REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Electromécanique
Spécialité : Mécatronique

ETUDE D'UN CAPTEUR ULTRASON SUR CHARIOT ELEVATTEUR

Présenté par
MERABET Oussama

Proposé et Dirigé par
Dr : ABUDURA SALAM

Promotion 2019-2020

Remerciements

Avant tout nous remercions ALLAH de nous avoir accordé des connaissances de la science et de nous avoir aidés à réaliser ce travail:

Nous adressons aussi nos remerciements à nos familles pour tout aide, qu'elles nous ont apporté tout le long de nos études.

Nous tenons à remercier chaleureusement et respectueusement notre promoteur Mr SALAM ABOUDORA pour son aide et son soutien tout au long de notre projet.

Nous remercions aussi tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à fa réalisation de ce mémoire de fin d'étude, sans oublier d'adresser nos remerciements à tous Ces enseignants du département Génie mécanique notamment la spécialité Mécatronique.

M. Oussama

Dédicaces

Je tiens à dédier ce modeste travail :

A mes très chers parents qui m'ont beaucoup soutenu, encouragé

et qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui ;

A me frères ;

Atoutes ma famille ;

A mes amies ;
Qua'Allah Ces garde

M.Oussama

ملخص

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو اقتراح نظام موثوق للكشف عن العوائق يعتمد على جهاز استشعار فوق صوتي. يسمح لمشغل الماكينة بالتحذير من وجود شخص أو شيء بالقرب من منطقة عمله ، وذلك باستخدام إنذار مرئي وعرض المسافة التي تفصله عن الجهاز. تم الكشف عن كائن على شاشة LCD.

تتضمن هذه الدراسة أيضًا تحديد منطقة الكشف ومسافة التوقف الآمنة لمنع التصادم. العربة المستخدمة عبارة عن عربة كهربائية مزودة بمحرك مع سائق أو شاحنة نقالة. هذا الأخير لديه سرعة قصوى منخفضة للغاية ، ومناسبة للعمل بأمان في ممرات UQTR.

سيساهم تنفيذ مثل هذا الجهاز في تطوير مستوى الأمان في البيئات الصناعية ، من خلال التوصية بحل لمساعدة السائق في قيادة الرافعة الشوكية. أيضًا ، من الناحية الاقتصادية ، تكلفة جهاز الكشف هذا ليست عالية جدًا ، مع العلم أن سعر جهاز الاستشعار بالموجات فوق الصوتية يبلغ حوالي 180 يومًا ، وسيكون سعر نظام به 4 أجهزة استشعار هو د. حوالي 160 د.

Résumé

L'objectif principal de ce travail et de proposer un système de détection d'obstacles fiable basé sur un capteur ultrasonore. Il permettra de prévenir le conducteur de l'engin, de la présence d'une personne ou d'un objet à proximité de son champ de travail, à l'aide d'une alarme visuelle et en affichant la distance qui le sépare de l'objet détecté, sur un écran ACL.

Cette étude inclut aussi la détermination de la zone de détection et la distance d'arrêt sécuritaire pour empêcher la collision. Le chariot utilisé est un chariot motorisé électrique à conducteur accompagnateur ou transpalette. Ce dernier a une vitesse maximale très réduite, adaptée pour opérer en toute sécurité dans les corridors de l'UQTR.

La mise en place d'un tel dispositif va contribuer à l'évolution du niveau de sécurité dans les milieux industriels, en préconisant une solution pour assister le cariste dans la conduite de chariot élévateur. Aussi, d'un côté économique, le coût d'un tel appareil de détection n'est pas très élevé, sachant que le prix d'un capteur ultrasonore est d'environ 180 d le prix d'un système avec 4 capteurs sera d'environ de 160d.

ABSTACT

The main objective of this work is to propose a reliable obstacle detection system based on an ultrasonic sensor. It will allow the operator of the machine to be warned of the presence of a person or an object near his work area, using a visual alarm and by displaying the distance between him and the machine. Object detected, on an LCD screen.

This study also includes determining the detection zone and the safe stopping distance to prevent the collision. The trolley used is an electric motorized trolley with accompanying driver or pallet truck. The latter has a very low maximum speed, suitable for operating safely in the corridors of the UQTR.

The implementation of such a device will contribute to the evolution of the level of safety in industrial environments, by recommending a solution to assist the driver in driving a forklift. Also, on an economic side, the cost of such a detection device is not very high, knowing that the price of an ultrasonic sensor is around 180 d the price of a system with 4 sensors will be d. 'about 160d.

Les Abréviations

[SST] la gestion de la sante et de la securite au travail

[ACL] sur un écran

[IR] le rayonnement UV rouge

[ECHO] Signale électrique

[CWS] constitue principalement d'un radar

[CSST] La commission de la santé sécurité de travail

[UQTR] Tois rivieres sur pinterest

Liste des symboles

Da= distance d’arrêttemps [m/s]

Dr= distance réaction[m/s]

Df= distance de mètre

Tr= temps de réaction[S]

V= la vitesse [km/h]

a=constance de déclaration [m/s]

D= effort retardateur au crochet

S= distance d’arrêtthéorique approximative[m]

C= couple [N.m]

T=tension d fonctionnement [V]

MR = Mémoire Flash [kB]

m =poid [g]

Sommaire

Remerciements.....

Dédicaces.....

Résumé .....

Les Abréviations.....

Liste des symboles.....

Listes des figures : .....

Liste des tableaux : .....

Introduction générale .....

Introduction générale :1

Dispositifs de détection et systèmes d'aide à la conduit 1

Chapitre I : 1

I.1. Introduction : 4

I.2. Dispositifs de détection 4

I.2.1.Détecteurs à ultrason 4

I.2.2 Détecteurs au laser : 5

I.2.3 Détecteurs à micro-ondes (RADAR) 5

I.2.4. Détecteurs à infrarouge 6

I.3.Systèmes d'aide à la conduite : 7

I.3.1. Système propre au chariot élévateur 7

I.3.2. Système pour camions 7

I.3.3. Système pour autobus scolaire 9

I.4. Pourquoi le choix des capteurs à ultrason 10

I.5. Conclusion 10

Normes et statistiques sur les chariots élévateurs 11

Chapitre II 11

II.1. Introduction : 11

II.2. Normes de sécurité : 11

II.2.1. Formation obligatoire pour la conduite des chariots élévateurs 11

II.2.2. Statistiques des accidents 12

II.2.3. Accidents aux États-Unis 13

II.2.4. Facteurs contribuant aux accidents 14

I.2.5. Coûts reliés aux accidents 16

Conclusion 16

Mesure de prévention et description du système de détection 17

Chapitre III 17

III.1. Introduction 17

III.2. Description du système de détection 17

III.2.1. Principe de détection 17

III.2.2. Bloc alimentation 18

III.2.3. Le capteur polaroïd 6500 19

III.2.4. Bloc émetteur-récepteur 21

III.2.5. Bloc alarme/affichage 21

III.3. Schéma global du système de détection 24

III.3.1. Calcul de la distance d'arrêt 24

III.3.2. Mesure pour une prévention pratique des accidents 25

III.4. Conclusion 26

Essais expérimentaux et résultats obtenus 18

Chapitre IV 18

IV.1.Introduction: 27

IV.2. L'effet de l'humidité et de la température sur les mesures 27

IV.2.1. Essais effectués au laboratoire 28

IV.2.2. Implantation des capteurs 30

IV.2.3. Manoeuvre de recul et situation à risque 31

IV.3 Mesures expérimentales (essais effectués au sous -sol) Mise en situation 32

IV.3.1. Test de fiabilité en présence de plusieurs colonnes 33

IV.4 .Détection d'objets de natures et de hauteurs différentes 33

IV.4.1 Détection d'une personne en mouvement 34

IV.5 Simulation d'un exemple d'accident, cas de collision avec une colonne 35

IV.5.1. Temps de réponse du cariste et distance d'arrêt 37

- Distance de freinage (Dr) parcourue pendant le temps de freinage: 38

Conclusion générale 27

Conclusion générale 42

Bibliographie 27

Bibliographie 43

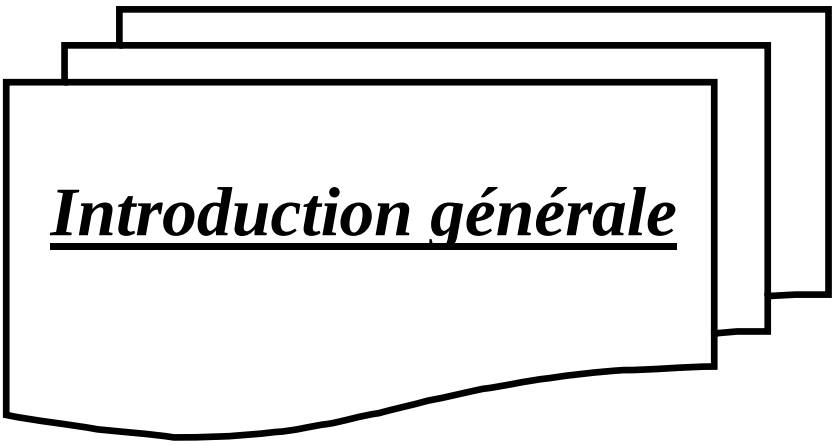
ANNEXES 43

Listes des figures :

Figure I.1. : Principe de fonctionnement du détecteur ultrasonore……4
Figure I.2 : Principe de fonctionnement du télémètre Laser…….…….....5
Figure I.3. : Principe d'un capteur infrarouge…….……...6
Figure II.1 : ci-dessous nous montre ce concept…….....12
Figure II.2 : Évolution des accidents et maladies professionnelles indemnisés …….....13
Figure II.3 : Accident survenu aux États-Unis……..….....15
Figure II.4 : L'angle mort lors d'un déplacement en marche avant……15
Figure II.5 : Danger de la vitesse dans les aires de travail…….…….....16
Figure III.1 : Représentation de J'onde ultrasonore en fonction du temps…….…….17
Figure III.2: Schéma électronique du régulateur de tension 78L05…….…..…19
Figure III.3 : montre le circuit réalisé sur une plaque d' essai……..……..19
Figure III.4 : Le module électronique du polaroid 6500…….……..20
Figure III.5 : Modèle typique de faisceau à 50 kilohertz du transducteu…….…….20
Figure III.6 : Schéma électronique du sonar polaroid 6500 …….…..…..21
Figure III.7 : Schéma électronique du idsPIC30F2010'……..……..…..….22
Figure III.8 : Schéma de principe pour le calcul de la distance d'arrêt……...……23
Figure III.9 : Bloc Affichage / Alarme……..……..……..23
Figure III.10: Schéma global du système de détection……...……..24
Figure III.11: Capacité de freinage requise-frein de service……..…...25
Figure IV.1 : Mesure de la distance réelle versus distance affichée……..……...28
Figure IV.: Forme de l'onde ultrasonore d'un capteur……..…...29
Figure IV.3: Nature des obstacles utilisés pour les tests…… ……...30
Figure IV.4: Chariot motorisé à conducteur accompagnant……...…30
Figure IV.5 : Chariot effectuant une manoeuvre de recul…….31
Figure IV.6: Détection d'un obstacle (boîte en carton) au niveau du corridor…….32
Figure IV.7: Détection d'objets de natures et de hauteurs différentes.....34
Figure IV.8: Colonne non détectée par un capteur…….....35
Figure IV.9: Nouvelle configuration des capteurs……..….37
Figure IV.10 : Temps de réaction du conducteur à l'alarme……...…….39

Liste des tableaux :

Tableau II.1 : Coûts des accidents causés par des chariots élévateurs (CSST -200....12
Tableau II.2: Répartition des accidents selon l'agent cau…….....…….13
Tableau II.3 : Répartition des accidents selon l'agent causal…….....……14
Tableau II.4: Le pourcentage des accidents survenus selon l'agent causal…….....14
Tableau IV.1: Mesure de la température et del 'humidité…….....….27
Tableau IV.2: Nature d'accident survenu (N=14…….....33
Tableau IV.3 : Détection d'obstacle à proximité du chariot……33
Tableau IV.4 : Détection et mesure de chaque capteur……...….34
Tableau I.V: Distance de détection……..…….....…40.
Tableau IV.6: Influence du temps de réaction et de la vitesse sur la distance d'arr....41



Introduction générale

Introduction générale :

Les chariots élévateurs sont parmi les engins les plus utilisés dans l'industrie. Par conséquent, ils présentent un danger réel pour la vie des travailleurs et pour l'ensemble des intervenants en milieu industriel. Chaque année, il y a un nombre important d'accidents avec des blessures graves et qui peuvent aller jusqu'au décès. Panni les facteurs mis en cause, on trouve le manque de visibilité. Pour éviter ces drames, ou bien les diminuer, les chariots élévateurs sont équipés d'un avertisseur sonore qui s'active lors de la marche arrière afin d'informer les personnes autour de sa présence.

Malheureusement, la présence de ce dispositif n'a pu donner une amélioration significative, et son efficacité est mise en cause. Car dans un milieu bruyant, le signal sonore est masqué, ce qui le rend difficilement audible. Ajoutons à cela aussi les collisions avec des objets oubliés dans les corridors, la présence de machines ou de convoyeurs occasionnellement utilisés pour des travaux de maintenance. Dans ce cas, l'utilisation d'un système de détection s'avère nécessaire Ces problématiques ont incité à chercher d'autres moyens pour améliorer la sécurité. D'où ce projet, qui est une recherche sur la pertinence d'utilisation de capteurs ultrasonores, pour la détection des obstacles, afin de diminuer le nombre d'accidents dus a manque de visibilité du conducteur. La visibilité est réduite à cause des charges ou lors des manœuvres de recul.

Dans ce travail, les objectifs sont atteints. Les résultats obtenus dans le laboratoire, avec un chariot motorisé à conducteur accompagnant ou transpalette, démontrent la faisabilité, la fiabilité et la précision de ce système de détection. Il va contribuer grandement à l'amélioration du niveau de sécurité des chariots élévateurs. Il reste à faire des essais approfondis sur des chariots élévateurs à conducteurs assis munis de quatre roues, à fourche ou à pinces qui sont de tailles plus grandes et très utilisés dans le milieu industrie

Au fil des années, la détection ultrasonore ne cesse d'évoluer. Depuis 1915, l'année où Paul Langevin a mis au point la détection des sous-marins au moyen des ultrasons, un champ d'application à ces vibrations non audibles s'est ouvert.

Le champ d'application des ultrasons est vaste, elles sont très utilisées en contrôle de fabrication des industries métallurgiques, mécaniques, nucléaires, aéronautiques, électroniques et en médecine. Cette technique de détection est présente aussi dans le domaine de santé sécurité.

Les chariots élévateurs, sont parmi les engins les plus utilisés dans l'industrie, dus à leur polyvalence en présence d'une forte densité de personnes. Les accidents impliquant ces engins sont habituellement attribués aux erreurs d'opérateurs, mais 25% de ces accidents sont provoqués par d'autres facteurs contrôlables. Au Québec ils occasionnent chaque année près de 700 accidents, certains mortels, et des indemnités de 2,7 millions de dollars. La stabilité et la visibilité sont les principaux facteurs en cause (IRSST). Cette étude fait le point sur le volet visibilité.

Afin de mieux comprendre le sujet, il est préférable de définir ce qu'est un chariot élévateur. C'est un engin de manutention destiné au transfert de charges dans les usines ou les halls de stockage. Ses domaines d'activité sont principalement la reprise des produits

finis des chaînes de fabrication vers les lieux de stockage, le chargement ou déchargement des moyens de transport tels les wagons ou camions et l'aide au chargement ou déchargement dans les cales des navires. Sa grande souplesse lui pei filet beaucoup d'usages

Problématique

La gestion de la santé et de la sécurité au travail (SST), dans les milieux industriels où il y a des dangers mortels, nécessite la mise en place des dispositifs de protection contre les collisions. À l'heure actuelle, les chariots élévateurs ne sont pas encore équipés de systèmes de détection pour assister le conducteur, le seul dispositif utilisé présentement est l'avertisseur sonore.

Les problèmes qui peuvent être rencontrés lors d'utilisation des avertisseurs sonores incluent: l'accoutumance du personnel au signal sonore, le bruit ambiant, la dépendance et la fatigue. L'accoutumance peut se produire quand l'opérateur ou les piétons s'habituent à entendre l'alarme et cessent de l'identifier comme signal d'alarme. Lors des reculs, l'opérateur devrait toujours regarder en arrière le long de son trajet avec des torsions latérales du dos très prononcées pour s'assurer que son champ de travail est libre de tout obstacle, parfois sur une longue distance. Ce qui engendre des maux au niveau du cou, du dos et de la fatigue. De ce fait, le cariste va se retourner des moments pour se relaxer, toujours en faisant marche arrière. Cette pratique est très dangereuse et peut produire un accident grave. Le bruit ambiant et le niveau de bruit de l'environnement et du fonctionnement sont aussi des facteurs importants. Si le bruit ambiant est très élevé, en particulier sur les sites regroupant un grand nombre d'engins bruyants, il pourrait masquer le bruit de l'avertisseur sonore. Aussi, on note la perte d'acuité sonore du personnel attribuable à une longue exposition au bruit et au port d'équipement ou de vêtements gênant à la perception sonore.

L'accoutumance, la dépendance et la fatigue sont une recette pour le désastre. La fatigue affecte la réponse de l'opérateur à un signal d'alarme. Elle peut mener à une augmentation de la distance d'arrêt réelle, due à une augmentation du temps de perception humain et du Cette inefficacité, des dispositifs d'avertisseurs sonores à prévenir un travailleur de la présence d'un véhicule à proximité, a incité à chercher d'autres moyens afin d'améliorer la sécurit

Objectif

L'objectif principal de ce travail et de proposer un système de détection d'obstacles fiable basé sur un capteur ultrasonore. Il permettra de prévenir le conducteur de l’engin, de la présence d'une personne ou d'un objet à proximité de son champ de travail, à l'aide d'une alarme visuelle et en affichant la distance qui le sépare de l'objet détecté, sur un écran ACL.

Cette étude inclut aussi la détermination de la zone de détection et la distance d’arrêt sécuritaire pour empêcher la collision. Le chariot utilisé est un chariot motorisé électrique à conducteur accompagnateur ou transpalette. Ce dernier a une vitesse maximale très réduite, adaptée pour opérer en toute sécurité dans les corridors de l'UQTR.

La mise en place d'un tel dispositif va contribuer à l' évolution du niveau de sécurité dans les milieux industriels, en préconisant une solution pour assister le cariste dans la conduite de chariot élévateur. Aussi, d'un côté économique, le coût d'un tel appareil de

détection n'est pas très élevé, sachant que le prix d'un capteur ultrasonore est d'environ 180 d le prix d'un système avec 4 capteurs sera d'environ de 160d

Méthodologie

Les principales étapes de ce projet sont les suivantes:

Étude bibliographique et collecte des données. Pour cette étude, la collecte a été faiteà plusieurs niveaux, en contactant plusieurs institutions et organismes spécialisésdans le domaine de santé sécurité:

Commission de la Santé & de la Sécurité du Travail (CSST), Trois-Rivières; Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST); l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail, APSAM;

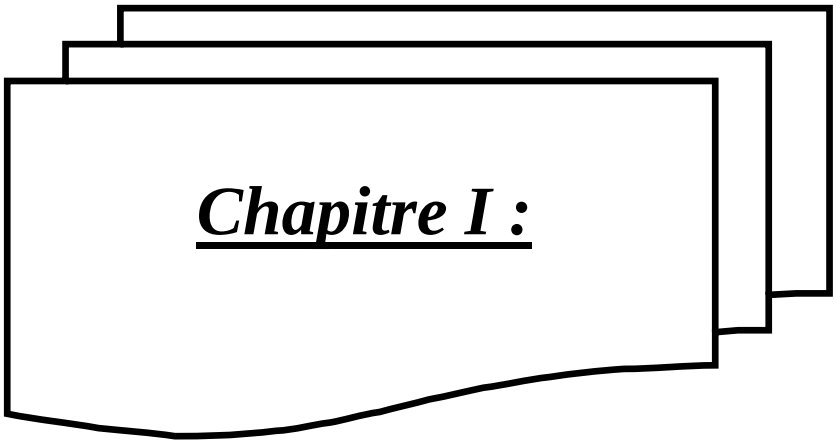
Transport Québec;

Dans le domaine industriel, une visite à l'usine Kruger Wayagamack à TroisRivières est faite pour voir de près cette problématique et faire une collecte de

donnée spécifique à une tâche déterminée.

La conception d'un système de détection ultrasonore.

En dernier, vient la partie des mesures et des essais expérimentaux d'Anne laboratoire d'électronique en utilisant un transpalette motorisé .



Chapitre I :

Dispositifs de détection et systèmes d'aide à la conduit

I.1. Introduction :

Dans le cadre du présent mémoire, la recherche bibliographique porte d'un côté sur les principes de la détection d'obstacles, ce qui inclut aussi la présence humaine; et d'un autre côté, sur l'utilisation des dispositifs de détection sur des véhicules industriels. Les principes de détection de présence humaine ou d'objets sont nombreux: **à** base d'ultrason, de détecteurs capacitifs, de détecteurs à infrarouge, de radar micro-onde, et d'autres. L'utilisation des détecteurs, que ce soit à base d'ultrason ou autres, est présente aussi dans plusieurs domaines, on peut citer la sécurité, les systèmes antivol ou en robotique. Dans la partie qui suit, on trouve une revue des écrits les plus récents qui touchent de près notre sujet de recherche.

I.2. Dispositifs de détection

I.2.1.Détecteurs à ultrason

L'ultrason est un son dont la fréquence est supérieure à 20 kHz. Le nom vient du fait que leur fréquence est trop élevée pour être audible pour l'homme [31]. Deux principes physiques sont utilisables pour constituer le capteur : par effet électronique ou par effet piézoélectrique. Ces capteurs utilisent l'air comme milieu de propagation. L'émetteur et le récepteur sont situés dans le même boîtier. L'émetteur envoie un train d'ondes qui est réfléchi sur l'objet (ou le travailleur) à détecter et ensuite revient à la source. Le temps mis pour parcourir un aller-retour permet de déterminer la distance de l'objet par rapport à la source. La distance trouvée doit être divisée par deux, car le signal aura franchi le double de la distance pour revenir à l'émetteur. La capacité de détection de ce type de capteur va de quelques centimètres à environ 10 mètres.

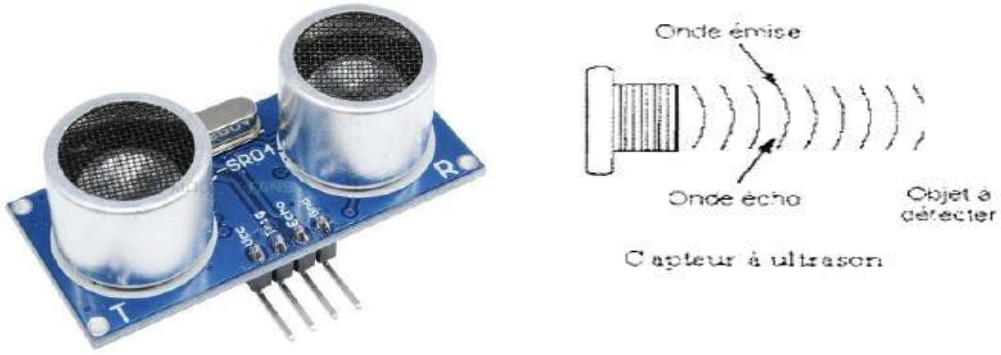


Figure I. 1: Principe de fonctionnement du détecteur ultrasonore

Les capteurs ultrasonores ont de nombreux avantages. Ils ont une large gammed'utilisation, facile à mettre en œuvre, et leur coût est très faible par rapport aux autrescapteurs comme les radars. En plus, l'utilisation des ultrasons est pratiquement sans dangersur la santé humaine.

D'un autre côté, les détecteurs ultrasonores présentent les inconvénients suivants :

-La vitesse de propagation des ultrasons peut être influencée de façon sensible par unevariation de température. Par exemple, un écart de 30°C peut causer une erreur de 30cm sur une mesure de Il m.

-La propagation de l'onde sonore peut aussi être influencée par l'humidité.

-La lecture des capteurs peut être influencée par le bruit environnant et par le signal émis par d'autres capteurs sur le même système.

I.2.2 Détecteurs au laser :

L'effet laser est un principe d'amplification cohérente de la lumière par émissionstimulée. C'est l'acronyme anglais de «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation» en français, « amplification de la lumière par émission stimulée de radiations ». La plupart des amplificateurs optiques sont basés sur l'effet laser. Une source laser est une source de lumière spatialement et temporellement cohérente basée sur l'effet laser [31]. Deux types de détecteurs au laser peuvent être utilisés pour déterminer la distance d'un objet. Certains obtiennent cette distance par télémétrie, soit la même méthode que celle de la détection à base d'ultrason. Le temps est alors calculé d'après la vitesse du rayon lumineux, ce qui nous aide à déduire la distance. L'autre méthode consiste à émettre en continu un signal laser modulé et de mesurer le déphasage avec le faisceau réfléchi par l'objet. Un des avantages du détecteur au laser est sa longue portée combinée avec sa précision très élevée. Il peut demeurer précis même à de très grandes distances, étant donnée la concentration d'énergie que ce rayon focalise. Certains détecteurs au laser peuvent avoir iule portée de l'ordre du kilomètre. Son principal défaut est son coût élevé. De plus, il nécessite un entretien très fréquent, car les mesures sont affectées si le système n'est pas propre et bien ajusté. Il est aussi grandement influencé par les conditions environnementales telles que la température, la neige, la pluie et la brume. Dans ces conditions, la qualité, du signal est atténuée. Il faut aussi considérer l'effet thermique du rayonnement laser qui peut représenter un certain danger. Il a été calculé qu'à une distance inférieure à 70 cm, le signal laser utilisé avec de tels détecteurs est considéré comme étant dangereux, particulièrement pour l'oeil humain.

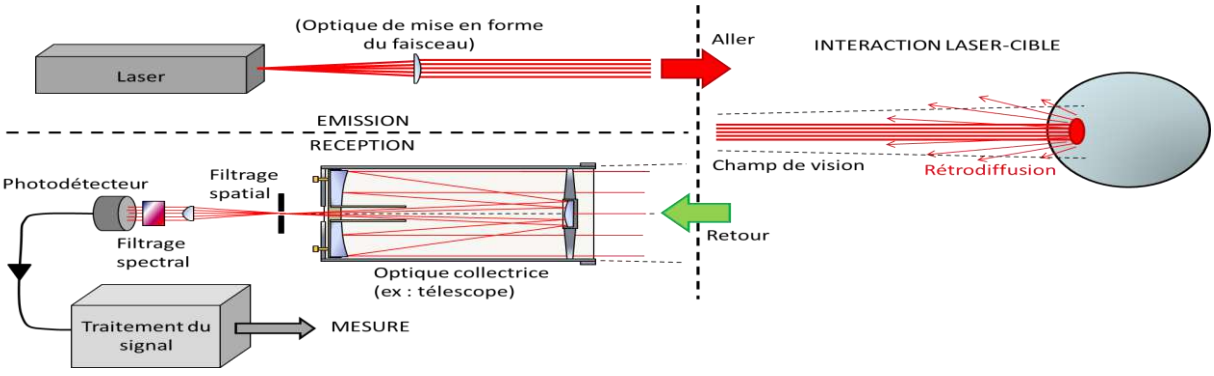


figure I.2 : Principe de fonctionnement du télémètre Laser

I.2.3 Détecteurs à micro-ondes (RADAR)

Les micro-ondes sont des ondes électromagnétiques de longueur d'ondeintermédiaire entre l'infrarouge et les ondes de radiodiffusion. Le radar (Radio Détection And Ranging) à

micro-onde, emploie le rayonnement micro-onde pour détecter la distance, la vitesse et d'autres caractéristiques des objets distants [31]. Il est basé sur le rayonnement d'un signal électromagnétique de l'ordre du gigahertz. Il peut utiliser trois méthodes pour calculer la distance d'un obstacle. La télémétrie peut être utilisée pour fournir une information de distance, comme dans le cas des capteurs précédents. On peut aussi, en utilisant un radar à émission continue, exploiter le principe de l'effet Doppler afin d'obtenir une indication de mouvement d'une cible. Toutefois, l'effet Doppler ne donne aucune indication de distance. La troisième méthode permet d'obtenir la distance en plus de déterminer si l'obstacle est mobile ou non. Il s'agit d'utiliser un radar à émission continue en lui ajoutant une modulation de la fréquence d'émission. Plusieurs formes d'ondes sont possibles pour effectuer la modulation.

Les détecteurs à micro-onde ont comme avantages d'avoir une très longue portée(mètres aux kilomètres) et une très grande précision. De plus, ils sont un des seuls types de capteurs à être pratiquement insensibles aux conditions environnementales comme la pluieet les écarts de température. Mais ils ont aussi leurs inconvénients, dont le principal est leur coût très élevé. Une autre caractéristique qui les rend inadéquats pour certaines applications est la dimension assez importante de l'émetteur. Finalement, l'effet des micro-ondes sur la santé des individus exposés aux rayonnements est un autre point à considérer.

I.2.4. Détecteurs à infrarouge

Le rayonnement infrarouge (IR) est un rayonnement électromagnétique d'unelongueur d'onde supérieure à celle de la lumière visible, mais plus courte que celle des micro-ondes .Les détecteurs à infrarouge sont des capteurs photoélectriques, c' est-àdire qu'ils détectent l'émission de photons. Ils peuvent être conçus pour détecter des signaux optiques de différentes longueurs d'onde, comme le rayonnement rouge visible ou le rayonnement infrarouge (non visible). La figure 2.3 nous montre le principe d'un capteur SHARP qui fonctionne en mesurant l'angle de réflexion d'une émission d'IR modulée, grâce à une rangée de récepteurs.

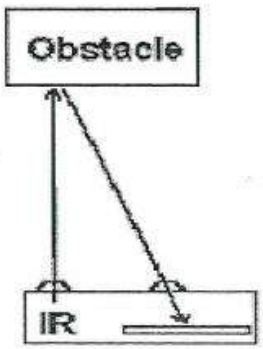


Figure I.3 : Principe d'un capteur infrarouge

Le rayonnement de type infrarouge est plus fréquemment choisi afin de limiterl'effet de la lumière ambiante sur le système. Ces détecteurs peuvent fonctionner selon trois modes d'opération: opposition, rétroréflexion et diffusion. En mode opposition, l'émetteur est positionné à un endroit et projette le rayon infrarouge vers un récepteur placé à une certaine distance. Tout objet passant entre les deux dispositifs coupe le

rayonnement et est ainsi détecté. Ce mode est surtout appliqué pour des systèmes immobiles comme les systèmes de détection de présence dans les alarmes. Le mode rétroréflexion est lui aussi utilisé pour des systèmes immobiles. La différence vient du fait que l'émetteur et le récepteur sont positionnés au même endroit. Le rayon infrarouge est réfléchi vers le récepteur par un miroir ou par un prisme réflecteur. On peut utiliser ce système de deux façons. Avec un réflecteur fixe, le système perçoit une présence lorsque le rayon est coupé (comme en mode opposition). Par contre, si le réflecteur est placé sur un objet mobile, on peut détecter la présence de cet objet lorsque le rayon y est réfléchi et retourne vers le récepteur. Cette dernière façon de détecter requiert l'installation de réflecteurs à des endroits stratégiques et exige donc de fonctionner en milieu contrôlé. Enfin, en mode diffusion, l'émetteur et le récepteur sont encore situés au même endroit, malS le rayonnement émis est réfléchi par un objet quelconque (sans réflecteur). Cette méthode permet de fonctionner dans des milieux non contrôlés, car aucun réflecteur n'est requis. Du point de vue des risques pour la santé, certaines préoccupations ont été émises en ce qui concerne l'exposition des personnes aux infrarouges (effet thermique pour les yeux).

I.3.Systèmes d'aide à la conduite :

I.3.1. Système propre au chariot élévateur

Les chariots élévateurs sont équipés de dispositifs avertisseurs, tels que lesavertisseurs sonores et lumineux ainsi que les aides visuelles. L'idée d'utiliser des systèmes d’anticollision basés sur des dispositifs de détection, comme ceux présentés au paragraphe du présent chapitre, est relativement récente.

Odetola .a fait une étude sur l'efficacité d'utiliser un système de détectionRADAR sur un chariot élévateur. Cette étude expérimente l'application et l'efficacité des détecteurs d'obstacle radar pour les chariots élévateurs lors des manœuvres en marche arrière. Deux détecteurs à micro-ondes distincts, avec différentes sorties, sont évalués. Les résultats obtenus montrent que la taille, la forme, la composition et la position de l'obstacle d'un côté, et la position et l'orientation des capteurs d'un autre, affecteront la composition du système de détection d'obstacle. D'après l'auteur, les résultats de cette étude faciliteront par la suite le positionnement des capteurs sur le chariot élévateur pour réduire les zones aveugles et les fausses alarmes qui ne peuvent être éliminées complètement.

Les résultats de cette étude ont été obtenus théoriquement. L'auteur recommande, pour les essais du dispositif en conditions réelles, de monter les capteurs sur le chariot comme proposé en prenant en considération aussi le temps de réponse de l'opérateur, pour que leurs efficacités soient bien évaluées et permettent par la suite un développement supplémentaire.

I.3.2. Système pour camions

Au cours des dernières années, on dénombre plusieurs cas d'accidents mortelsmettant en cause les manoeuvres de recul de véhicules dans les chantiers de construction. Ces accidents surviennent malgré la présence d'un avertisseur sonore opérationnel et conforme aux règlements en vigueur. Il s'avère donc nécessaire d'équiper de tels véhicules de dispositifs plus sécuritaires .

Une recherche a été réalisée par US Bureau of Mines, au centre de recherche àMinneapolis (Minnesota) pour tester trois types de capteurs (à ultrason, à micro-ondes et infrarouge), en vue de servir comme alarme lors des mouvements de recul des camions lourds. L'étude a montré que le système à micro-ondes s'est montré le plus efficace, particulièrement à cause de son insensibilité aux conditions environnementales. Lors du recul d'un camion, le système était capable de détecter, par effet Doppler, le mouvement d'une personne à une distance de 4 à 6 m.

Parmi les points faibles de ce système, c'est qu'il est dispendieux et ne détecte pas les vitesses faibles et les mouvements latéraux par rapport au capteur.

Dans le même contexte, c'est-à-dire celui des véhicules lourds, et panni les articles qui ont attiré notre attention, on trouve celui de Kai-Tai Song et al, 2004. Cette étude présente une conception et une mise en application d'un système ultrasonore pour éviter les collisions latérales des véhicules roulant à de basses vitesses. Le système développé est utile pour détecter les véhicules, les motos, les bicyclettes et les piétons qui passent du côté latéral d'un véhicule, particulièrement pour de grands véhicules.

L'article présente aussi les systèmes d' anticollision existants, il les classe en trois catégories:

Système radar à effet Doppler: Bien que le radar soit le dispositif de détection le plus fréquemment utilisé à bord d'un véhicule, pour détecter d'autres objets ou des véhicules qui roulent à vitesses élevées dans le trafic, il n'est pas efficace pour des situations à vitesse réduite et provoque une erreur causée par facteur decosinus. Actuellement, les systèmes de radar sont des dispositifs chers et limités pour les voitures de luxe.

Pour des applications à vitesse réduite, d'autres types de capteurs sont favorisés pour la détection d'objet et l'évitement de collision.

Une autre étude intéressante porte sur le système Vorad «Collision WamingSystem» de la corporation Eaton qui sert à aider les conducteurs de semiremorquesà.détecter les véhicules situés devant ou à la droite de leur véhiculedans des conditions qui rendent la visibilité difficile. La présence de brouillard, de pluie intense ou de neige peut en effet nuire à la capacité visuelle duconducteur et réduire considérablement son temps de réaction face à dessituations dangereusesDeux des causes les plus fréquentes d'accidents pour des véhicules de ce genresont justement le manque de temps de freinage et les changements de voie sur ladroite, qui se font pratiquement à l'aveugle. Le Vorad CWS est constituéprincipalement d'un radar à effet Doppler situé sur le pare-chocs avant, d'unradar situé sur le côté droit du tracteur (pour les angles morts), d'une unité

centrale de traitement et d'un afficheur en cabine. De plus, une connexion autachymètre, un détecteur de rotation de la colonne de direction et un détecteur defreinage permettent au système de connaître les conditions d'opération duvéhicule.

D'après cette étude, le système Vorad est plus polyvalent, car il peut répondre àune multitude de situations. Il offre une véritable assistance à l'humain enadaptant son comportement selon les différents événements perçus (par exemplela vitesse et la direction du camion). Par contre, il sert surtout à éviter les

accidents dus au manque de temps de freinage en calculant la vitesse derapprochement des véhicules à l'avant du camion. De plus, il faut considérer lecoût élevé d'un tel système qui s'évalue à plusieurs milliers de dollars US parvéhicule.

Système ultrasonique : Ce type de capteur a été largement répandu pour ladétection de l'environnement, pour éviter des obstacles dans le domaine de larobotique. Il est aussi utilisé pour aider les voitures à stationner. Il a un angle dedétection large et offre une solution moins chère. Cependant, l'inconvénient de

ce type de capteur est que des ondes ultrasoniques sont transmises par l'air et latexture extérieure des obstacles affectera la mesure.

Le système de vision: ce système utilise des caméras pour détecter l'espacelatéral d'une voiture. Le système peut être installé près du rétroviseur.

Cependant, les systèmes de vision nécessitent un temps de calcul considérablepour extraire l'information utile. L'exécution en temps réel est un défi pour cegenre de systèmes. L'état d'éclairage influencera également l'acquisition desimages. Il serait difficilè de l'employer pendant la nuit.

Dans cette étude, l'auteur a choisi le système ultrasonique en considérant lesavantages suivants:

./' Il est moins cher et conviendra aux applications générales .

./' Il peut facilement obtenir l'information de distance des objets immédiatssans calcul complexe .

./' Il a une large zone de détection et de mesure.

I.3.3. Système pour autobus scolaire

Transports Canada a mis sur pied un programme de recherche pour étudier laproblématique des accidents impliquant des autobus scolaires lors d'embarquement et dedébarquement des écoliers. Les enfants et les jeunes écoliers sont confrontés à un risqueénorme par manque de visibilité autour des autobus, due à leurs petites tailles. L'étude faitl'inventaire et l'évaluation des détecteurs de présence humaine et des approches de détection d'objets. L'étude a recensé de nombreux capteurs et de nombreux systèmesproposés pour la détection d 'humain et d'obstacle. Différents principes physiques sontutilisés. Dans une application en transport scolaire, le système de détection doit:

./ couvrir les zones dangereuses de l'autobus .

./ avertir le conducteur à temps pour qu'il pUIsse réaliser une manoeuvre

d'évitement de collision.

«Parmi les technologies identifiées et évaluées, seuls les ultrasons, l'infrarouge,l'optique et les micro-ondes représentent un potentiel d'application intéressant entransport scolaire. Cependant, nous avons remarqué que la partie traitement est

demeurée très élémentaire pour tous les systèmes de sécurité proposés par lesindustriels. À l'exception du système BUSTER qui est muni d'un système informatiséde traitement de l'information pour augmenter la fiabilité du système»

Dans une autre étude, Mertz et al [8], font le bilan de l'implication des autobus detransport en commun dans les accidents et présentent une étude des systèmesd'avertissement de collision (CWS) placés sur ces autobus pour diminuer les risques. Le butde ce projet était d'établir une étude sur les systèmes intelligents de détection pour réduireles collisions latérales des autobus. Bien que le taux d'accidents soit très bas, la probabilitéqu'un autobus soit impliqué dans un accident, pendant une année, est beaucoup plus élevée(environ 15 fois) que pour d'autres véhicules. Les autobus circulent

beaucoup plus d'heurespar an, fonctionnent typiquement dans des secteurs urbains très encombrés et par la nature

de leur travail; sont souvent à proximité des piétons .

Ce projet de recherche avait donc plusieurs phases. Bien qu'il soit intéressant, il neprésente que les résultats préliminaires d'une longue étude selon les objectifs établis. Engénéral, c'est un bilan des informations recueillies sur les systèmes existants etl'adaptabilité de ces derniers aux autobus.

I.4. Pourquoi le choix des capteurs à ultrason

En général, la problématique commune à tous les systèmes de détection d'obstaclesdemeure celle de la réduction des fausses alarmes.

Le choix du capteur utilisé est fait après avoir effectué une étude bibliographiquesur les dispositifs de détection et leurs utilisations sur les véhicules industriels ou detransport en général, comme décrit plus haut au présent chapitre.

Les avantages majeurs des capteurs à ultrason sont leur faible prix de revient et leursimplicité d'implantation, aussi la détection par ultrason est parfaitement efficace pour decourtes distances.

Il faut considérer aussi les conditions d'opérations des capteurs. Dans notre cas, ledispositif de détection doit être implémenté sur un chariot élévateur qui opère à l'intérieurdes édifices, ce qui veut dire que les conditions environnementales (le vent, la pluie, laneige, variation brusque de la température, etc.) ne sont pas prises en considération. Deplus, les variations minimes de température ou d 'humidité qui peuvent influencer laprécision du capteur de l'ordre de quelques pouces sont acceptables. Ce qui n'est pas le casdans le domaine de la robotique où la position exacte de l'objet à détecter doit être déterminée.

I.5. Conclusion

L'utilisation de la technologie ultrasonore présente des avantages à la foistechniques et économiques. En effet, c'est un choix adéquat par rapport aux autres capteurs. Ces derniers montrent des caractéristiques très intéressantes quant à leur portée et à leur précision, mais ont aussi des limitations, tels qu'un prix très élevé et une taille imposante des émetteurs, comme c'est le cas pour les radars. Le capteur au laser est très exigeant quant à l'entretien et à la précision de son ajustement. Le sonar s'avère donc le meilleur choix pour l'application étudiée dans le présent ouvrage.

Pour les ultrasons, le bruit est l'un des facteurs importants à prendre enconsidération en milieu de travail. Par contre, on note que dans certaines sections où opèrent les chariots élévateurs, le bruit est très faible. On donne l'exemple du département de stockage et d'expédition à l'usine Kruger. On peut aussi contrôler le bruit parl'adaptation du capteur à son environnement d'utilisation. Ceci peut se faire par la commande de la sensibilité du circuit électronique utilisé. Un autre moyen, qui peut être efficace, est le fait d'utiliser un bon blindage. Cela est avantageux aussi pour donner une longue durée de vie au dispositif une fois implémenté sur le chariot.



Chapitre II

Normes et statistiques sur les chariots élévateurs

II.1. Introduction :

La nonne de sécurité ASME B 56.1 (1993-A.1995), est la nonne nationaleaméricaine qui concerne les chariots élévateurs à petite et à grande levée. Cette nonne est l'une des nonnes qui ont été rédigées en collaboration avec l' American Society of MechanicalEngineers.

II.2. Normes de sécurité :

II.2.1. Formation obligatoire pour la conduite des chariots élévateurs

Les dispositifs de détection ou tout autre système d'aide à la conduite ne peuvent à eux seuls garantir la sécurité, ce n'est qu'un moyen panni d'autres. De nouvelles dispositions légales pour la conduite des chariots élévateurs sont désormais appliquées à partir du 6 janvier 2007. Des changements ont été récemment apportés au règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST). Le règlement stipule que tout cariste (opérateur de chariot élévateur) soit âgé de 16 ans ou plus (article 256.2) et il doit avoir suivi une formation adéquate (article 256.3) .

La prévention des risques professionnels, notamment en ce qui a trait à l'utilisation de chariot élévateur, est le souci de tous les pays à travers le monde. En France par exemple, plusieurs outils sont conçus pour la formation des caristes

Normes portant sur les alarmes de recul et les systèmes de détection

En Amérique du Nord plusieurs nonnes font référence aux systèmes de détection lors des manoeuvres de recul. On trouve panni elles: ASME B56.11.5, SAE-J994B, SAE-11741, et SAE-1446. En général, le bruit ambiant de l'environnement ne doit pas masquer le signal sonore de recul. Ce dernier n'est considéré audible que s'il dépasse le niveau de bruit ambiant d'au moins 15 dB. De plus, le niveau sonore pondéré du signal ne doit pas être inférieur à 65 dB .

La nonne SAE 11741 touche de très près le sujet du présent mémoire, car elle porte sur les systèmes de détection de personnes installés sur les véhicules hors routes du secteur de la construction ou d'usage industriel général. Cette nonne spécifie les critères pennettant de tester les systèmes générant une alarme lors des manoeuvres de recul, parmi ces critères on trouve que :

a) l'alarme ne doit s'actionner que lorsqu'un obstacle est dans la zone de détection;

b) le système de détection doit satisfaire tous les critères spécifiés sous toutes les conditions environnementales possibles (pluie, neige, poussière, vents, etc.) ;

c) le système de détection doit avoir un taux de détection de 100 % lorsque les tests sont effectués avec le mannequin proposé et en accord avec la zone de détection appropriée;

d) le taux de fausses alarmes ne doit pas excéder 10 % de l'ensemble des alannes.

Il existe d'autres normes qu'on peut trouver dans la littérature, ou sur les sites internet spécialisés moyennant un coût plus au moins élevé.

II.2.2. Statistiques des accidents

Accidents au Québec

En 1990, le coroner en chef du Québec, constatant un nombre élevé de décès dans les milieux de travail utilisant des chariots élévateurs (14 entre 1986 et 1990), ordonnait une enquête sur les risques associés à l'utilisation de ces véhicules. Le besoin d'information à ce sujet était par ailleurs soulevé par plusieurs associations sectorielles paritaires. Une analyse statistique menée par l'IRS ST confirmait que plus de 1 000 travailleurs sont blessés chaque année lors du maniement de ces chariots

Un pionnier dans le domaine de la sécurité, William Heinrich, a fait une recherche sur des milliers d'accidents de travail, et a conclu avec une étude statistique que pour chaque blessure très sérieuse, il y a 30 blessures moins sérieuses et 300 blessures mineures. Un peu plus tard, le concept de 3000 incidents ou opportunités d'accidents était ajouté à lapyramide pour plus d'illustrations de la probabilité des accidents. La figure 4 :ci-dessous nous montre ce concept.

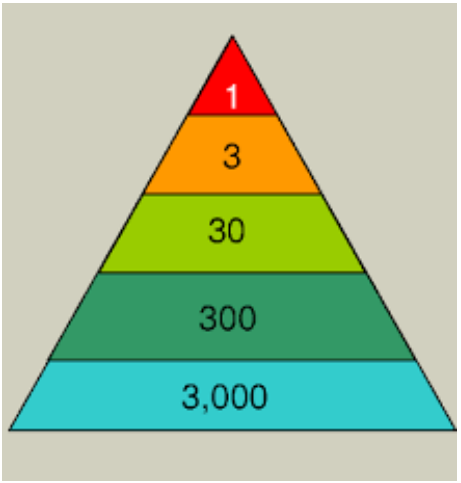


Figure II.1: Pyramide des blessures / le nombre incidents survenus

Le tableau : ci-dessous présente les données sur les accidents et les maladies professionnelles indemnisés, survenus au Québec entre 1995 et 2004 (10 ans) selon l'agent causal « chariot élévateur».

Tableau II. 1 : Coûts des- accidents causés par des chariots élévateurs (CSST -2005)

	Totaux	**,. Moyennes annuelles**
Nombre de dossiers d'indemnisation	6812	681
Nombre de jours perdus	295015	29502
Somme des débours totaux	26311 548 $	2631 155 $

Le graphique ci-dessous présente l'évolution des accidents et maladiesprofessionnelles indemnisés qui sont survenus au Québec entre 1995 et 2004 selon l'agent causal «chariot élévateur».

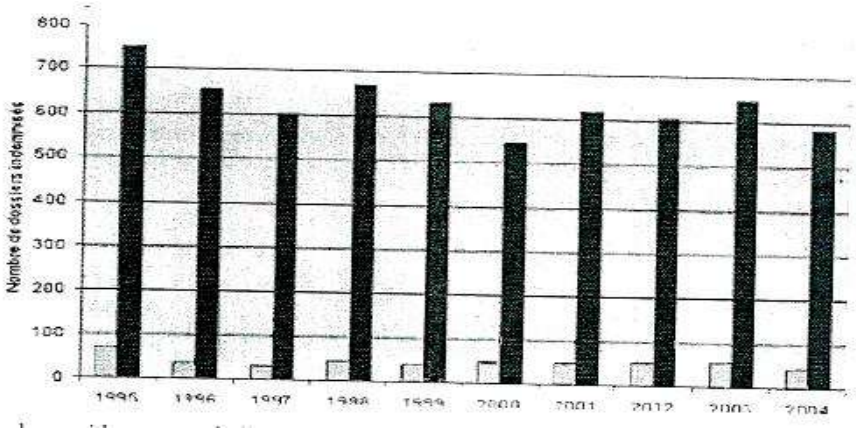


Figure II.2 : Évolution des accidents et maladies professionnelles indemnisés
(CSST -2005)

On voit qu'en plus des tragédies qu'occasionnent les chariots élévateurs chaque année, les coûts d'indemnisation des jours perdus et des dommages matériels sont très élevés.

II.2.3. Accidents aux États-Unis

Aux États-Unis, les évaluations d'OSHA montrent qu'il y a chaque année environ85 morts causés par les chariots élévateurs, 34 900 blessés graves et 61 800 avec des blessures moins sérieuses. Selon 1 'IT A (Industrial Truck Association), il y a environ855 900 chariots élévateurs aux États-Unis, ainsi plus de 11 % sont impliqués tous les ans dans un certain type d'accident. L'IT A signalé également que la vie de ce genre de véhicule est de huit ans, ce qui signifie qu'environ 90 % de tous les chariots élévateurs seront impliqués dans un certain type d'accident pendant leur durée de vie .

Tableau II. 2: Répartition des accidents selon l'avent causal

Accident impliquant les chariots élévateurs	Pourcentage
Basculement	42.0%
Écrasement entre le véhicule et une surface	25.0%
Écrasement entre deux véhicules	11.0%
Heurtés ou touchés par une fourche d'élévation	10.0%
Frappé par le matériel en chute	8.0%
Chute de charges	6,1%

Le manque de visibilité due à plusieurs facteurs, contribue d'une manière significative aux d'accidents des chariots élévateurs (tableau 3.2).
Panni ces facteurs, on retrouve:
- La conduite en marche arrière dans une aire de travail non protégée.

- Les angles morts.
- Les carrefours et portes d'accès obstrués, etc.

Tableau II. 3 : Répartition des accidents selon l'agent causal

Accident	Pourcentage
Basculement	25,3%
Collision avec autre chariot	18,8%
Chute de charges	14,4%
Monte sur des fourchettes	12,2%
Tomber du dock	7,0%
Entretien	6,1%
Panne	4,4%

tableau II. 4 : la répartition de 50 accidents survenus en Australie,

Nature d'accidents	Pourcentage
Piéton écrasé par la charge	28%
Opérateur écrasé lors du renversement du chariot	16%
Piéton frappé lors de circulation du chariot	14%
Piéton frappé lors de manœuvres du chariot	14%
Opérateur écrasé lors du déplacement du chariot	14%
Chute du chariot, des fourches ou de la charge	12%
Intoxication par les gaz d'échappement du chariot	2%

(État de Victoria seulement) entre 1985 et 2003 selon l'agent causal « chariot élévateur ».

II.2.4. Facteurs contribuant aux accidents

Plusieurs facteurs liés au travail peuvent contribuer aux accidents. Ci-après lesfacteurs les plus fréquents:

- Angles morts ou obstructions à la visibilité du conducteur.
- Contraintes de production comme la vitesse et le stress.
- Mauvais entretien des chariots.
- Mauvaise technique de conduite en marche arrière.
- Mauvaise technique de conduite dans les virages.
- Mauvaise utilisation ou mauvais fonctionnement des dispositifs d'avertissement.

-Mauvaises communications lors des tâches partagées, ou dans les aires partagées.

La figure 6 nous montre un piéton qui se dirige vers la zone de travail des chariotsélévateurs. Le cariste n'a pas vu la personne alors qu'il faisait une manœuvre de reculpour pouvoir aller chercher d'autres charges. Il a heurté mortellement la victime.

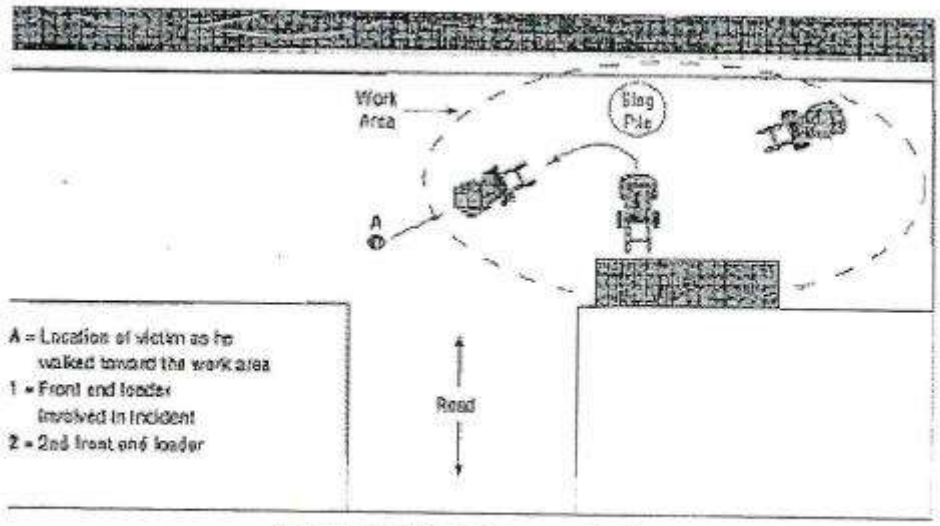


Figure II.3 : Accident survenu aux États-Unis

Les figures et 3.6 présentent des situations de danger qu'on trouve dans le milieu industriel

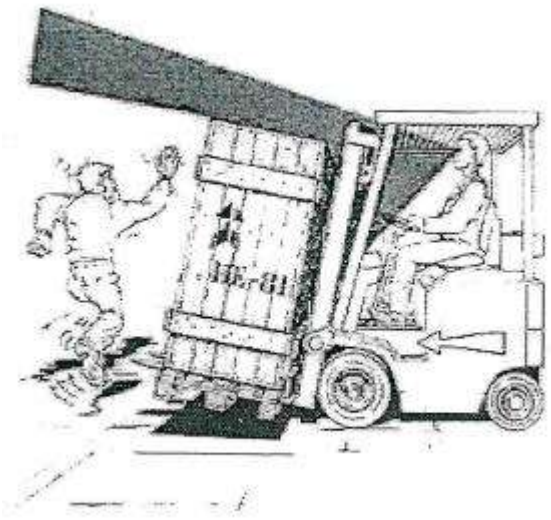


Figure II.4 : L'angle mort lors d'un déplacement en marche avant

La figure, nous montre l'angle mort en présence d'une charge. Le risque de collisiondans ce genre d'opération est très élevé.

La vitesse présente aussi un réel danger. La figure 3.6 nous montre ce facteur qui fait beaucoup de victimes.

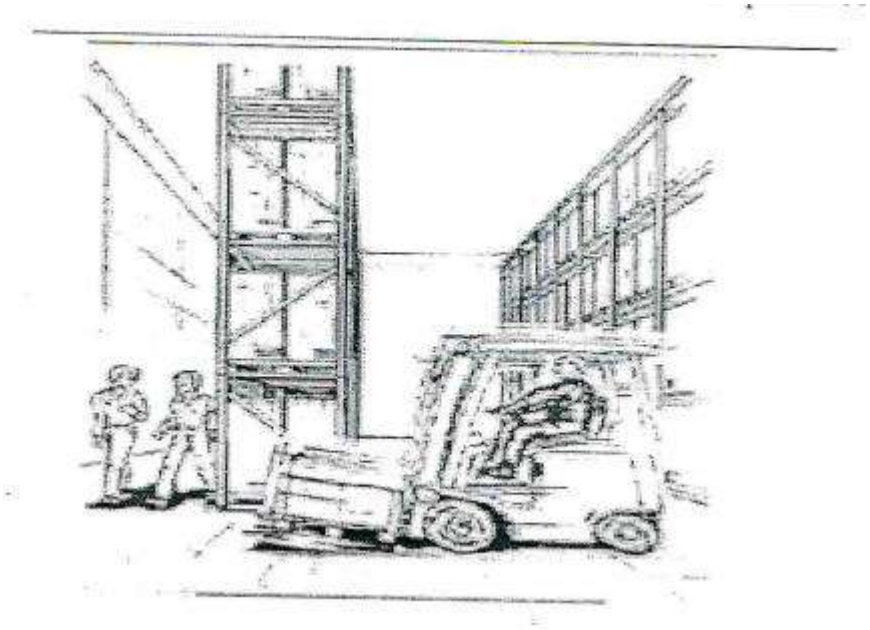


Figure II.5 : Danger de la vitesse dans les aires de travail

I.2.5. Coûts reliés aux accidents

Les coûts engagés par les entreprises pour les accidents ne cessent d'augmenter. Les taux moyens de lésions et de maladies varient selon les secteurs de l'industrie et selon les entreprises d'un même secteur. En industrie certains secteurs sont plus dangereux que d'autres et il est donc naturel que leurs taux de lésions soient plus élevés. Toutefois, même parmi les entreprises qui ont des activités semblables, les taux de lésions et de maladies varient énormément. Dans les domaines d'activités les plus risqués, les entreprises les plus sécuritaires atteignent des taux de lésions et de maladies avec interruption de travail de moins de 0,5 par 100 employés, soit six fois moins que la moyenne. Les entreprises de tous les secteurs ont donc la possibilité d'améliorer leur rendement en santé et sécurité. La plupart des entreprises qui obtiennent régulièrement de faibles taux de lésions et de maladies y arrivent grâce à de saines pratiques de gestion. Elles ont fait de l'investissement dans la santé sécurité un objectif d'affaires, non seulement pour les intérêts de leurs employés, mais aussi pour assurer leur succès et leur rentabilité.

Conclusion

En industrie il suffit de quelques incidents déplorables pour détruire la confiance envers une usine.

À ce qui concerne les chariots élévateurs, la grande majorité des facteurs causant des accidents sont contrôlables. Avec la contribution de tous les intervenants dans le milieu industriel, beaucoup de vies seront sauvées et des millions de dollars épargnés.



Chapitre III

Mesure de prévention et description du système de détection

III.1. Introduction

Les détecteurs d'obstacles sont utilisés pour assister le cariste et l'infonner sur laprésence d'un objet sur son chemin. Ce chapitre présente une description détaillée desdifférents blocs qui constituent le système de détection, ainsi que les mesures de prévention à prendre.

Le système se compose de plusieurs blocs: bloc alimentation, bloc émetteur/récepteur, bloc interface de calcul et bloc d' affichage.

III.2. Description du système de détection

III.2.1. Principe de détection

Le principe du calcul de la distance est simple: il faut émettre une trame d'impulsion ultrasonore, et compter le temps d'attente à la réception. Étant donné que la vitesse du son est connue, on aura :

$$d = \frac{c * t}{2}$$

Divisé par deux, car le temps correspond à un aller - retour.

Une onde sonore est caractérisée par un mouvement d'ensemble des particules constituant le milieu de propagation. L'étude de la propagation des sons fait intervenir les lois physiques des modes de transfert de l'énergie mécanique, ainsi que de la mécanique des fluides, figure

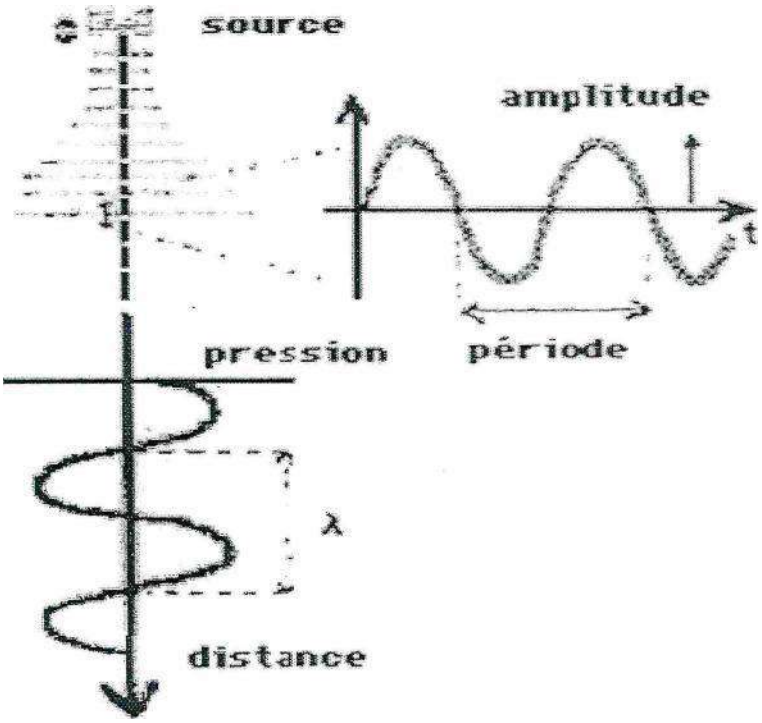


Figure III.1 : Représentation de J'onde ultrasonore en fonction du temps

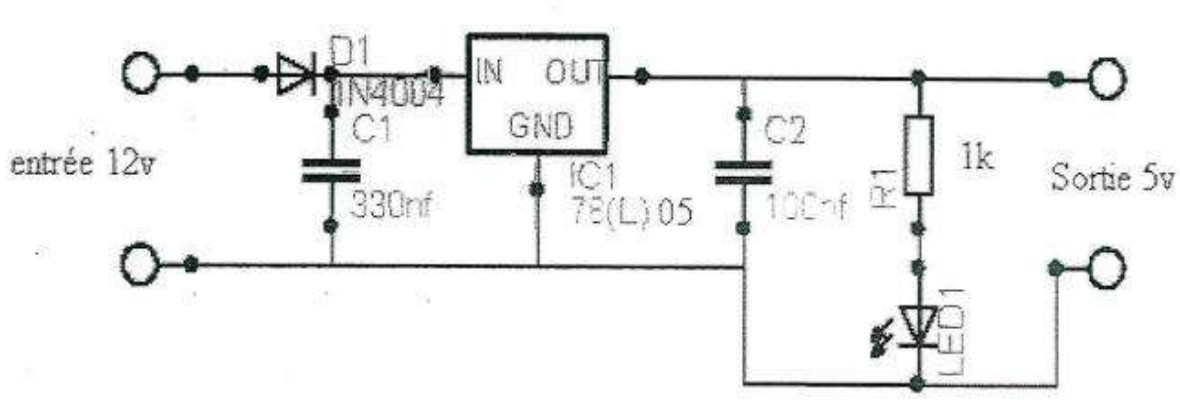
La vitesse à laquelle une onde sonore se déplace dans un matériau, vitesse appelée célérité C, est déterminée par la grandeur des forces qui lient les molécules entre elles. La célérité dépend d'un facteur de compressibilité *k* (mesure de la résistance à la compression) et de sa masse volumique p, d'où:

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

C : célérité.
K : facteur de compressibilité.
p : masse volumique
Ces grandeurs varient en fonction de la température, la pression, l'élasticité, etc. et sont fortement interdépendantes les unes des autres. De ce fait, la propagation sonore va en dépendre également.
La célérité C d'une onde sonore se propageant dans l'air est donnée par la formule suivante:

$$c = 331 * \sqrt{\frac{T+273}{273}}$$

* À la vitesse du son est de 331 rn/s



III.2.2. Bloc alimentation

Pour alimenter notre dispositif une fois implémenté sur le chariot élévateur, on abesoin d'une tension de 5 V stabilisée. La tension d'entrée de 12V ou 24 V est assurée par la batterie du chariot. Le principe de fonctionnement est simple : on fournit à la carte une tension non stabilisée et il en ressort une tension parfaitement stabilisée qui sera appliquée à notre microcontrôleur. Le régulateur de tension 78(L) 05 répond parfaitement au besoin. Une LED permet de visualiser si la carte est sous tension, figure 4.2.

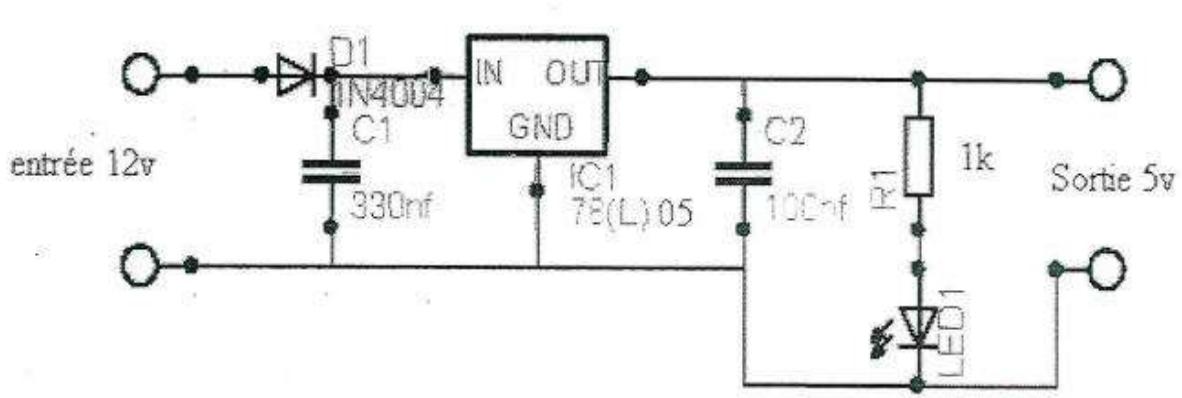
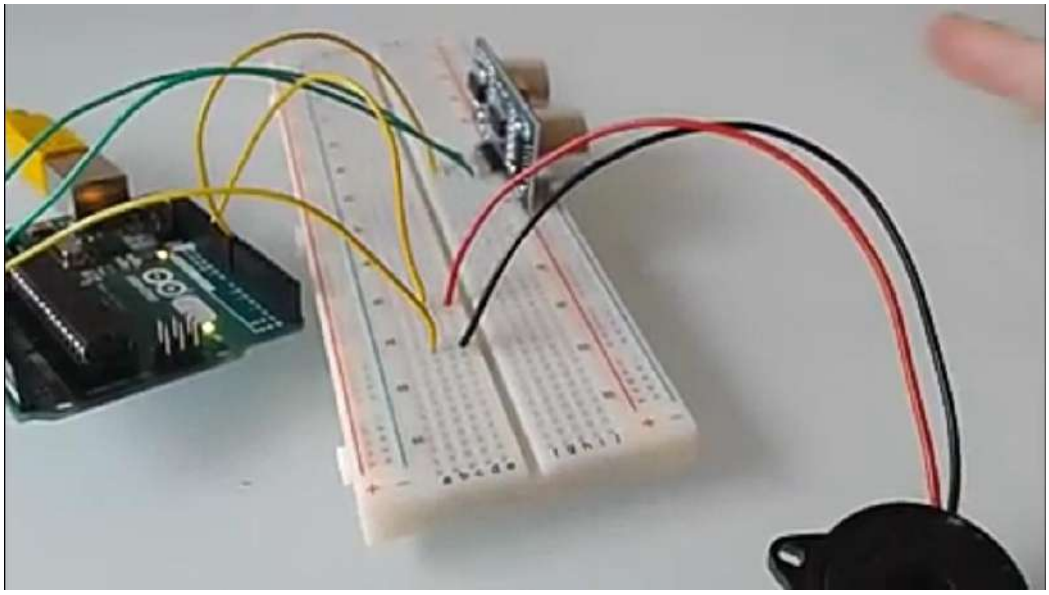


Figure III.2 : Schéma électronique du régulateur de tension 78L05



La figure III.3 : montre le circuit réalisé sur une plaque d'essai

Figure Régulateur de tension

– **Composants de la carte:**

– 78L05

-Diode IN4004 ou In4007

– Condensateur céramique 100nF

– Condensateur céramique 330nF

-Résistance cms (1206)

-Led 5mm

III.2.3. Le capteur polaroïd 6500

On a choisi comme capteur le polaroïd 6500, qui est un dispositif économique capablede commander tous les capteurs électrostatiques polaroïd. Il est précis entre 6 pouces et 35pieds. La figure nous montre le circuit électronique du polaroid 6500.

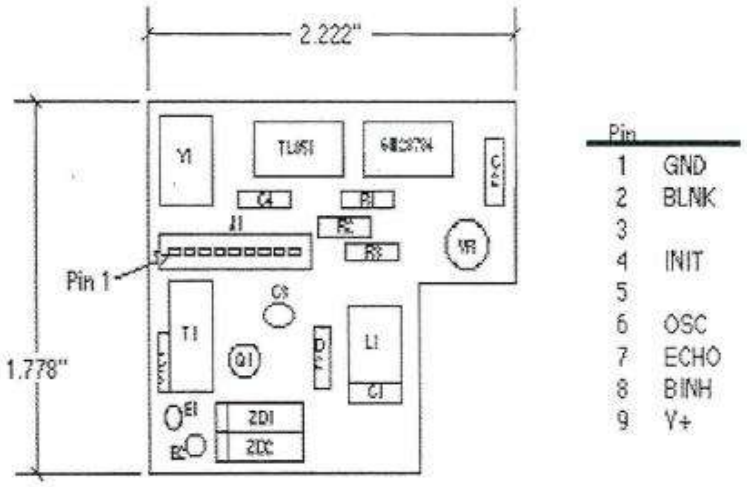


Figure III.4 : Le module électronique du polaroid 6500

Le sonar « POLAROID 6500 » a les caractéristiques suivantes, figure 4.5 :

- Fréquence de travail: 50 kHz
- Tension de commande: 400 V c. à
- Alimentation: +5 V
- Consommation : - Au repos: 100 mA - En émission: 2 A
- Horloge de précision intégrée 420 kHz.
- Amplificateur à gain et bande passante ajustables pour compensation du bruit.
- Dispositif sélectif de suppression d'échos indésirables.
- TO de fonctionnement: 0 à +40 oC.
- Dimensions 52,5 x 45 mm.
- Mesure des distances de 15 cm à Il m avec une précision de ± 1 %.

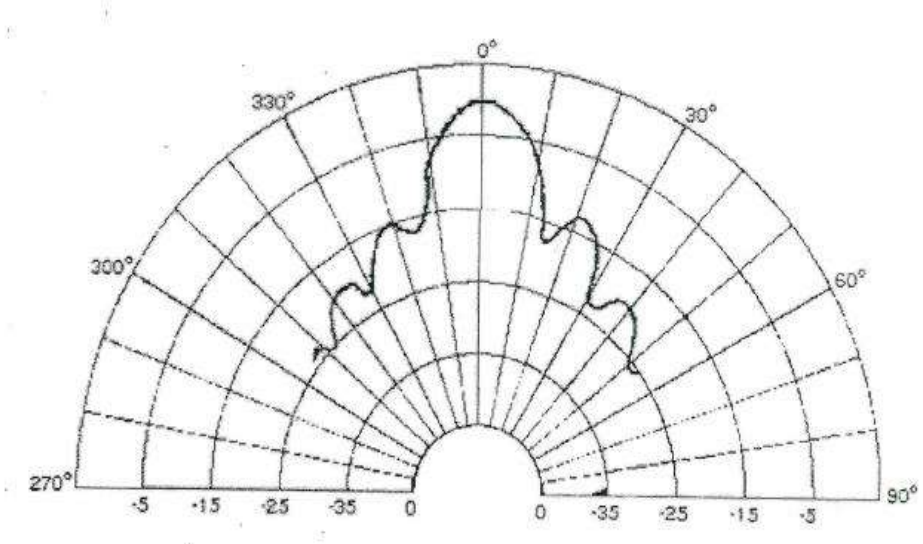


Figure III.5: Modèle typique de faisceau à 50 kilohertz du transducteur

III.2.4. Bloc émetteur-récepteur

L'émetteur et le récepteur se trouvent dans le même boîtier du polaroid 6500_ La figure représente le schéma électronique du sonar 6500

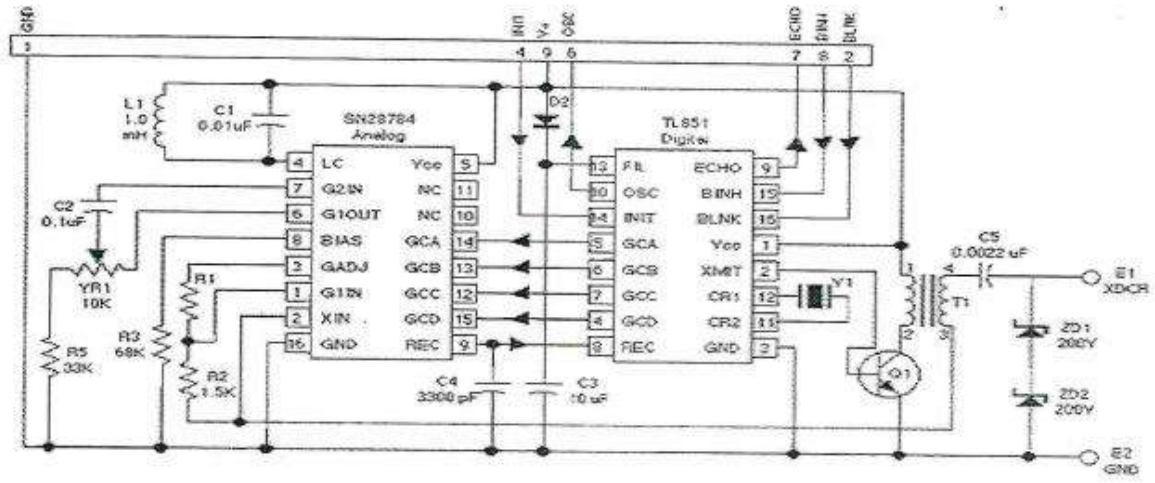


Figure III.6 : Schéma électronique du sonar polaroid 6500 Ci-après une brève description du fonctionnement de ce module:

- Après la mise sous tension, il faut une temporisation de 5ms avant de pouvoir forcer le bit INIT au niveau haut, c'est-à-dire avant de pouvoir envoyer une première impulsion d'ultrasons.
- Les ultrasons sont envoyés sous la forme de 16 impulsions à 49 KHz de 400V d'amplitude.
- L'écho doit parvenir au module récepteur avant que le bit INIT ne soit retombé à sa valeur basse c'est-à-dire avant 38ms (temps limite de réception).
- Le circuit TL851 contient un compteur interne qui, si la distance à mesurer augmente, amplifie le gain et la bande passante grâce à un amplificateur analogique (le TL852). Ceci permet de capter les signaux pendant 38 ms.

La première étape de ce processus de détection c'est l'initialisation du sonar et du microcontrôleur, l'objectif de cette opération permet d'avoir une bonne communication entre le bloc dé traitement et le bloc d'affichage/alarme. Une temporisation de 5ms entre la mise sous tension et l'envoi de la première impulsion est imposée par le constructeur du sonar. Dès l'émission de l'impulsion, le microcontrôleur compte le temps mis par les impulsions pour faire l'aller et le retour lors de la réflexion sur un obstacle. Après réception, le Timer contient l'information du temps de vol. Pour calculer la distance séparant le chariot de l'obstacle, il faut donc connaître la vitesse du son.

III.2.5. Bloc alarme/affichage

Ce circuit est conçu pour remplacer le PC lors de l'installation sur un chariot élévateur réel. La programmation du microcontrôleur permet la réalisation du calcul interne nécessaire à

la détermination de la distance. À l'issue des conversions faites, la distance mesurée est affichée sur l'écran ACL. Le microcontrôleur supporte deux entrées seulement. Pour notre application on peut utiliser deux circuits, ou bien un autre modèle qui supporte les quatre capteurs en même temps (figure 4.7). Le dsPIC contient plusieurs blocs dont les plus importants sont les compteurs, les buffers et une unité de traitement de données qu'on peut voir l'équivalent dans la figure

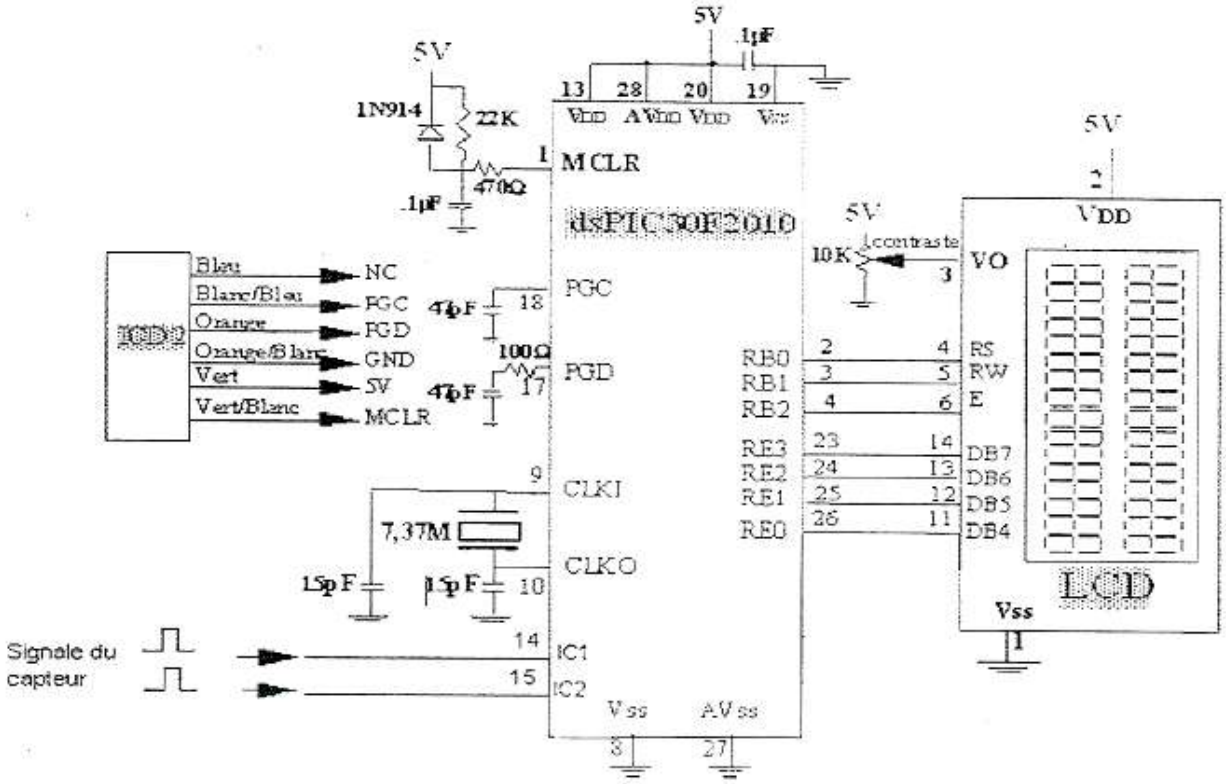


Figure III.7: Schéma électronique du 'dsPIC30F2010'

Matériels utilisés:
Logiciel MPLAB et programmateur ICD 2
1 dsPIC30F2010
1 diode IN914
1 cristal de 7.37 MHz
Résistances: 470 n, 100 n, 22K, I0x1K, 1 potentiomètre de IOK
Condensateurs: 100 f.1F, 2x1 f.1F, 2x15pF, 2x47 pF
1 Afficheur LCD 2x 16 caractères sur deux lignes
5V
VDD
On a programmé le microcontrôleur avec le logiciel MPLAB, le programme au complet se trouve à l'annexe **A.** Après plusieurs tests on a pu ajuster le programme afin de faire fonctionner la carte en incluant les données désirées, **figure**

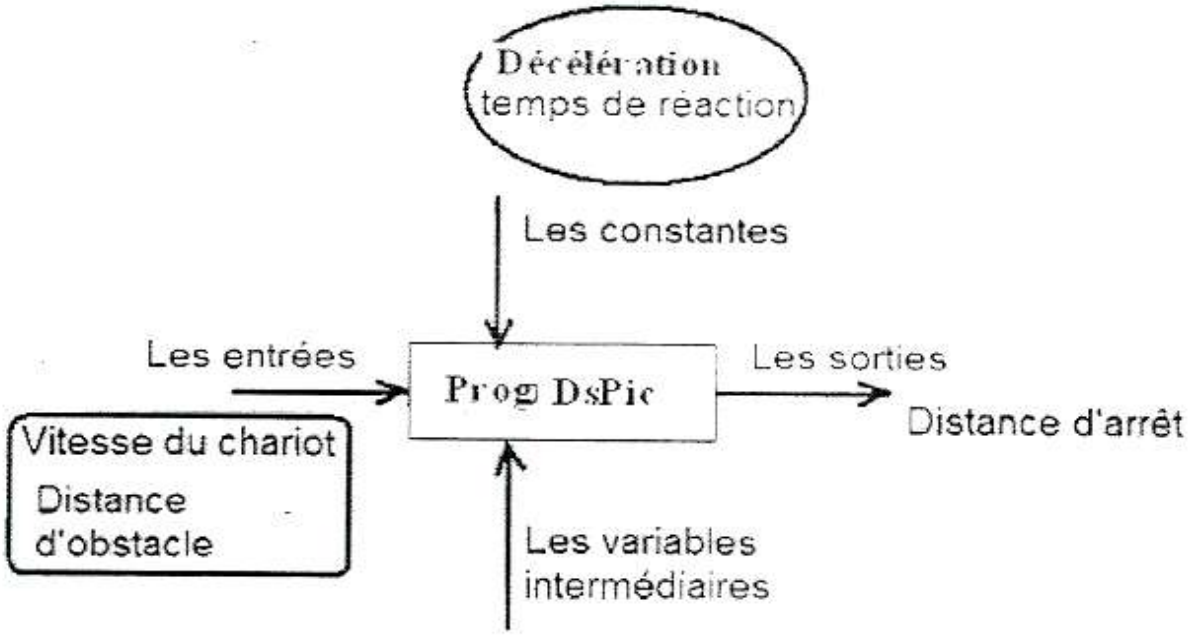
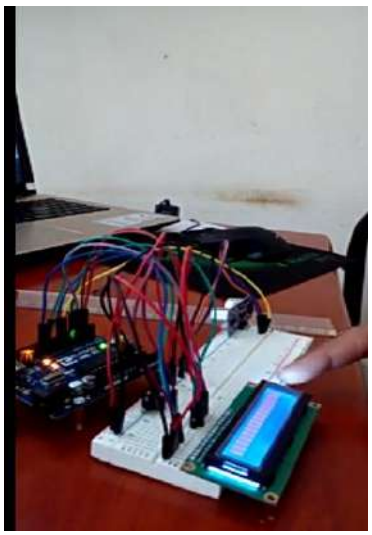


Figure III.8 : Schéma de principe pour le calcul de la distance d'arrêt

La figure 4.9 montre la réalisation pratique du circuit d'affichage, on peut voir les circuits principaux: le DsPIC 30F2010, l'écran LCD et l'alarme.

Le circuit d'affichage remplace le PC afin de permettre l'utilisation du système sur un chariot élévateur réel. Par contre, l'utilisation d'un ordinateur reste très pratique pour faire des tests au laboratoire puisqu'il supporte un nombre plus grand de capteurs



FigureIII.9:BlocAffichage/ Alarme

III.3. Schéma global du système de détection

Dans le schéma global du système de détection, figure 4.10, on peut voir les quatre capteurs polaroid, les compteurs ainsi que l'interface pour faire la liaison avec l'ordinateur ou l'écran ACL.

La première étape de ce processus de détection c'est l'initialisation du sonar et du microcontrôleur, l'objectif de cette opération permet d'avoir une bonne communication entre le bloc de traitement et le bloc d'affichage/alarme. Une temporisation de 5ms entre la mise sous tension et l'envoi de la première impulsion est imposée par le constructeur du sonar. Dès l'émission de l'impulsion, le microcontrôleur compte le temps mis par les impulsions pour faire l'aller et le retour lors de la réflexion sur un obstacle. Après réception, l'horloge contient l'information du temps de vol. Pour calculer la distance séparant le chariot de l'obstacle, il faut donc connaître la vitesse du son

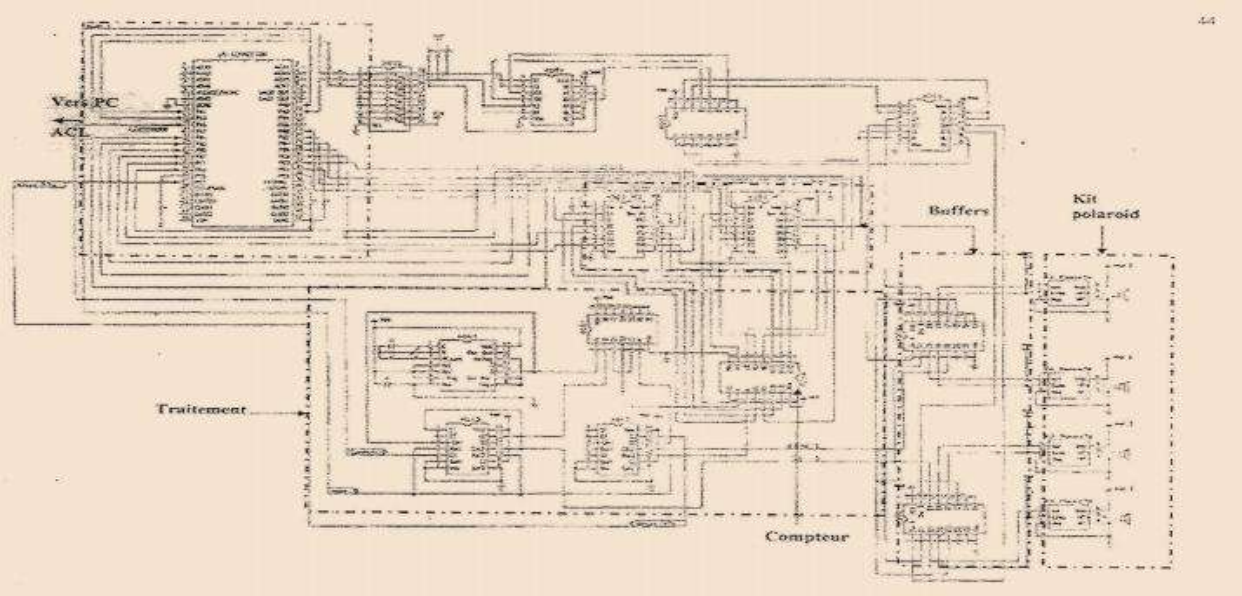


Figure III.10: Schéma global du système de détection

III.3.1. Calcul de la distance d'arrêt

La distance d'arrêt nécessaire pour que le véhicule évite la collision changeprincipalement en fonction de la vitesse, du temps de perception, du temps de réponse, du temps de réaction et du temps de freinage. Ce dernier répond aussi du coefficient de traction, du couple de freinage, des dimensions des pneus, et de la distribution du poids du chariot, etc. La norme ASME B56.1 , présente une méthode pour calculer la distance d'arrêt afin de vérifier si les freins permettent d'arrêter le chariot chargé dans la distance requise, mesurée à partir du point où les freins sont appliqués et calculés selon les formules suivantes:

$$S = \frac{3.34V^2}{D} \quad (1) \qquad S_1 = \frac{0.394V_1^2}{D}$$

Où

S= distance d'arrêt théorique approximative, en pi. v= vitesse, mph.

D= effort retardateur au crochet, selon les données de la figure 4.11 en pourcentage. D représente la capacité effective de freinage d'un chariot en fonction de la vitesse maximale. distance d'arrêt théorique approximative, en m.

V= vitesse, en Km/h

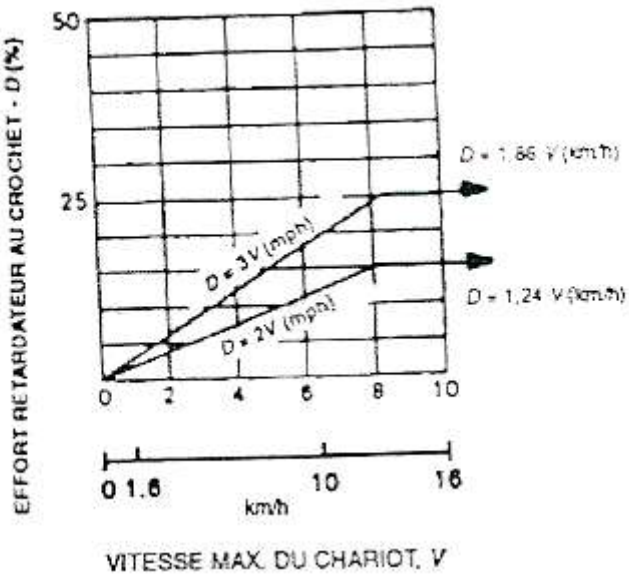


Figure III.11 : Capacité de freinage requise-frein de service

La figure : représente l'effort retardateur au crochet en fonction de la vitesse maximale pour deux types de chariots:

(a) Les chariots à petite levée et à grande levée, à l'exception des chariots à poste de conduite élevable, à grande levée (D=I.86 V (km/h)).

Sans qu'il soit nécessaire d'excéder 25 %.

(b) les chariots à poste de conduite élevable à grande levée (D= 1.24 V (km/h))

Sans qu'il soit nécessaire d'excéder 15 %.

III.3.2. Mesure pour une prévention pratique des accidents

L'analyse des accidents du tableau 3.6, nous donne une idée sur la diversité des causes d'incidents. Cela nous mène à établir une démarche pour reconnaître les dangers qui existent sur les lieux de travail .

- La première étape consiste à mener une évaluation pertinente et suffisante des risques:

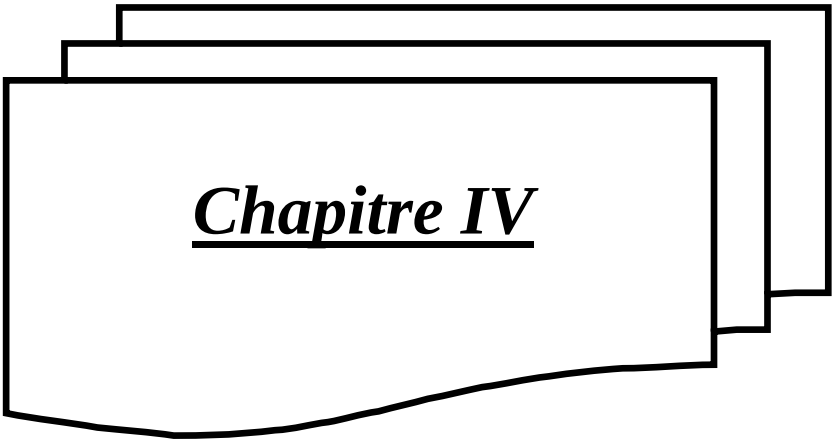
- Identifier les dangers associés aux activités faisant intervenir les chariots élévateurs, par exemple : chargement et déchargement. Se demander quel accident peut se produire et pourquoi? Des personnes risquent-elles d'être percutées ou de se faire écraser?
- Identifier les personnes potentiellement exposées à ces différents nsques. La liste inclura notamment les conducteurs, les autres travailleurs, et les visiteurs.
- Identifier les situations dangereuses, évaluer les risques, les dommages encourus et leurs gravités. Les mesures de prévention existantes sont-elles suffisamment efficaces ou doivent-elles être renforcées?
- Réévaluer périodiquement les nsques, en particulier en cas de changements, par exemple: nouveaux véhicules, modifications de voies de circulation. La priorité doit être donnée à la mise en place de mesures collectives d'élimination des risques, telles que l'amélioration de la conception et de l'aménagement du lieu de travail en vue de minimiser les accidents. Une signalisation appropriée peut être utilisée comme remède lorsque les risques ne peu\'ient être éliminés.

- La deuxième étape étant le choix des mesures préventives qui peuvent être résumées comme suit:

- Sécurité du lieu de travail et de l'exécution des manœuvres.
- Éviter d'avoir à effectuer des marches arrière en améliorant l'aménagement du lieu de travail en utilisant des moyens d'exécution permettant d'effectuer la manoeuvre en toute sécurité.
- S'assurer que les moyens d'exécution permettent de charger et de décharger les produits en toute sécurité.
- Veiller à ce que l'aménagement des voies de circulation soit adapté aux activités des véhicules et des piétons. Chaque fois que cela est possible, isoler le trafic des véhicules du trafic pédestres.
- Une signalisation et des dispositifs d'avertissement adéquats doivent être mis en place.
- Veiller à ce que des passages pédestres adaptés soient en place sur les voies de circulation des véhicules. Envisager la mise en place d'un système de circulation à sens unique en vue de réduire le risque de collisions.
- S'assurer que les voies de circulation sont adaptées aux types et à la quantité des véhicules qui les empruntent. S'assurer que celles-ci sont suffisamment larges et que le revêtement des sols est maintenu en bon état.
- Éliminer les obstacles dès que possible. Exemple: Le chariot a heurté la colonne c-25 parce qu'un boyau d'incendie n'avait pas été ramassé, tableau 3.6.
- Installer des miroirs fixes au niveau des virages sans visibilité. S'assurer de la présence de dispositifs de sécurité adaptés.
- Des panneaux de direction, de limitation de vitesse et de priorité peuvent se révéler nécessaires. Déterminer si des limitations physiques de vitesse telles que des ralentisseurs sont nécessaires. Des programmes d'entretien préventifs sont nécessaires pour les chariots. Les conducteurs doivent effectuer des contrôles de sécurité de base avant d'utiliser les véhicules, par exemple, un contrôle des freins et de l'éclairage avant chaque relève.
- S'assurer que l'éclairage et la visibilité permettent de traverser les lieux de travail en toute sécurité. Les dangers potentiels, comme les intersections, les piétons et les obstacles, doivent être parfaitement visibles. Le port de vêtements à haute visibilité peut être nécessaire pour les conducteurs et/ou les piétons si ces derniers ne peuvent être suffisamment isolés.

III.4. Conclusion

Le système de détection réalisé utilise la technologie présentement disponible sur le marché que ce soit en termes de composants programmables tels que les microprocesseurs ou de logiciels informatiques. Il répond à l'objectif de cette étude et préconise un premier pas vers l'utilisation de la technologie ultrasonore pour assister les conducteurs des chariots élévateurs lorsque la visibilité est réduite.



Chapitre IV

Essais expérimentaux et résultats obtenus

IV.1.Introduction:

Un son bref est émis. Il se propage et atteint un obstacle. L'onde réfléchie sera
captée. Et l'information va être traitée'par le système qui nous donne la valeur du temps parcouru par l'onde et par la suite on peut calculer la distance qui sépare la source de l'objet détecté. Une alarme visuelle sera déclenchée dès que le chariot se rapproche de l'obstacle à une distance bien déterminée.

Figure: Différentes zones de détection

- Zone aveugle : Zone comprise entre la face sensible du détecteur et la portée minimale dans laquelle aucun objet ne peut être détecté de façon fiable. Il est impossible de détecter correctement les objets dans cette zone.
- Zone de détection: domaine dans lequel le détecteur est sensible.

Le programme conçu calcule la distance de sécurité en fonction de la vitesse. Et pour simuler des vitesses plus élevées comme dans les cas des chariots à fourches ou à pinces utilisés largement dans les usines, on a utilisé un autre programme, car notre chariot a une vitesse maximale de 1.5 km/h environ.

IV.2. L'effet de l'humidité et de la température sur les mesures

Ce travail de recherche concerne les chariots élévateurs qui opèrent à l'intérieur des bâtisses et circulent à basses vitesses. Par conséquent, il ne prend pas en considération les conditions environnementales, telles que le vent par exemple.

À l'aide de deux instruments de mesure, le thermomètre et l'hygromètre, on prélève la température et le taux d'humidité.

Le tableau présente les données obtenues.

Tableau IV.1: Mesure de la température et de l'humidité

	Température (eu °C)	Humidité (en %)
Laboratoire de. si. Litions numériques	22	24, très sec
Sous-sol	22	26, très sec
Corridor premier étage	22	20, très sec

On remarque qu'il n y a pas de variation de température entre le laboratoire, le corridor et le sous-sol.

Pour l'humidité, l'hygromètre mesure un taux qui varie entre 20 et 26 pour cent. Cela est considéré comme un environnement très sec. Ce qui signifie que l'influence de cette grandeur est très négligeable.

On utilise la formule (5) pour calculer la célérité C de l'onde sonore selon la variation de la température, et on aura :

À 22°C : C = 344 mis

S'il y avait une variation de température de quelques degrés, par exemple 27°C, on aurait une célérité de 347 rn/s. Cela ne va pas être considéré comme très nuisible pour la détection. En effet, ce changement de température produit une erreur considérée

acceptable pour notre application, alors qu'en robotique cela posera des problèmes surtout pour les passages étroits.

IV.2.1. Essais effectués au laboratoire

Au laboratoire d'électronique, la température est de 22°C. Pour les tests de fiabilité, on prend des mesures pour détecter l'obstacle, avec un pas de 20 cm. L'opération se répète 5 fois afin de vérifier la fidélité et la sensibilité du capteur. Au total 125 mesures étaient prises, on a pris la moyenne pour tracer la courbe de la figure 5.2.
La même opération est répétée avec une personne qui simule l'obstacle. Les résultats étaient presque identiques.

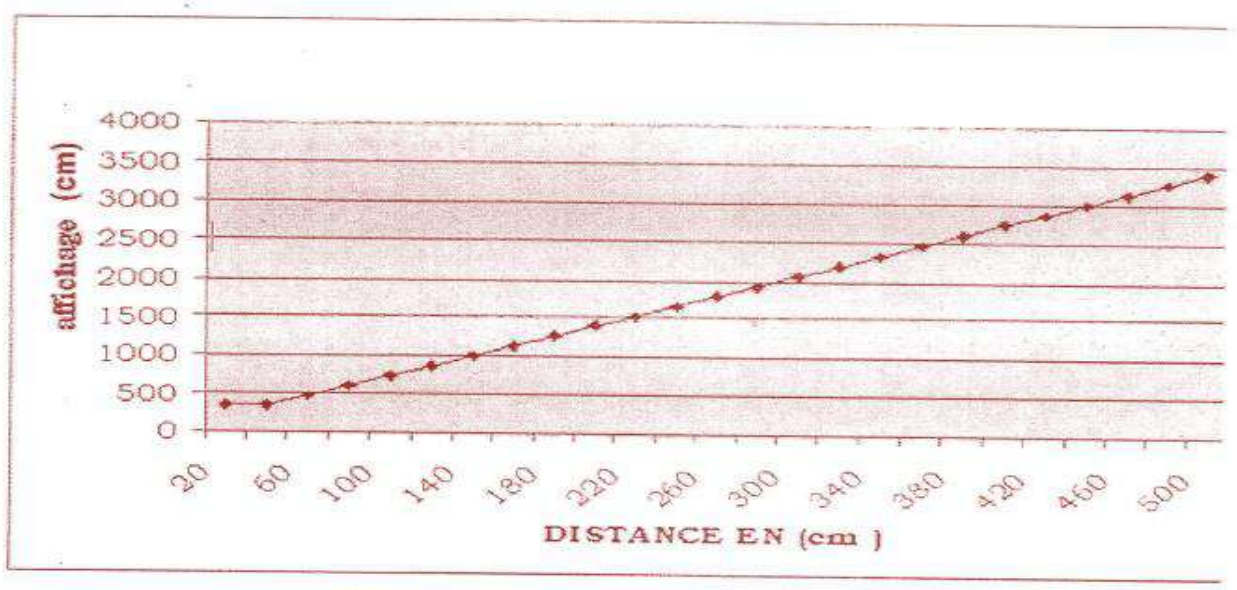


Figure IV.1:Mesure de la distance réelle versus distance affichée

On voit sur la figure que la courbe est linéaire et qu'elle est de la forme: y = 6.6 x+b.
Ce même résultat a été obtenu en utilisant un autre logiciel appelé SAS System. Lesrésultats obtenus démontrent la sensibilité et la fiabilité du capteur puisque les valeursréelles et celles obtenues sur l'afficheur sont presque identiques pour les différents tests. Onpeut voir aussi sur la figure , que le capteur n'est sensible qu'à partir d'une distancedéterminée et qui représente la zone aveugle. Cette distance est d'environ 39 cm**.**

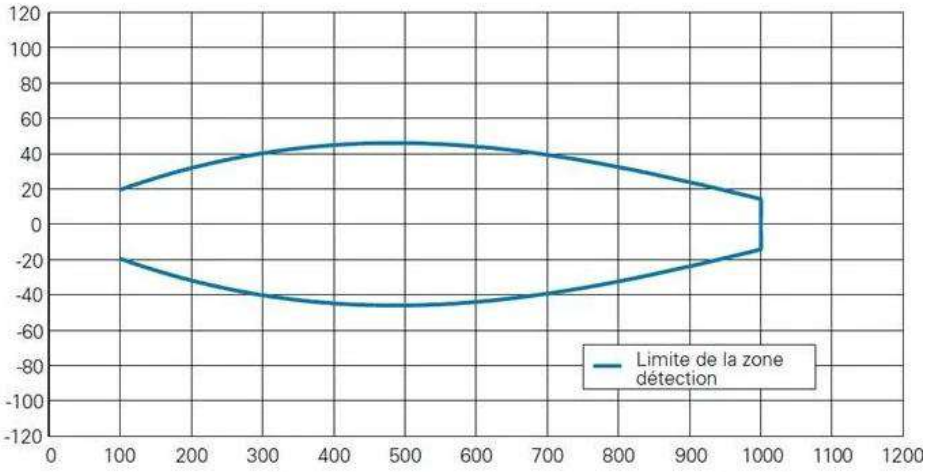
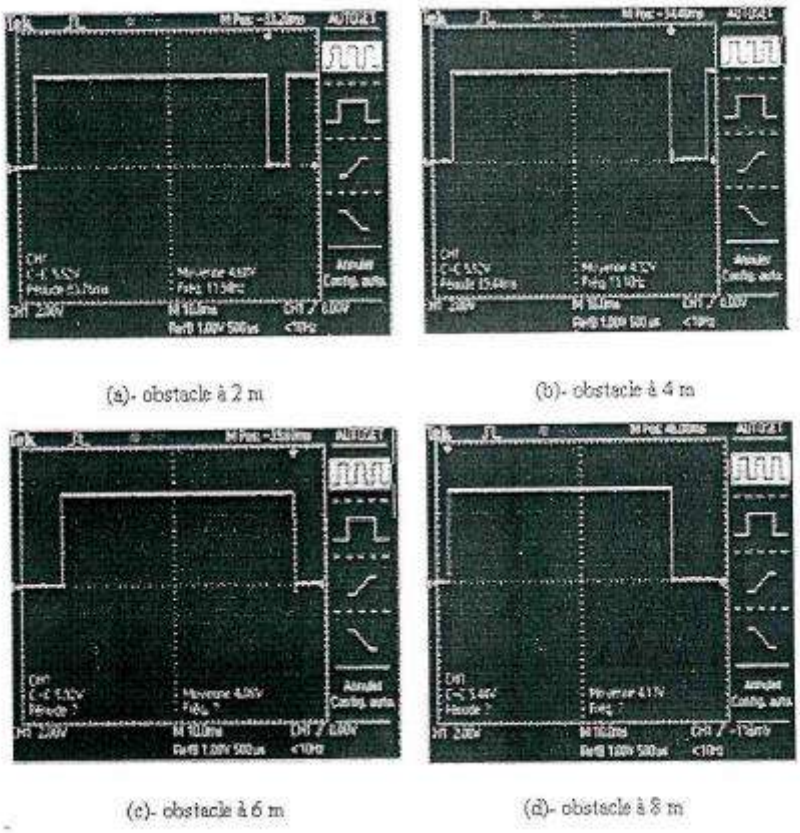


Figure IV.2 : Forme de l'onde ultrasonore d'un capteur

Les mêmes mesures étaient effectuées en utilisant un oscilloscope. Les schémas de la figure : nous montrent que la valeur de la période du signal utile est la même durant tous les tests. Ces mesures sont nécessaires afin de vérifier la sensibilité et la fiabilité du système. Les mesures ont été prises sur le pin numéro 7 du module Polaroid, cette dernière représente le signal ECHO, voir figure 4.5 du chapitre précédent. Les résultats sont concluants, le dispositif est fiable



(a)- obstacle à 2 m

(b)- obstacle à 4 m

(c)- obstacle à 6 m

(d)- obstacle à 8 m

comparer les résultats avec celles obtenues au laboratoire.

Des essais sont effectués dans différentes situations et selon la nature de l'obstacle : - Obstacle fixe, figure (a),(b) et (d).
- Obstacle en mouvement.



Figtire IV.3: Nature des obstacles utilisés pour les tests

La figure , montre les différents obstacles utilisés durant les tests. La figure (a)représente une boîte en carton. Dans la deuxième figure (b) un autre obstacle en métal de forme cylindrique. Le troisième obstacle de la figure(c), c'est une personne en mouvement. La dernière figure (d) simule les colonnes qui se trouvent à l'usine Kruger. Les tests sont effectués au sous-sol de l'UQTR qui est plus spacieux et se rapproche de l'environnement réel.

Il faut noter que l'environnement où opère le chariot élévateur change d'un milieuindustriel à un autre, de même que le bruit ambiant qui peut atteindre un niveau élevé dans certaines sections de l'usine.

IV.2.2. Implantation des capteurs

On implante les quatre capteurs sur le chariot motorisé à conducteur accompagnant (transpalette). C'est un chariot électrique qui n'est pas bruyant. Il est utilisé par le service de messagerie de l'UQTR pour le transfert de courrier. Les capteurs sont placés en ligne avec une distance de 25 cm qui sépare chaque capteur du capteur adjacent.



Figure IV.4 : Chariot motorisé à conducteur accompagnant

IV.2.3. Manoeuvre de recul et situation à risque

On va positionner et diriger les capteurs de telle sorte qu'une large surface en arrièredu chariot soit couverte. Cela va contribuer à éviter les collisions lors de manoeuvres derecul. On peut voir un chariot à pince effectuant les empilements derouleaux. En reculant en arrière pour aller chercher d'autres rouleaux, les caristesheurtent souvent des colonnes.

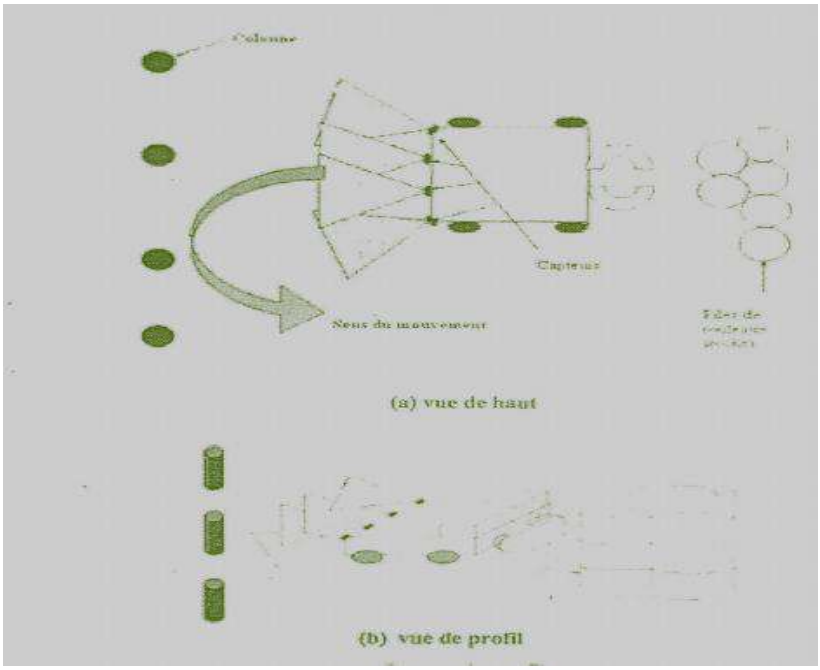


Figure IV.5: Chariot effectuant une manœuvre de recul

Une fois que le dispositif sera implémenté sur le chariot, le système va mesurer ladistance de sécurité en fonction de la vitesse, une lumière rouge s'allume pour l'avertir dela présence d'un obstacle lorsque la distance de sécurité mesurée est insuffisante poureffectuer un arrêt. L'alarme doit être placée de manière à ce qu'elle soit facilement vue.

Aussi, grâce à l'afficheur, le cariste peut connaître la distance qui le sépare de l'obstacle.

Cette information va l'aider à avoir des repères, et à améliorer son jugement en ce quiconcerne les distances qui le séparent des obstacles fixes, comme les murs et les colonnes.

Le système devra détecter les obstacles qui se trouvent dans la trajectoire du chariot. Mais il faut prévoir qu'avant d' aboutir à un résultat satisfaisant, on ferra face à quelquesdifficultés parmi elles on peut citer:

Plus le nombre de capteurs utilisés augmente plus le système devient complexe.

Cela nécessitera l'utilisation d'un circuit d'affichage adéquat et uneprogrammation du microcontrôleur pour le nombre de capteurs utilisés.

L'implémentation des capteurs de manière à avoir une efficacité accrue vu lechangement constant des conditions de travail d'un environnement à l'autre etaussi les dimensions des obstacles et les objets portés.

ti Les faux déclenchements probables du détecteur sous l'effet du bruit ou desréflexions parasites des ondes sur les éléments autour du chariot, provoquantainsi des échos qui sont interprétés comme des obstacles.
L'influence de la température et de l'humidité sur les mesures.
Au corridor la température est aussi de 22°C au moment des tests, la même températureque le laboratoire. On a refait les mêmes tests de fiabilité. Un autre facteur est entré en jeu: lalargeur du corridor. Le capteur détecte l'obstacle qui est dans sa trajectoire. Mais vu la largeurdu corridor qui est de 2,48 m, et qui devient 2 m de largeur si on prend en considération lescasiers, il suffit d'une petite manoeuvre à gauche ou à droite pour que le capteur détecte le mur et que l'alarme se déclenche.
On peut dire que plus les allées où le chariot va opérer sont étroites plus les faut déclenchements voiitaugmenter .

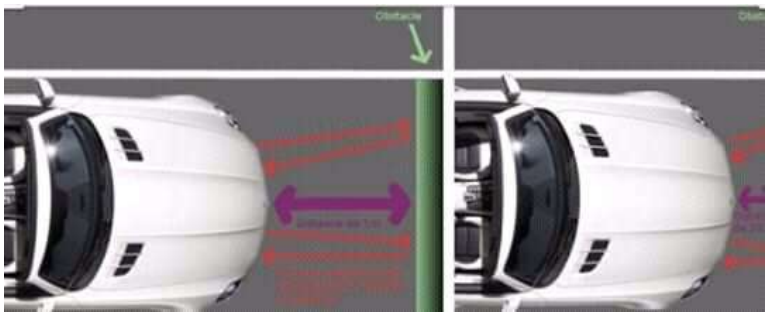


Figure IV.6: Détection d'un obstacle

(boîte en carton) au niveau du corridor Dans les endroits étroits, la caractéristique des ultrasons d'être évasifs sera un inconvénient, car on aura la détection des murs d'un corridor et non du fond de celui-ci.
La détection ne tient compte que du premier écho, donc de l'objet le plus proche, qui n'est pas forcement sur la trajectoire initiale du chariot.

IV.3 Mesures expérimentales (essais effectués au sous -sol) Mise en situation

Dans cette partie du travail on implante quatre capteurs sur le chariot transpalette.
Les essais vont être effectués en présence de plusieurs obstacles.
Après l'analyse du tableau 3.6 qui regroupe les différents accidents impliquant leschariots lévateurs survenus entre 2002-2006 à l'usine Kruger Trois-Rivières, on trouveque sur les quatorze cas enregistrés, treize accidents sont causés par le manque de visibilité.
Le tableau 5.2 regroupe tous les accidents selon leur nature.

Tableau IV.2 : Nature d'accident survenu (N=14)

Nature d'accidents	Nombre d'accidents	pourcentage
Collision avec une colonne	7	50%
Basculement	1	7%
Heurter ou failli heurter une personne	3	22%
collision avec un autre chariot	1	7%
Collision avec un mur	2	14%

Quatre situations dangereuses dues au manque de visibilité peuvent causer unaccident, d'où la nécessité d'utiliser un système de détection pour prévenir le conducteur de la présence d'un danger potentiel sur sa trajectoire.

IV.3.1. Test de fiabilité en présence de plusieurs colonnes

Les 4 capteurs sont disposés en ligne droite sur le chariot, rigoureusement alignés et parfaitement de niveau, ils sont numérotés de gauche à droite, de 1 à 4.
La figure nous montre le chariot en train de faire une manoeuvre de recul avec la présence de plusieurs colonnes.

Tableau IV.3 Détection d'obstacle à proximité du chariot

Capteurs	Nature d'obstacle détecté	Distance mesurée (m)
Capteur nO1	Une colonne	2.90
Capteur n02	Une colonne	2.92
Capteur n03	Le mur	5.35
Capteur n04	Une colonne	2.58

Nous avons pu faire des arrêts sécuritaires dans toutes les situations, après ledéclenchement de l'alarme. A noter que la vitesse de recul du chariot est faible, environ 1.5km/h.

IV.4 .Détection d'objets de natures et de hauteurs différentes

On a fait plusieurs tests avec différents obstacles, on voit sur la l'utilisation de deux objets de formescylindriques, l'un en carton (a), l'autre en métal (b).



Figure IV.7 : Détection d'objets de natures et de hauteurs différentes

Pour l'obstacle de la (a), ce sont les capteurs n° 2 et nO 3 qui ont pu ledétecter. Par contre, les capteurs n° 1 et n° 4 n'ont pas pu le détecter. Et comme nous avons programmé le système pour déclencher l'alarme en prenant en considération la vitesse du chariot et la distance de l'obstacle, on constate la réponse du système en donnant largement le temps au cariste pour effectuer un arrêt sécuritaire. En se rapprochant de l'obstacle avec une vitesse d'environ lkmlh, l'alarme se déclenche alors que l'obstacle est à 90 cm du chariot; l'arrêt s'effectue à 27 cm de l'obstacle.

IV.4.1 Détection d'une personne en mouvement

Cet essai vérifie le fonctionnement du dispositif pour la détection d'une personne en mouvement dans la trajectoire du chariot Le capteur détecte la personne à
partir d'une distance de Il m environ, valeur affichée sur l'écran. Cette distance représente la zone possible de détection. Lorsque le chariot se rapproche trop de la personne, le système mesure la distance nécessaire pour effectuer un arrêt sécuritaire déclenche l'alarme. Cette dernière est représentée sur la carte par une LED rouge.

Tableau IV.4: détection et mesure de chaque capteur

Distance mesurée (m)	
Détection de la personne	
Capteur n°2	Capteur n°3
2.34	2.35
3.57	3.56
4.32	4.33
5.40	5.40
6.23	6.21
7.36	7.36
8.28	8.27
9.30	9.31
10.55	10.55
11.26	11.27

On voit que les mesures des deux capteurs 2 et 3 sont très proches. L'erreur vient du fait qu'on ne peut pas reproduire la même simulation quatre fois avec exactitude, en plus de l'erreur de lecture. Les capteurs 1 et 4 n'ont pas pu détecter l'obstacle en question puisque qu'ils étaient dirigés légèrement vers les côtés.

IV.5 Simulation d'un exemple d'accident, cas de collision avec une colonne

On prend l'exemple des accidents survenus dans l'usine visitée dans lasection « Finition /Expédition ». Les opérateurs des chariots élévateurs à pinces entrent souvent en collision avec les colonnes qui se situent le long du département. Ils ne regardent pas en avant ou en arrière, du fait qu'ils se concentrent à ajuster la pince qui est trop ouverte après l'entreposage des rouleaux ou bien à cause de la fatigue.

Comme première intervention, les responsables de la santé sécurité ont peint ces colonnes en rouge, afin qu'elles soient plus visibles. Apparemment cette solution n'a pas résolu complètement le problème.

Les tests précédents ont démontré la fiabilité du système, mais il reste des zones non détectées par les capteurs de part et d'autre du chariot. On voit sur la figure 5.12 qu'au moment de recul avec une certaine courbure et avec la présence d'un obstacle qui se trouve en dehors de la surface balayée par les capteurs, le risque de collision est très élevé.

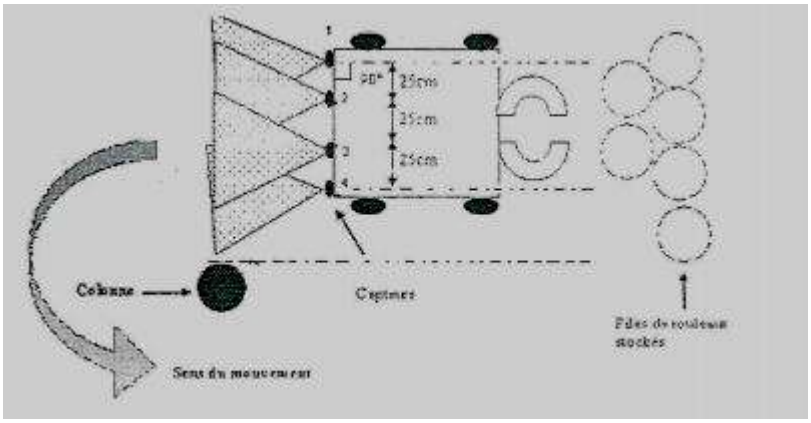
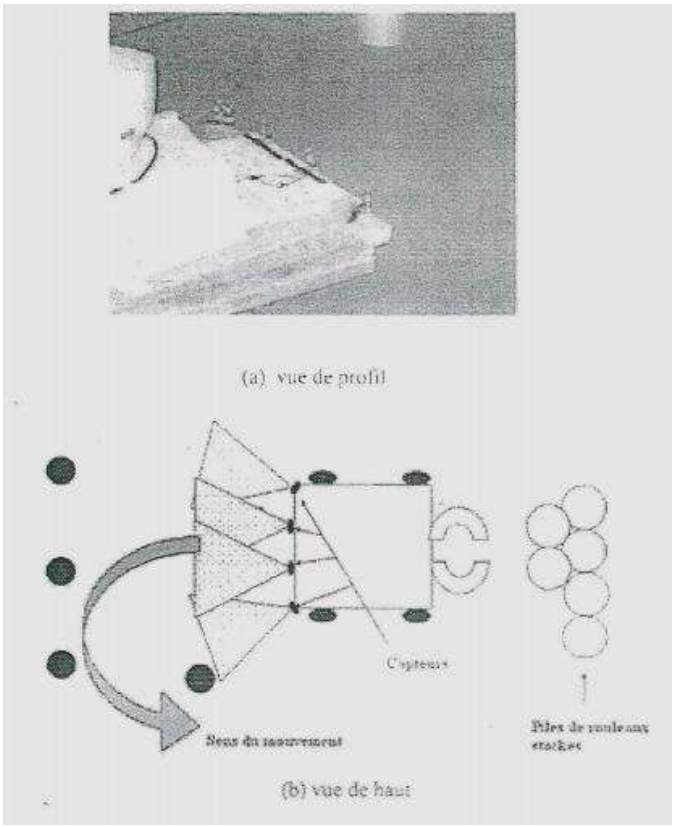
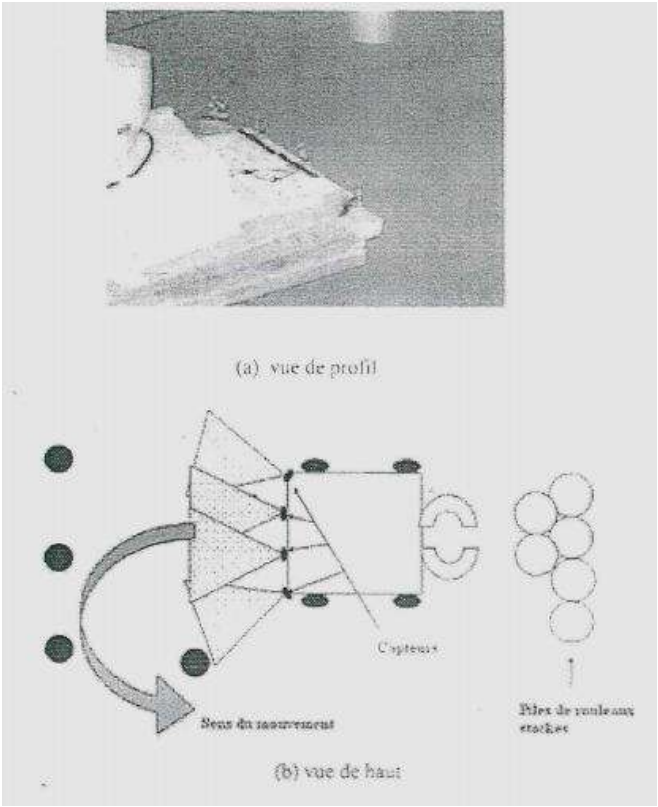


Figure IV.8 : Colonne non détectée par un capteur

Une autre configuration des capteurs de manière à augmenter la surface détectable à l'arrière du chariot est alors testée.

Les capteurs n° 1 et 4 sont dirigés avec un angle a de 30°,35° et 45°. Après plusieurs tests, on a choisi de prendre a = 45°. Cet angle permet de couvrir une large zone sur les côtés à condition que les corridors soient larges


(a) vue de profil
Capteurs
Sens du mouvement
Files de rouleaux
étudiées
(b) vue de haut


(a) vue de profil
Capteurs
Sens du mouvement
Files de rouleaux
étudiées
(b) vue de haut

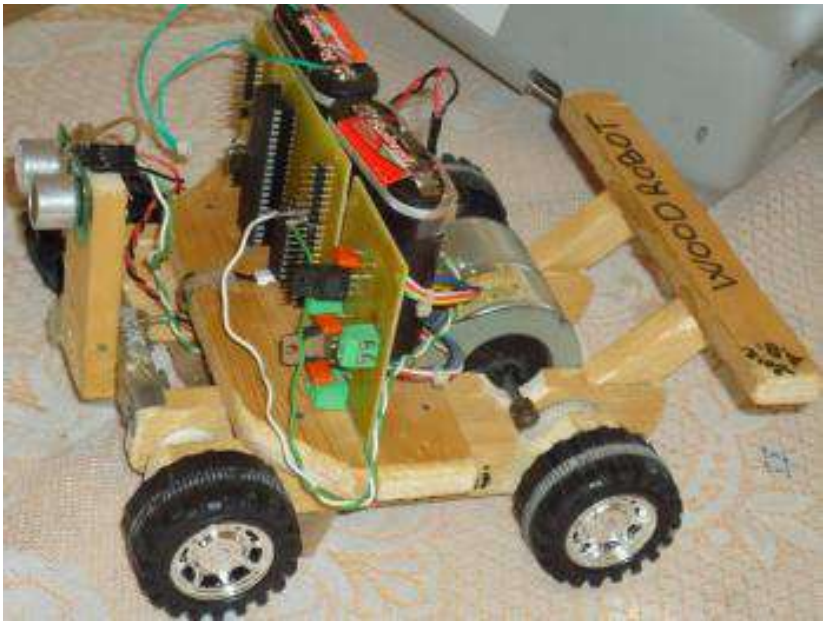


Figure IV.9: Nouvelle configuration des capteurs

En effectuant les tests avec cette nouvelle configuration, le dispositif a pu détecter les quatre colonnes. Les capteurs 1,2 et 3 détectent les trois colonnes plus loin, et le capteur n04 détecte la colonne la plus proche à gauche du chariot. En reculant avec une certaine courbure, le dispositif a pu détecter la colonne et a déclenché l' alarme, alors qu'avec les capteurs en ligne cela n'était pas possible vu que l'angle d'orientation de ceux se trouvant aux extrémités ne permet pas cette possibilité. On va voir dans le paragraphe suivant comment calculer la distance d'arrêt et les essais effectués avec le chariot électrique ainsi que les résultats des simulations.

IV.5.1. Temps de réponse du cariste et distance d'arrêt

- Distance d'arrêt, temps de réaction et distance de freinage

Lors d'un freinage d'urgence, le temps que met un véhicule à s'arrêter se décompose en deux parties.

a) Le temps de réaction du conducteur (temps nécessaire au conducteur pour prendre conscience de la situation, et appuyer sur le frein).

b) Le temps de freinage lui-même.

- Distance d'arrêt Da

Pour calculer la distance d'arrêt d'un véhicule, on additionne la distance parcourue pendant le temps de réaction et la distance de freinage.

$$Da = D_r + D_f$$

-Distance de réaction (Dr) parcourue pendant le temps de réaction La distance de réaction est la distance parcourue par un véhicule pendant le temps de réaction du conducteur.

Après le déclenchement de l'alarme, le cariste a très peu de temps pour prendre conscience du danger et éviter la collision.

La formule donnant la distance parcourue pendant le temps de réaction est:

$$D_r = \frac{V}{3.6} * t_r \quad (4)$$

Avec:
Dr: distance en mètres
V : la vitesse (km/h)
tr : temps de réaction en seconde
On peut voir clairement que la distance de réaction est proportionnelle au temps deréaction.

- Distance de freinage (Dr) parcourue pendant le temps de freinage:

La distance de freinage est la distance parcourue entre l'instant où le conducteur freine etcelui où le véhicule s'arrête.
Soit V la vitesse du véhicule, la formule donnant la distance de freinage en mètres est:

$$D_f = \frac{V^2}{2 * a}$$

Avec:
Df : distance en mètres.
V : la vitesse (m/s).
a : la constante de décélération m/s2.
Dans les meilleures conditions, pneus et freins en parfaits états, la constante (a) est environ égale à 8 mls2. D'autres études l'évaluent à 5 mls2.
On considère que le temps de réaction moyen est d'une seconde environ et que la constante de décélération moyenne est de 8 mls2
, et on mesure la distance d'arrêt du chariot
transpalette qui a une vitesse maximale de 1.5 km/h. D'autres études considèrent un temps de réaction moyen de l'ordre de 0,65 s .alors d'autres l'estiment à 1.08 s.
En utilisant les fonnules (3), (4) et (5) on obtient:

- Dr = 0.42 m
- Df = 0.01 m
- Da =0.43m

On a fait une comparaison en utilisant les différentes variations du temps de réaction selon différentes vitesses, on peut voir les résultats au le tableau 5.6
En général, plus le temps de réaction du cariste et la vitesse du chariot sont faibles, meilleures sont les chances d'évitement. La distance de freinage est proportionnelle à la

vitesse du chariot. On a mesuré la vitesse du chariot à conducteur accompagnant en calculant le temps parcouru pour une distance de 9 m. Le chronomètre a mesuré 5.91 secondes, ce qui nous donne une vitesse d'environ 1.5 km/h. C'est une très faible vitesse vu la taille et la nature d'utilisation de ce genre de chariots qui sont utilisés pour des applications légères. Dans des conditions réelles, la vitesse de recul des chariots à fourches ou à pinces peut atteindre 10 km/h. Dans une étude récente faite par Paine et Henderson pour mesurer le temps de réponse et la distance d'arrêt d'un véhicule reculant à différentes vitesses, on voit sur la distribution du temps de réaction d'un conducteur effectuant une manoeuvre de recul. En considérant un temps de réaction moyen de l'ordre de 0,65s et une vitesse de recul de 5 km/h, le véhicule aura parcouru 0,90 m avant que le conducteur ne réagisse au signal d'alarme. Si le temps de réaction est de 2 s, le véhicule aura alors parcouru 2,7 m avant le freinage.

Dans notre cas, et avec une vitesse maximale de 1.5 km/h du chariot transpalette, il est parfaitement possible au conducteur d'éviter la collision si l'alanne le prévient à 1 m de l'obstacle .

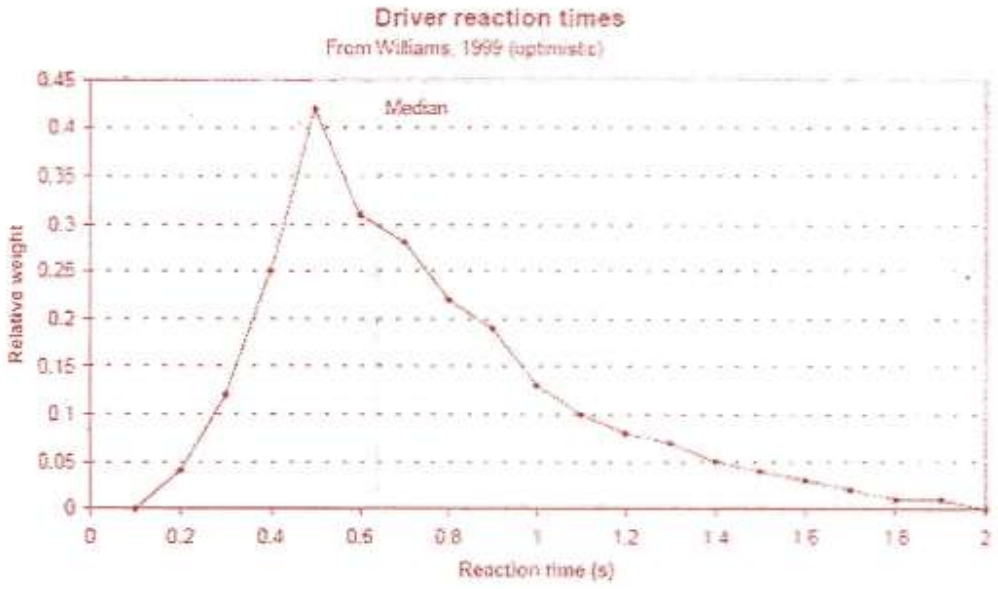


Figure IV.10: Temps de réaction du conducteur à l'alarme

Le tableau , nous donne le pourcentage de chance d'évitement en prenant en considération les hypothèses suivantes:

•La distribution du temps de réaction du conducteur comme illustrée à la figure 5.14.

•Un temps de réponse de 0.2 s (un des caractéristiques des capteurs). Lorsqu'il reçoit le signal, le capteur ne réagit pas instantanément, mais après un certain temps selon sa sensibilité .

- Décélération moyenne 5 m/s2

Cette étude prend 95% comme niveau souhaitable de chance pour éviter une collision. Un principe de base approximatif est que la vitesse de recul en km/h, ne devrait pas excéder deux fois la distance de détection en mètres. L'analyse suggère qu'une distance de détection de 4 m soit la plus appropriée (action d'éviter une collision de 95% pour un véhicule circulant à 8 km/h.

Initial speed		Detection distance (m)							
km/h	m/s	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
1	0.28	98%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2	0.56	53%	98%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3	0.83	9%	78%	97%	100%	100%	100%	100%	100%
4	1.11	1%	47%	84%	97%	100%	100%	100%	100%
5	1.39	0%	16%	64%	87%	98%	100%	100%	100%
6	1.67	0%	3%	39%	72%	88%	96%	99%	100%
7	1.94	0%	0%	15%	52%	77%	89%	95%	99%
8	2.22	0%	0%	4%	31%	60%	79%	89%	95%
9	2.50	0%	0%	1%	12%	42%	65%	80%	89%
10	2.76	0%	0%	0%	4%	21%	48%	66%	81%
11	3.06	0%	0%	0%	1%	8%	31%	53%	69%
12	3.33	0%	0%	0%	0%	3%	14%	37%	56%
13	3.61	0%	0%	0%	0%	1%	5%	19%	41%
14	3.89	0%	0%	0%	0%	0%	1%	8%	24%
15	4.17	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	11%
Approx 95% value (km/h)		1	2	3	4	5	6	7	8

tableau IV.5 : distance de détection

On a mesuré la vitesse maximale à laquelle le chariot transpalette circule, elle est environ de 1.5 km/h. Cette faible-vitesse lui permet de s'arrêter et éviter une collision après la détection d'un obstacle par les capteurs

Tableau IV.6 : Influence du temps de réaction et de la vitesse sur la distance d'arrêt

	V=1km/h			V=1.5km/h			V=2 km/h			V=2.5km/h			V=3km/h			V=3.5km/h			V=4km/h		
T de réaction	D_r	D_f	D_a	D_r	D_f	D_a	D_r	D_f	D_a	D_r	D_f	D_a	D_r	D_f	D_a	D_r	D_f	D_a	D_r	D_f	D_a
T=0.65 s	0.18	0.00	0.18	0.27	0.01	0.28	0.36	0.02	0.38	0.45	0.03	0.48	0.54	0.04	0.59	3.63	0.06	0.69	0.72	0.08	0.80
T=0.8 s	0.22	0.00	0.22	0.33	0.01	0.34	0.44	0.02	0.46	0.56	0.03	0.59	0.67	0.04	0.71	0.78	0.06	0.84	0.89	0.08	0.97
T=1 s	0.28	0.00	0.28	0.42	0.01	0.43	0.56	0.02	0.58	0.69	0.03	0.72	0.83	0.04	0.87	0.97	0.06	1.03	1.11	0.08	1.19
T=1.08 s	0.30	0.00	0.30	0.45	0.01	0.46	0.60	0.02	0.62	0.75	0.03	0.78	0.90	0.04	0.94	1.05	0.06	1.11	1.20	0.08	1.28
	V=4.5km/h			V=5km/h			V=6 km/h			V=7km/h			V=8km/h			V=9km/h			V=10km/h		
T de réaction	D_r	D_f	D_a	D_r	D_f	D_a	D_r	D_f	D_a	D_r	D_f	D_a	D_r	D_f	D_a	D_r	D_f	D_a	D_r	D_f	D_a
T=0.65 s	0.81	0.10	0.91	0.90	0.12	1.02	1.08	0.17	1.26	1.26	0.24	1.50	1.44	0.31	1.75	1.63	0.39	2.09	1.81	0.48	2.29
T=0.8 s	1.00	0.10	1.10	1.11	0.12	1.23	1.33	0.17	1.51	1.56	0.24	1.79	1.78	0.31	2.09	2.00	0.39	2.39	2.22	0.48	2.70
T=1 s	1.25	0.10	1.35	1.39	0.12	1.51	1.67	0.17	1.84	1.94	0.24	2.18	2.22	0.31	2.53	2.50	0.39	2.89	2.78	0.48	3.26
T=1.08 s	1.35	0,10	1.45	1.50	0.12	1.62	1.80	0.17	1.97	2.10	0.24	2.34	2.40	0.31	2.71	2.70	0.39	3.09	3.00	0.48	3.48
	V=11km/h			V=12km/h			V=13 km/h			V=14km/h			V=15km/h								
T de réaction	D_r	D_f	D_a	D_r	D_f	D_a	D_r	D_f	D_a	D_r	D_f	D_a	D_r	D_f	D_a						
T=0.65 s	1.99	0.58	2.57	2.17	0.69	2.86	2.35	0.82	3.16	2.53	0.95	3.47	2.71	1.09	3.79						
T=0.8 s	2.44	0.58	3.03	2.67	0.69	3.36	2.89	0.82	3.70	3.11	0.95	4.06	3.33	1.09	4.42						
T=1 s	3.06	0.58	3.64	3.33	0.69	4.03	3.61	0.82	4.43	3.89	0.95	4.83	4.17	1.09	5.25						
T=1.08 s	3.30	0.58	3.88	3.6	0.69	4.29	3.90	0.82	4.72	4.20	0.95	5.15	4.50	1.09	5.59						

Conclusion générale

Conclusion générale

Le phénomène utilisé dans ce cas est les réflexions des ondes ultrasonores. Les ondes ultrasonores sont des ondes sonores donc des ondes mécaniques. Cependant, leurs fréquences sont plus élevées que 20khz. De ce fait elles sont inaudibles donc pas perceptibles par l'oreille humaine. Il n'y a donc pas de gène pour l'utilisateur. Le radar de recul ultrasonique possède un émetteur et un récepteur à ultrasons placés côte à côte. L'émetteur génère une onde ultrasonore en arrière du véhicule. En présence d'un obstacle, une partie de l'onde est réfléchie Vers le récepteur. Le conducteur du véhicule est renseigné sur cette distance par un signal visuel.

L'ultrason est un son dont la fréquence est supérieure à 20 kHz. Le nom vient du fait que leur fréquence est trop élevée pour être audible pour l'homme. Deux principes physiques sont utilisables pour constituer le capteur : pur effet électronique ou par effet piézoélectrique

Ces capteurs utilisent l'air comme milieu de propagation. L'émetteur et le récepteur sont situés dans le même boitier. L'émetteur envoie un train d'ondes qui est réfléchi sur l'objet (ou le travailleur) à détecter et ensuite revient à la source. Le temps mis pour parcourir un aller-retour permet de déterminer la distance de l'objet par rapport à la source. La distance trouvée doit être divisée par deux, car le signal aura franchi le double de la distance pour revenir à l'émetteur. La capacité de détection de ce type de capteur va de quelques centimètres à environ 10 mètres.

C'est une carte électronique basé autour d'un microcontrôleur ATmega du fabricant ATMEL Le système Arduino donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique. Plus précisément, pour programmer des systèmes électroniques

Dans notre projet nous utiliserons La carte Arduino UNO, un microcontrôleur ATmega 328 programmable permettant de faire fonctionner des composants (moteur. LED...). Elle possède dos ports-permettant par exemple de se connecter à un ordinateur ou de s'alimenter

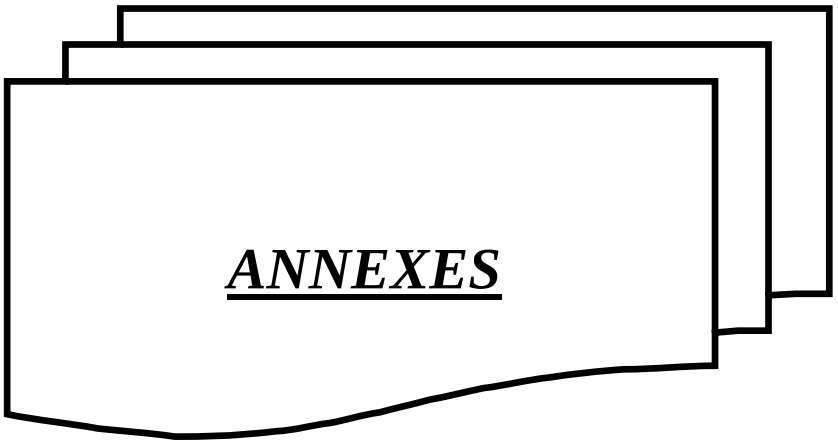
Le signal sonore devient continu lorsque la distance entre l'obstacle et le vehicule est inférieur à 30cm.

Bibliographie

Bibliographie

1- Forkliftsafety, George Swartz, 1999
2- Mesure et fusion de données ultrasonores pour la perception d'objet appliquées aux systèmes mobiles, Lucas de Couville, Arnaud, 1999.
3- Systèmes de sécurité pour autobus scolaires, Kaffel Maher, Dubé Yves,1996.
4- Norme de sécurité concernant les chariots élévateurs à petite levée et à grande levée (American Society of MechanicalEngineers), CS ST, 1996.
5- Prévention des accidents causés par le recul des engins mobiles, 1C Femandez service construction- manutention- levage, INRS Paris
6- Dispositif de protection sensible à la pression,D.Dei-Svaldi,INRSLorraine, N euves-Maisons.
7- Design and Experimental Study of an Ultrasonic Sensor System for Lateral Collision Avoidance at Low Speeds, Kai-Tai Song; Chih-Hao Chen, Cheng-Hsien Chiu Huan, 2004 IEEE Intelligent Vehicles Symposium University of Panna.
8- Side Collision Warning Systems for Transit Buses, Christoph Mertz, Sue McNeil, and Charles Thorpe, IEEE 2000
9- Experimental Characterization of Polaroid Ultrasonic Sensors in Single and Phased Array Configuration, Alex Cao and Johann Borenstein, 2002.
10-A Novel Configuration of Ultrasonic Sensors for Mobile Robots, Fabio Tsuzuki, Ken Sasaki, 1994.
11- Evaluation of the effectiveness of radar obstacle detection systems when used on industriallift trucks, OluwatosinToluwalaseOdetola, 2002.
12- Détection électromagnétique, Gilles Paquet, 1997.
13- Système intelligent d'assistance à la perception dans la conduite de véhicule, Éric Laurin, 2000.
14- Guide santé sécurité des travailleurs d'entrepôt, Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail, 2002.
15- Emergency Response- Planning Guide, Canadian Centre for Occupational Health and Safety, 2004
16- Bilan de connaissances sur les dispositifs de détection de personnes lors des manoeuvres de recul des véhicules dans les chantiers de construction, Stéphane Blouin, IRSST mai 2005
17- Conduite en sécurité des chariots automoteurs de manutention à conducteur porté, Michel Aumas, Christian Midol-Monnet, INRS-2001.
18- Règles importantes pour les conducteurs de chariots élévateurs, Suva-1991.
19- Forklift truck, National certificate of competency, 2000.
20- Fork Lift Truck Drivers, WorkCover NSW, 1998.
21- Étude des systèmes de détection d'humains et d'anticollision pour des véhicules opérant en milieu minier, Hurteau, Richard; Saint-Amant, Marcel; Côté, Jacques, IRSST 1995.
22- Détection du personnel par dispositifs électroniques sensibles, Ghosh, Kalyan; Pacifies, Joseph-Jean, IRSST 1991.

23- Deviees to reduce the risks to young pedestrians from reversing motor vehicles, Michael, Paine; Michael, Henderson, 2001 .
24- http: //www.irsst.qc.ca/
25- http: //www.csst.qc.ca/
26- http://safety-engineer.com
27 - http://www.labour.gov.on.ca/french/index.html
28- http: //www.pphsa.on.ca
29- www.suva.ch/waswo
30- http: //www.asfetm.com/
31- http: //fr.wikipedia.org/wiki/ Accueil
32- http://www.indtrk.org/
33- http://www.osha.gov/
34- www.workcover.nsw.gov.au
35- http: //www.msha.gov
36- http://info.bannersalesforce.com/
37- Projet technique-Le télémètre laser, Flavien, Bergonnier.
38- Mesure de la précision de capteurs ultrasonores et modélisation d'un système de guidage sonore, Arnaud, Mourand,2004.



ANNEXES

ANNEXE A
PROGRAMME DU MICROCONTRÔLEUR

```
1*****************************1
1* *1
1* Calcul de la distance de sécurité *1
1* Programmation du dsPic30f2010 *1
1* *1
1* Programme: distsecur.cpp *1
1* *1
1* Langage: CIC++ *1
1* *1
1* Programmeur: * 1
1* Yahya Mohammedi *1
1* *1
1* *1
1*****************************1
#include "p30f20 1 O.h"
_FOSC(CSW_FSCM_OFF & XT_PLL16);
_FWDT(WDT_OFF);
_FBORPOR(PBOR_ON & BORV 20 & PWRT_64 & MCLR_EN);
_FGS(CODE PROT OFF);
#define INSTRC
#define DATA
#define CLR DISP
#define RET HOME
#define FUNCT SET
#define LINE TWO
#define MOVE LEFT
#define RS PIN
#define R W PIN
#define E PIN
//#define DATA 7
//#define DATA 6
//#define DATA 5
//#define DATA 4
#define HIGH
#defineLOW
OxCO // LCD RAM address for the second line
Ox 1 0 // Cursor move back one position
PORTBbits.RBO
PORTBbits.RB 1
PORTBbits.RB2
o
PORTEbits.RE3
PORTEbits.RE2
PORTEbits.REl
PORTEbits.REO
#define INIT TIMER2 Ox30 Ilprescaie =11256 II0xlO prescale =118
85
#define PERIODE TIMER2 OXFFFF // 0xFFFF
#define INIT TIMERI Ox30 // prescale =1/256
#define PERIODE TIMERI OxFFFF
```

```
#define INIT ICICON Ox81// OxA311 lecture LCD/3.75e6/32
int const LCD INIT_STRING[4] = {Ox28, OxOC, OXOI, OX06};
char mesg[] = {'D' ,' i' ,' s' ,' t' ,' a' ,' n' ,' c' ,' e' ,'..', ' \O'}',
char *buffer;
unsigned int Tfin,Tdebut,Duree,valeur;
unsigned char mille,cent,diz, unit;
#define SAMP 10
unsigned int data [SAMP];
unsigned char v=O;
unsigned int long moyenne;
void delay 5ms(void)
{
}
unsigned int i;
for(i=0;i<22500;i++ );
void _attribute_( L interrupt-.J) _ IC lInterrupt( void)
{
IFSObits.lClIF = 0;
delay_5ms;
if (PORTDbits.RDO==O)
Tdebut=IC 1 BUF;
else
{Tfin=ICIBUF;
Duree=Tfin-Tdebut;
data[ v++ ]=Duree;
}
}
if (v==SAMP)
{ moyenne=O;
for(v=O;v<SAMP;v++)
moyenne+=data[ v];
moyenne=moyenne/SAMP;
v=O;}
void delay _15ms( void)
unsigned int i;
for(i=0;i<65000;i++ );
}
void lcd enable( int caract )
{
}
POR TE=caract;
E_PIN = HIGH;
asm("repeat #10");
asm("nop");
E_PIN = LOW;
void lcd_send(int RegSelect,int caract)
{
}
delay_5msO;
RS PIN = RegSelect;
asm("nop");
lcd_enable(caract » 4);
lcd_enable(caract & OxOF);
void lcd initO {
```

```
int i;
RS_PIN = LOW;
RW_PIN = LOW;
E_PIN = LOW;
delay_15msO;
for(i= 1 ;i<=3 ;++i) {
lcd enable(FUNCT SET);
delay_5msO;}
lcd enable(RET HOME);
for(i=0;i<=3;++i)
IIEnvoie des 4 bits MSB
// Envoie des 4 bits LSB
lcd_send(INSTRC,LCD INIT_STRING[i]);
}
lcd yutc( char *buffer)
{
while(*buffer != '\0')
{
delay_5msO;
lcd_send(DATA, *buffer);
buffer++;
}
}
void capt_initO
{
TMR1=O;
Tl CON=INIT _ TIMER1;
PRI =PERIODE TIMER1;
TICONbits.TON = 1;
TMR2=0;
T2CON=INIT _ TIMER2;
PR2=PERIODE TIMER2;
T2CONbits.TON = 1;
IC 1 CON=INIT_IC 1 CON;
IFSObits.lClIF = 0;
IECObits.lC 1 lE = 1;
}
mainO
{
unsigned char i;
ADPCFG=OxFFFF;
valeur=O;
PWMCONl=O;
TRISB=O;
TRISD=l ; /IRDO->ICI
TRISE=O;
lcd_initO;
buffer = mesg;
lcd ~utc(buffer) ;
capt_initO;
lcd send(INSTRC,LINE TWO);
while(1)
{
{
```

```
{
if(lFSObits. Tl IF== 1)
IFSObits.TlIF=O;
valeur=moyenne;
mille=O,cent=O,diz=O;
while( valeur>= 1 000)
88
}
}
}
valeur-=lOOO;
++mille;
}
while(valeur>=lOO)
{
valeur-=lOO;
++cent;
}
while(valeur>= 1 0)
{
valeur-=lO;
++diz;
}
unit=valeur;
lcd send(DAT A,mille+'O');
lcd send(DAT A,cent+'O');
lcd send(DATA,diz+'O');
lcd_send(DATA,unit+'O');
for(i=0;i<4;i++)
lcd send(lNSTRC,MOVE LEFT);
```

ANNEXEB

SONAR **POLAROID** 6500