.42 : Carte interface réalisée

Comme il a été déjà prévu, cette carte électronique contient tous les composants nécessaires pour fonctionner proprement le système. Elle contient toutes les commandes nécessaires de programmation sans besoin de la connecter à un ordinateur de programmation sauf au cas de problème de configuration interne. Les boutons poussoirs sont présents afin de sauvegarder les distances respectives des étages et pour la mise au point de ces valeurs et des distances de variation de vitesse correspondantes. Un potentiomètre est fixé sur la carte pour varier la luminosité d'un « LCD display » optionnel, mais indispensable pour la première configuration de l'ascenseur. Les « LED » nous donnent plus d'informations sur l'état du système, celle de couleur rouge sont correspondent a l'établissement de la communication RS232.

Chapitre: 9

Test et mise en œuvre

9.1 Test du télémètre Laser LDM 41A

La première étape de la mise en marche du système consiste à connecter le Laser à un ordinateur à travers le port série RS232, afin de choisir la commande la plus convenable. On se trouve intéressé à une commande appelée “Distance Measurement” ou bien “DM”.

La commande “DM” permet de prendre des échantillons à une fréquence appropriée afin de pouvoir lire et de contrôler la vitesse du moteur et par suite la vitesse de la cabine. Il suffit de taper la commande “DM” dans la fenêtre d’un programme appelé “HYPERTERMINAL” pour recevoir ainsi le code ASCII (voir annexe E) correspondant à cette commande. A ce moment-là, on est face à un problème car le LDM n’a pas pu communiquer avec l’ordinateur. On était obligé de transférer ce problème au fournisseur qui nous a conseillé d’utiliser une nouvelle version qui est l’ “HYPERTERMINAL5.1”. Cette version a permis de communiquer d’une façon efficace avec le télémètre. Le code correspondant est ensuite incorporé dans un autre programme de communication avec le PIC qui est le “Pic Basic Pro v.2.60c” et ceci via un programme interface le Micro Code Studio de version v.4.0 (GUI: Graphical User Interface) (voir annexe D).

A ce stade, on est intéressé à maximiser la fréquence d’échantillonnage de la distance lue par le Laser afin de transférer le plus grand nombre possible de valeurs vers le microcontrôleur puisque, plus ce nombre est élevé, plus le contrôle et l’arrêt de l’ascenseur sont précis. La fréquence maximale de communication du télémètre avec le milieu extérieur est de 50 Hz ou bien un échantillon chaque 20 ms.

9.2 Mal adaptation du signal analogique à l’application considérée

Le Laser LDM 41A possède deux signaux de sortie pour convertir la distance en un signal lisible par le microcontrôleur.

La première utilise la sortie analogique du Laser avec une gamme de 4 à 20 mA et une

résistance de 250 Ω montée en parallèle avec cette sortie, ce qui permet au microcontrôleur de lire la distance totale du trajet sur 4000 mV. L'importance de ce signal est de plus en plus dégradée lorsque le nombre d'étages du bâtiment augmente.

La deuxième utilise la méthode de communication utilisant le RS 232 qui ne présente aucune restriction concernant la distance du trajet. Le tableau suivant présente la différence de la résolution des distances lues par le signal analogique et celui du RS232.

Tab. IV Comparaison de résolution des mesures entre signal analogique et RS 232

Elevator Travel Distance (3m average / Floor) in meters	Analogue Converter 4 to 20 mA (1 to 5 Volts) for 13bits A/D in mm	Precision Over Total Travel Distance in %	Serial Data Reading Direct from Lazer Sensor Conversion in mm	Precision Over Total Travel Distance in %
3	0.46	0.015258	1.00	0.033333
6	0.92	0.015258	1.00	0.016667
9	1.37	0.015258	1.00	0.011111
12	1.83	0.015258	1.00	0.008333
15	2.29	0.015258	1.00	0.006667
18	2.75	0.015258	1.00	0.005556
21	3.20	0.015258	1.00	0.004762
24	3.66	0.015258	1.00	0.004167
27	4.12	0.015258	1.00	0.003704
30	4.58	0.015258	1.00	0.003333
33	5.04	0.015258	1.00	0.003030
36	5.49	0.015258	1.00	0.002778
39	5.95	0.015258	1.00	0.002564
42	6.41	0.015258	1.00	0.002381
45	6.87	0.015258	1.00	0.002222
48	7.32	0.015258	1.00	0.002083
51	7.78	0.015258	1.00	0.001961
54	8.24	0.015258	1.00	0.001852
57	8.70	0.015258	1.00	0.001754

Le trajet minimal possible pour un ascenseur est de 3 m de hauteur ou bien un bâtiment formé de 2 étages. Pour cette distance, en utilisant la méthode analogique, la précision de positionnement de la cabine est de 0.46 mm. En fait, la sortie du télémètre étant analogique, un convertisseur analogique-numérique est nécessaire (A/D 13 bits) ce qui permet de lire la distance totale du trajet sur 6554 valeurs (8192 valeurs pour 5V – 1638 valeurs pour 1V). De plus en plus que la longueur du trajet augmente, on peut clairement voir la dégradation de la précision de positionnement. Prenons l'exemple d'un bâtiment constitué de 20 étages ou bien 57 m comme trajet total. La différence de positionnement entre la cabine et le niveau externe de l'étage peut atteindre 8.7 mm, une valeur non acceptable de nos jours dans le monde des ascenseurs.

En utilisant le mode RS232 de communication, on constate une précision fixe de 1 mm quelque soit la hauteur du bâtiment, ce qui rend cette méthode plus convenable pour notre application.

9.3 Variateur de fréquence (VF)

Ayant comme but de positionner l'ascenseur le plus proche possible au même niveau que l'étage destination, on a intérêt à réduire la vitesse au maximum possible après le début du ralentissement. Or le moteur utilisé est un moteur bidirectionnel de 220 VAC, et en réduisant la tension pour atteindre une vitesse minimale, le moteur ne fonctionne plus sous une tension de 110 VAC. La vitesse minimale atteinte avec ce voltage n'est pas suffisante, d'où la nécessité d'un variateur de fréquence (VF) pour réaliser ce but. Le VF choisi pour ce système est du type « SV-iE5 » de la compagnie « LS Industrial Systems ». Ce «VF» va permettre à l'ascenseur de suivre une courbe de vitesse bien définie qui commence par l'accélération, ensuite une vitesse maximale et enfin le phénomène de décélération.

Le «SV-iE5» permet de contrôler un moteur de puissance ayant une gamme allant de 0.1 à 0.4 kW (200 VAC). Ce «VF» travaille en boucle ouverte pour suivre une trajectoire de vitesse bien précise.

Comme tous les systèmes travaillant en boucle ouverte, le début du phénomène de décélération est donné par l'ouverture ou bien la fermeture d'un contact approprié confirmant ainsi la fin de

la vitesse nominale de fonctionnement. La figure suivante présente les entrées et les sorties correspondantes au variateur de fréquence utilisé.

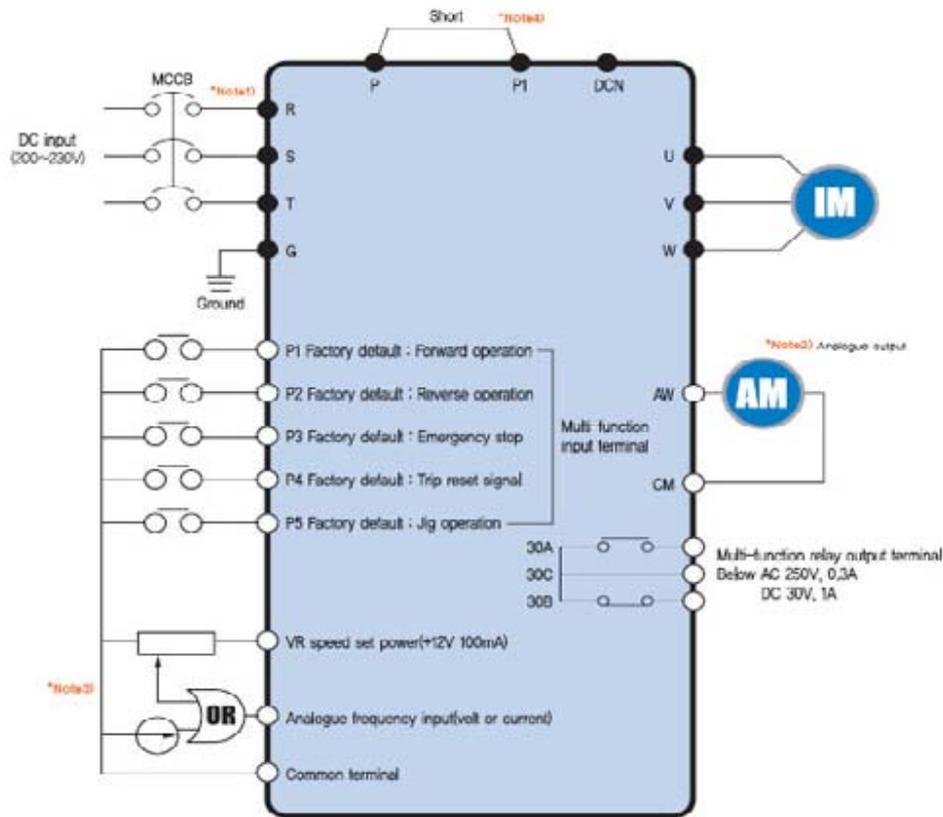


Fig.43 : Les commandes du “SV-iE5”

La liaison entre le “Common terminal” avec le “P1: Forward operation” ou bien avec le “P2: Reverse operation” permet de fonctionner le moteur électrique dans un sens ou dans l’autre. Lorsque ce contact est ouvert, le “VF” va commencer la décélération. Le temps correspondant à cette décélération peut être ajusté facilement en utilisant le mode de programmation afin d’atteindre une vitesse minimale extrême lors de l’arrêt près de l’étage destination [w14].

9.4 Mise en œuvre du système

9.4.1 Système sous tension

Une fois le système est alimenté par une tension de 220 VAC, tous les composants

électroniques du contrôleur principal vont être alimentés, chacun par la tension convenable. La carte est sous tension et le LCD va afficher le message d'accueil.



Fig.44 : Message d'accueil

9.4.2 Communication avec le Laser

Après le message d'accueil, la carte va commencer à communiquer avec le Laser en affichant le message (Communication to Lazer Head).



Fig.45 : Message d'établissement de la communication

Lorsque la communication est achevée, on peut voir trois lignes verticales indiquant que la communication a réussi.



Fig.46 : Communication établie

9.4.3 Mode de programmation

Lors de la première mise en marche du système (durant l'installation de l'ascenseur), on doit enregistrer les valeurs des distances correspondantes à chaque arrêt. Pour cela, on doit fermer le contact "programming" se trouvant sur la carte interface. Le LCD affiche alors le message (You Entered The Programming Mode).



Fig.47 : Message d'entrée au mode de programmation

9.4.4 Nombre des étages

Une fois, on est dans le mode de programmation, on doit rentrer le nombre total d'arrêts de l'ascenseur. L'afficheur va écrire le message (Number of Floors is : 1 OK ??). Il faut appuyer sur les boutons poussoirs "+" ou "-" pour changer ce nombre et ensuite appuyer sur le bouton "OK" pour confirmer.



Fig.48 : Nombre des arrêts de l'ascenseur

Dans notre cas, on a quatre arrêts et par suite ce nombre doit être égal à 3 puisqu'on commence le comptage à partir de 0.



Fig.49 : Ascenseur de quatre arrêts

9.4.5 Lecture des étages

Après avoir appuyé sur le bouton poussoir “OK”, le LCD affiche le message (Setting Floor X Push OK if Ready) ou X désigne l’étage, c.à.d. il faut arrêter la cabine sur chaque niveau d’étage et appuyer sur “OK”.



Fig.50 : Message de procédure à suivre

Ensuite il va afficher le message (Setting Floor X at : Y mm) ou X désigne l’étage et Y la distance.



Fig.51 : Enregistrement de distance du premier étage

Il faut continuer à enregistrer les valeurs des distances pour atteindre le nombre total des étages.

9.4.6 Mode de fonctionnement

Le programme va ensuite sortir automatiquement du mode programmation vers le mode “running”.



Fig.52 : Message d’information du mode actuel

A ce moment-là, plusieurs tests de fonctionnement de l’accélération, de décélération et de positionnement sont nécessaires. C’est le même mode qu’on va utiliser durant le fonctionnement en mode Normal. Le LCD affiche les valeurs de distances mesurées avec une fréquence égale à la fréquence d’échantillonnage.



Fig.53 : Mesure de distance en mode normal

9.4.7 Mode de mise au point

Une mise au point, si nécessaire, est à faire pour les valeurs des distances déjà enregistrées automatiquement par le programme. On a accès à ce mode en fermant le contact “Edit” qui se trouve au cœur de la carte interface.



Fig.54 : Message d'information du mode actuel

Le programme va passer sur toutes les valeurs déjà sauvegardées dans la mémoire et en appuyant sur "OK" on peut se déplacer entre ces valeurs. Le changement de ces valeurs, se fait avec les deux boutons poussoirs "+" ou "-".



Fig.55 : Mise au point du positionnement de la cabine



Fig.56 : Mise au point du début de la décélération

9.5 Résultat de la mise en œuvre

Après avoir terminé le réglage des points de décélérations et les points d'arrêts, la maquette d'ascenseur est alors prête pour réaliser un test du système tout entier. Le test de la fiabilité est très simple. D'abord on a à donner des commandes, étage par étage, et examiner le ralentissement et l'arrêt. Une fois tous les étages ont été testés, une commande aux extrêmes réussit aussi.

L'objectif initial de notre système est de réaliser un nouveau contrôleur des ascenseurs utilisant la technologie du Laser, un système plus simple et surtout plus précis que la méthode usuelle répandu sur le marché. Durant le test, une petite lacune apparaît durant le positionnement de la cabine. Après l'arrêt sur un étage destination, une différence de 1 à 2 mm peut être détectée entre le niveau de la cabine et celui de l'étage. Cette différence n'est pas due à une erreur dans la partie de contrôle par le Laser, mais la cause réside dans le fonctionnement du moteur qui ne répond plus pour des fréquences inférieures à 20 Hz, par suite il est impossible de réduire la vitesse à une fréquence correspondante à 3 Hz (fréquence minimale utilisée avant l'arrêt de l'ascenseur en cas réel d'application).

Conclusion

Différence entre le contrôle par technique Laser et le système traditionnel

Comme on a déjà vu dans les chapitres précédents nous voyons la grande différence entre les deux systèmes du point de vue simplicité, vitesse, flexibilité et sécurité.

- La simplicité d'installation de ce système est un facteur principal pour le rendre concurrent avec d'autres systèmes. L'installation d'un tel système est très simple quelque soit le nombre d'étages du bâtiment, tandis que le système traditionnel demande de plus en plus des aimants répartis tout au long des guides de l'ascenseur.
- La vitesse d'installation est toujours un facteur attractif quelque soit le domaine de travail et par suite ce système va permettre de livrer les sites plus rapidement. Ainsi pour un bâtiment formé de 20 étages par exemple, la méthode traditionnelle nécessite au moins trois jours de travail, avec une équipe formée de deux techniciens, surtout pour la mise au point des aimants or l'installation et la programmation de ce système selon la nouvelle méthode a besoin au maximum de trois heures de travail.
- La flexibilité réside dans la mise au point des points de variation de vitesse et celle d'arrêt. Elle est achevée à l'aide des boutons poussoirs disponibles sur la carte.
- Le facteur de sécurité dans un ascenseur est le plus important, que ce soit la sécurité des techniciens durant l'installation, ou bien celle des passagers. Un réglage des points de variation des vitesses et des points d'arrêt ne nécessite plus que les techniciens se

mettent sur le haut de la cabine pour effectuer les changements. De l'autre part, la sécurité des passagers est meilleur puisqu'on connaît le lieu de la cabine à chaque instant et avec une précision de 1 mm près.

Bilan économique et perspectives

Les composants d'un système traditionnel ne coûtent pas cher, mais un calcul total pour l'installation et pour faire le réglage est un facteur qu'il faut prendre en considération. Comme on a déjà vu dans le chapitre 8, une carte interface complète coûte à peu près 55 Dollars. Le seul inconvénient est le coût du télémètre Laser (près de 850 Euros). L'efficacité de ce projet réside à diminuer les charges à payer concernant le télémètre.

L'étape suivante après la réussite de ce système est de chercher un autre fournisseur qui possède les mêmes caractéristiques du télémètre mais avec un coût beaucoup plus réduit, surtout en augmentant le nombre des pièces de chaque ordre. Enfin, pour augmenter de plus en plus la sécurité de mesure suivant cette nouvelle méthode, un deuxième télémètre complémentaire à celui existant peut être installé dans la cuvette de l'ascenseur. La somme des valeurs des distances transmis à la carte d'interface sera une constante, et tout changement de cette valeur signifie une erreur dans un des composants de ce système et va par suite arrêter le système. Concernant le télémètre complémentaire et pour des bâtiments constitués de plusieurs étages, le mode RS232 de transmission de données ne peut pas être utilisé à cause de la limitation de distance accompagnant ce mode. On va avoir recours dans ce cas au mode RS485 conçu pour des transmissions de longue distances.

Webographies :

[W01] <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-th3/espace-visuel-et-circulation-interieure-42228210/ascenseurs-une-reglementation-pour-la-securite-c3710/>

[w02] <http://www.energieplus-lesite.be/index>

[w03] www.astech.de/lm41-42a/lm41a_manual

[w04] fr.wikipedia.org/wiki/Ascenseur

[w05] www.emploi.belgique.be/WorkArea/linkit

[w06] ziehl-abegg.com/fr/download-1427.html

[w07] http://www2.schneider-electric.com/documents/technical_publications/fr/shared/automatismes/automatismes-reseaux-information/ct209.pdf

[w08] www.schmersal.net/cat

[w09] <http://www.stemsrl.it>

[w10] <http://dossier.univ-st-etienne.fr/ltsi/www/slaser/PFfemto/principe/Cestquoi2.htm>

[w11] <http://www.usherbrooke.ca/gestion-recherche/ethique-sante-et-securite/securite->

laser/classes-de-laser

[w12] thesis.inp-toulouse.fr/archive/00001427/01/moutaye.pdf

[w13] <http://www.roboticus.org/electronique/4-description-de-lrs232-et-mise-en-place-dun-max232>

[w14] www.lsis.biz