



Faculté de Technologie
Département : Electronique
Domaine : Sciences et Techniques
Filière : Electronique
Spécialité : Instrumentation

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

Proposition d'un système de mesure du poids et volume de colis

Présenté par : *SMAALI Hamza*

SNANI Noureddine

Encadrant : *BENSAOULA Salah Docteur UBMA*

Jury de Soutenance :

HAMDI Rachid	Prof	UBMA	Président
BENSAOULA Salah	M.C.A	UBMA	Encadrant
BOUGHAZI Mohamed	Prof	UBMA	Examineur

ملخص

تحتاج شركات نقل البضائع وتوصيلها إلى الخدمات اللوجستية لتسجيل المعلومات حول البضائع المراد شحنها. وزن وحجم الطرود على وجه الخصوص هي البيانات المستخدمة في فاتورة سعر المناولة وخدمة النقل. تطبق معظم هذه الشركات عمليات حسابية خاصة بأشياء مثل الطرود (مستطيلة أو مكعبة متوازية السطوح). هذا الحساب يسمى الوزن الحجمي. إنها تقنية تسعير للنقل التجاري للبضائع (بما في ذلك التوصيل السريع وخدمات البريد) ، والتي تستخدم وزناً تقديرياً مع مراعاة حجم العنصر. في الواقع ، لا تشغل العبوة الأقل حجماً التي يبلغ وزنها 10 كغ نفس المساحة التي تشغلها عبوة أخرى أكبر حجماً يبلغ 5 كغ والتي تشغل مساحة أكبر. مشروعنا في هذا الموضوع هو اقتراح نظام يقيس على الفور وزن وحجم الطرود ، التي يتم إيداعها في محطة القياس بواسطة ناقل. لهذا الغرض ، يتم استخدام أجهزة الاستشعار بالموجات فوق الصوتية لاكتساب الحجم وجهاز استشعار لقياس الوزن. بالإضافة إلى ذلك ، يكتشف نظامنا وجود الطرد ويبدأ القياس بمجرد اكتشاف الطرد. يتم عرض جميع المعلومات على شاشة رقمية تحت تحكم لوحة اردوينو.

Abstract

Freight transport and delivery companies need logistics to record information about the goods to be shipped.

The weight and volume of parcels in particular are data used to invoice the price of the handling and transport service. Most of these companies apply a calculation specific to objects such as packages (rectangular or cubic parallelepiped). This calculation is volumetric weight, also called dimensional weight. It is a pricing technique for the commercial transport of goods (including courier and postal services), which uses an estimated weight taking into account the volume of the object. Indeed, a less bulky 10kg package does not occupy the same space as another bulkier 5kg package which takes up more space.

Our project in this theme is the proposal of a system that measures in real time the weight and volume of packages, which are deposited on the measuring station by a conveyor. For this, ultrasonic sensors are used for volume acquisition and a sensor for weight measurement. In addition, our system detects the presence of packages, and launches the measurement as soon as a package is detected. All information is displayed on an LCD display under the control of an Arduino board.

Résumé

Les sociétés de transport et de livraison de marchandises ont besoin d'une logistique afin d'enregistrer des informations de la marchandise à expédier.

Le poids et le volume notamment de colis sont des données qui servent à facturer le tarif du service de manutention et de transport. La plupart de ces sociétés applique un calcul propre aux objets tel que les colis (de forme parallélépipède rectangle ou cubique). Ce calcul est le poids volumétrique, également appelé poids dimensionnelle. C'est une technique de tarification pour le transport commercial de marchandises (y compris les services de messagerie et postaux), qui utilise un poids estimé en tenant compte du volume de l'objet. En effet un paquet de 10kg moins encombrant n'occupe pas le même espace qu'un autre paquet de 5kg plus encombrant et qui occupe plus d'espace.

Notre projet dans cette thématique, est la proposition d'un système qui mesure en temps réel le poids et le volume de colis, qui sont déposés sur le poste de mesure par un convoyeur. Pour cela on utilise des capteurs ultrasonores pour l'acquisition du volume et un capteur pour la mesure du poids. De plus, notre système détecte la présence des colis, et lance la mesure dès qu'un paquet est détecté. Toutes les informations sont visualisées sur un afficheur LCD sous le contrôle d'une carte arduino.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail...

À mes chers parents

Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études. Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes profonds sentiments envers eux. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

À tous les membres de ma famille

À mes chères et adorables sœurs et mes frères

Aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous, Votre joie et votre gaieté me comblent de bonheur. Puisse Dieu vous garder, éclairer votre route et vous aider à réaliser vos vœux les plus chers.

À tous les membres de ma famille

Tantes oncles cousins et cousines, qui m'ont soutenue de loin et de près

À Mon binôme et chère ami Noureddine

En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.

À mes chers amis

*H. Mohammed Ali ,N. Mohammed Nacer ,T. Lydia ,S. Abd Essalem ,K. Hani
,M. Cheima ,Z. Dhia*

À toute la promotion 2022

À mes enseignants

Vous nous avez formés et guidés. Je vous en remercie sincèrement

Et tant d'autres,

Merci pour tous les bons moments passés ensemble

« SMAALI Hamza »

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail...

A ma mère bien-aimée

A l'âme de mon père

A ma chère épouse

A mes enfants BOCHRA, BADIS, RABAH IDRIS.

A mes chers collègues de travail et tout particulièrement notre Directeur.

À mes chères amies en particulier AMIRA KH, FATIMA

A toute la promotion 2022

SNANI Noureddine

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour achever ce travail.

Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter nos sincères remerciements à notre encadreur Dr. BENSAOULA Salah, pour son soutien et ses encouragements

Nos remerciements aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font de juger notre travail

Nos remerciements les plus sincères et les plus profonds sont adressés à tous ceux qui ont contribué de prêt ou de loin à la réalisation de notre mémoire.

Souhaitons enfin que ce projet soit au niveau de vos attentes et qu'il permette d'enrichir la bibliothèque de notre département.

Listes des Figures

- Fig 1.1 : Système de mesure de poids et volume
- Fig 1.2 : Entreposage de colis dans une camionnette
- Fig 1.3 : Mesure volumétrique par laser
- Fig 1.4 : Balance statique et mesure de volume
- Fig 1.5 : Principe du pesage dynamique
- Fig 1.6 : Balance dynamique industrielle
- Fig 1.7 a : Principe de la gauge de contrainte
- Fig 1.7 b : Gauges de contraintes industrielles
- Fig 1.8 : Conversion de la force mécanique en signaux électriques
- Fig 1.9 : Corps d'épreuves en aluminium
- Fig 1.10 : Balance à compensation électromagnétique
- Fig 1.11 : Gauges montées en pont complet
- Fig 2.1 : Synoptique du système combiné de mesure
- Fig 2.2 : Représentation en perspective d'un colis
- Fig 2.3 : Principe de la mesure du volume
- Fig 2.4 : Placement des capteurs
- Fig 2.5 : Capteur ultrasonore HC-SR04
- Fig 2.6 : Principe de la détection ultrasonore
- Fig 2.7 : Capteur de poids TEM01052B
- Fig 2.8 : Capteurs de poids TAL220B
- Fig 2.9 : Gauges de contrainte montées en pont
- Fig 2.10 : La carte du convertisseur hx711
- Fig 2.11 : Chaîne de mesure du poids
- Fig 2.12 : Détecteur de présence
- Fig 2.13 : Entraînement d'un tapis et moteur DC
- Fig 2.14 : Principe de la MLI ou PWM
- Fig 2.15 : Afficheur LCD I2C

Fig 2.16 : La carte atmega2560

Fig 3.1 Synoptique du système proposé

Fig 3.2 Schéma électrique

Fig 3.3 Fixation de la cellule de charge entre deux plaques.

Fig 3.4 Orientation de la cellule de charge

Fig 3.5 Câblage du HX711 et de la cellule de poids avec arduino

Fig 3.6 a) Liaisons électriques vers le capteur de poids

Fig 3.6 b) Placement du capteur de poids

Fig 3.7 Le poste de mesure

Fig 3.8 Câblage des ultrasons avec arduino

Fig 3.9 a) Câblage du capteur de présence avec arduino

Fig 3.9 b) Liaisons électriques du détecteur de présence

Fig 3.10 a) Simulation PROTEUS du LCD I2C

Fig 3. 10 b) Liaisons électriques du LCD I2C

Fig 3.11 Simulation PROTEUS du moteur dc

Fig 3.12 Organigramme principale

Fig 3.13 acquisition de volume

Fig 3.14 a) Calibrage du capteur de poids

Fig 3.14 b) Mesure du poids d'un produit

Fig 3.15 Echantillon de colis

Fig 3.16 Poste de mesure en opération

Table des Matières

Introduction Générale	
Chap I : Techniques de mesure du poids et volume de colis	1
I.1 Introduction.....	1
I.2 Systèmes de pesage et de mesure volumétrique (dimensionnelle).....	1
I.2.1 Impact environnemental de ce système	2
I.3 Définitions.....	2
I.3.1 Le poids volumétrique.....	2
I.3.2 Le pesage.....	4
I.4 Les capteurs de pesage à gauges de contrainte.....	6
I.5 Les balances électroniques.....	7
I.6 Conclusion.....	9
Chap II : Système de mesure de poids et volume de colis	10
II.1 Introduction.....	10
II.2 Proposition d'un système combiné de pesage et de mesure volumétrique.....	10
II.2.1 Mesure de poids.....	11
II.2.2 Mesure dimensionnelle.....	11
II.3 Matériels utilisés.....	14
II.3.1 Capteurs ultrasonores.....	14
II.3.2 Cellule de poids et convertisseur hx711.....	16
II.3.2.1 Cellule de poids.....	16
II.3.2.2 convertisseur hx711.....	18
II.3.3 Capteurs de présence.....	19
II.3.4 Moteur DC.....	19
II.3.5 affichage LCD.....	21
II.4 Carte arduino.....	21
II.5 Conclusion.....	22
Chap III : Réalisation et Simulation	23
III.1 Introduction.....	23
III.2 Description matérielle.....	23
III.2.1 Circuit de mesure de poids.....	24

III.2.2 Circuit de mesure de volume.....	27
III.2.3 Détecteur de présence.....	28
III.2.4 Afficheur LCD	29
III.2.5 Le moteur dc	30
III.3 Simulation.....	31
III.3.1 Organigramme principale.....	31
III.3.2 Acquisition de volume.....	33
III.3.3 Acquisition de poids.....	34
III.4 Mesures expérimentales.....	35
III.5 Conclusion.....	37

Conclusion Générale

Références bibliographiques

Introduction générale

Lorsque nous pensons au mot "poids" dans un sens traditionnel, nous nous référons généralement à la masse d'un article. Ce dernier est généralement mesuré en kilogrammes ou en livres. Cependant, lorsqu'il s'agit du monde de l'expédition, de l'emballage et du stockage, une autre mesure entre en jeu : le poids volumétrique (appelé poids dimensionnel).

Le poids volumétrique est une nouvelle mesure qui prend en compte le poids réel ainsi que la taille réelle du colis. Cela permet de combiner la densité, le volume et le poids des colis en une mesure plus logique que les gestionnaires de colis peuvent utiliser au quotidien.

Le volume réel d'un produit peut affecter significativement les coûts associés à son stockage et à son transport. Par exemple, un colis qui pèse 1 kg est assez facile à transporter et à stocker – il ne nécessite aucune manutention particulière et peut être ajouté facilement à un plan de fret aérien. Cependant, si nous regardons un tableau qui pèse 1 kg, il peut mesurer jusqu'à 3 mètres de long. Ce tableau, bien qu'égal en poids au colis, nécessite beaucoup plus d'efforts pour être manipuler et stocker que le colis. Cela nécessitera de faire appel à des travailleurs qualifiés, de payer plus pour le stockage des colis et les frais d'expédition, d'organiser de grandes boîtes, etc. Dans le monde des entreprises de transports, la gestion des marchandises (colis, courrier, etc) est entièrement automatisée par des systèmes électroniques et informatiques de mesure et de surveillance des produits à transporter. Les avantages de tels systèmes sont multiples :

- ✚ augmentation de la productivité des travailleurs,
- ✚ possibilité de limiter les pertes de revenus dues à une facturation excessive/courte,
- ✚ augmentation de la confiance des clients et des partenaires dans les données,
- ✚ évitez les étranglements liés à l'espace de stockage,
- ✚ contrôle de qualité plus strict sur l'exécution des commandes.

Dans ce projet de fin d'études on propose un prototype capable de mesurer le poids et le volume de colis. Dans nos recherches bibliographiques, on a constaté que ce genre de système n'est documenté que dans les sites de fabricants internationaux. Ceci est tout à fait prévisible car il s'agit d'installations industrielles dont le brevet appartient au fabricant. Néanmoins nos recherches ont été fructueuses puisque on a pu acquérir les principes de mesure des poids et volumes par les différentes installations.

Notre mémoire de fin d'études est organisé comme suit :

- ✚ le premier chapitre traite des différentes technologies adoptées par les fabricants de systèmes combinés de pesage et de mesure volumétrique.
- ✚ dans le deuxième chapitre on expose notre proposition ainsi que le matériel nécessaire à sa réalisation.
- ✚ la réalisation matérielle et le développement logiciel sont dans le troisième chapitre.

CHAPITRE 1

Techniques de mesure du poids et volume de colis

I.1 Introduction

Les informations sur le poids et les dimensions des colis deviennent plus importantes en raison de l'augmentation des coûts des carburants pour le transport. Le dimensionnement (mesure volumétrique) et le pesage sont des moyens efficaces d'économiser de l'argent, et d'augmenter les profits en optimisant des fonctions telles que le prélèvement, le stockage, l'expédition et la distribution à l'aide de systèmes dédiés. Ce chapitre est consacré à l'étude de tels systèmes.

I.2 Systèmes de pesage et de mesure volumétrique

Les systèmes de dimensionnement et de pesage sont un moyen très efficace pour la saisie des dimensions et du poids de colis avant leurs expéditions. Ceci permet d'optimiser la charge des moyens de transport. L'impact financier est aussi important pour le service rendu par l'entreprise. Il obtient également des informations nécessaires à des fins de tri, une utilisation optimale de l'espace dans les véhicules de transport ou des lieux de stockage. L'intérêt de tels systèmes n'est pas seulement financier, mais il est également environnemental.



Fig1.1 : Système de mesure de poids et volume [1]

Lorsque la charge est déposée sur l'infrastructure de la balance statique, les scanners laser du système de mesure commencent immédiatement leur saisie de l'objet. Le poids du colis est mesuré de manière statique par des balances intégrées au système.

I.2.1 Réduction des déchets environnementaux

De nombreuses entreprises, en particulier celles du commerce électronique, ont la réputation d'utiliser des emballages. Bien que de nombreuses entreprises se disent «vertes», elles utilisent toujours des boîtes surdimensionnées avec un remplissage de vide inutile. Les frais de transport de colis obligent ces entreprises à revoir leur politique d'emballage, en l'intégrant dans leur chaîne d'approvisionnement.

I.2.2 Économies de carburant pour les transporteurs

Le poids volumétrique reflète la densité de l'emballage, c'est-à-dire la quantité d'espace qu'un emballage occupe sur un camion de livraison par rapport à son poids réel.

Un emballage plus petit produit moins de déchets d'emballage, ce qui équivaut à un fret empilé plus efficacement sur des palettes de camions. La charge de poids dimensionnelle a été conçue pour aider les transporteurs à générer plus de revenus en obtenant plus de marchandises sur la flotte existante, plutôt que d'investir dans plus d'avions, de camions et de camionnettes pour faire face à l'augmentation des volumes de colis. Ceci a une incidence directe sur l'économie de carburant.

I.3 Définitions

I.3.1 Le poids volumétrique

Le poids volumétrique est une méthode de calcul du volume d'un colis qu'applique un transporteur. Lorsqu'il calcule le poids volumétrique, le transporteur transforme le volume du colis en poids "fictif", dit "volumétrique", qui prend en compte la place prise par le colis dans un camion ou un avion.

Les transporteurs utilisent cette donnée pour déterminer le poids d'un colis, et donc le coût d'expédition. Plus le colis est volumineux, plus son poids volumétrique est élevé. Mais si le poids réel est supérieur au poids volumétrique, le transporteur retiendra le poids réel.

Avec la méthode de calcul du poids volumétrique, un colis très dense sera ainsi facturé sur son poids réel. Un colis à la densité moyenne, quant à lui, très fréquent en e-commerce, sera facturé sur son volume (et donc son poids volumétrique). [2]

On calcule généralement le poids volumétrique d'un colis en transport express par la formule suivante : $(L \times l \times h \text{ en cm}) / 5000$ [2,3]

L, l, h : respectivement Longueur, largeur et hauteur du colis



Fig1.2 : Entreposage de colis dans une camionnette [2]

La technique de mesure du volume repose sur un système optique laser pour une exploration bidimensionnelle de l'objet à mesurer. Par exemple le système de mesure volumétrique Soehnle Professional 9750 fonctionne selon le principe de la mesure du retard de phase. Un faisceau laser balaye l'objet mesuré et les données sont enregistrées dans le récepteur. Les points de distance mesurés et la vitesse de convoyage sont utilisés pour calculer en temps réel une image 3D de l'objet. Le logiciel détermine ainsi les informations de volume : Longueur, largeur et hauteur [4] La mesure par des ultrasons est aussi utilisée, mais la technique laser est préférée pour des objets de petite taille (enveloppe, etc.)



Fig 1.3 Mesure volumétrique par laser

La mesure du poids est effectuée à l'aide de cellules intégrées sous le tapis roulant. Le portique supporte les scanners laser pour la saisie du volume. Toutes ces acquisitions de données sont transférées en temps réel au calculateur.

I.3.2 Le pesage

En tant que discipline, peut être défini comme la pratique et la connaissance de l'ensemble des techniques qui permettent de mesurer, imprimer et communiquer la valeur de la masse d'un objet ou d'un produit dans le cadre d'un usage particulier. Ce sont surtout les sociétés de transports express ou de livraison de colis à l'international qui font usage de la pesée.

Il y'a deux modes de pesage : **statique et dynamique**

Le mode statique

Le mode de pesage statique ou pesage en continu consiste à calculer et afficher le poids en permanence, l'outil étant immobilisé à une hauteur prédéfinie par l'utilisateur.

La procédure se déroule en 2 phases :

- Elévation de la charge jusqu'à la hauteur de pesage indiquée par la console de lecture.
- Stabilisation de la lecture du poids (par exemple de 2 à 4 secondes).

Par la suite, l'utilisateur peut ajouter ou enlever du produit dans l'outil, le poids est recalculé en permanence.



Fig1.4 Balance statique et mesure de volume [5]

Le mode dynamique

Lorsqu'il s'agit de peser de grandes quantités de marchandises lors de l'expédition, le pesage statique n'est pas rentable. Immobiliser le produit durant son transport pour le peser est une opération coûteuse en temps et mobilise plus de personnel. Le processus d'expédition de colis est plus rationnel avec le pesage dynamique, à savoir mesurer le poids sans arrêter le convoyeur.

Etant donné la vitesse élevée du convoyeur, jusqu'à 2m/s, on se rend compte de la rentabilité de ce processus.

Le principe de la mesure dynamique consiste à fixer des gauges de contraintes sous le tapis du convoyeur. Celles-ci transmettent alors la mesure à l'unité de traitement. Il existe d'autres techniques plus sophistiquées de pesage dynamique [6]

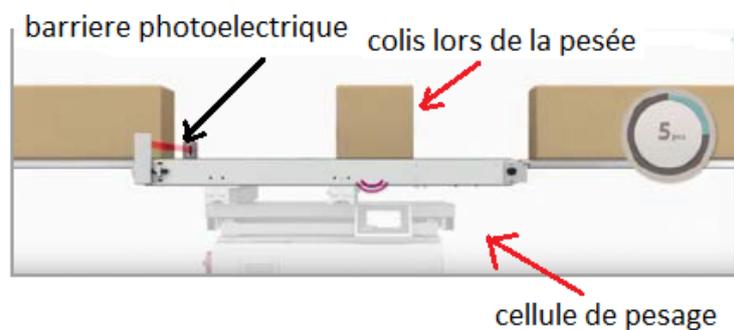


Fig 1.5 Principe du pesage dynamique [6]

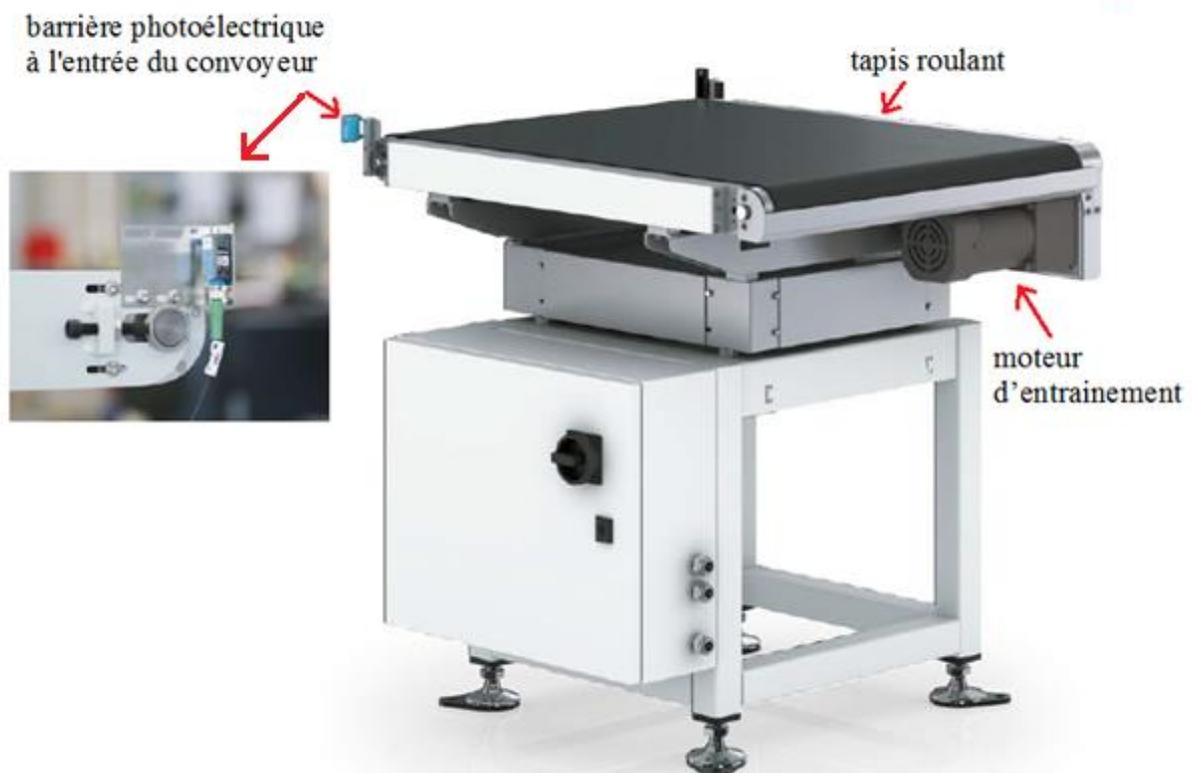


Fig 1.6 Balance dynamique industrielle [6]

I.4 Les capteurs de pesage à gauges de contrainte

I.4.1 Gauge de contrainte : définition

La gauge de contrainte est une grille de mesure constituée d'un matériau conducteur photo-gravée sur un support spécifique. Quand le support de jauge est étiré, la grille de mesure s'allonge ; lorsqu'il est comprimé, la grille se rétracte. De ce fait, la résistance de la grille varie. La contrainte peut alors être déterminée par cette variation, la résistance augmente avec la traction et diminue avec la compression. [7]

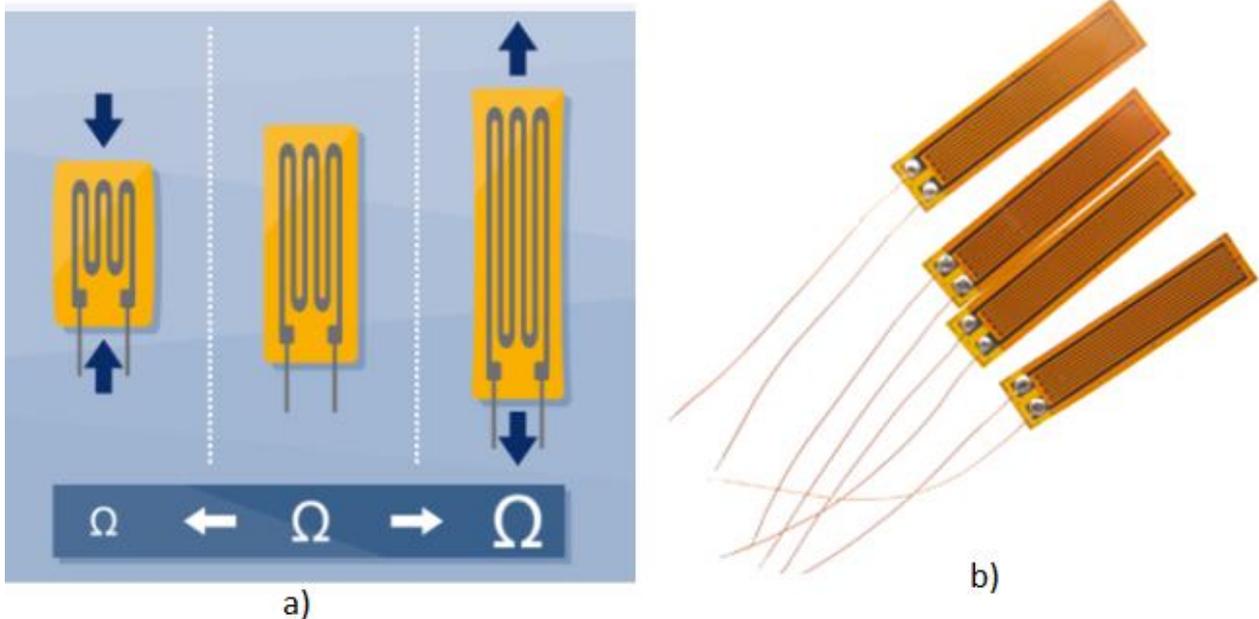


Fig 1.7 : a) Principe de la gauge de contrainte b) Gauges de contraintes industrielles

Si la jauge de contrainte est comprimée, sa résistance (Ω) diminue, si par contre elle est étirée, la résistance augmente.

I.4.2 Capteur de pesage : fonctionnement

Les capteurs de pesage se composent généralement d'un corps d'épreuve (élément sensible) sur lequel ont été appliquées des jauges de contraintes. Ce corps d'épreuve est habituellement construit en acier ou aluminium.

Le capteur est à la fois robuste mais il présente également un comportement élastique minimum. Grâce à cette élasticité, le corps d'épreuve se déforme légèrement lorsqu'il est soumis à une charge et revient dans sa position initiale quand cette charge est retirée. Ces déformations extrêmement faibles peuvent être acquises avec des jauges de contrainte qui génèrent un signal de quelques millivolts. Le signal correspondant est traité par l'électronique associé au capteur qui indique ainsi le poids à l'opérateur. [7,8]

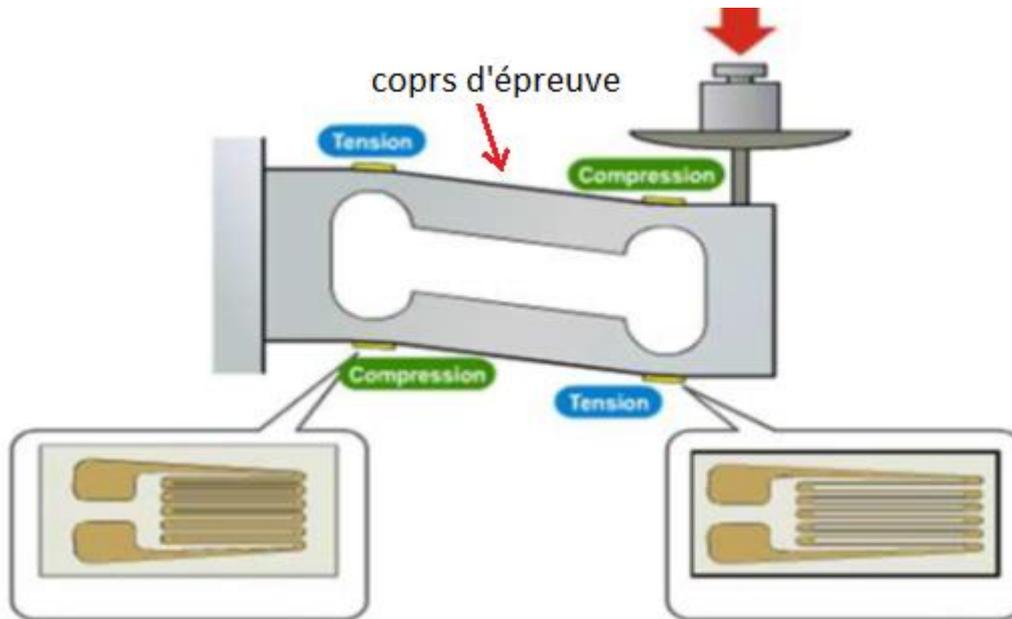


Fig1.8 Conversion de la force mécanique en signaux électriques [8]



Fig.1.9 Corps d'épreuves en aluminium

Le capteur de force contient généralement quatre jauges, montées en pont de Wheatstone. Ce qui est très important est que les jauges soient correctement collées sur le corps d'épreuve afin de subir les mêmes déformations que lui. Quand l'acier se déforme, la résistance de la jauge de contrainte varie. Ainsi, le signal de sortie du pont de jauges délivre des informations sur l'importance de cette déformation. À partir de là, nous pouvons calculer la force agissant sur les jauges.

1.5 Les balances électroniques

Les transporteurs de colis ont pour principale mission la mesure du poids des différentes marchandises avant l'expédition. A cet effet elles se servent de balances de précision répondant aux normes en vigueur afin de facturer correctement le produit.

Une balance électronique est basée principalement sur deux techniques de mesure, soit à l'aide de jauges de contraintes ou utilisant le principe de la compensation électromagnétique de force (CEF).

I.5.1 Compensation électromagnétique de force

Cette technique est surtout utilisée dans les balances de précision de laboratoire, mais aussi pour la mesure du poids de colis à expédier. C'est une technologie qui coûte chère par rapport aux capteurs à gauges de contraintes.

Principe

Une bobine sur un arbre mobile lâche est insérée dans un champ magnétique permanent. Le courant d'un capteur électronique optique maintient sa position, contrôlé avec une précision meilleure qu'un millièmètre de millimètre. Le capteur enregistre les changements de position verticale lorsque le plateau est chargé, ce qui permet de modifier le courant de la bobine afin qu'elle puisse revenir à sa position initiale. Plus le poids ajouté au plateau est important, plus il faut de courant pour le compenser. Ce courant mesuré à travers une résistance de précision est proportionnel au poids, ce qui est affiché sous forme de chiffres sur l'écran. [9]

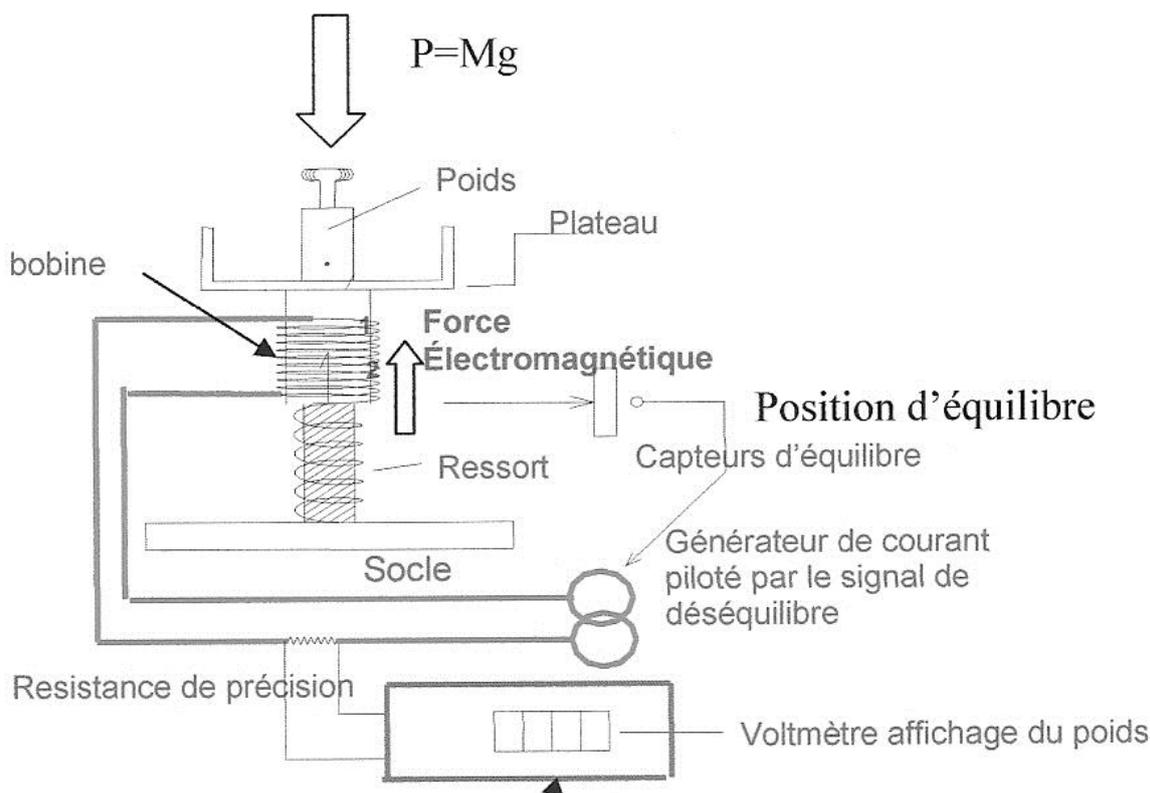


Fig1.10 Balance à compensation électromagnétique [10, 11]

L'avantage de ce capteur est sa grande précision. Seulement pour équilibrer des charges importantes on se heurte à un problème d'échauffement dans la bobine lié à l'utilisation de courant important.

I.5.2 Balance à gauges de contrainte

Ces balances sont très répandues en milieu industrielles compte tenu de leurs caractéristiques :

- ⇒ robustesse
- ⇒ faible cout
- ⇒ basse consommation de courant
- ⇒ technologie des gauges largement maitrisée

Principe

Ce type de balance utilise des capteurs basés sur la déformation élastique d'un corps d'épreuve (cellule de mesure). Comme nous l'avons expliqués précédemment, des gauges de contraintes sont collées sur la cellule de mesure, la charge du produit exerce une force gravitationnelle qui déforme le matériau, d'où soit un étirement ou une compression de la gauge. La résistance électrique de cette dernière varie en conséquence et un signal électrique est généré.

Conditionnement des jauges [12]

Compte tenu de la faible variation des résistances des gauges, il est préférable de mesurer une variation relative de cette résistance et de la convertir ensuite en différence de tension proportionnelle à la force exercée sur la cellule de mesure. Le pont de Wheatstone monté avec quatre gauges délivre une DDP insensible aux bruits électromagnétique, linéaire et plus importante que les montages en demi-pont ou quart de pont.

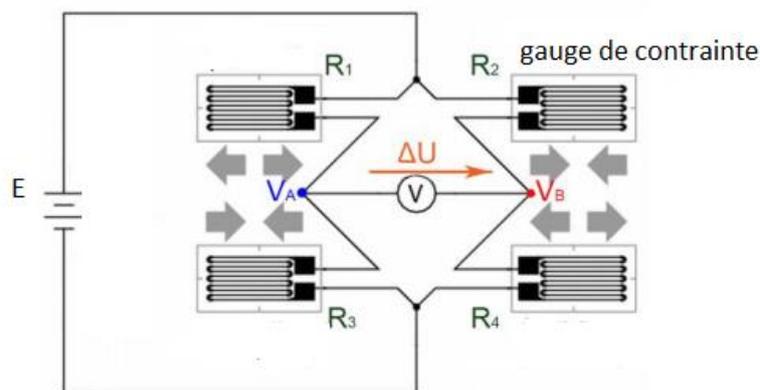


Fig 1.11 Gauges montées en pont complet

I.6 Conclusion

On vient de décrire dans ce chapitre les techniques de mesure du poids et volume dans les entreprises de transport. On a vu aussi l'importance de la gestion de la capacité de chargement des différents moyen de transport par rapport à l'impact financier et aux conséquences environnementales. La méthode de mesure du poids statique ou dynamique dépend surtout de la taille du produit, en effet pour les objets très encombrants (grosse caisse par exemple) la mesure statique est préférable.

Chapitre 2

Systeme de mesure de poids et volume de colis

II.1 Introduction

Dans le chapitre précédent nous avons passé en revue les systèmes de mesure combiné dans les sociétés de transports. Dans ce chapitre on présente une proposition d'un système de mesure du poids et volume basé sur arduino. Ensuite nous ferons le choix des différents éléments électroniques qui entrent dans son architecture.

II.2 Proposition d'un système combiné de pesage et de mesure volumétrique

Dans ce paragraphe on concrétise nos recherches bibliographiques en proposant un système combiné pour la mesure du poids et du volume de colis. La figure 2.1 montre le synoptique du système de pesage et de mesure volumétrique de colis.

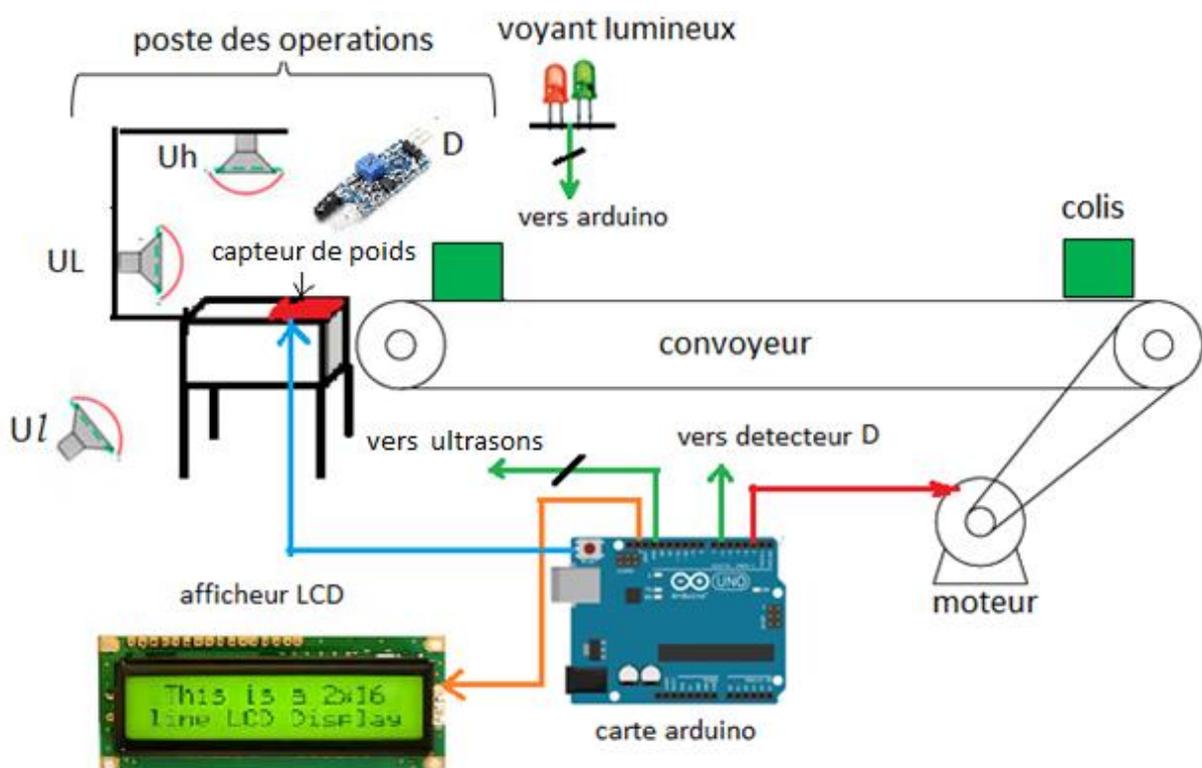


Fig 2.1 Synoptique du système combiné de mesure

Fonctionnement

1. Le poste des opérations étant libre, on allume le voyant vert.
2. Les colis arrivant sur le convoyeur sont acheminés vers le poste des opérations sur un tapis roulant. Ce tapis est entraîné par un moteur.
3. Dès qu'un colis passe du tapis sur le capteur de poids, le détecteur D transmet un signal à la carte arduino. Celle-ci déclenche instantanément les capteurs ultrasonores pour la saisie du volume et allume le voyant rouge pour indiquer qu'une opération est en cours.

4. Le colis étant sur le capteur de poids, la mesure du poids est transmise en temps réel à la carte arduino.
 5. Une fois les mesures sont acquises, le voyant rouge s'éteint et le voyant vert s'allume de nouveau.
 6. Le colis saisi est enlevé et une autre opération peut être entamée.
- Ces opérations de mesure ne prennent que quelques secondes, par conséquent la cadence d'enregistrement des colis est élevée.

II.2.1 Mesure de poids

La mesure du poids des colis est réalisée à l'aide de gauges de contrainte collées sur un corps d'épreuve, c'est le capteur de poids, appelé aussi cellule de poids. Cette cellule transmet un signal électrique qui sera interprété par la carte arduino en une mesure de poids. Nous sommes en présence d'un mode de mesure statique. Ce principe de mesure a été abordé au chapitre 1.

II.2.2 Mesure dimensionnelle

Nous utilisons les capteurs ultrasonores compte tenu de leurs disponibilités et leurs prix abordables. Ce type de capteur offre une excellente plage de détection sans contact, avec des mesures de haute précision et stables. Son fonctionnement n'est pas influencé par la lumière du soleil ou des matériaux sombres. Les capteurs ultrasonores possèdent aussi une portée allant jusqu'à 4m et une excellente résolution. [13].

Puisqu'il s'agit de la mesure d'un volume, on doit donc faire la saisie de trois dimensions, à savoir la longueur L , la largeur l (ou profondeur) et la hauteur h du colis.

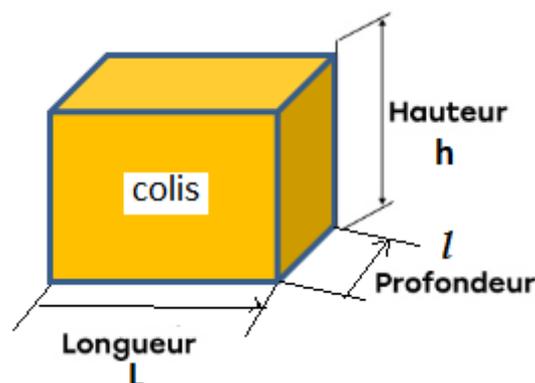


Fig 2.2 Représentation en perspective d'un colis

Principe de la mesure

Le colis déposé par le convoyeur sur la cellule de poids, est situé dans l'origine d'un repère à trois dimensions (fig2.3). La saisie des trois dimensions est réalisé alors que le colis est immobilisé sur la cellule de poids. Celle-ci représente pour les capteurs ultrasonores l'origine d'un repère à trois dimensions.

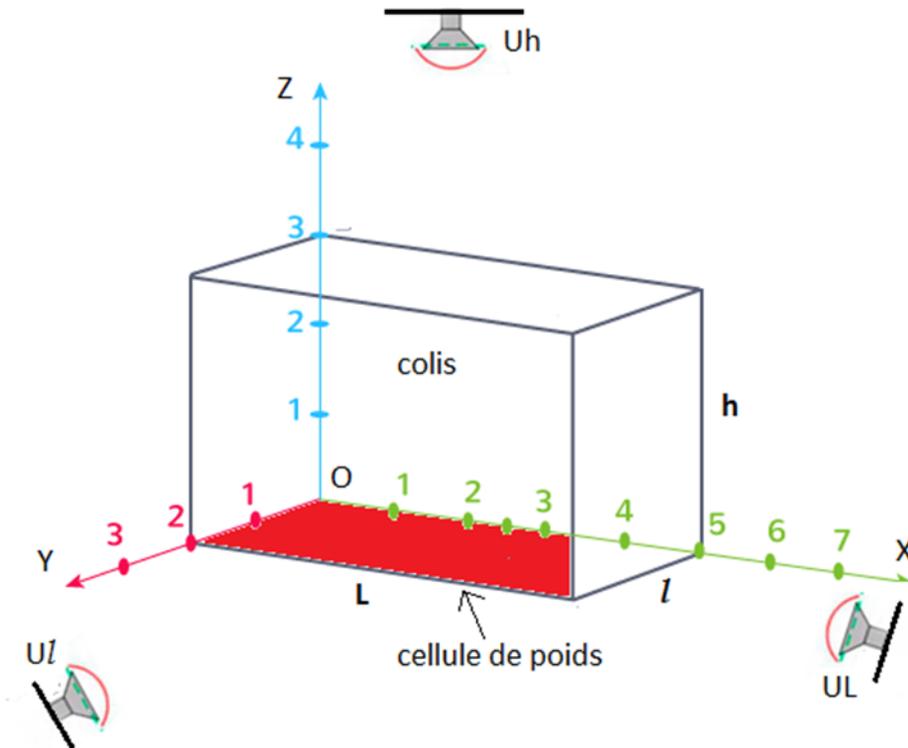


Fig 2.3 Principe de la mesure du volume

Mesure de la longueur L

Le capteur ultrasonore UL est fixé perpendiculairement au plan YOZ à une distance D de 1m ; le colis se trouvant dans le champ des ondes ultrasonores du capteur UL. Ce capteur mesure en cm la distance qui le sépare du colis, soit X. On en déduit la longueur L en cm :

$$L = D - X = 100\text{cm} - X$$

Mesure de la largeur l

Le capteur ultrasonore Ul est fixé perpendiculairement au plan XOZ à une distance D de 1m ; le colis se trouvant dans le champ des ondes ultrasonores du capteur Ul. Ce capteur mesure en cm la distance qui le sépare du colis, soit Y. On en déduit la largeur l en cm :

$$l = D - Y = 100\text{cm} - Y$$

Mesure de la hauteur h

Le capteur ultrasonore U_h est fixé perpendiculairement au plan YOX à une distance D de 1m ; le colis se trouvant dans le champ des ondes ultrasonores du capteur U_h . Ce capteur mesure en cm la distance qui le sépare du colis, soit Z . On en déduit la hauteur h en cm :

$$h = D - Z = 100\text{cm} - Z$$

Le volume V du colis en cm^3 est ensuite calculé, soit : $V = Lxhxl$

Remarque

La distance D peut être différente de 100cm, et pas forcément la même pour les trois capteurs ultrasonores. Comme on le verra au chapitre 3, cela dépend des dimensions du poste de mesure.

Volume minimal V_{\min}

Certains colis ayant un volume inférieure à V_{\min} ne peuvent être mesurés, la hauteur h de ces colis étant inférieure à la hauteur H de placement des capteurs U_L et U_l par rapport au plan horizontal YOX.

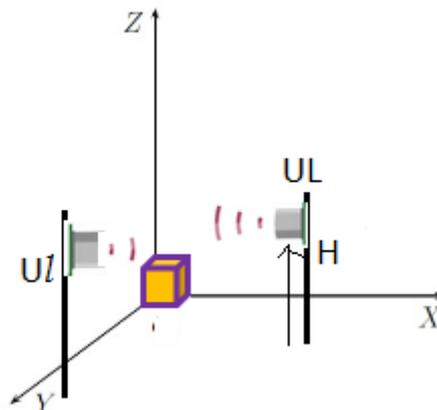


Fig 2.4 Placement des capteurs

Cette figure montre le placement des capteurs U_L et U_l par rapport au plan YOX. Ils sont disposés à une hauteur H qui sera déterminée expérimentalement en fonction des volumes de colis à mesurer.

Lorsqu'on est en présence de ce type de colis, seul le poids sera enregistré, et servira dans la facturation par le transporteur.

Colis de grande taille

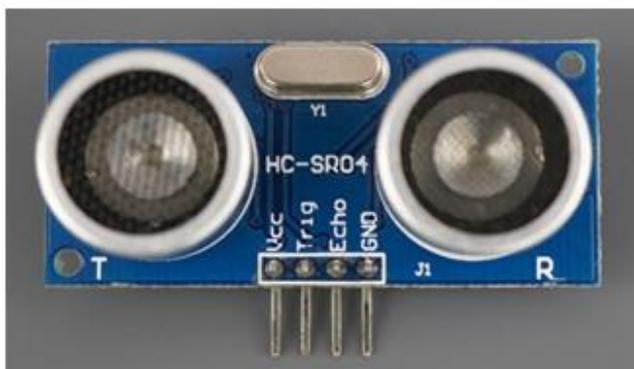
Les colis dont les dimensions dépassent 1m, peuvent être mesuré par ce système. Il suffit pour cela de placer les 3 capteurs à une distance de 2m ou plus.

II.3 Matériels utilisés

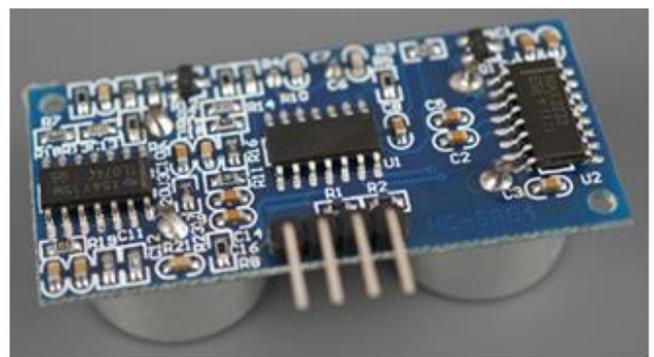
Les capteurs et actionneurs présentés dans ce paragraphe sont indispensables pour la réalisation du système d'enregistrement de colis proposé.

II.3.1 Capteurs ultrasonores (HC-SR04)

Les capteurs ultrasonores HC-SR04 vont servir pour la mesure des différentes distances à partir desquelles le volume est calculé. Ils sont facilement adaptables à une carte arduino.



coté capteurs



coté circuit imprimé

Fig 2.5 Capteur ultrasonore HC-SR04

Caractéristiques électriques du capteur [13]

- Power Supply :+5V DC
- Quiescent Current : <2mA
- Working Currnt: 15mA
- Effectual Angle: <15°
- Ranging Distance : 2cm – 400 cm/1" - 13ft
- Resolution : 0.3 cm
- Measuring Angle: 30 degree
- Trigger Input Pulse width: 10uS
- Dimension: 45mm x 20mm x 15mm

Brochage du capteur à ultrasons HC-SR04

V_{CC} alimentation 5V du capteur.

Trig (Trigger) cette broche est utilisée pour déclencher les impulsions sonores ultrasonores.

Echo cette broche produit une impulsion lorsque le signal réfléchi est reçu. La longueur de l'impulsion est proportionnelle au temps qu'il a fallu pour que le signal transmis soit détecté.

GND la masse.

Principe de mesure

La mesure de la distance par ondes ultrasonores repose sur la réflexion de l'onde sonore sur l'obstacle et le temps de transit de cette onde entre le capteur et cet obstacle. Le capteur HC-SR04 se compose de deux transducteurs à ultrasons. L'un agit comme émetteur qui convertit le signal électrique en impulsions sonores ultrasonores de **40 KHz**. L'autre en récepteur des impulsions réfléchies (**écho**).

A la réception d'un écho, le récepteur génère une impulsion dont la largeur temporelle est utilisée pour déterminer la distance parcourue par l'impulsion.

Une impulsion d'une durée de **10 µS** est d'abord appliquée par le microcontrôleur à la broche de déclenchement **Trig**. La circuiterie électronique du capteur transmet alors une salve d'ondes ultrasonores de huit impulsions de **40 KHz**. Ce modèle à **8 impulsions** rend la « signature ultrasonore » du capteur unique, permettant au récepteur de différencier le modèle transmis du bruit ultrasonore ambiant. Ce paquet d'impulsions ultrasonores se déplace dans l'air à une vitesse de **340m/s**, et pendant ce temps la broche **Echo** passe à l'état haut pour commencer à former le début du signal de retour d'**écho**. Dans ce cas, si ces impulsions ne sont pas réfléchies, le signal **Echo** expirera après **38 ms** et reviendra au niveau bas. Ainsi une impulsion de **38 ms** indique qu'il n'y a pas d'obstacle dans le champ du capteur.

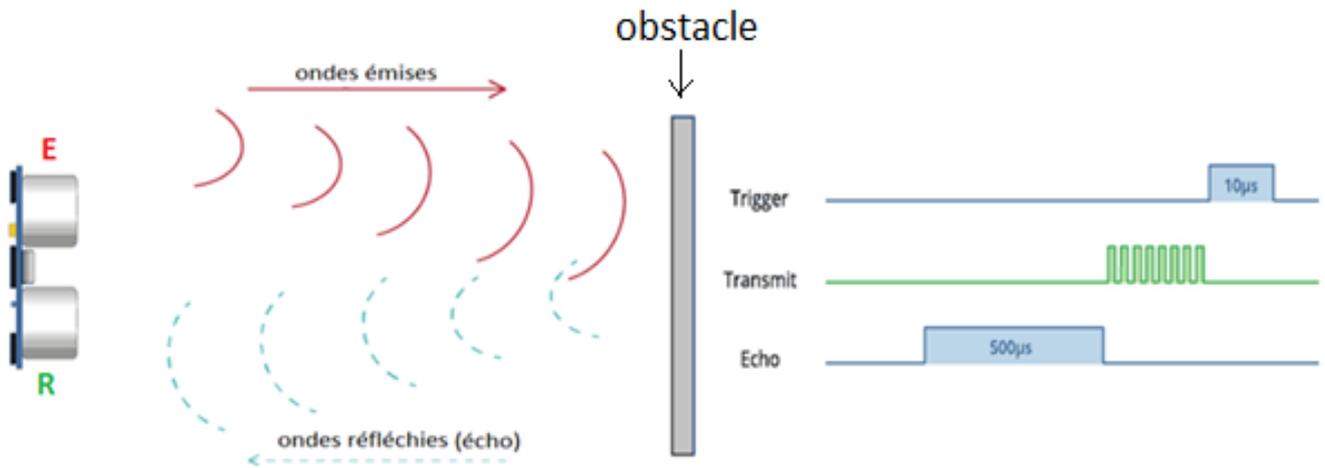


Fig 2.6 Principe de la détection ultrasonore

Si ces impulsions sont réfléchies, la broche **Echo** passe au niveau bas dès que le signal est reçu. Cela produit une impulsion dont la largeur varie entre **150 µs et 25 ms**, selon le temps qu'il a fallu pour que le signal soit reçu. La largeur de l'impulsion reçue est ensuite utilisée pour calculer la distance à l'objet réfléchi.

La formule suivante est utilisée pour le calcul de la distance en cm [13] :

$$d \text{ (cm)} = t \text{ (}\mu\text{s)} / 58$$

II.3.2 Capteur de poids et convertisseur hx711

II.3.2.1 Capteur de poids

Le capteur de poids est formée d'un corps d'épreuve et de gauges de contraintes. Il existe différents corps d'épreuve pour différentes formes d'objets à mesurer. Un exemple de capteurs de poids est donné sur la figure suivante :



Fig 2.7 Capteur de poids TEM01052B

Le capteur de charge **TEM01052B** se compose d'un demi-pont métallique auquel sont reliés trois fils de couleurs différentes (rouge, noir et bleu).

En exerçant une pression sur le demi-pont, celui-ci envoie un signal via le câble rouge, dédié à ce type de transmission. C'est un capteur avec une seule gauge de contrainte. Pour fabriquer une cellule de poids avec un pont à **4 gauges** on doit réaliser une combinaison de 4 capteurs. La solution pour notre réalisation est le capteur à 4 fils du fabricant SparkFun qui s'adapte facilement à une carte arduino à travers le convertisseur **hx711**.

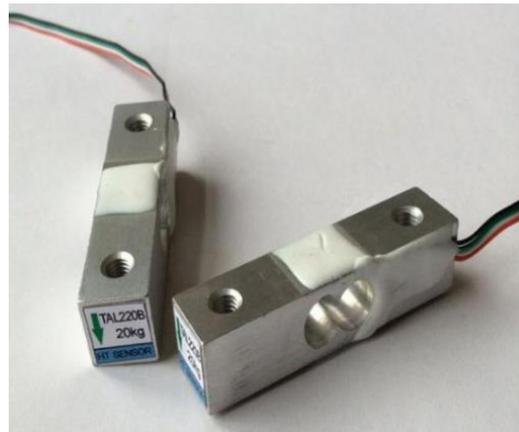


Fig 2.8 Capteurs de poids TAL220B

Les quatre fils sortant du pont de la cellule de charge sont :

Rouge : Excitation+ (E+) ou VCC

Noir : Excitation- (E-) ou la masse

Vert : Sortie+ (O+)

Blanc : Sortie- (O-)

Le capteur de poids **TAL220B** est un pont de Wheatstone avec **4 gauges** de contraintes. Le pont est alimenté par une tension continue (**E+**, **E-**) et délivre une tension de sortie (**O+**, **O-**)

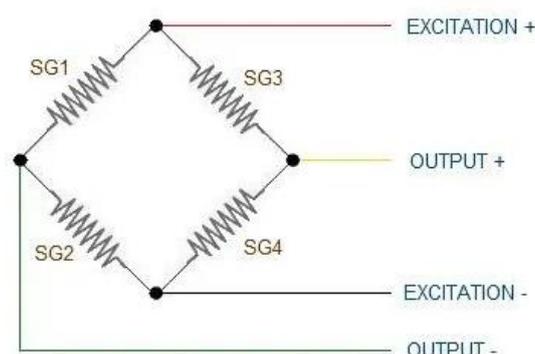


Fig 2.9 Gauges de contrainte montées en pont

SGx : Strain Gauge, **x**= 1, 2, 3, 4

Les gauges étant des résistances variables, soit l'équation du pont :

$$V_s = [R_3/(R_3+R_4) - R_2/(R_2+R_1)] * E$$

E : tension d'alimentation du pont, c'est l'excitation

V_s : tension de sortie du pont O+

Toute variation de la résistance de l'une des gauges, modifie l'équilibre des tensions du pont et génère une tension de sortie **V_s**.

Pour une tension **E=5V**, le capteur produira à pleine échelle une tension de :

$$V_s = E * S = 5 \text{ mV} \quad \text{avec } S = 1 \text{ mV/V} \text{ la sensibilité du capteur}$$

II.3.2.2 Convertisseur hx711

L'amplificateur **hx711** est un convertisseur **24 bits** muni d'un amplificateur à fort gain (**128, 64 ou 32**), spécialement conçu pour mesurer la faible tension délivrée par un capteur de force. L'interface numérique comporte une borne **SCK** (pour le signal d'horloge) et une borne **DT** (pour la transmission des bits de donnée). La fréquence de conversion est de **10 Hz** ou de **80 Hz**, en fonction de la tension appliquée sur la borne **RATE** du circuit intégré **hx711**.

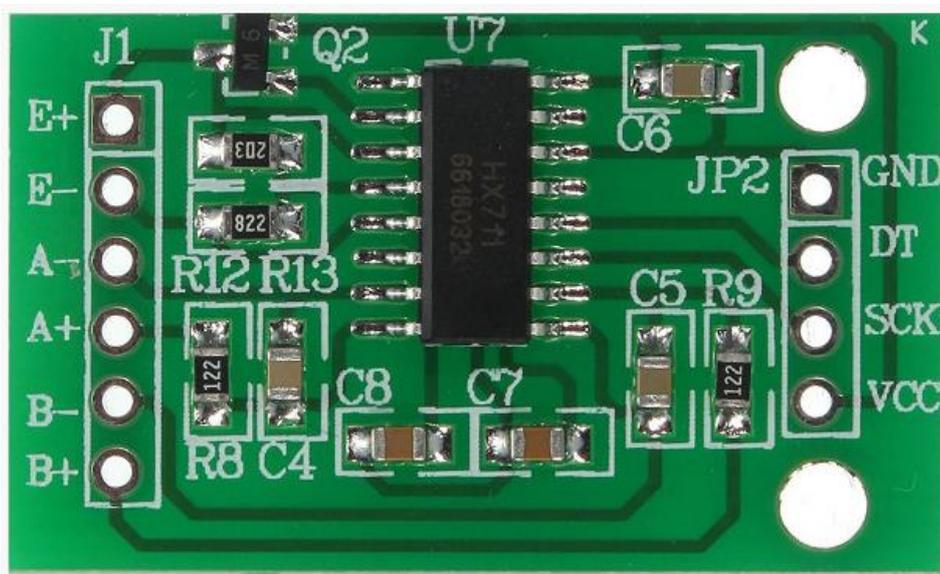


Fig 2.10 La carte du convertisseur hx711

La fréquence d'échantillonnage de **10Hz** est suffisante pour des applications quasi statiques de type pesée ou mesure de force lentement variable.

Sur la figure suivante on donne le câblage entre les trois éléments de la chaîne de mesure : **arduino-hx711-TAL220B**.

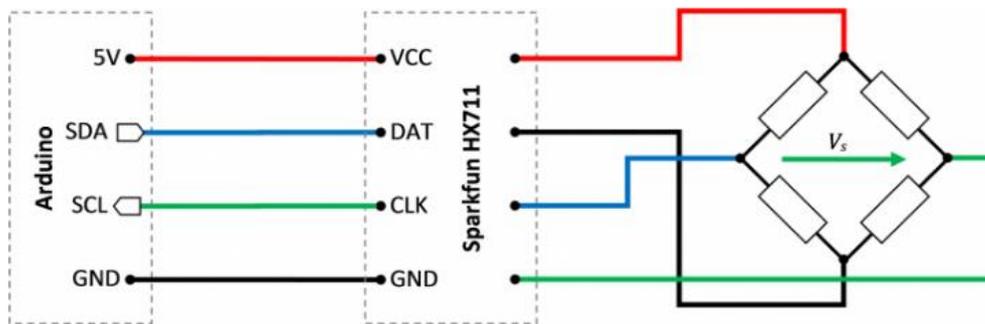


Fig 2.11 Chaîne de mesure du poids

II.3.3 Capteur de présence

Le rôle du détecteur de présence est de signaler au microcontrôleur la présence de colis au poste des opérations. Le microcontrôleur déclenche alors le processus d'enregistrement du produit. A la fin de l'opération le colis est enlevé.

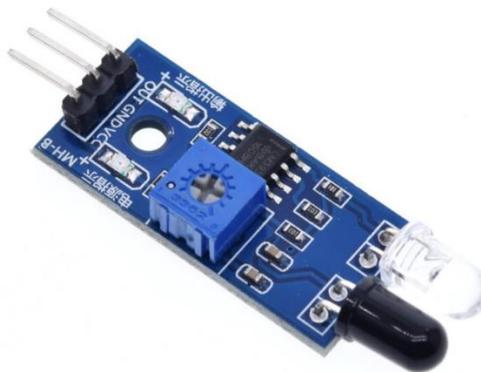


Fig 2.12 Détecteur de présence

II.3.4 Moteur DC

Le moteur à courant continu sert pour l'entraînement du tapis qui transporte les colis jusqu'au poste des opérations.

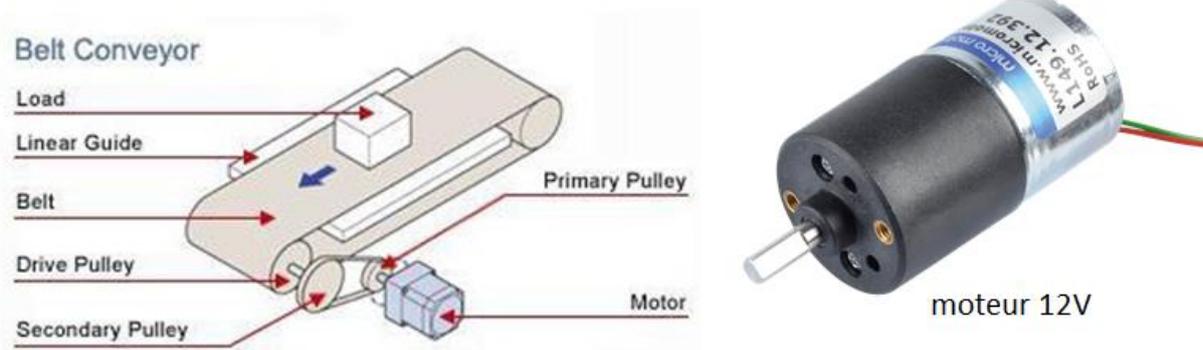


Fig 2.13 Entraînement d'un tapis et moteur DC

La vitesse de rotation du moteur sera fixée lors des essais expérimentaux. Elle est commandée par la carte arduino en utilisant une sortie **PWM** pour éviter l'échauffement du moteur. La vitesse du moteur à courant continu peut être facilement contrôlée en ajustant sa tension. Nous pouvons contrôler la tension d'entrée du moteur avec un signal **PWM**. Pour notre application le tapis tourne à vitesse constante.

La modulation en largeur d'impulsions PWM

En utilisant la modulation de largeur d'impulsion (PWM), nous pouvons appliquer une tension moyenne variable au moteur en ajustant le rapport cyclique du signal. Le rapport cyclique est défini comme la durée pendant laquelle le signal est activé, par rapport à la durée pendant laquelle le signal est désactivé. Une augmentation du rapport cyclique signifie que la tension moyenne augmentera aussi et donc la vitesse du moteur sera élevée.

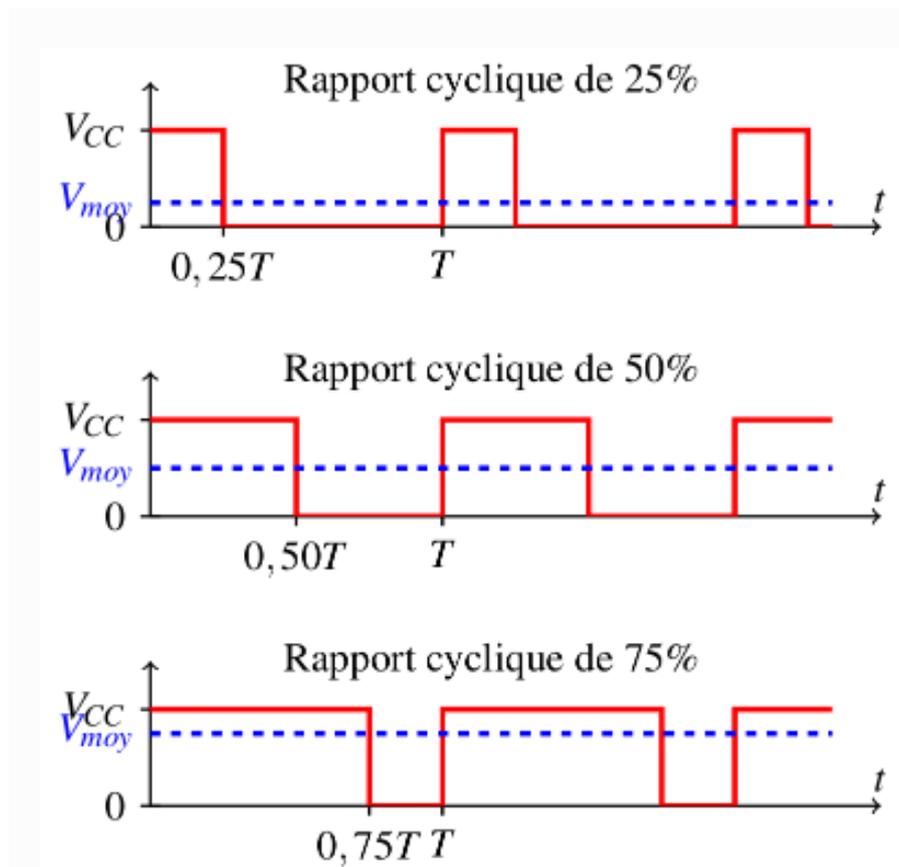


Fig 2.14 Principe de la MLI ou PWM

II.3.5 Afficheur LCD

L'afficheur LCD (Liquid Crystal Display) servira pour l'affichage du poids et du volume ainsi que des messages à l'opérateur en charge du poste des opérations. Dans notre projet un afficheur LCD 16x2 suffit. Afin de réduire le nombre de fils entre la carte arduino et l'afficheur LCD, nous avons couplé ce dernier à un module I2C. Le nombre de fils est réduit à seulement 4 fils.

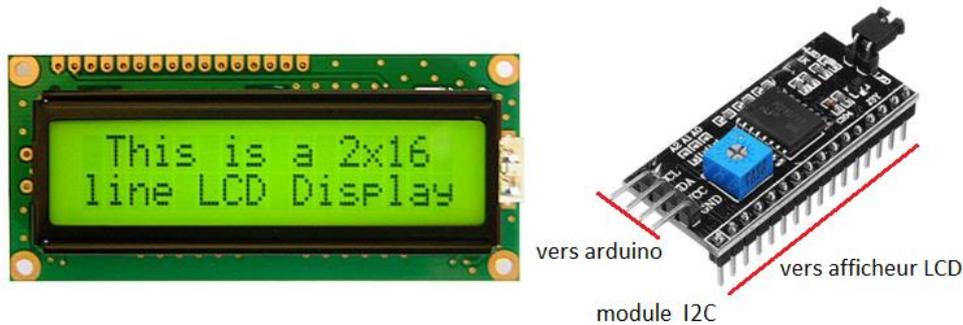


Fig 2.15 Afficheur LCD I2C

II.4 Carte arduino

Nous utilisons **16 entrées-sorties** dans le système proposé, on doit donc faire appel à une carte arduino atmega de **54 E/S**. Le reste des entrées-sorties peut être utilisés pour d'éventuels extensions.

Ce projet peut être réalisé avec un autre microcontrôleur, mais une carte arduino possède l'avantage de la simplicité d'utilisation. En effet elle permet une programmation in-situ (**ISP** : In-System Programming) du microcontrôleur, et simplifie considérablement la programmation par un IDE dédié et une riche librairie. La littérature est aussi riche par différents exemples d'utilisation. Un autre avantage de la carte arduino est sa disponibilité et son prix bas sur le marché.

La carte atmega

Elle est basée sur le microcontrôleur 2560 de microchip. Les caractéristiques de la carte sont :

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

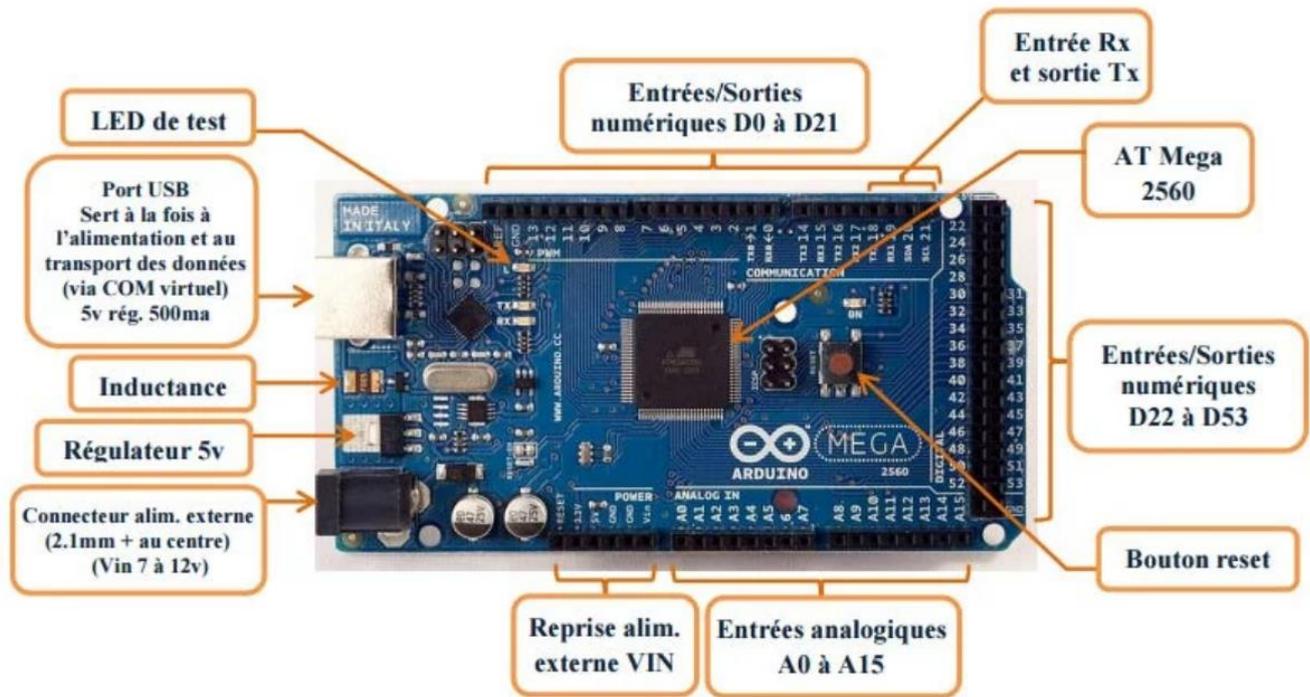


Fig 2.16 La carte atmega2560

II.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté une proposition d'un système de mesure de poids et volume de colis. Le matériel nécessaire à sa réalisation a été choisi avec une description des différents composants. Nous sommes arrivés à ce résultat en nous basant sur les différents prototypes étudiés au chapitre 1. Dans le chapitre suivant nous passons à la réalisation matérielle et logicielle du système.

Chapitre 3

Réalisation et Simulation

III.1 Introduction

Ce dernier chapitre est consacré à la réalisation du système de mesure de poids et volume de colis. La carte de commande est une arduino mega. On présente une description détaillée des différentes parties du système proposé. Nous mettons l'accent sur la réalisation matérielle et le développement des programmes.

III.2 Description matérielle

Les deux figures suivantes donnent le synoptique ainsi que le schéma électrique du système de mesure proposé. Il y a deux fonctions essentielles dans ce système, à savoir la fonction mesure de poids et celle de mesure de volume. Nous détaillerons le fonctionnement électrique de chaque partie du schéma.

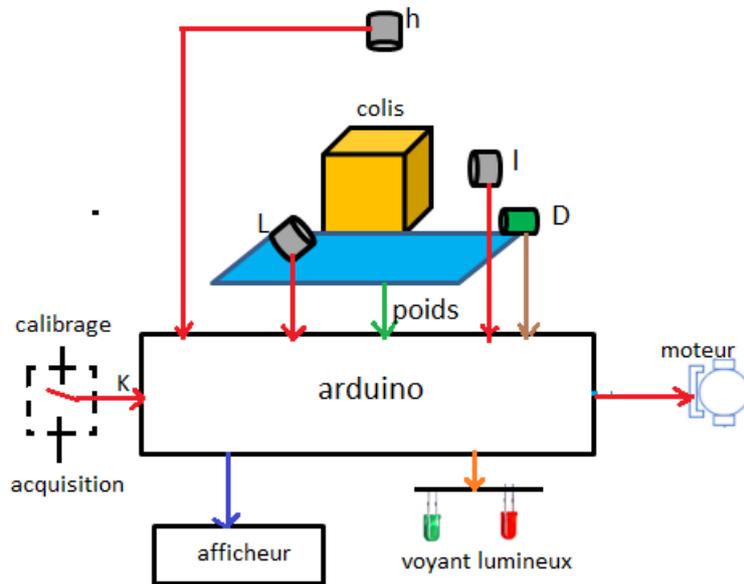


Fig 3.1 Synoptique du système proposé

capteurs ultrasonores : signaux h, L, l

détecteur de présence : signal D

cellule de poids : signal poids

commutateur K : choix calibrage/mesure

voyants lumineux : poste de mesure libre/occupé

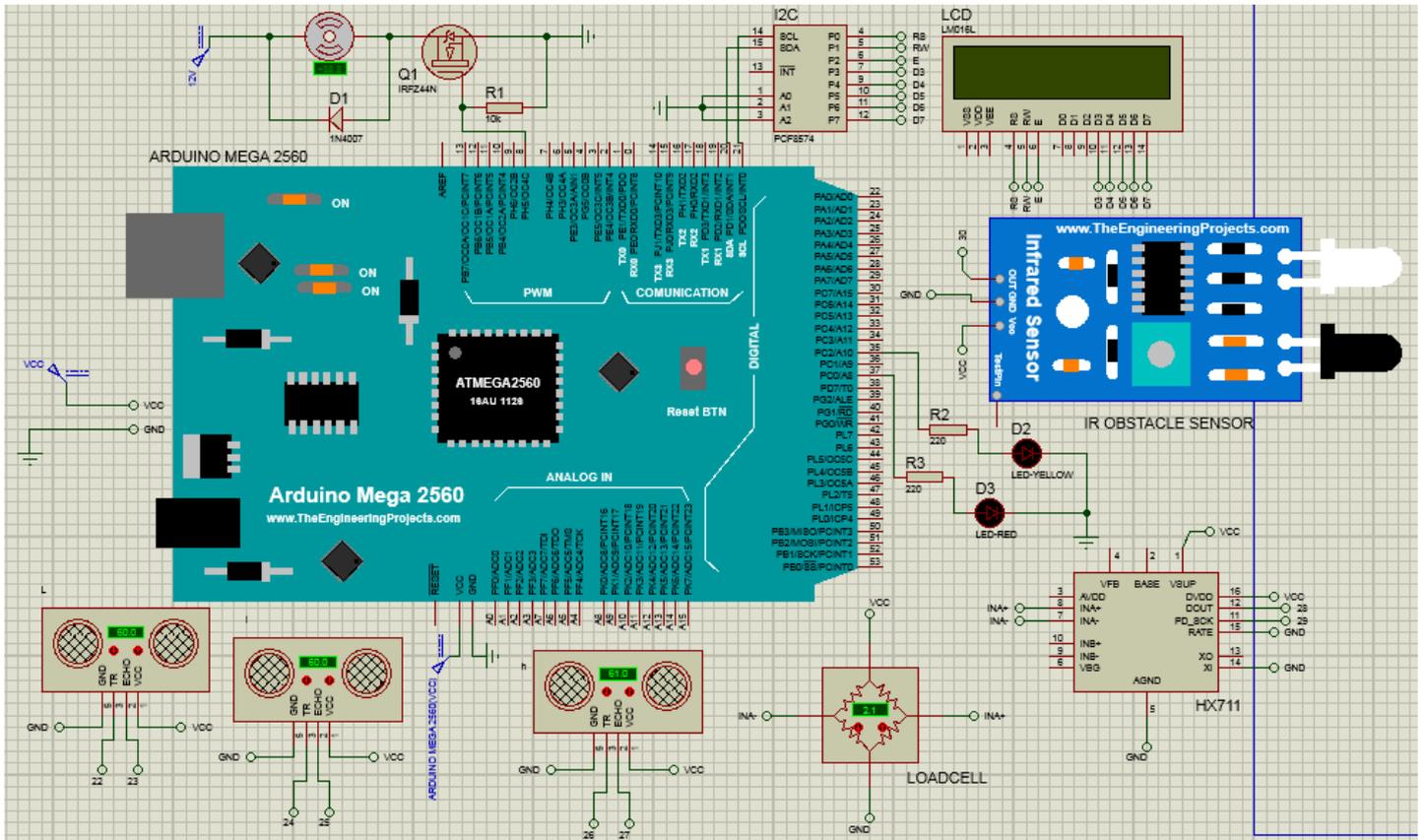


Fig 3.2 Schéma électrique

III.2.1 Circuit de mesure de poids

Dans ce processus, nous devons créer une contrainte entre les extrémités opposées de la cellule de charge. La façon la plus simple de le faire est de le fixer entre deux planches. Le plateau inférieur maintient notre balance en place et le plateau supérieur (qui est la table) est le plateau de pesée. Nous veillerons à mettre des entretoises entre la carte et la cellule de charge, afin qu'il y ait de la place pour la déformation. Lorsque nous appliquons une force à la cellule de charge, deux des jauges de contrainte se compriment (**rouge**) tandis que les deux autres s'étirent (**bleu**).

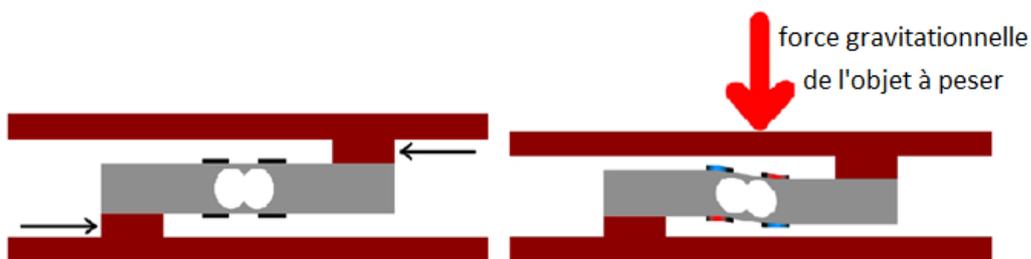


Fig. 3.3 Fixation de la cellule de charge entre deux plaques.

La cellule de charge a un autocollant en forme de flèche qui indique la direction de la force. Nous devons fixer le plateau de pesée au-dessus de la cellule de poids avec la flèche qui pointe vers le bas.

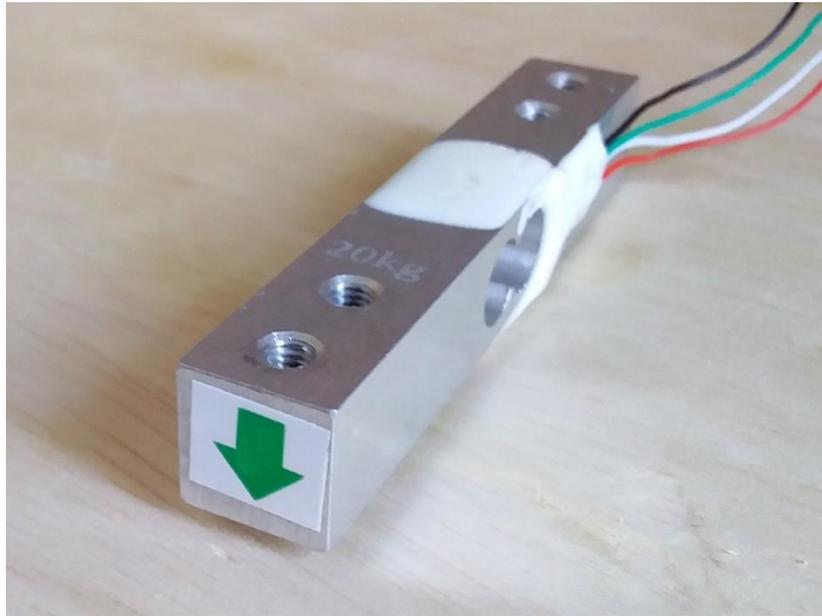


Fig. 3.4 Orientation de la cellule de charge

La figure suivante montre le câblage de la cellule de poids à la carte arduino à travers la platine hx711.

Câblage avec arduino :

DT : Pin 28

CLK : Pin 29

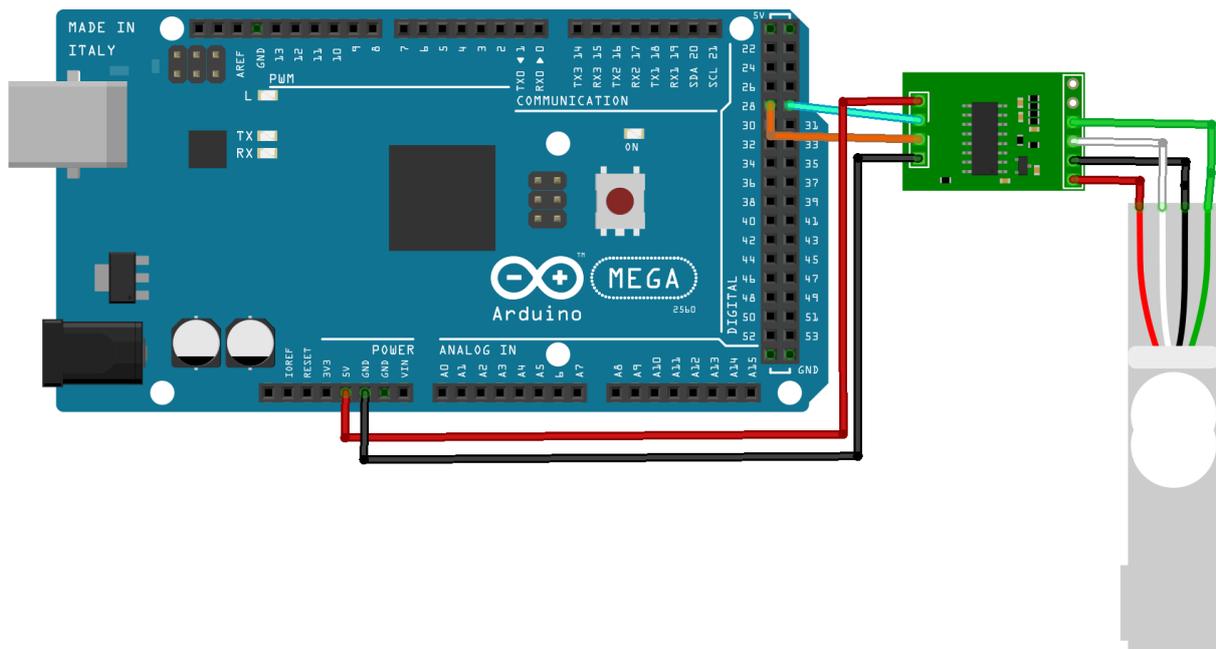


Fig. 3.5 Câblage du HX711 et de la cellule de poids avec arduino

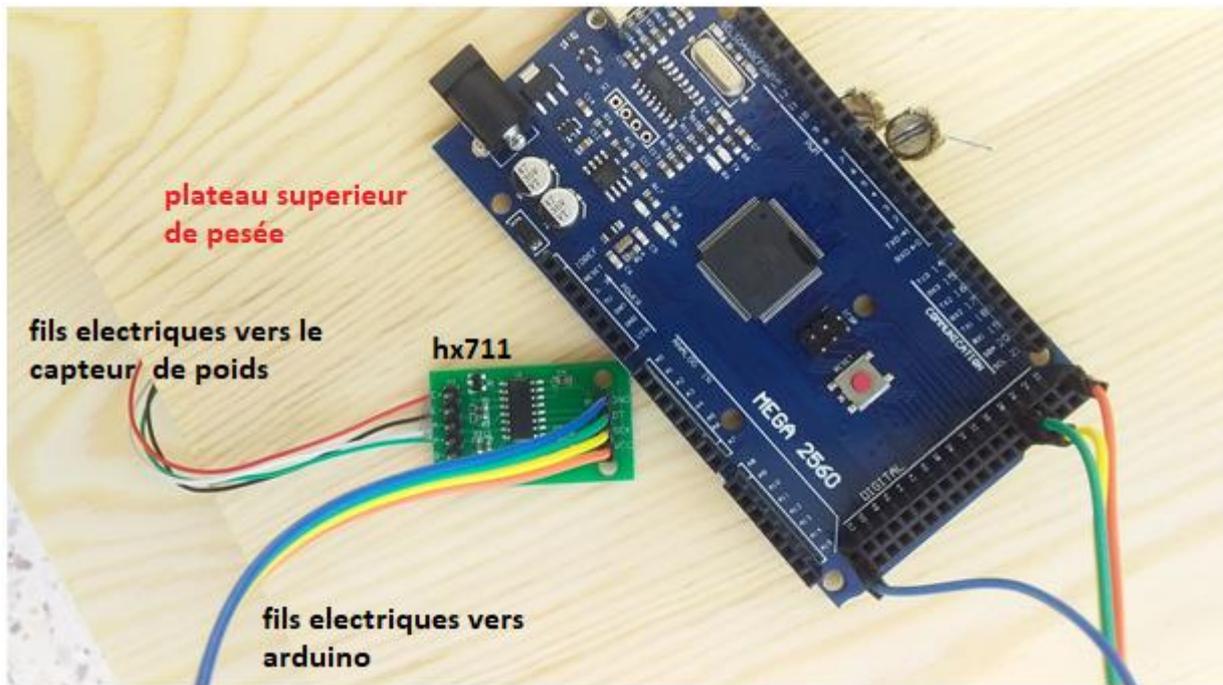


Fig 3.6 a) Liaisons électriques vers le capteur de poids

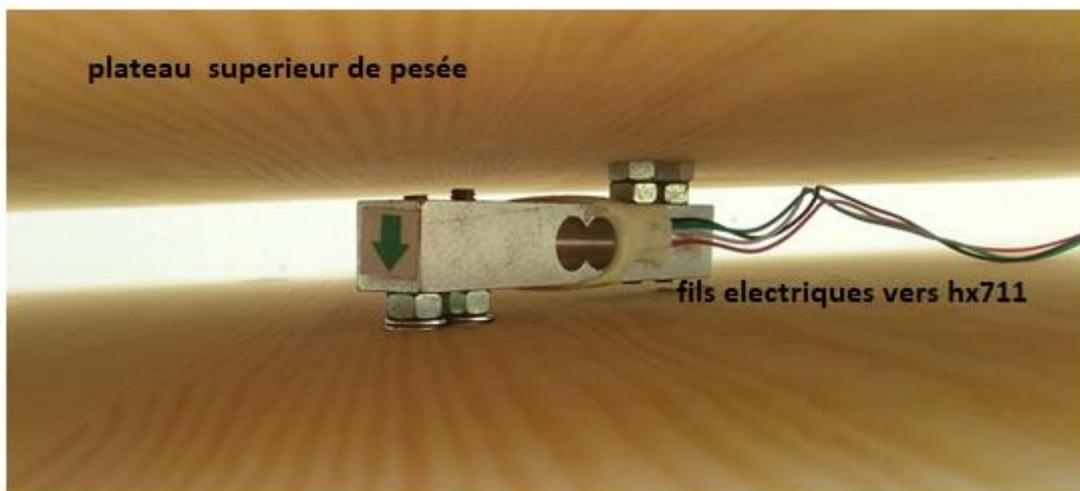


Fig 3.6 b) Placement du capteur de poids

Le principe de mesure du poids d'un objet est considérablement facilité par la platine hx711. L'objet à mesurer lorsqu'il est posé sur la cellule de poids, crée des contraintes sur le corps d'épreuve de la cellule. Ces contraintes mécaniques sont transformées en un signal différentiel par des jauges montées en pont et collées sur ce corps. Ce signal transmis à la platine hx711, est amplifié par un amplificateur d'instrumentation avant d'être converti et envoyer en série à la carte arduino.

La librairie du hx711 contient des programmes de conversion du signal numérique reçu en unités de poids. Comme on le verra plus bas, un calibrage de ce montage est nécessaire. Il consiste à obtenir une mesure de zéro grammes en absence d'objet à mesurer.

III.2.2 Circuit de mesure de volume

Comme nous l'avons expliqué au chapitre 2, cette mesure nécessite un référentiel en trois dimensions. La figure suivante montre le poste de mesure avec le placement des trois capteurs ultrasonores.

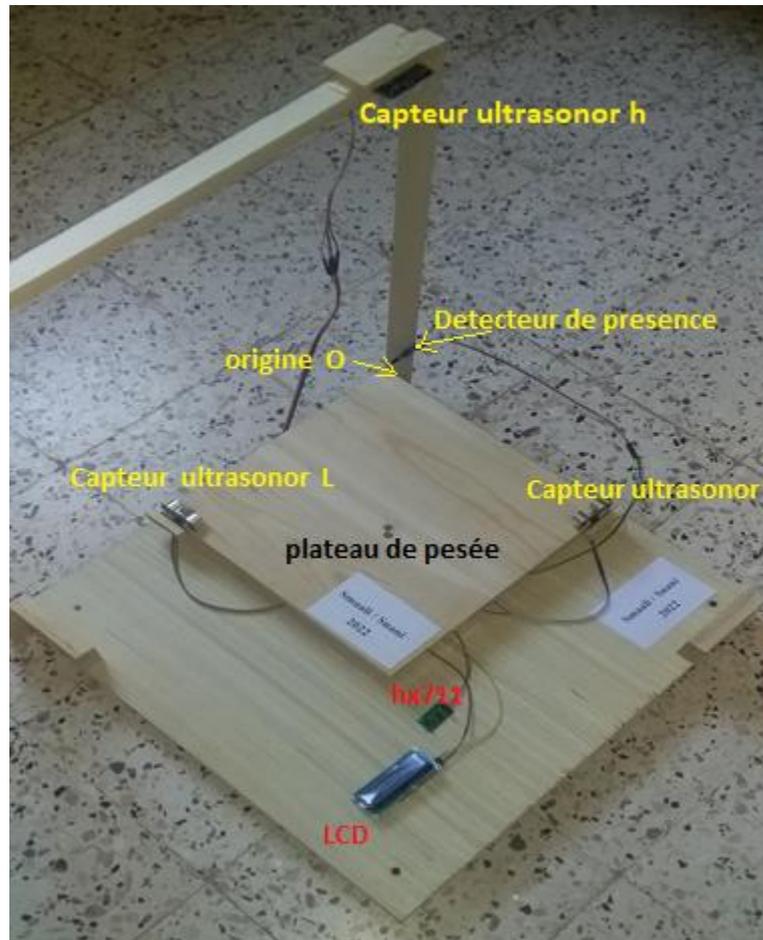


Fig 3.7 Le poste de mesure

La plaque inférieure qui est le socle du poste mesure 50x50 cm

La plaque supérieure qui reçoit le colis mesure 30x30 cm

La distance entre l'origine du référentiel et les trois capteurs est :

$OL = 28\text{cm}$ = distance du capteur L par rapport à O

$Ol = 28\text{cm}$ = distance du capteur l par rapport à O

$Oh = 45\text{cm}$ = distance du capteur h par rapport à O

Câblage avec Arduino :

Trig 1 : Pin 22

Echo 1 : Pin 23

Trig 2 : Pin 24

Echo 2 : Pin 25

Trig 3 : Pin 26

Echo 3 : Pin 27

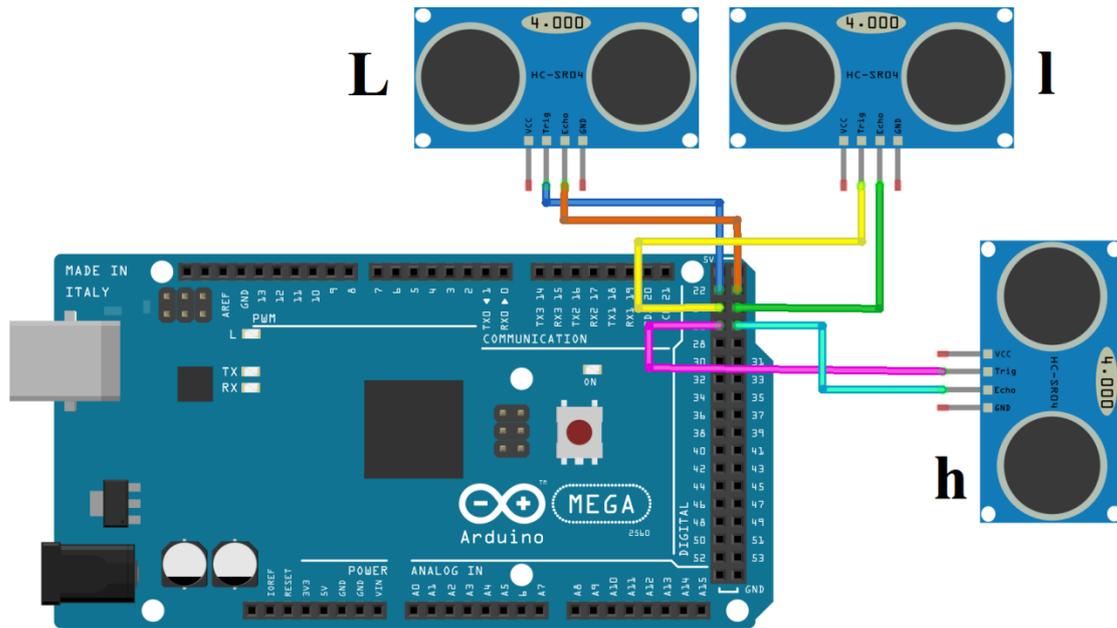


Fig. 3.8 Câblage des ultrasons avec arduino

capteur L : pour la mesure de la longueur du colis

capteur I : pour la mesure de la largeur du colis

capteur h : pour la mesure de la hauteur

III.2.3 Détecteur de présence

Câblage avec arduino :

Out : Pin 30

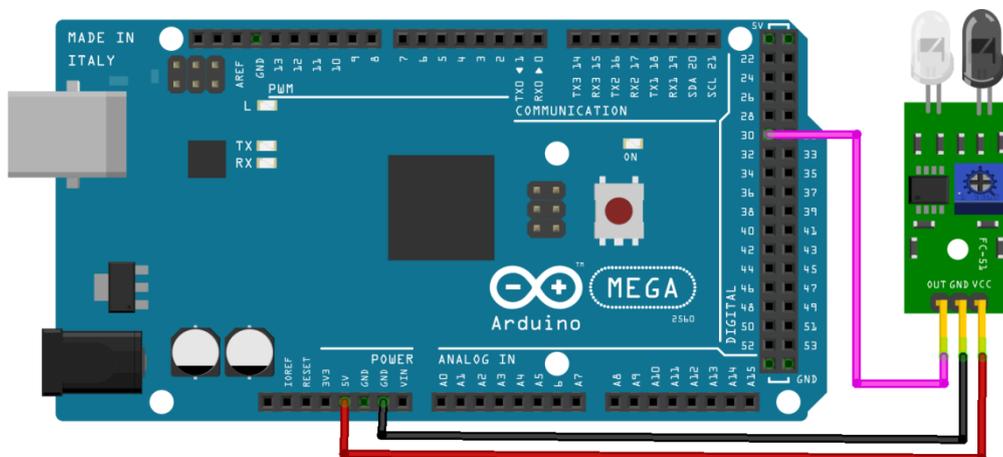


Fig 3.9 a) Câblage du capteur de présence avec arduino

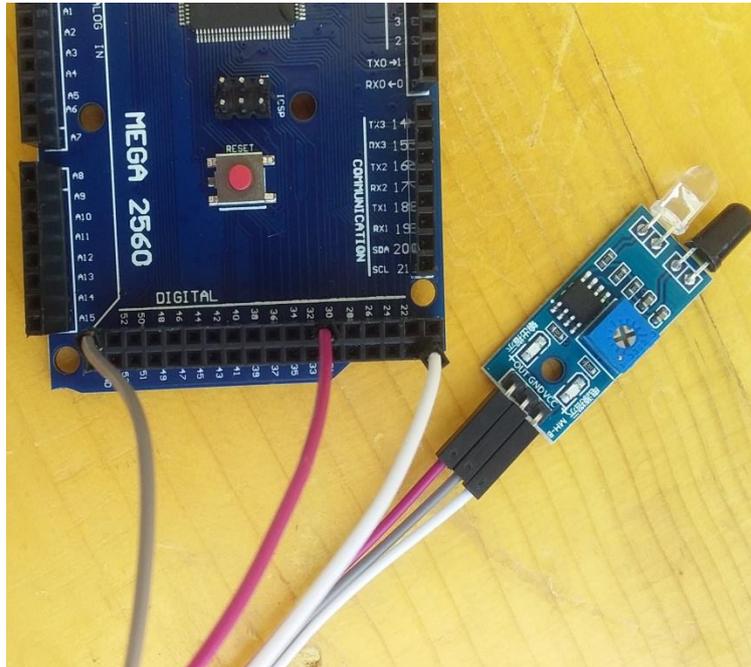


Fig 3.9 b) Liaisons électriques du détecteur de présence

Le rôle du détecteur de présence est la détection de colis sur la cellule de poids. En effet le processus d'acquisition n'est déclenché qu'à la condition de la présence de colis.

III.2.4 Afficheur LCD

Afin d'optimiser le nombre de lignes d'entrées-sorties de la carte, nous avons optés pour l'afficheur I2C. Celui-ci nécessite seulement deux lignes d'informations (data et clock) en plus de l'alimentation et de la masse.

Câblage avec arduino :

SDA : SDA

SCL : SCL

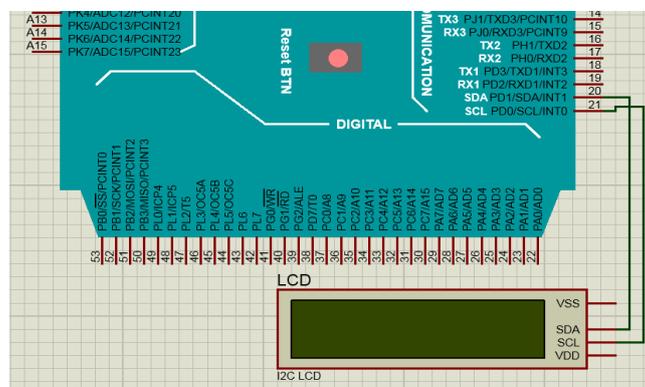


Fig. 3.10 a) Simulation PROTEUS du LCD I2C

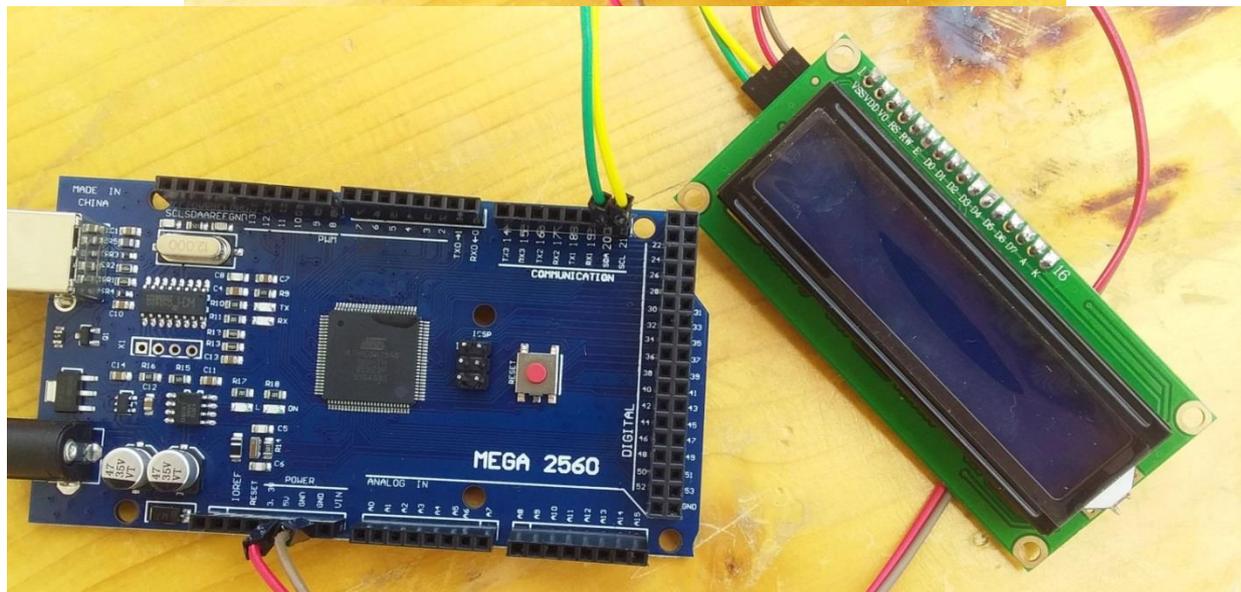
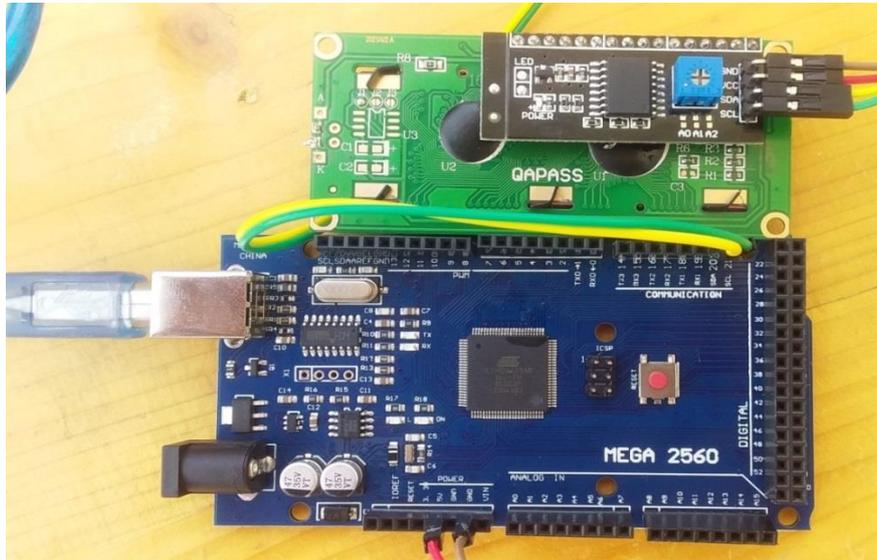


Fig. 3.10 b) Liaisons électriques du LCD I2C

III.2.5 Le moteur dc

Pour l'entraînement du tapis nous avons utilisé un moteur à courant continu 12V. Il est commandé par un signal PWM, le transistor MOSFET sert d'interface de puissance. Le réglage de la vitesse se fait en agissant sur le rapport cyclique du signal PWM. Nous fixons une vitesse de rotation du moteur capable d'entraîner le tapis avec des charges ne dépassant pas 1kg. La limite de ce poids est dû au manque de rigidité du convoyeur expérimentale réalisé.

Câblage avec arduino :

Gate : Pin 8

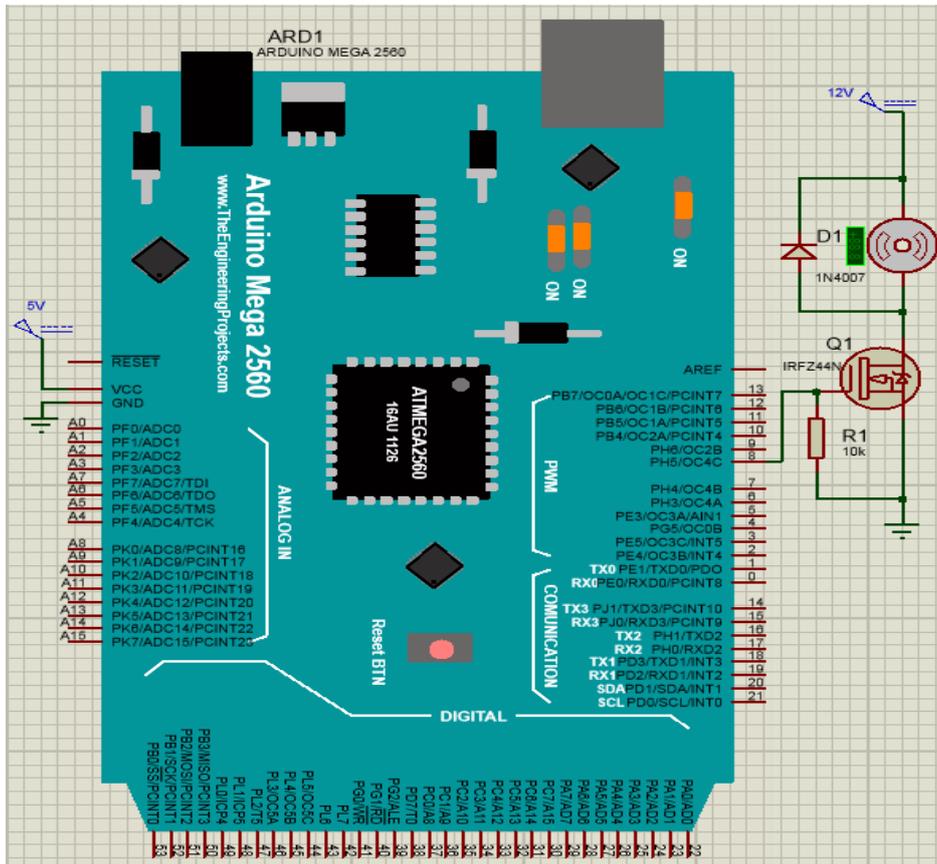


Fig. 3.11 Simulation PROTEUS du moteur dc

III.3 Simulation

Nous décomposons le programme de gestion en trois organigrammes. L'organigramme principale qui décrit les différentes étapes du processus d'acquisition du poids et volume, et les deux organigrammes pour les fonctions d'acquisition du poids et celle du volume.

La simulation logicielle a été réalisée sous PROTEUS.

III.3.1 Organigramme principale

Dans notre conception logicielle, on offre à l'opérateur la possibilité de procéder à un calibrage de la balance. Le calibrage est nécessaire périodiquement compte tenu des dérives électroniques ainsi que des conditions de température notamment qui influence le mécanisme de la cellule. Le reste de l'organigramme comporte les fonctions de pesage et d'acquisition du volume, qui vont être décrites ci-après.

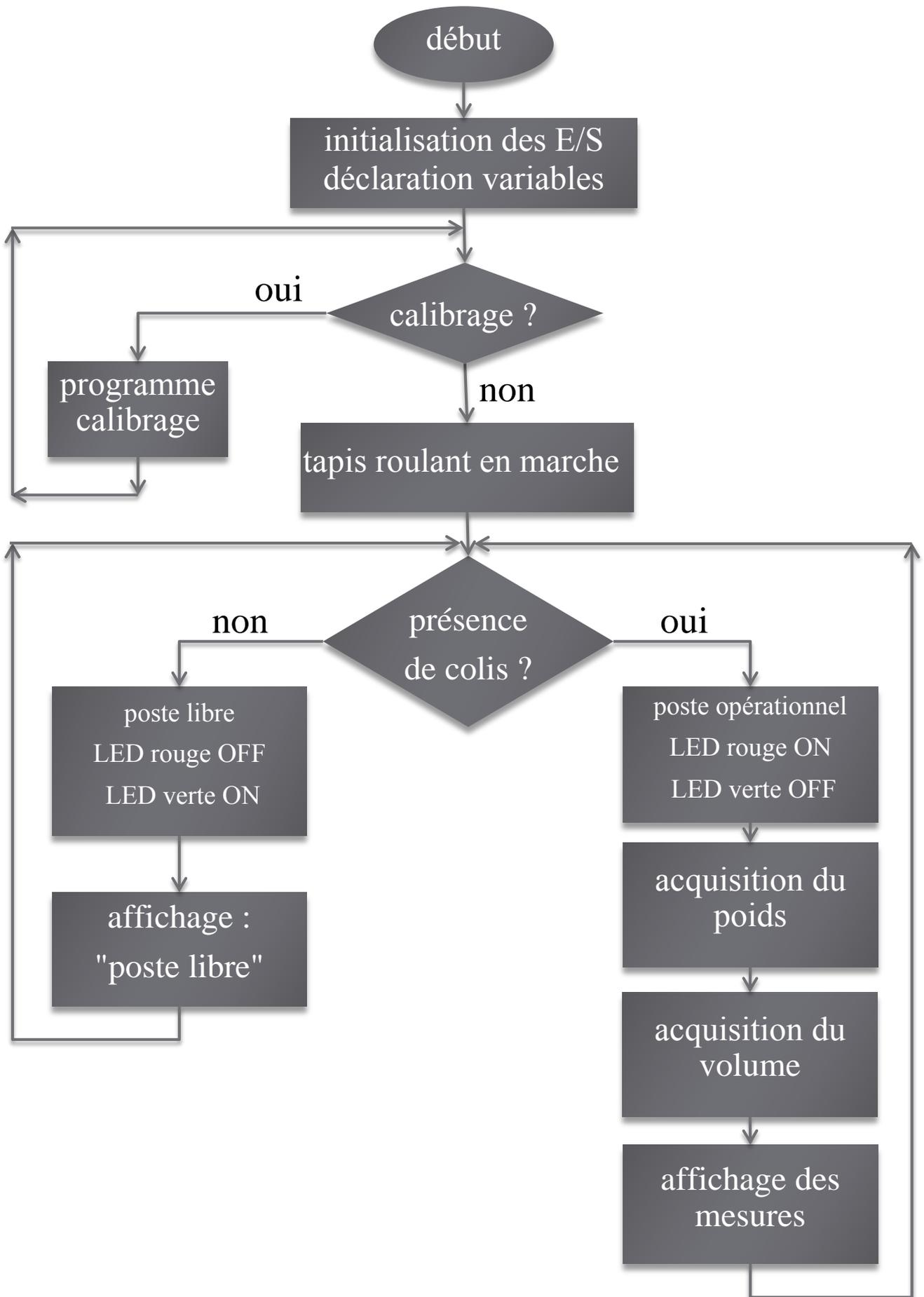


Fig 3.12 Organigramme principale

III.3.2 Acquisition de volume

On donne dans la figure suivante l'organigramme de l'acquisition du volume. Nous avons tenu compte dans notre conception de ce programme d'acquisition de la possibilité d'une non-détection du colis. Cela pourrait se produire pour les colis de faible volume.

Nous activons les trois capteurs ultrasonores simultanément. En utilisant la librairie du capteur ultrasonore HC-SR04, les mesures de distances sont obtenues avec les codes de programmes suivants

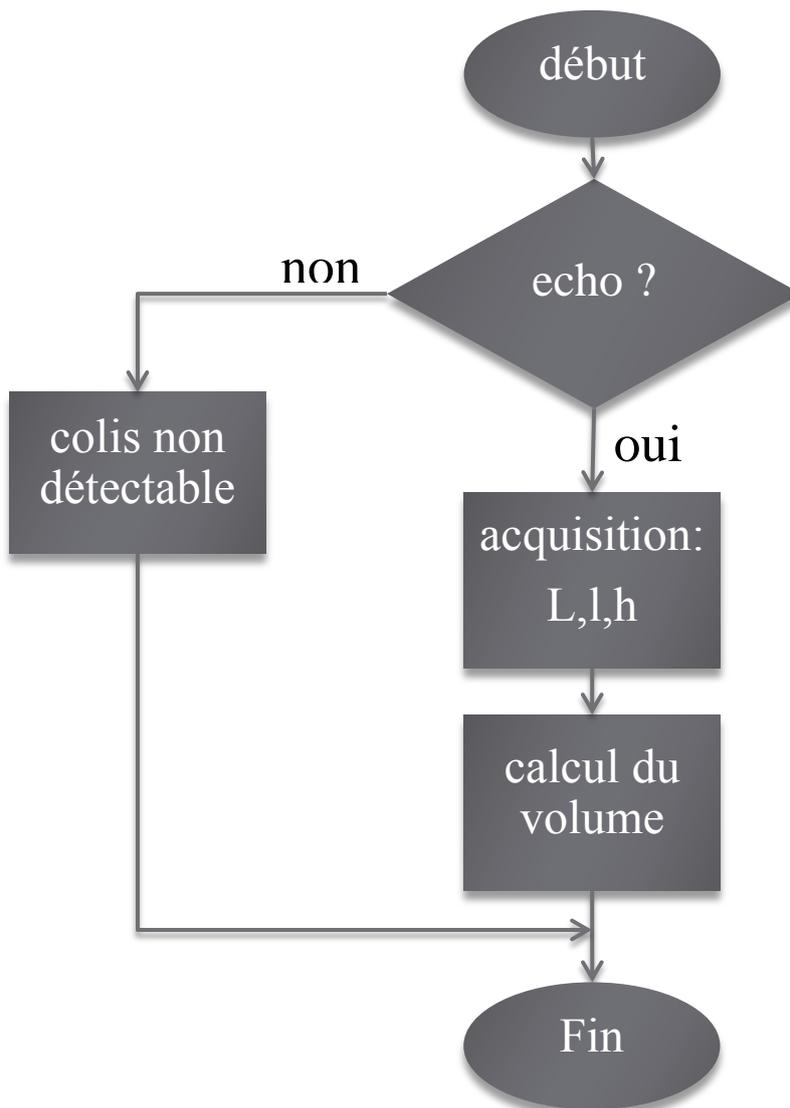


Fig. 3.13 acquisition de volume

Instructions pour déterminer le volume des colis :

```
// mesure du temps de parcours (Time of Flight) en  $\mu$ s [14]
```

```
duration1 = sonar1.ping();
```

```
duration2 = sonar2.ping();
```

```
duration3 = sonar3.ping();
```

```
// calcul de la distance en cm: vitesse son 343m/s
```

```
distance1 = (duration1 / 2) * 0.0343;
```

```
distance2 = (duration2 / 2) * 0.0343;
```

```
distance3 = (duration3 / 2) * 0.0343;
```

```
// détermination des dimensions du colis en cm
```

```
l = Ol - distance1 = 28 - distance1;
```

```
L = OL - distance2 = 28 - distance2;
```

```
h = Oh - distance3 = 45 - distance3;
```

```
volume = l * L * h; // volume en  $\text{cm}^3$ 
```

III.3.3 Acquisition du poids

L'organigramme de l'acquisition du poids contient deux mesures différentes selon le choix de l'opérateur, le calibrage ou la mesure du colis. Le calibrage ou l'étalonnage comme nous l'avons signalés ci-avant, est une opération périodique. L'étalonnage du capteur de pesage est indispensable pour assurer la justesse de ces résultats de mesure. Cela consiste à déterminer par programme de la librairie du hx711, un paramètre du gain de l'amplificateur d'instrumentation tel que lorsqu'on est en absence de colis le signal poids est nul. Nous utilisons la librairie du hx711 [15] pour exploiter le programme de calibrage.

Durant le calibrage le convoyeur transportant les colis est stoppé. La mesure proprement dite intervient lorsqu'un colis est présent sur la cellule de poids, et que sa présence a été détectée.

III.4 Mesure expérimentales

A) Mesures de poids

Nous avons réalisés des mesures expérimentales sur des produits utilisés quotidiennement. Le poids réel de ces produits a été mesuré avec une balance électronique industrielle. Le tableau ci-dessous contient les mesures réelles et celles obtenues avec notre système. On remarque l'exactitude des deux séries de mesure.

Produit :	sucré	beurre	harissa	smen	flan
poids réelle	1013g	526 g	408g	934g	58g
poids mesure	1013g	526 g	408g	934g	58g



Fig 3.14.a) Calibrage du capteur de poids



Fig 3.14.b) Mesure du poids d'un produit

B) Mesures de volumes

Nous avons pris trois boites d'emballage appelées « colis »



Fig 3.15 Echantillon de colis

Les dimensions de ces trois colis sont:

colis1 : $20,7 * 20,7 * 3,3 = 1414 \text{ cm}^3$

colis2 : $27,4 * 12,2 * 18,3 = 6117 \text{ cm}^3$

colis3 : $25,7 * 28,5 * 23,2 = 16993 \text{ cm}^3$

Nous avons réalisés pour chaque mesure de volume une série de 10 mesures.

colis1: 1422, 1444, 1444, 1422, 1417, 1444, 1422, 1449, 1444, 1449

colis2: 5832, 5832, 5879, 5847, 5879, 5832, 5815, 5847, 5847, 5879

colis3: 15537, 15576, 15537, 15576, 15624, 15616, 15624, 15537, 15616, 15576

Le tableau ci-dessous résume les mesures réelles et celles obtenues avec notre système.

	colis 1	colis 2	colis 3
volume réelle	1414 cm ³	6117 cm ³	16993 cm ³
volume mesuré	1435 cm ³	5849 cm ³	15582 cm ³

Chacune de ces mesures du volume est la moyenne de 10 valeurs. Le résultat final a été arrondi, l'erreur est négligeable car il s'agit du dixième de cm.

1. On remarque qu'il y a correspondance entre le volume réel et le volume mesuré.

$$\text{colis1} < \text{colis2} < \text{colis3}$$

2. La logique de ces mesures prouve le fonctionnement correct de nos circuits et du programme.
3. Cette différence de mesure entre la valeur réelle et mesurée pourrait s'expliquer par l'environnement des capteurs ainsi que la matière des produits à mesurer. Ces capteurs à ultrason ont besoin d'une zone dégagée, avec une surface dure et lisse d'au moins quelques dizaines de cm² en face du capteur pour donner des résultats corrects.
4. Les deux capteurs qui mesurent la longueur L et la largeur l sont pratiquement au ras de la table, ceci ne contribue pas à obtenir des mesures corrects. Ceci nous oblige aussi à imposer le volume minimal mesurable.

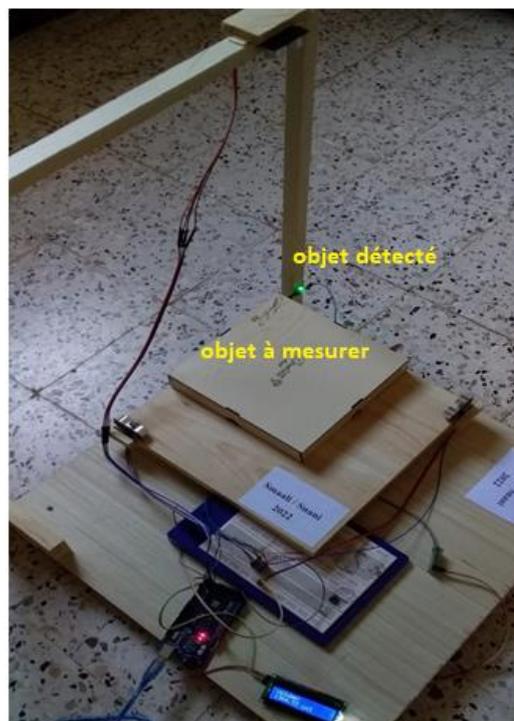


Fig 3.16 Poste de mesure en opération

III.5 Conclusion

Ce dernier chapitre nous a permis de découvrir par la pratique l'instrumentation des différents capteurs utilisés. Nous avons commencés par le test des capteurs séparément pour vérifier leur fonctionnement et le déroulement correct du programme arduino. Par la suite nous avons réalisés la simulation complète du système sur PROTEUS. Ceci nous a permis de vérifier la coordination du fonctionnement des différentes parties. Le montage mécanique du système a été relativement difficile à réaliser. Nous avons d'abord réalisés le poste de mesure afin de procéder aux différentes expérimentations. Par contre le convoyeur nous a posés quelques difficultés, les travaux de son montage sont toujours en cours, et nous souhaitons le terminer avant notre soutenance.

Conclusion Générale

L'importance de système de mesure du poids et volume est de plus en plus utile dans le transport et l'industrie. Il est composé de capteurs qui donnent des lectures dimensionnelles précises sur tous les emballages. Il se compose également d'une balance qui produit des lectures de poids précises. Des dimensions de colis précises sont essentielles pour éviter des frais de transport supplémentaires et se conformer aussi aux réglementations dans les transports. Un tel système fait partie intégrante de la logistique d'expédition de marchandises.

Pour notre projet on a fait une recherche bibliographique approfondie sur les installations de mesure dans les sociétés de transport. Des technologies de pointe sont mises en œuvres afin de déterminer avec précision le poids et le volume. Les technologies laser sont très présentes notamment pour la mesure du volume de différentes formes d'objets à expédier.

De cette recherche bibliographique on s'est inspiré pour proposer un prototype pour la mesure de poids et volume d'objets de forme cubique ou parallélépipédique rectangle. Nous avons proposé pour la mesure du volume un système basé sur trois capteurs ultrasonores. Les résultats obtenus sont concluants puisque on a constaté une conformité entre les données réelles et mesurées. Ce résultat satisfaisant a été atteint par un système à base de carte arduino atmega, une chaîne de mesure de poids et le système à trois capteurs ultrasonores. Dans les installations industrielles ils se servent de têtes laser placées à quelques mètres pour scanner l'objet, et extraire ses différentes cotes pour le calcul du volume. Les algorithmes de traitement sont une propriété de la société. Ce matériel est inabordable pour nous. Néanmoins nous avons découvert cette technologie dans les installations d'instrumentations, et qui a été très bénéfique pour notre formation.

Les perspectives de ce projet sont multiples, bien sûr aux dépens d'un coût élevé. Par exemple pour éviter la contrainte de la mesure dans un référentiel, il est possible de multiplier les capteurs afin de faire des mesures même si l'objet est au milieu du tapis. On peut aussi affiner la mesure du volume avec des capteurs laser longues distances (quelques mètres). Toutes ces améliorations exigent un niveau de perfectionnement électronique élevé et un traitement numérique adapté.

Références bibliographiques

- [1] <https://www.soehnleprofessional.com/fr/solutions-specifiques/d%C3%A9taill%C3%A9s/482/systeme-de-mesure-volumetrique>
- [2] <https://blog.raja.fr/poids-volumetrique>
- [3] <https://www.sendcloud.fr/poids-volumetrique/>
- [4] 1554824851-soehnle-industrial-solutions.pdf
- [5] <https://www.directindustry.fr/prod/gram-group/product-126989-2386261.html>
- [6] <https://www.wipotec-ocs.com/fr/balances-dynamiques-cep/>
- [7] <https://www.hbm.com/fr/6768/comment-fonctionne-exacte-un-capteur-de-pesage/>
- [8] Dra el Mizen Mohamed Zohir «Étude et réalisation d'un Système de contrôle de poids en ligne de produit fini des pâtes alimentaires. », mémoire de master, université Blida, 2017-2018.
- [9] <https://www.kalstein.fr/differences-entre-balance-analytique-et-balances-electroniques/>
- [10] <http://pesage.biz/le-pesage-et-ses-techniques/classification-de-systemes-de-pesee-par-la-technologie-utilisee/>
- [11] F.Z Bensafa & H.Hadji , « Réalisation d'une balance électronique », mémoire de master, université de Tlemcen, 2018-2019.
- [12] Patrick POULICHET «Cours sur l'électronique de conditionnement du capteur» ESIEE PARIS, Novembre 2006
- [13] HC-SR04 User Manual
- [14] <https://dronebotworkshop.com/hc-sr04-ultrasonic-distance-sensor-arduino/>
- [15] https://github.com/olkal/HX711_ADC