REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA**



**F**aculté de **T**echnologie
Département du **G**énie **E**lectrique

# Mémoire de fin d'études de Master

**Filière : Electronique**

**Spécialité : Instrumentation**

---

# Conception et réalisation d'un agitateur de sang

---

**Présenté par :**

**Melle Imane Metidja**

**Melle Rabia Touir**

**Proposé et Dirigé par :**

**Dr. S. Bentouati**

Année universitaire 2020-2021

# Remerciement

Nos premiers remerciements sont adressés à notre seigneur ALLAH SOUBHANAHOU WA TAALA qui nous a aidées à faire ce modeste travail

Nous tenons à remercier tous les professeurs qui ont contribué au succès de ce mémoire

Nous voudrons dans un premier temps remercier notre encadreur docteur S. Bentouati, pour ses efforts et contributions à l'élaboration de ce mémoire

Dans un second temps nous remercierons les membres de jurys messieurs N. Henini et B. Kaddour d'avoir accepté d'examiner notre travail

Nous souhaitons également remercier Redhouane pour ses orientations

Et un spéciale remerciement pour mesdames S. Lakhdari, N. Ferguani et N. Dellal.

# *Dédicace*

*A celle qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation et de ses dévouements*

*A ma chère mère*

*A celui qui a changé la nuit en jour pour m'assurer les bonnes conditions*

*A mon cher père*

*A mes sœurs pour leur encouragement durant mon parcours scolaire :*

*Ma chère sœur DJAMILA et son époux FRIDE.A*

*Et ses enfants Yasser, Maria, Chaima, Ikhlas*

*Ma sœur adoré AMINA et son époux REBOUD.M*

*Et ses enfants Roeya, Mohamed amine*

*A ma grand-mère, mes oncles et mes tantes*

*A tous les cousins surtout ma chère WASSILA et sa famille*

*A tous les membres de ma famille et toute personne qui porte le nom TOUIR.*

*A mon binôme METIDJA IMANE pour soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet et leur famille*

*A mon amie adorée BENZERGA RIMA et leur famille*

***Touir Rabia***

# *Dédicace*

*Mes chers parents M.Metidja et W.Chaba, aucune dédicace ne peut exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour vous, je vous remercie pour vos encouragements et vos prières*

*Je dédie ce modeste travail à mes frères Rafik et Akram, à mes sœurs Sirine et Chaima et à toute la famille Metidja et Chaba*

*Je dédie ce travail à toute la promotion instrumentation de l'année 2020/2021 et particulièrement mes chères amies Rabia et Ryma*

*Ainsi qu'à toutes les personnes qui m'ont aidée de près ou de loin à réaliser ce travail, un grand merci à vous.*

*Metidja imane*

**ملخص**

الهدف من هذا العمل هو تصميم وإنتاج جهاز تحريك الدم وهو عبارة عن جهاز آلي متوفر على مستوى أجهزة التبرع بالدم المتنقلة ، بناءً على وزن وتحريك وتثبيت أكياس الدم.

يدور تطوير الجهاز حول محول قوة مقياس الضغط ، ويستند مبدأ قياس أكياس الدم على تحويل تشوه جسم الاختبار إلى جهد الخرج لجسر ويتستون.

يتمحور عملنا حول محورين مهمين ، المحور النظري (الشروحات والرسوم التوضيحية) والمحور العملي (التجارب والتحقق).

كلمات مفتاحية : تقنية أجهزة قياس التشوهات، جسر "ويتستن"، اقتناء سلسلة.

## Résumé

L'objectif de ce travail de fin d'étude est la conception, et la réalisation d'un agitateur de sang qui est un automate disponible au niveau des mobiles de don de sang, basé sur le pesage, l'agitation et le clampage des poches de sangs.

L'élaboration de l'automate est articulée autour du capteur de force à jauges éxtensométriques, le principe de mesure des poches de sang est basé sur la conversion d'une déformation du corps d'épreuve en tension de sortie de pont de Wheatstone.

Notre travail se structure autour de deux axes importants, axe théorique (explications et illustrations) et un axe pratique (expériences et vérifications).

Mots clés : Jauges extensométriques, pont de Wheatstone, Chaine d'acquisition.

## Summary

The objective of this end-of-study work is the design and production of a blood stirrer which is an automatic device available at the level of blood donation mobiles, based on weighing, stirring and clamping of blood bags.

The development of the automat revolves around the strain gauge force transducer, the principle of measuring blood bags is based on the conversion of a deformation of the test body into the output voltage of the Wheatstone bridge.

Our work is structured around two important axes, theoretical axis (explanations and illustrations) and a practical axis (experiments and verifications).

Keyword: Strain gauges, Wheatstone bridge, acquisition chain.

# Sommaire

**Remerciemment**

**Dédicace**

**Resumer**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Symboles et abréviation**

**Introduction générale ……...……1**

## Chapiter I
### Généralités sur le sang et son prélèvement

**I. 1 Introduction.....2**

**I.2 la définition du sang .....2**

**I.3 Composition du sang.....3**

**I.3.1 Les globules rouges : transporteurs de l'oxygène.....3**

**1.3.2 Les globules blancs : les spécialistes de la défense immunitaire .....4**

**I.3.3 Les plaquettes : guérir les blessures et les hémorragies .....5**

**I.3.4 Le plasma : le liquide de communication de l'organisme .....6**

**I.4 Le prélèvement sanguin .....7**

**I.4.1 Les modes de prélèvements .....8**

**I.4.2 Les étapes de prélèvement vineux .....8**

**I.5 Le don de sang.....14**

**I.5.1 Les conditions de transfusion du sang .....14**

**I.4.2 Les étapes de don.....15**

**I.5.3 La conservation et l'analyse de sang.....15**

**I.5.4 Les types de don.....17**

**I.6 Conclusion .....19**

# Chapiter II

# L'agitateur de sang

**II.1 Introduction** ..... **20**

**II.2 Les fonctions principales de l'agitateur de sang** ..... **20**

**II.3 Composants de base de l'appareil** ..... **21**

**II.3.1 Carte Arduino Uno** ..... **21**

**II.3.1.1 Caractéristiques de la carte Arduino Uno** ..... **22**

**II.3.1.2 Différentes éléments de la carte** ..... **23**

**II.3.1.3 Logiciel de programmation** ..... **24**

**II.3.2 Capteur de poids** ..... **26**

**II.3.2.1 Définition d'un capteur** ..... **26**

**II.3.2.1 Principe de fonctionnement de capteur de poids** ..... **26**

**II.3.2.3 Principe du montage en pont** ..... **28**

**II.3.2.4 Principaux avantages des capteurs de poids avec jauges de contrainte** ..... **29**

**II.3.2.5 Types de montage** ..... **29**

**II.3.2.6 L'effet thermique** ..... **31**

**II.3.2.7 Le choix du capteur de poids** ..... **31**

**II.3.2 Le câblage du capteur de force avec l'Arduino** ..... **32**

**II.3.3 Afficheur LCD** ..... **34**

**II.3.3.2 Le branchement du LCD avec l'Arduino** ..... **36**

**II.3.4 Motoréducteur à courant continu** ..... **36**

**II.3.4.1 Principe de fonctionnement du motoréducteur** ..... **37**

**II.3.4.2 L'engrenage du motoréducteur** ..... **37**

**II.3.4.3 Le câblage du motoréducteur avec l'Arduino** ..... **38**

**Conclusion** ..... **38**

# Chapiter III

# Réalisation pratique et mise en œuvre

**III.1 Introduction.....39**

**III.2 Etude théorique.....39**

**III.2.1 Schéma synoptique.....39**

**III.2.2 Bloc d'alimentation.....40**

**III.2.3 Bloc de traitement d'information.....40**

**III.2.4 Bloc de capteur de poids.....41**

**III.2.4.1 Caractéristiques métrologiques du capteur.....41**

**III.2.4.2 Chaine d'acquisition des données.....44**

**II.2.4.3 L'amplification.....45**

**II.2.4.4 La converssion analogique/ numérique.....45**

**III.2.5 Bloc d'affichage LCD/ LED's.....46**

**III.2.6 Bloc d'agitation.....47**

**II.2.6.1 Le PWM (Pulse Width Modulation).....47**

**III.2.6.2 Avantages de pilotage de la vitesse du moteur en PWM.....48**

**III.3 Organigramme de travail.....48**

**III.4 Schéma électrique.....50**

**III.4.1 Etablissement du négatif sous ARES.....50**

**III.5 Etude pratique.....51**

**III.5.1 Fabrication du circuit imprimé.....51**

**III.5.2 Calibration du capteur.....52**

**III.5.3 Le mouvement d'agitation.....53**

**III.6 Conclusion.....57**

**Conclusion générale ……..……..……...58**

# Liste des figures

**FigI.01 : Le sang ……...…….....02**

**FigI.02 : Composition du sang……...……..…..……03**

**FigI.03 : Les globules rouges……...…….……..…04**

**FigI.04 : Les globules blancs…… ..…….……...…05**

**FigI.05 : Les plaquettes……..….06**

**FigI.06 : La plasma……..…...07**

**FigI.07 : Pli du coude…….……...……10**

**FigI.08 : Avant-bras……..……..10**

**FigI.09 : Dos de la main…….…….....…11**

**FigI.10 : Onde de prélèvement de tubes ……...12**

**FigI.11 : Position de garrot…….....…13**

**FigI.12 : Un donneur de sang…….…...14**

**FigI.13 : Le parcourt de la poche de sang ……17**

**FigI.14 : Don de plasma par aphérèse……...……19**

**FigII.01 : Schéma explicatif d'un agitateur de sang……..……...……...22**

**FigII.02 : Carte Arduino Uno…….....23**

**FigII.03 : Fenêtre de l'Arduino……..……...…26**

**FigII.04 : Capteur de pesage à quatre jauges de déformation……...27**

**FigII.05 : Schéma d'un pont de Wheatstone……...…28**

**FigII.06 : Module HX711…….……..……29**

**FigII.07 : les sorties de la cellule de pesée…….…30**

**FigII.08 : Schéma de branchement du capteur de force avec l'Arduino……...31**

**FigII.09 : Afficheur LCD 16x2……..….32**

**FigII.10 : Branchement du LCD avec l'Arduino…….....……...33**

**FigII.11 : Motoréducteur à courant con…….…….....33**

**FigII.11 : câblage du motoréducteur avec l'Arduino…….……..…...35**

**FigIII.01 : Schéma synoptique …….40**

**FigIII.2 : Courbe de réponse de capteur ……..42**

**FigIII.3 : Courbe des erreurs de fidélité et de justesse……..…..43**

**FigIII.4 : Courbe d'hystérésis…….…….…..44**

**FigIII.5 : Chaine d'acquisitio…….……45**

**FigIII.6 : Echantillonnages d'un signal de mesure (a) avec une fréquence d'échantillonnage plus élevée dans le cas (b) que le cas (c), $f_{eb} > f_{ec}$……...46**

**FigIII.6 : Signal du PWM.....…..47**

**FigIII.7 : Schéma électrique par logiciel ISIS PROTEUS ……...……..……50**

**FigIII.8 : Etablissement du négatif sous logiciel ARES……..…….50**

**FigIII.9 : Les étapes de réalisation d'un circuit imprimé……..……..…52**

**FigIII.10 : Les étapes de calibrage du capteur……..……...……53**

**FigIII.11 : Composition du système d'agitation…….……..54**

**FigIII.12 : Schéma de fabrication du boitier ……...…55**

**FigIII.13 : l'agitateur en mode clampage……..……56**

**FigIII.14 : l'automate en mode prélèvement (pesage et agitation)…….....56**

# Liste du tableau

**TabII.1 Les fils sortants du pont de Wheatstone sur la cellule de pesée……..33**

**TabIII.1 Description du système d'agitation……..…..…….55**

# Liste des abréviations et symboles

**A/ N :** Convertisseur analogique / Convertisseur numérique

**E :** générateur de tension

**E.M :** L'étendu de mesure

**I :** courant électrique

**K :** le facteur de jauge

**L :** La longueur du fil,

$\mathbf{m_{max}}$ **:** La valeur maximale du mesurande.

$\boldsymbol{m_{min}}$ **:** La valeur minimale du mesurande

**R :** la résistance électrique,

**S :** La section du fil.

**SCL:** Serial clock

**SDA:** Serial data

**T :** La durée de l'impulsion

$\mathbf{U_{moy}}$: La tension moyenne de sortie

**Vs :** La tension de la sortie

**Ve :** La tension de la source

$\rho$ **:** La résistivité du matériau,

$\boldsymbol{\delta M}$ **:** L'incertitude de mesure

$\boldsymbol{\alpha}$ : Rapport cyclique

$\boldsymbol{\Delta R}$: Incertitude de la résistance électrique

$\boldsymbol{\Delta L}$: Incertitude de langueur du fil

$\boldsymbol{\Delta S}$ **:** Incertitude de la section du fil

$\boldsymbol{\Delta \rho}$ **:** Incertitude de la résistivité électrique

# Introduction générale

Le sang est un liquide qui circule dans nos corps. Il y entretient la vie, il participe à l'entretien et au bon fonctionnement de nos organes, Combien de patients, d'accidentés, d'opérés, de jeunes accouchés ou de nouveau-né n'auraient pu vivre sans une transmission sanguine et vont bien.

Le don de sang consiste à prélever le sang d'un donneur pour le transmettre à un malade par transfusion sanguine, aucun traitement ni médicament ne peut remplacer les produits sanguins. Certaines situations d'urgence nécessitent également des transfusions sanguines comme les accidents, les accouchements, etc. [1]

Les centres d'hôpitaux ou les collectes mobiles doivent être équipés d'appareils spécifiques permettant de prélever le sang, il s'agit principalement d'automate de prélèvement. Cet automate permet de superviser automatiquement le prélèvement de sang en effectuant la pesée (volume) et l'agitation des poches en simultané.

Le but de ce travail est donc de réaliser un automate de prélèvement.

La présentation de notre projet est composée de 3 chapitres structurés comme suivant :

- Le premier chapitre rassemble la généralité sur le sang ainsi que sa composition et l'opération de prélèvement sanguin.
- Le deuxième chapitre est consacré à présenter la description de l'agitateur de sang et la composition de ce dernier.
- Le troisième chapitre se porte sur la réalisation pratique ainsi que le schéma synoptique et l'explication sur les blocs fonctionnels.

# Chapitre I

## Généralités sur le sang et son prélèvement

# I. 1 Introduction

Le sang est un liquide qui circule dans notre corps. Il y entretient la vie, il participe à l'entretien et au bon fonctionnement de nos organes.

Dans ce qui suit, on va insister sur :

- Présenter une définition détaillée sur le sang et ses composants
- Expliquer clairement le prélèvement de sang et ses étapes

# I.2 la définition du sang

Le sang est un liquide biologique vital qui circule continuellement dans les vaisseaux sanguins et le cœur, notamment grâce à la pompe cardiaque. Il est composé d'un fluide aqueux, le plasma, et de milliards de cellules, principalement les globules rouges, qui lui donnent sa couleur. Ce liquide transporte le dioxygène ($O_2$) et les éléments nutritifs nécessaires aux processus vitaux de tous les tissus du corps, ainsi que les déchets. [1]

Le sang est un tissu conjonctif présent chez la plupart des animaux évolués. Un individu en contient de 5 à 7 litres de sang dans son corps, ce qui représente environ 8% de son poids total. Ce liquide sert à diffuser l'oxygène et les éléments nutritifs nécessaires aux processus vitaux de tous les tissus du corps, et à évacuer les déchets tels que le dioxyde de carbone ou les déchets azotés. Il sert également à amener aux tissus les cellules et les molécules du système immunitaire, et à diffuser les hormones dans tout l'organisme



**Figure I.1 :** Le sang [2]

## I.3 Composition du sang

Le sang contient des éléments cellulaires et des substances fondamentales sont :

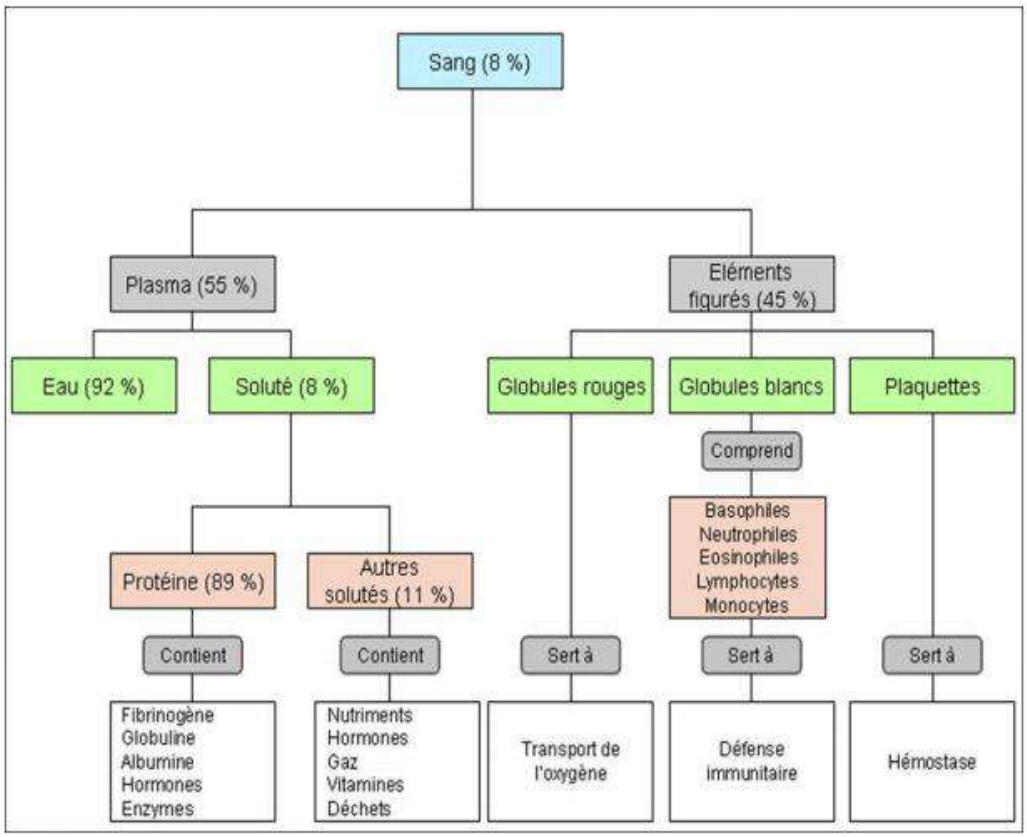



**Figure I.2 :** Composition du sang [3]

### I.3.1 Les globules rouges : transporteurs de l'oxygène

Les globules rouges transportent l'oxygène des poumons vers les tissus et captent en retour le gaz carbonique afin de l'évacuer lors de l'expiration. Ce sont les cellules les plus nombreuses dans le plasma : de l'ordre de 5 millions par $mm^3$ de sang.

Également appelés érythrocytes ou hématies, ces cellules contiennent une protéine, l'hémoglobine, capable de fixer l'oxygène et qui donne au sang sa couleur rouge. Leur

membrane est hérissée de protéines, d'antigènes, qui déterminent l'appartenance aux différents groupes sanguins.



**Figure I.3 :** Les globules rouges [3]

**a - le rôle des Globules rouges**

- Le transport de l'oxygène des poumons aux tissus et cellules du corps grâce à l'hémoglobine contenu dans l'ergastoplasme (l'intérieur des globules rouges)

- La régulation du PH sanguin et le transport du CO2 grâce à l'anhydre carbonique, une enzyme sanguine

- Transforment le CO2 fabriqué par les cellules en bicarbonate, puis elles vont jusqu'aux poumons, ou elles retransforment le bicarbonate en CO2.

## 1.3.2 Les globules blancs : les spécialistes de la défense immunitaire

Les globules blancs (ou leucocytes) jouent un rôle capital dans la défense de l'organisme contre les agressions extérieures (bactéries, virus, parasites…). On en dénombre entre 4 000 et 10 000 par $mm^3$ de sang.

Lorsqu'un agent pathogène envahit l'organisme, certains globules blancs le détectent et forment contre lui des anticorps spécifiques. A la suite d'un don de sang, les globules blancs sont filtrés : on parle alors de déleucocytassions. En effet, ceux-ci pourraient

entraîner des effets indésirables chez le receveur (allo-immunisation anti-HLA, réaction de frissons-hyperthermie…).

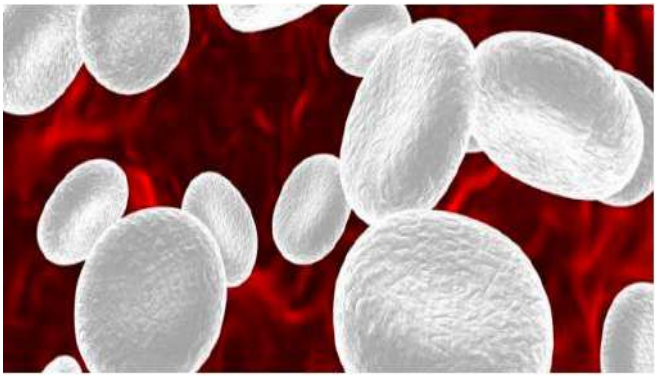


**Figure I.4 :** Les globules blancs [3]

**a - le rôle des Globules blancs**

- La production d'anticorps
- La production de protéine
- L'attaque aux parasites de l'organisme et les détruire
- L'augmention de la perméabilité des capillaires sanguins
- L'activation de la réaction inflammatoire
- Le déclenchement de réaction allergique,
- La destruction de cellules infectées.

## I.3.3 Les plaquettes : guérir les blessures et les hémorragies

Les plaquettes permettent d'arrêter les saignements, de prévenir ou de stopper les hémorragies. On en compte de 150 000 à 400 000 par $mm^3$ de sang.

En cas de rupture de la paroi d'un vaisseau, ces minuscules cellules se collent dessus et colmatent la brèche. Ensuite, différentes protéines du plasma vont renforcer ce « bouchon » grâce au processus de coagulation.

La leucémie ou un traitement par chimiothérapie peuvent entraîner un déficit en plaquettes. La transfusion de plaquettes peut également être nécessaire lors de certaines interventions chirurgicales lourdes.

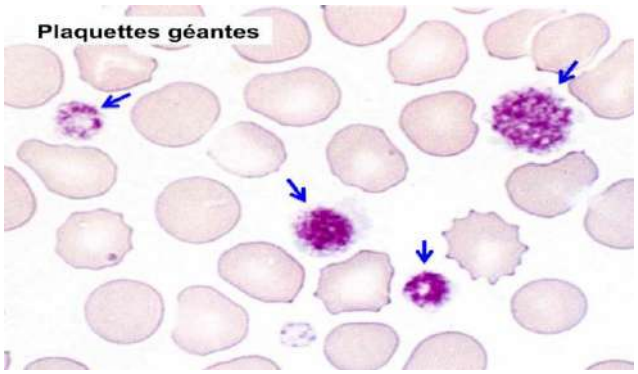



**Figure I.5 :** Les plaquettes [3]

**a - Le rôle des plaquettes**

Leur principale mission est d'assurer l'arrêt des saignements lors de lésions vasculaires. En effet, la quantité de sang que peut perdre l'organisme est limitée. Pour se protéger de ce risque hémorragique les plaquettes colmatent les brèches des vaisseaux grâce à leurs propriétés adhésives qui vont se manifester aux sites de lésions.

## I.3.4 Le plasma : le liquide de communication de l'organisme

Le plasma sanguin est la partie liquide du sang, de couleur jaunâtre, dans laquelle baignent les cellules. Le plasma constitue environ 55% du volume sanguin totale et 5% environ du volume des liquides de l'organisme humain.

L'eau est une composante majoritaire du plasma, avec un pourcentage d'environ (90%), le reste étant un mélange de protéines impliquées dans de nombreux processus

physiologiques et aussi des ions, des sels, des vitamines, des hormones et des lipides Les protéines qui composent le plasma sont l'albumine, les immunoglobulines, la transferrine, l'antitrypsine, ainsi que les protéines impliquées dans le processus de la coagulation sanguine telle que le fibrinogène.



**Figure I.6 :** La plasma [3]

**a - Le rôle du plasma**

- Le transport des cellules sanguines et des substances nutritives
- La régulation de l'eau et des sels minéraux de l'organisme
- L'irrigation des tissus
- La défense contre les infections
- La coagulation du sang.

## I.4 Le prélèvement sanguin

Prélèvement sanguin est une action de retirer du sang par ponction veineuse, artérielle, capillaire ou par piqûre au bout du doigt. Un prélèvement sanguin est une prise de sang réalisée au niveau d'une veine en vue de récolter un échantillon de sang.

Le sang prélevé va être analysé en laboratoire, suivant la prescription. Le prélèvement sanguin donne des informations capitales sur l'état de santé d'un patient.

## I.4.1 Les modes de prélèvements

Il existe diverses situations où l'on recueille du sang :

**a - Le prélèvement veineux**

Lors d'une ponction veineuse, classiquement nommée « prise de sang », on obtient du sang veineux pour :

- Analyse
- Don du sang
- Saignée
- Lors d'une hémoculture
- Lors d'une ponction veineuse sur un cathéter central ou une chambre implantable.

**b - Le prélèvement capillaire**

On obtient du sang capillaire pour :

- Analyse immédiate par bandelette (glycémie capillaire « hémoglucotest »
- Analyses chez les enfants parfois difficiles à prélever.

**c - Le Prélèvement artériel**

Le plus souvent pour ponction artérielle radiale pour gaz du sang.

## I.4.2 Les étapes de prélèvement vineux

La procédure du prélèvement sanguin est comme suite :

**1- Recueil ou vérification des informations administratives, physiopathologiques et thérapeutiques**

**2- Choisir le site de ponction**

Le prélèvement d'un échantillon de sang peut s'effectuer à partir de toutes les veines superficielles du pli du coude, de l'avant-bras et du dos de la main. On recherche le site de ponction dans l'ordre suivant :

**Au pli du coude de chaque bras :**

- Veine médiane
- Veine basilique
- Veine céphalique

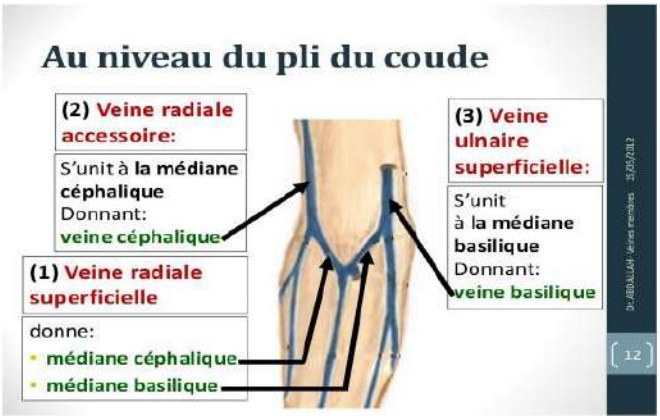



**Figure I.7 :** Pli du coude [4]

**Aux avant-bras :**

- Veine céphalique




**Figure I.8 :** Avant-bras [4]

**Au dos de chacune des mains** :

- Arcade dorsale de la main

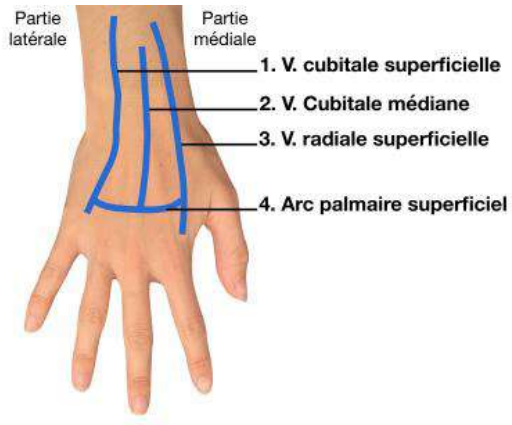



**Figure I.9 :** Dos de la main [4]

La recherche d'une veine pour effectuer la ponction veineuse s'effectue de la manière suivante :

Le patient serre son poignet et son bras, tendu, est incliné vers le bas.

Un examen visuel et une palpation des veines permettront de noter les caractéristiques suivantes :

- La situation des veines
- Le parcours des veines
- La constitution de la veine (souplesse, taille). Une veine normale est une veine facilement palpable, compacte, souple et élastique.

Si les veines superficielles ne sont pas visibles et/ou palpables, il est conseillé de les dilater en :

- Maintenant le bras incliné vers le bas,
- Faisant relâcher/serrer le poing plusieurs fois au patient,
- Massant le bras depuis le poignet vers le pli du coude,
- Tapotant les différents sites de ponction avec deux doigts,
- Réchauffant le bras soit en le baignant dans l'eau tiède, soit avec un linge imbibé d'eau chaude, ne pas dépasser 42°C.

**3- Choisir le matériel : tubes, matériel de ponction**

**Tube :** Sélectionner les tubes de prélèvement à utiliser en s'aidant du catalogue des actes biologiques.

**Matériel de ponction :** En fonction de la qualité de la veine et de l'âge du patient, choisir :

- Soit l'une des aiguilles dans le cas d'un prélèvement sur veine normale

- Soit l'une des unités de prélèvement, dans le cas d'un prélèvement sur un capital veineux affaibli

- Soit un adaptateur, dans le cas d'un prélèvement sur une voie veineuse en place (cathéter, robinet...)




**Figure I.10 :** Ordre de prélèvement des tubes [4]

**4- Poser le garrot**

Le rôle du garrot est de dilater les veines en bloquant la circulation veineuse superficielle. Il est recommandé de le relâcher dès que le sang s'écoule dans le premier tube.

Les règles suivantes doivent être suivies :

- Poser le garrot entre 7,5/ 10 cm au-dessus du point de ponction comme la figure suivante montre.

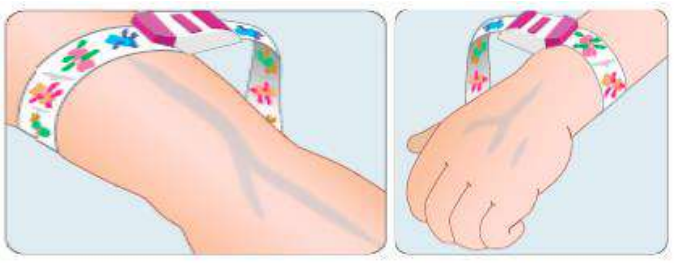


**Figure I.11 :** Position de garrot [4]

- Ne pas interrompre la circulation artérielle du bras. Le pouls doit demeurer perceptible.

Le temps de pose du garrot ne doit pas excéder 1minute. Au-delà de cette durée, la stase veineuse provoque une hémoconcentration. Lors de la recherche du site de ponction, si le garrot est laissé en place plus d'1minute, le desserrer pendant 2 à 3 minutes et le remettre en place.

**5- Désinfecter le site de ponction**

Il existe différents types d'antiseptiques, le choix de celui-ci doit tenir compte :

- De l'analyse demandée, en raison des effets secondaires de l'antiseptique-du confort du patient.

- Désinfecter soigneusement le site de ponction. Ne jamais utiliser d'alcool ou d'antiseptique à base d'alcool si une alcoolémie est demandée.

**6- Réaliser la ponction veineuse**

**7- Terminer le prélèvement et comprimer le site de ponction :**

Toujours retirer le dernier tube du corps de prélèvement avant de retirer l'aiguille de la veine lentement et avec précaution. Comprimer le site de ponction (ou le faire comprimer par le patient) avec un coton jusqu'à formation d'un clou hémostatique soit 5 minutes au moins (ce temps de compression est allongé si le patient est sous anticoagulant ou antiagrégant plaquettaire).

**8- Eliminer le matériel de ponction**

L'élimination de l'aiguille doit être effectuée dans un container adapté conforme à la législation en vigueur.

**9- Poser un pansement**

**10- Identifier les tubes de prélèvement**

Une étiquette avec l'identité du patient, la date du prélèvement et l'heure de prélèvement doit être apposée sur le tube contenant l'échantillon à analyser. L'étiquetage des récipients contenant l'échantillon doit être réalisé au moment du prélèvement par la personne ayant réalisé le prélèvement.

## I.5 Le don de sang

Un don de sang est un processus par lequel un donneur de sang est volontaire pour se voir prélever du sang qui sera gardé dans une banque du sang avant de transfuser une personne malade lors d'une transfusion sanguine.

Ce don du sang implique le respect de contraintes biologiques, immunologiques, médicales, mais aussi réglementaires et législatives encadrant cette pratique. Les principes d'identitovigilance, d'hémovigilance et de sécurité de la chaîne transfusionnelle s'appliquent notamment.



**Figure I.12 :** Un donneur de sang [5]

### I.5.1 Les conditions de transfusion du sang

Pour faire donner du sang, il faut :

- Se sentir en bonne santé et être reconnu(e) apte au don ;
- Être âgé(e) de 18 à 70 ans (ou 65 ans pour un don de plasma/plaquettes)
- Peser au moins 50 kg (ou 55 kg pour un don de plasma/plaquettes)
- Être muni(e) d'une pièce d'identité

Avoir un taux d'hémoglobine suffisant (si vous êtes nouveau donneur ou si votre dernier don date de plus de deux ans, un dosage sera effectué). Pour donner en toute sérénité, il est préférable d'avoir mangé et de bien s'hydrater. Limitez également les aliments gras et la consommation d'alcool dans les heures qui précèdent votre don.

## I.4.2 Les étapes de don

**Accueil et inscription :** l'infirmerie(e) enregistre le dossier de donneur et remet un questionnaire pour préparer l'entretien préalable au don.

**Entretien préalable au don :** Avant chaque don, un médecin ou un(e) infirmier(e) habilité(e) réalise cet entretien confidentiel. Il s'assure que le donneur peut bien donner leur sang dans le respect de sécurité et de celle du patient.

**Prélèvement :** le sang est prélevé à l'aide de matériel stérile et à usage unique.

Si le donneur est nouveau ou si leur dernier don date de plus de 2 ans, une mesure de votre taux d'hémoglobine est effectuée afin d'identifier une éventuelle anémie.

**Pause :** Après le don, le donneur reste une vingtaine de minutes à la pause. Ce moment convivial est l'occasion d'offrir une collation, de s'assurer de bonne récupération après le don et de donner envie de revenir.

## I.5.3 La conservation et l'analyse de sang

Dès l'instant où le sang s'écoule de la veine du donneur dans la poche de prélèvement, il doit être traité et conservé de façon adéquate. Un peu comme pour les denrées alimentaires, il s'agit d'éviter une contamination par des bactéries. On introduit dans la poche vide une solution aqueuse de sels empêchant la coagulation et approvisionnant les cellules du sang en substances nutritives. Afin d'éviter une contamination pendant le don proprement dit, le bras est minutieusement désinfecté à l'endroit de la ponction.

**1- Le prélèvement**

**2- Qualification biologique de dons :** Les tubes échantillons recueillis lors du prélèvement sont analysés (virologie, sérologie, immunologie, numération sanguine). Si une anomalie est détectée, la poche est écartée et le donneur est averti par courrier.

**3- La préparation :** Le sang est filtré afin de diminuer le nombre de globules blancs (on parle de « déleucocytassions »). Le sang est séparé en ses différents composants : globules rouges, plaquettes et plasma.

**4- La distribution/ délivrance** : Le produit sanguin, préparé et qualifié, est ensuite délivré puis transfusé au patient selon la prescription des médecins. La durée de vie des produits sanguins est courte : 42 jours pour les globules rouges et 7 jours seulement pour les plaquettes. Le plasma, qui se congèle, peut se conserver 1 an.

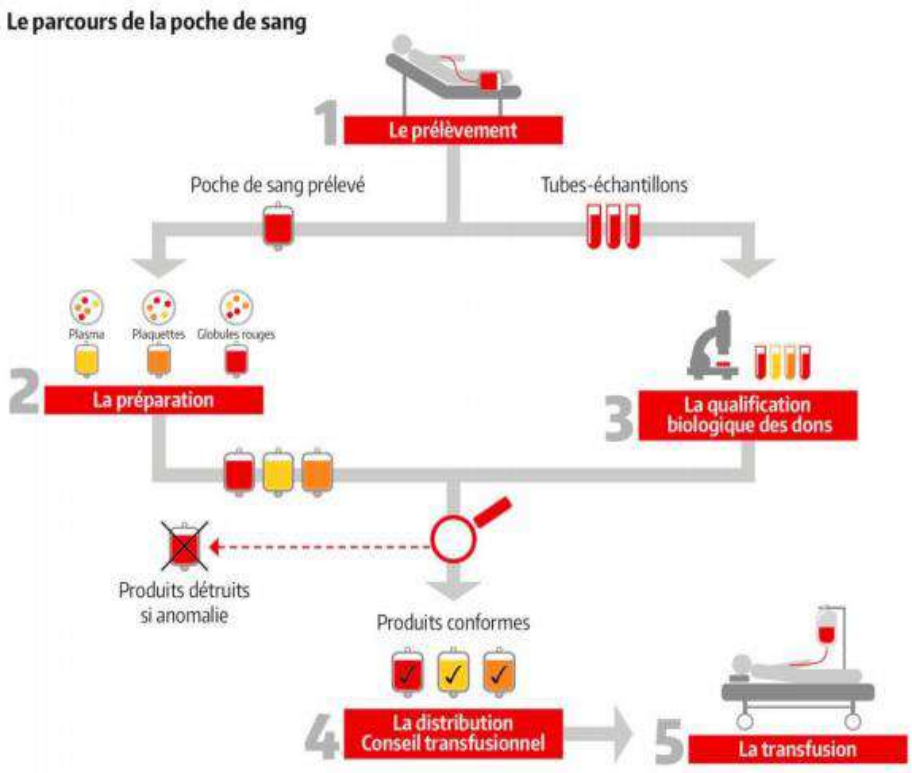



**Figure I.13 :** Le parcourt de la poche de sang [5]

## I.5.4 Les types de don

Le sang permet de fabriquer différents produits indispensables à la médecine transfusionnelle :

- Des concentrés érythrocytaires (globules rouges, conservés pendant 42 jours),
- Des concentrés plaquettaires (plaquettes sanguines, conservées durant 7 jours),
- Du plasma congelé (conservé pendant un an).

**a - Don de sang complet**

Le don « classique » consiste à prélever 450 millilitres de sang complet chez un donneur. Une fois le prélèvement effectué, le sang est séparé en ses différents composants.

Une poche de sang est prélevée à partir du sang du donneur. Elle est ensuite traitée afin de séparer le sang en ses différents composants. La d urée du prélèvement est habituellement entre 5 et 15 minutes.

Le don de sang autologue (communément appelé « auto-transfusion », qui consiste pour le patient à se faire transfuser de son propre sang préalablement prélevé, par opposition à la transfusion homologue, qui utilise le sang d'un autre donneur compatible) peut s'avérer judicieux, par exemple lorsqu'une opération peut être planifiée plusieurs semaines à l'avance et que le patient est jugé apte par son médecin à subir deux à quatre prélèvements sanguins en peu de temps. On estime que 10 % au maximum des transfusions de sang homologue peuvent être remplacées par du sang autologue.

**Durée :** 10 min de prélèvement et 1 h d'arrivée à départ.

**Conservation :** 42 jours pour les globules rouges.

**Fréquence :** 4 fois par an maximum pour une femme et 6 fois pour un homme, en respectant un délai de 8 semaines entre chaque don de sang.

**b - Le don par aphérèse**

L'aphérèse est une technique de prélèvement de certains composants sanguins par circulation extracorporelle du sang. Les composants que l'on souhaite prélever sont séparés par centrifugation et extraits, tandis que les composants non prélevés sont réinjectés au donneur (de sang) ou au patient (aphérèse thérapeutique). La durée de ce type de don varie entre une et deux heures. Les deux plus importants types de dons par aphérèse sont la plasmaphérèse et la thrombocytaphérèse.

- **La plasmaphérèse :** est le prélèvement du plasma sanguin. Le plasma prélevé chez le donneur de sang est utilisé pour le traitement de diverses pathologies. Lors de la plasmaphérèse, le plasma est collecté dans une poche et les autres éléments sanguins, leucocytes (ou globules blancs), érythrocytes (ou globules rouges), thrombocytes (ou plaquettes) sont retournés au donneur.

Le don de plasma s'effectue uniquement sur rendez-vous dans une maison du don.

**Durée :** 1h de prélèvement et 1h30 d'arrivée à départ.

**Fréquence :** 24 fois par an maximum en respectant un délai de 2 semaines entre un don de plasma et tout autre don.

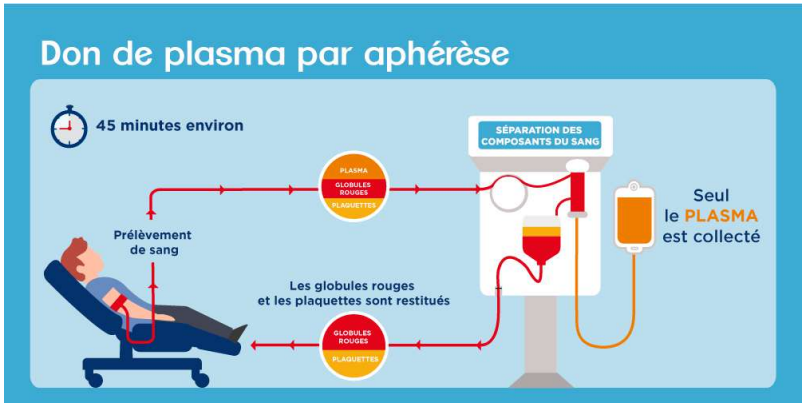



**Figure I.14 :** don de plasma par aphérèse [4]

- **Thrombocytaphérèse :** Le sang prélevé est séparé en ses différents composants. Ce processus de séparation est appelé aphérèse. Les plaquettes sont alors collectées dans une poche pouvant contenir de 2 à 8 1011 plaquettes dans un volume de plasma de 300 ml environ, soit environ six à douze fois plus de plaquettes que lors d'un don de sang total. Ce don dure 90 minutes environ.

Les plaquettes ne se conservent que cinq jours : pour faire face aux besoins, des dons réguliers et quotidiens sont donc indispensables. On peut donner ses plaquettes jusqu'à douze fois par an, en respectant un intervalle d'au moins quatre semaines entre deux dons.

Lorsqu'une maladie (leucémie, aplasie médullaire) ou des traitements lourds (chimiothérapie, radiothérapie) empêchent la fabrication de cellules sanguines par la moelle osseuse, la personne atteinte de cette maladie est dite en aplasie. La transfusion régulière de plaquettes permet alors d'éviter les risques d'hémorragies qui mettraient sa vie en péril.

Le don de plaquettes s'effectue uniquement sur rendez-vous dans une maison du don. **Durée :** 1h30 de prélèvement et 2h d'arrivée à départ.

**Fréquence :** 12 fois par an maximum en respectant un délai de 4 semaines entre chaque don de plaquettes. Conservation : 7 jours.

## I.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vu quelques généralités sur le sang et sa composition à savoir le prélèvement du sang et ses étapes, de même nous avons donné une vue globale et claire concernant le don de sang, dans ce cas là on peut dire que le sang est un élément très important pour sauver la vie d'une autre personne par la transfusion sanguine.

# Chapitre II

## L’agitateur de sang

# II.1 Introduction

Au sein des centres du don de sang, on trouve des appareils spéciaux pour prélever le sang. Ces appareils sont des automates de prélèvement dédiés aux collectes mobiles. Ces appareils sont utilisés pendant la phase de prélèvement.

Dans ce chapitre, on va aborder une étude approfondie sur l'automate de prélèvement réalisé, y compris ses fonctions, ces composants et même son principe de fonctionnement.

# II.2 Les fonctions principales de l'agitateur de sang

**a - Dispositif de pesage et d'agitation du prélèvement**

La fonction " PESER et AGITER le PRELEVEMENT" est constituée de deux parties distinctes :

- Un dispositif mécanique de type bielle-manivelle transformant le mouvement de rotation d'un motoréducteur en un mouvement oscillant, de dernier mouvement est transmis au plateau d'agitation. L'agitation permet de mélanger l'anticoagulant déjà présent dans la poche du sang prélevé,
- Un capteur de pesage à jauges de déformations embarquant ce dispositif mécanique et son plateau d'agitation. Ce capteur permet de connaître et de contrôler le volume prélevé, après qu'un traitement de l'information a été effectué pour convertir le poids mesuré en volume.

**b - Dispositif de clampage de la tubulure**

La fonction "CLAMPER LA TUBULURE" est constituée de deux éléments distincts :

- Un dispositif mécanique proche du type bielle-manivelle (la bielle étant un ressort) transformant le mouvement de rotation du motoréducteur en un mouvement linéaire alternatif transmis à la tige de clampage,
- Un dispositif de détection constitué de deux couples émetteur-récepteur infrarouges permettant de connaitre les trois positions possibles du clamper (haut, milieu et bas).

Le clampeur permet de pincer la tubulure pour stopper l'écoulement du sang.

Dans notre projet, nous n'avons pas pu réaliser ce système de clampage à cause de l'indisponibilité des composants et des pièces, causée par l'épidémie du covid 19 qui règne sur le monde actuellement ; de ce fait nous avons choisi de le remplacer avec une LED rouge seulement

**c - La carte électronique de gestion**

Les deux précédents dispositifs sont pilotés par la carte électronique de l'automate.

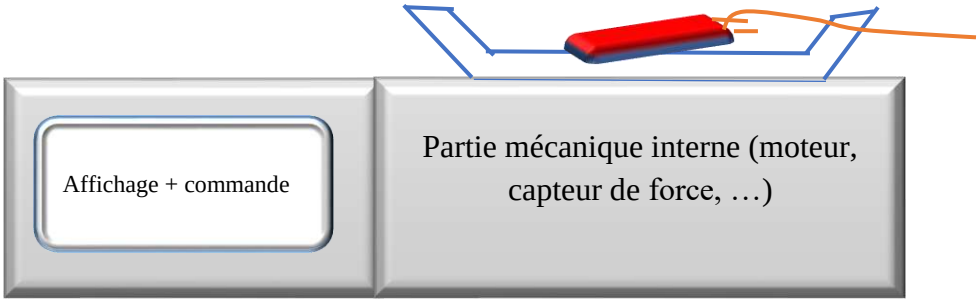



**Figure II.1 :** schéma explicatif d'un agitateur de sang

## II.3 Composants de base de l'appareil

### II.3.1 Carte Arduino Uno

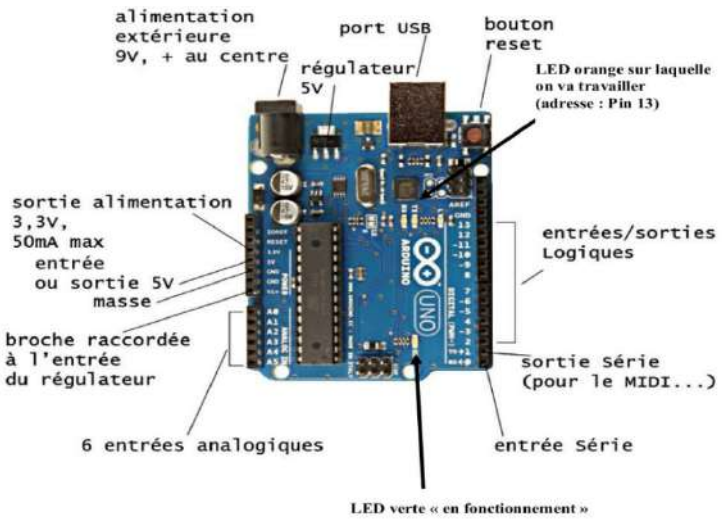



**Figure II.2 :** Carte Arduino Uno [6]

Il existe plusieurs types de cartes Arduino. La carte Arduino UNO est une des versions majeures. Il s'agit d'une carte au format standard, (53.3mm sur 68.8mm).

L'Arduino Uno est une carte basée sur un microcontrôleur (mini-ordinateur) Atmel AEMEGA328 ou ATMEGA168. Elle dispose dans sa version de base de 1Ko de mémoire vive, et 8Ko de mémoire flash pour stocker ses programmes. Elle peut être connectée à 14 entrées ou sorties numériques, dont 6PWM (pouvant donner trois sorties analogiques) et six entrées analogiques. Dans la version la plus courante, La communication avec l'ordinateur se fait par un port USB. Il existe plusieurs versions de l'Arduino, dont une version miniaturisée, et d'autres projets sont également en gestation. La carte dispose d'un logiciel système interne (modifiable) et des programmes utilisateur.

Il existe trois types de cartes :

- Les « officielles » qui sont fabriquées en Italie par le fabriquant officiel : Smart Project,
- Les « compatibles » qui ne sont pas fabriquées par Smart Project, et qui sont totalement compatibles avec les Arduino officielles,
- Les « autres » fabriquées par divers entreprises et commercialisées sous un nom différent (Freeduino, Seeduino, Femtoduino…).

### II.3.1.1 Caractéristiques de la carte Arduino Uno

- Microcontrôleur : ATMEGA328
- Tension d'alimentation interne = 5V
- Tension d'alimentation (recommandée) = 7V à 20V
- Entrées/sorties numériques :
- Entrées analogiques : 6 entrées
- Courant max par broche E/S : 40Ma
- Courant max sur sorties 3,3V : 50mA
- Mémoire flash 32 KB dont 0.5 KB utilisée par le bootloader
- Mémoire SRAM 2KB
- Mémoire EEPROM 1KB
- Fréquence horloge = 16 Mhz

- Dimension : 68.8mm x 53.3mm.

### II.3.1.2 Différentes éléments de la carte

#### a - Alimentation de la carte Arduino

Pour fonctionner, la carte Arduino a besoin d'une alimentation. Le microcontrôleur fonctionnant sous 5V, la carte peut être alimenté en 5V par le port USB ou bien par une alimentation externe qui est comprise entre 7V et 12V. Cette tension doit être continue et peut par exemple être fournie par une pile 9V. Un régulateur permet de réduire la tension à 5V pour le bon fonctionnement de la carte.

#### b - Microcontrôleur

Un microcontrôleur est un petit processeur informatique relié à des entrées et des sorties numériques (0 ou 1) ou analogiques (tension variable). Il est capable de mémoriser et d'exécuter un programme visant à interpréter les entrées pour agir sur les sorties. Il se programme en général à l'aide d'un ordinateur mais peut fonctionner de manière autonome.

#### c - Entrées et sorties de la carte

C'est par ces connexions que le microcontrôleur est relié au monde extérieur. Une carte Arduino standard est dotée de :

- 6 entrées analogiques
- 14 entrées/sorties numériques dont 6 peuvent assurer une sortie PWM :

- **Entrées analogiques :** Les entrées analogiques lui permettent de mesurer une tension variable (entre 0 et 5V) qui peut provenir de capteurs ou d'interfaces divers (potentiomètres, etc.)
- **Entrées /sorties numériques :** Reçoivent ou envoient des signaux logiques « 0 » ou « 1 » traduits par 0 ou 5V. on décide du comportement de ces connecteurs (entrées ou sorties) en générale dans l'initialisation du programme mais il peut être aussi changé dans le corps du programme

#### d - Mémoires

- **Mémoire RAM** = Radome Access Memory = mémoire vive

C'est une mémoire volatile dans laquelle l'utilisateur peut écrire et lire à volonté, cette mémoire perde son contenue en cas de coupure de l'alimentation

- **Mémoire ROM** = Read Only Memory = mémoire morte

C'est une mémoire non volatile dans laquelle l'utilisateur peut lire les données seulement, les données subsistent même si le circuit n'est plus alimenté

- **Mémoire EEPROM =** c'est le disque dur du microcontrôleur. Vous pourrez y Enregistre des informations qui ont besoin de suivre dans le temps, même si la carte doit être arrêtée. Cette mémoire ne s'efface pas lorsque l'on éteint le microcontrôleur ou lorsqu'on le reprogramme
- **Mémoire Flash** = C'est celle qui contiendra le programme à exécuter. Cette mémoire est effaçable et réinscriptible

**e - Interface USB/ série**

Cette partie permet d'établir une communication avec un ordinateur, directement avec un câble USB, afin de programmer le contrôleur ou d'échanger des informations avec un programme qu'il exécute. Coté ordinateur, la carte Arduino apparait au même titre que n'importe quel périphérique USB et nécessite l'installation d'un pilote lorsqu'on utilise cette connexion, l'ordinateur assure directement l'alimentation de la carte Arduino via la liaison USB.

**f - Reset**

La carte Arduino Uno est également équipée d'un bouton poussoir de reset manuel. Un appui sur celui-ci permet de relancer l'exécution d'un programme si nécessaire, soit parce qu'il s'est planté, soit parce que l'on souhaite le faire repartir de son début.

### II.3.1.3 Logiciel de programmation

Un langage de programmation est un langage permettant à un être humain d'écrire un ensemble d'instructions (code source) qui seront directement convertir en langage machine grâce à un compilateur, l'exécution d'un programme Arduino s'effectue de manière séquentielle, c'est-à-dire que les instructions sont exécutées les unes à la suite des autres.

L'environnement de programmation Arduino IDE est une application écrite en java. L'IDE permet d'écrire, de modifier et de convertir un programme en une série d'instructions compréhensibles pour la carte.

L'interface de l'IDE Arduino est plutôt simple. Il offre une interface minimale et épurée pour développer un programme sur les cartes Arduino. Il est doté d'un éditeur de code avec coloration syntaxique et d'une barre d'outils rapide. Ce sont les deux éléments les plus importants de l'interface, c'est ceux que l'on utilise le plus souvent. On retrouve aussi une barre de menu plus classique qui est utilisé pour accéder aux fonctions avancées de l'IDE. Enfin, une console affichant les résultats de la compilation du code source, des opérations sur la carte, etc.

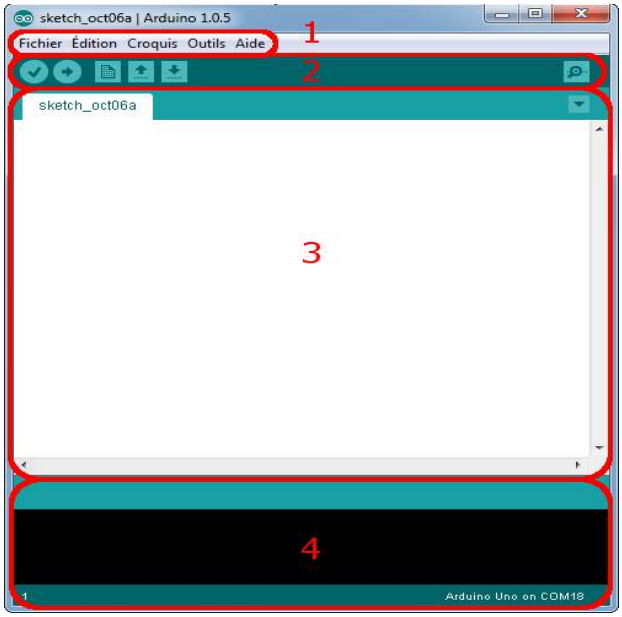



**Figure II.3 :** Fenêtre de l'Arduino [6]

1. Options de configuration du logiciel,
2. Icones pour la programmation des cartes,
3. Programme à crée,
4. Débogueur (afficher les erreurs de programmation).

## II.3.2 Capteur de poids



**Figure II.4 :** Capteur de pesage à quatre jauges de déformation [7]

### II.3.2.1 Définition d'un capteur

Un capteur est un dispositif qui transforme une grandeur physique d'entrée appelée mesurande [m], en une grandeur de nature électrique appelée réponse [s].

La relation entre la grandeur électrique et le mesurande doit être univoque.

Une mesure est une représentation quantifiée d'une grandeur physique (température, pression, champ magnétique …). On définit la terminologie suivante :

Mesurage

Mesurande → Mesure

- Mesurande : Grandeur physique soumise à un mesurage (pression, température, ...)
- Mesurage : Toutes les opérations permettant l'obtention de la valeur d'une grandeur physique (mesurande)
- Mesure : Valeur numérique représentant le mesurande (6 MPa, 20°C, ...). Il est à noter qu'il est possible de réaliser des capteurs permettant de mesurer des grandeurs dérivées de la grandeur physique à laquelle ils sont sensibles (vitesse, contrainte mécanique, position, …)

### II.3.2.1 Principe de fonctionnement de capteur de poids

Les capteurs de pesage sont bien évidemment utilisés pour mesurer le poids, ils 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 reviens dans sa position initiale quand cette charge est retirée. Ces déformations extrêmement faibles peuvent être acquises avec des jauges de contrainte (abréviation SG pour Strain Gage). En final, les jauges se déforment aussi et le signal correspondant est traité par l'électronique associé au capteur qui indique ainsi le poids à l'opérateur. [7]

Dans le but de donner plus de compréhension, visualisons de plus près ce qu'est une jauge de contrainte. C'est une grille qui formée d'un matériau conducteur photo-gravée sur un support spécifique. Quand ce dernier est étiré, la grille de mesure s'allonge et dans le cas contraire lorsqu'il est comprimé, la grille se rétracte. Ainsi, la résistance de la grille varie. Nous déduisons alors que la contrainte est déterminée par ce changement. La résistance augmente avec la traction et évidemment elle diminue avec la compression.

Les jauges sont agencées sur le corps d'épreuve et reçoivent les mêmes effets que ce dernier. Elles peuvent constituer un montage en pont de wheatstones, cela montre l'existence de quatre jauges reliées autour du corps d'épreuves et alignées en conséquence.

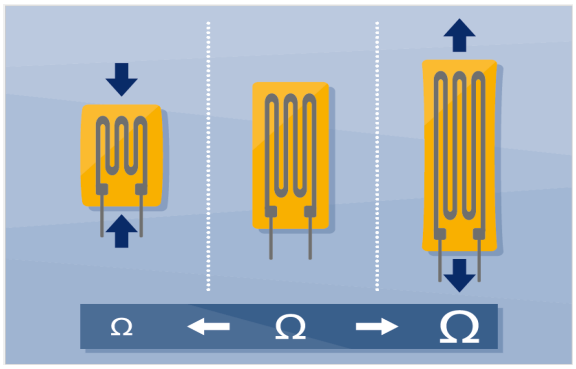



**Figure II.5 :** Schéma de principe de fonctionnement d'une jauge de contrainte [8]

La résistance d'un fil conducteur est définie par la loi de Pouillet :

$$R = \rho \frac{L}{S} \qquad (1)$$

Où R est la résistance électrique,

ρ : La résistivité du matériau,

L : La longueur du fil,

S : La section du fil.

En prenant le logarithme népérien et la différentielle de chaque membre et en considérant que les paramètres varient très peu lors de la mesure, on obtient la relation :

$$\frac{\Delta R}{\mathrm{R}} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta L}{\mathrm{L}} - \frac{\Delta S}{\mathrm{S}} \quad (2)$$

Qui peut se réécrire :

$$\frac{\Delta R}{\mathrm{R}} = k\,\frac{\Delta L}{\mathrm{L}} \quad (3)$$

Où K est appelé le facteur de jauge.

### II.3.2.3 Principe du montage en pont

Le montage en pont de Wheatstone est une interconnexion spéciale de résistances électriques qui permet de mesurer précisément les variations de résistance. Le montage en pont se compose de deux diviseurs de tension montés en parallèle et alimentés par une source de tension commune avec l'alimentation du pont $U_B$, Chaque variation de résistance conduit à un désaccord de pont UA pouvant facilement être mesuré. Le signal de mesure du pont est donc proportionnel à la tension d'alimentation.[8]

$$\mathrm{Vs} = \frac{Ve}{4}\left(\frac{\Delta R1}{\mathrm{R1}} - \frac{\Delta R2}{\mathrm{R2}} + \frac{\Delta R3}{\mathrm{R3}} - \frac{\Delta R4}{\mathrm{R4}}\right) \quad (4)$$

Avec Ve la tension de la source et les signes alternés + et – de cette équation caractérisent la propriété fondamentale des ponts : deux résistances adjacentes agissent en sens inverse, cependant que deux résistances opposées agissent dans le même sens. Un capteur est constitué par un tel pont dont une, deux, ou quatre des résistances sont des jauges électriques collées sur le corps d'épreuve, les autres étant des résistances fixes. Le cas le plus fréquent est celui de quatre jauges. D'après la règle des signes (1), on voit qu'il est possible d'ajouter ou de retrancher les effets séparés des jauges. C'est ainsi que sont éliminés les phénomènes parasites au profit de la grandeur recherchée.

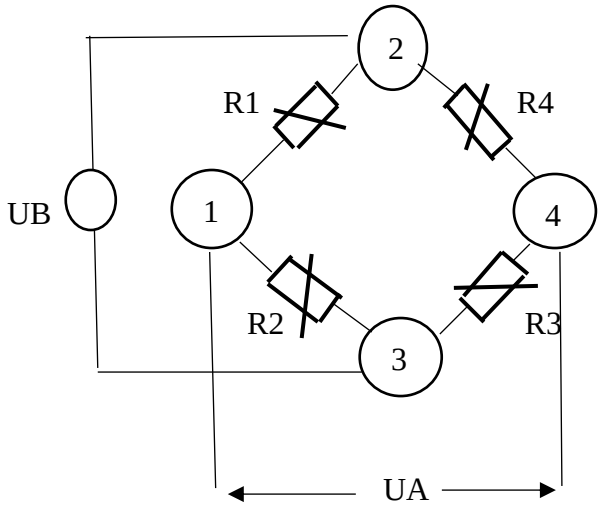



**Figure II.6 :** schéma d'un pont de weatstone

### II.3.2.4 Principaux avantages des capteurs de poids avec jauges de contrainte

- Les jauges de contrainte constituent une technologie éprouvée et économique pour les capteurs de poids
- Haute précision et comportement exceptionnel à la linéarité et à l'hystérésis
- Très bonne compensation de la température grâce à l'interconnexion intelligente des jauges de contrainte en un pont de Wheatstone
- Mesure possible des charges statiques et dynamiques
- Haute résistance à la fatigue grâce à un choix judicieux des matériaux du corps du capteur et résistance élevée aux vibrations des jauges de contrainte
- Très bonne stabilité à long terme

### II.3.2.5 Types de montage

#### A. Montage quart de pont

Dans le montage en quart de pont, on ne dispose que d'une jauge, trois résistances viennent en complément, Ce montage est le plus simple et le moins cher, mais présente de nombreux inconvénients :

- La jauge étant éloignée des autres résistances, il faut prendre en compte la résistance des fils de liaison. Celle-ci dépend de la température ambiante, d'où une mesure imprécise
- Le signal sortant de la jauge est détérioré à cause de la résistance des fils

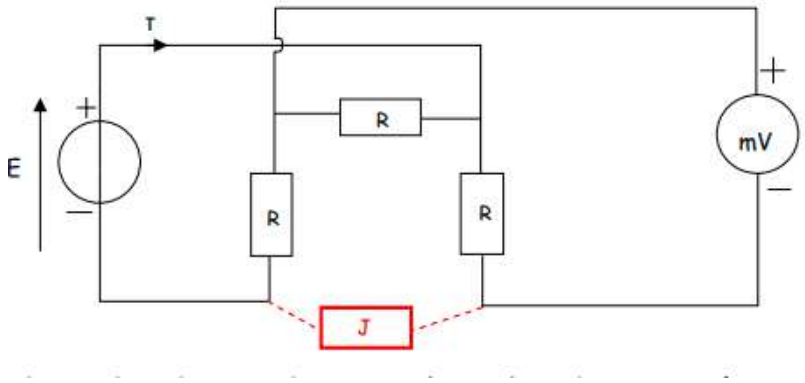



**Figure II.7 :** Schéma montage quart de pont [10]

**B. Montage demi-pont**

Dans ce montage, deux jauges sont actives, les deux autres résistances (ou jauges de complément) étant fournies par l'électronique associée aux jauges. Le demi-pont est relié à l'amplificateur par un câble à trois fils : deux servent à l'alimentation, et le troisième envoie le signal de mesure vers l'amplificateur. Dans ce montage, le câblage n'a pas d'influence sur l'équilibre du pont. L'effet thermique est également compensé, mais pas les pertes en ligne.

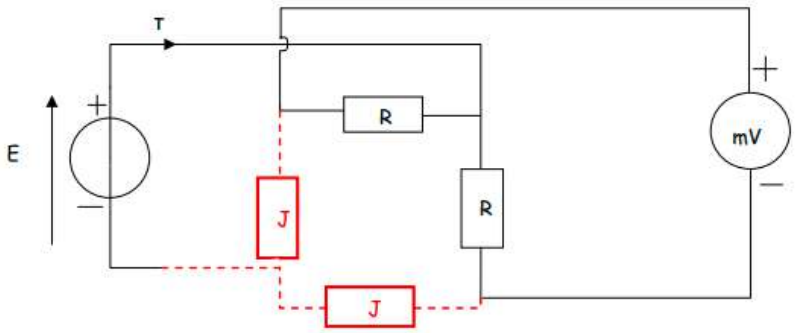



**Figure II.8 :** Schéma montage demi-pont [10]

### C. Montage pont complet

Le pont complet de Wheatstone est composé de 4 jauges placées sur le corps d'épreuve. Il est plus précis que le montage en demi pont et encore plus que celui en quart de pont (4 fois plus sensible). Mais c'est le plus cher des 3 montages.

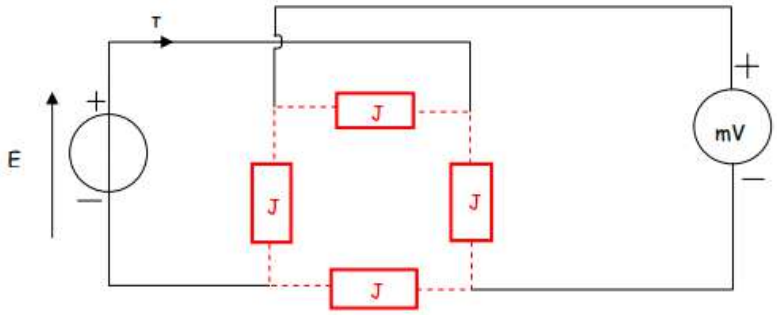



**Figure II.9:** Schéma montage pont complet [10]

### II.3.2.6 L'effet thermique

Les variations de température pendant la mesure constituent un véritable défi pour les capteurs de force à jauges de contrainte. Une variation de température de 10 °C suffit déjà à générer une variation linéaire absolue de 0,012 mm sur les aciers de 100 mm. Avec le choix d'une jauge de contrainte adaptée, le coefficient de dilatation correspondant et une interconnexion intelligente des jauges de contrainte en un pont de Wheatstone, les allongements dus aux variations de température peuvent être intégralement compensés.

### II.3.2.7 Le choix du capteur de poids

Bien qu'il existe plusieurs technologies pour mesurer la force, nous nous concentrerons sur le type le plus courant de cellule de charge : la jauge de contrainte à feuille métallique.
Il existe plusieurs types de capteur de force en fonction de la taille, de la géométrie et de la capacité. La sélection du capteur d'effort adapté à nos applications est une tâche difficile, chaque type de capteur a ses propres attributs. Nous allons essayer de clarifier ce point et ainsi vous présenter les principaux modèles :

- **A point d'appui central :** Un seul de ces capteurs se place sous une plate-forme sur laquelle la charge est déposée.
- **En flexion :** Plusieurs capteurs de ce genre sont montés sous une structure métallique et mesurent ainsi le poids appliqué dessus.
- **Compression :** Plusieurs capteurs de grande capacité sont placés sous la structure (ponts bascule) qui reçoit la charge.
- **Traction :** Le poids est suspendu sous un ou plusieurs capteurs.

Il y a plusieurs posons qui ont des propriétés spéciales tel que le design ou des caractéristiques de matériaux particuliers. C'est l'application qui indique le degré d'importance comme le cas où l'installation de pesage doit être nettoyée quotidiennement. Il y a des capteurs qui peuvent résister à ce traitement mais d'autre non.

On peut tout également placer les capteurs selon le type de signal :

- Les capteurs numériques peuvent traiter les résultats de mesure et de les rendre disponible dans un format adéquat
- Quant aux capteurs analogiques il est obligatoire de les raccorder à l'aide d'un amplificateur de mesure

## II.3.2 Le câblage du capteur de force avec l'Arduino

Un capteur de force est généralement accompagné d'un module HX711 capable d'amplifier la mesure des efforts appliquées sur la cellule de force.

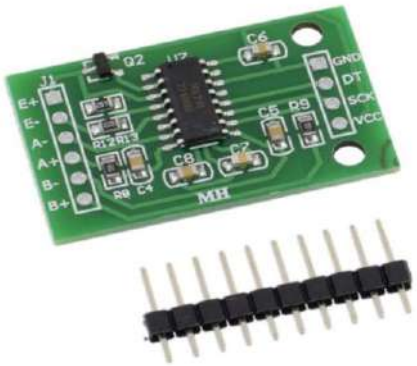



**Figure II.10 :** Module HX711 [7]

Le module HX711 est composé d'un amplificateur et d'un convertisseur analogique numérique HX711. Il permet l'amplification d'un signal envoyé par une cellule d'effort. Le capteur d'effort utilise un pont de weahstone afin de convertir l'effort qui lui est appliqué en signal analogique.

Le module HX711 communique avec le microcontrôleur à l'aide de deux broches digitales (SCK et DOUT) qui est alimenté en 5V. Il est relié à la cellule de force par 4 fils. Le multiplexeur d'entrée sélectionne l'entrée différentielle du canal A ou B dans l'amplificateur de gain programmable à faible bruit. Le canal A peut être programmé avec un gain de 128 ou 64, correspondant à une tension d'entrée différentielle à pleine échelle de ± 20mV ou ± 40mV respectivement, lorsqu'une alimentation de 5V est connectée à la broche d'alimentation analogique AVDD.

Le HX711 présente les caractéristiques techniques suivantes :

- Tension d'alimentation : 2.6V ~ 5.5V
- Courant : <1,6mA
- Température de fonctionnement : -40 ~ 85 ° C
- Gain réglable de 32,64 à 128
- Fréquence : 50 et 60hz

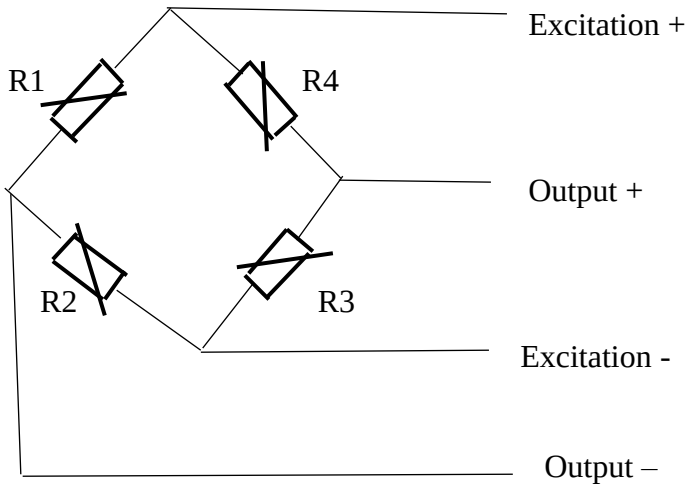



**Figure II.11 :** les sorties de la cellule de pesée

| Nœud de pont de Wheatstone | Couleur de fil "typique" |
|---|---|
| Excitation + (E+) ou VCC | Rouge |
| ,Excitation – (E-) ou VDD | Noir ou jaune |
| Output – (-0), signal - (-S) ou amplificateur – (-A) | Blanc |
| 0+, S+ ou A+ | Vert ou bleu |

**Tableau II.1 :** Les fils sortants du pont de Wheatstone sur la cellule de pesée

Certaines cellules de pesée peuvent présenter de légères variations dans le codage couleur, telles que le bleu au lieu du vert ou du jaune au lieu du noir ou du blanc s'il n'y a que quatre fils (ce qui signifie qu'aucun fil n'est utilisé comme tampon EMI).

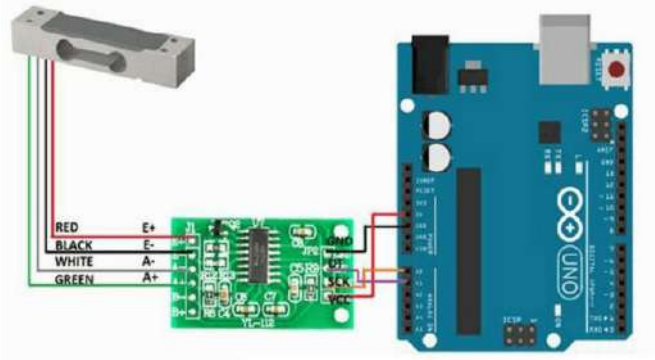



**Figure II.12 :** Schéma de branchement du capteur de force avec l'Arduino [7]

## II.3.3 Afficheur LCD



**Figure II.13 :** Afficheur LCD 16x2 [11]

L'écran LCD est un module d'affichage électronique qui permet de trouver un large éventail d'application. Il existe plusieurs types. Un écran LCD 16x2 est un module très basique et très couramment utilisé dans divers appareil et circuits. Ces modules sont préférés sur sept segments et d'autre LED multi-segments.

Un écran LCD 16x2 signifie qu'il peut afficher 16 caractères par ligne et il y a 2 lignes. Dans cet écran LCD, chaque caractère est affiché, en matrice de 5x7 pixels. Cet écran LCD a deux bureaux d'enregistrement, à savoir, commande et data.

Dans notre réalisation on a choisi à utiliser le module I2C_LCD, c'est un module d'affichage facile à utiliser, il permet de relier facilement un microprocesseur et différents circuits tout en réduisant le nombre de lignes nécessaires à seulement deux lignes :

- SDA : serial data
- SCL : serial clock

### II.3.3.1 Caractéristiques de module I2C_LCD

- Seules 2 broches Arduino sont occupées (utilisez l'interface I2C)
- Prend en charge le mode I2C standard (100Kbit/s) et le mode I2C rapide (400Kbit/s)
- Compatible avec plusieurs niveaux logiques de communication : 2,8 ~ 5 VDC
- Bibliothèque Arduino prise en charge, utilisez une ligne de code pour compléter l'affichage
- Intégrez 7 tailles de polices ASCll, 5 fonctions graphiques,
- Fournir un logiciel de conversion de données d'image dédié (Bitmap Converter)
- La plupart des opérations complexes sont traitées par le contrôleur indépendant I2C_LCD, économisant ainsi les ressources du contrôleur utilisateur
- Prend en charge la fonction de curseur, peut configurer 16 fréquences de scintillement du curseur
- Prend en charge le réglage de la luminosité du rétroéclairage à 128 niveaux
- Prend en charge le réglage du contraste de l'écran à 64 niveaux
- Prise en charge de la modification de l'adresse de l'appareil
- Prend en charge 127 travaux I2C_LCD en parallèle
- Lors du débogage du code, il peut remplacer le moniteur série pour surveiller l'état d'exécution du programme

### II.3.3.2 Le branchement du LCD avec l'Arduino

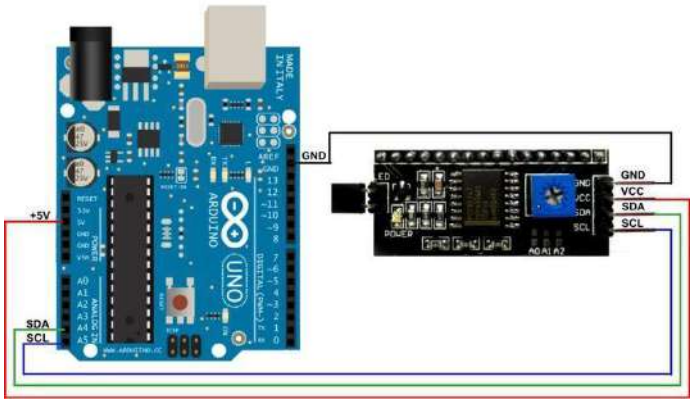



**Figure II.14 :** Branchement du LCD avec l'Arduino [11]

## II.3.4 Motoréducteur à courant continu



**Figure II.15 :** Motoréducteur à courant continu [12]

Les motoréducteurs sont des actionneurs destinés à divers secteurs industriels à savoir la robotique, l'instrumentation, l'automobile… on trouve des motoréducteurs à engrenages hélicoïdaux, motoréducteurs coaxiaux, motoréducteurs à arbres parallèles, motoréducteurs asynchrones…

Un motoréducteur est une unité compacte homogène et compacte, composée d'un réducteur et d'un moteur. L'idée d'un groupe moteur - réducteur date de l'année 1928 ; le brevet a été déposé par le constructeur et entrepreneur allemand Albert Obermoser. Il est l'inventeur du "Moteur à engrenage".

### II.3.4.1 Principe de fonctionnement du motoréducteur

Le rôle central dans un motoréducteur est tenu par le réducteur avec son nombre de trains, ses engrenages. Ils transmettent la force du moteur depuis le côté entrée vers le côté sortie. Le réducteur fonctionne comme convertisseur de couple et de vitesse.

Dans la plupart des cas d'application, le réducteur diminue la vitesse de rotation du moteur et dans le même temps transmet des couples nettement plus élevés que ceux que peut fournir un moteur électrique seul. De la conception du réducteur dépend par conséquent si le motoréducteur est prévu pour des charges légères, moyennes ou lourdes et pour des durées de fonctionnement courtes ou longues.

Selon que le réducteur convertisse la vitesse d'entrée arrivant du moteur en une vitesse plus lente ou plus rapide, on parle de démultiplication ou de multiplication. Le rapport de vitesse i entre la vitesse d'entrée et la vitesse de sortie du réducteur permet de définir cette valeur. Une autre grandeur de mesure importante pour un motoréducteur est le couple maximal côté sortie. Cette valeur est indiquée en Newton mètre (Nm) ; elle sert de mesure pour la force du motoréducteur et la charge qu'il peut mettre en mouvement.

### II.3.4.2 L'engrenage du motoréducteur

L'engrenage est un mécanisme élémentaire constitué de deux roues dentées mobiles autour d'axes de position relative invariable, et dont l'une entraine l'autre par l'action de dents successivement en contact.

Dans le cas de la transmission de mouvement, les deux roues dentées sont en contact l'une avec l'autre et se transmettent de la puissance par obstacle. Un engrenage est composé d'un pignon, c'est ainsi que l'on nomme la seule roue ou la roue la plus petite, et d'une roue, d'une crémaillère, d'une couronne ou d'une vis. Quand plus de deux roues dentées sont présentes, on parle de train d'engrenages.

### II.3.4.3 Le câblage du motoréducteur avec l'Arduino

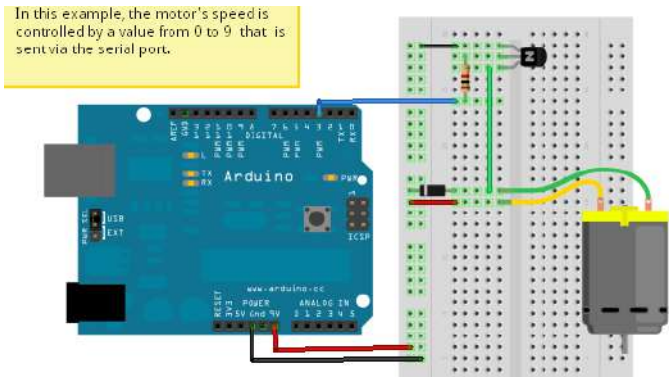



**Figure II.16 :** câblage du motoréducteur avec l'Arduino [11]

## II.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons pu découvrir l'agitateur du sang et son fonctionnement, ainsi que sa structure interne, puis nous avons mentionné les composants basiques de la réalisation.

# Chapitre III

## Réalisation pratique et mise en œuvre

# III.1 Introduction

Chaque appareil médical ou industriel est constitué par plusieurs blocs et chaque bloc comprend un ensemble de carte électronique. Tout système est destiné à accomplir une ou plusieurs tâches afin de satisfaire un utilisateur.

Dans ce chapitre nous allons présenter une analyse détaillée des différentes parties constituant notre réalisation à savoir, le schéma synoptique, une étude détaillée sur les différents blocs de notre système d'agitation de sang et ensuite le schéma électrique obtenu par le logiciel de simulation ISIS PROTEUS.

# III.2 Etude théorique

## III.2.1 Schéma synoptique

Avant de présenter le schéma électrique de notre réalisation, nous présentons le schéma synoptique dans lequel on peut distinguer clairement les différents blocs :

- Bloc d'alimentation
- Bloc de traitement d'information (Arduino Uno)
- Bloc de capteur de force
- Bloc d'affichage LCD/LED
- Bloc d'agitation (motoréducteur)

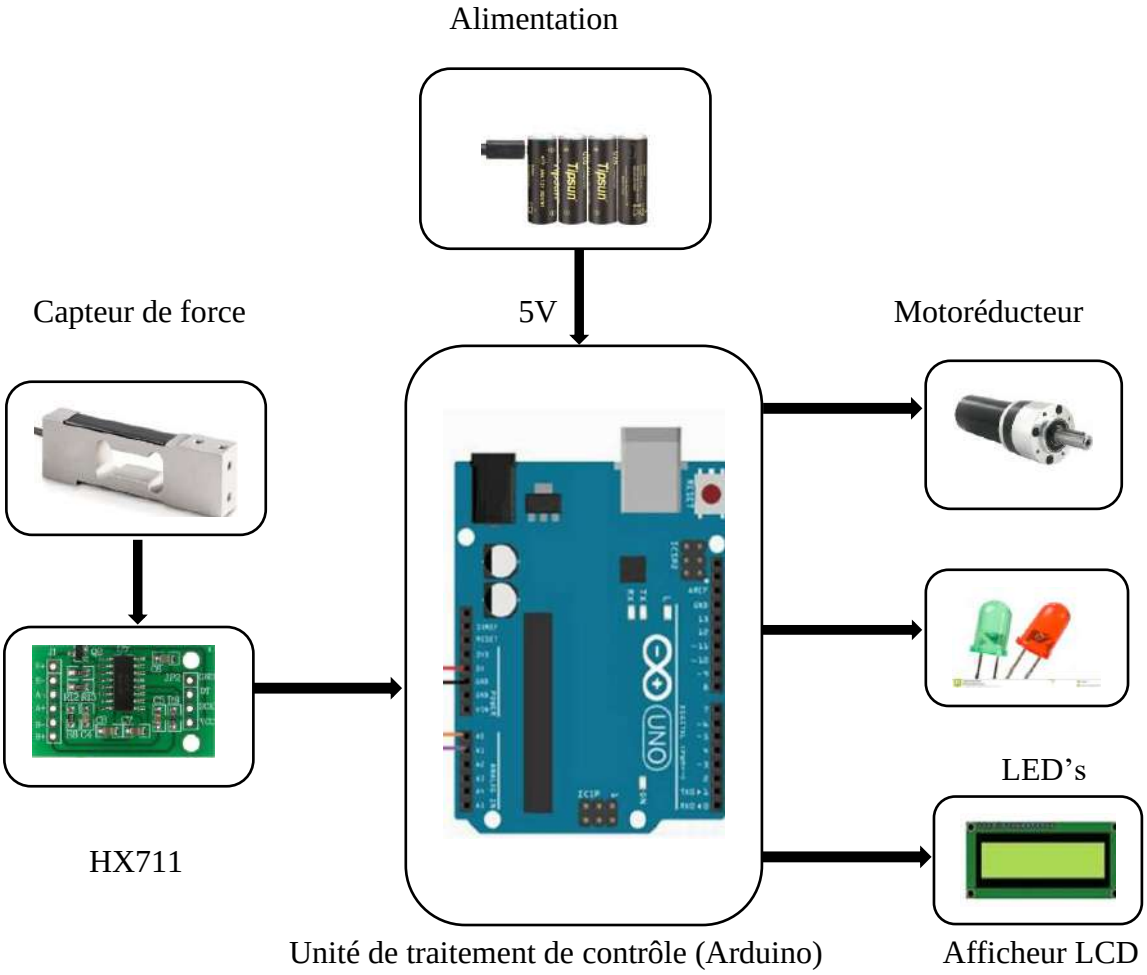



**Figure III.1 :** Schéma synoptique

### III.2.2 Bloc d’alimentation

Tous les dispositifs utilisés dans notre réalisation nécessitent une alimentation stabilisée de 5V. Le prototype de l’agitateur de sang peut être alimenté de deux façons. La première consiste à brancher un câble USB et la seconde à brancher une pile 9V. Mais avoir un câble USB n’est pas pratique surtout dans un laboratoire.

### III.2.3 Bloc de traitement d’information

Ce bloc est le central de notre réalisation, Après avoir reçu les données depuis le capteur force HX711 et après traitement, les résultats seront transmis au bloc d’affichage

## III.2.4 Bloc de capteur de poids

Ce bloc est basé sur le capteur de force à jauges de contraintes, Le principe de fonctionnement consiste à déformer le capteur dont la plage de mesure est comprise entre 0 et 1 kg. Le support, en aluminium est encastré à une extrémité et support des charges sur l'autre extrémité (sur un plateau). Sur ce capteur se trouvent collées quatre jauges de contraintes avec un montage en pont complet. Ces jauges sont des petites résistances dont la valeur varie avec la déformation.

### III.2.4.1 Caractéristiques métrologiques du capteur

Chaque application envisagée implique un cahier des charges. On choisit un capteur en fonction de ses attributs ou caractéristiques métrologiques. Ces caractéristiques font référence à des étalonnages réalisés en laboratoire. Elles sont définies quand le régime statique est atteint, parmi ces caractéristiques :

**a. Les domaines de fonctionnement** : Chaque capteur présente certaines caractéristiques métrologiques qui définissent ses limites d'utilisation et de précision. Ces limites dépendent non seulement du mesurande, mais aussi des grandeurs d'influence qui viennent perturber l'élément de mesure. On peut définir trois domaines de fonctionnement :

- **Le domaine nominal d'utilisation** : représente la zone de travail normale du capteur. Il est défini pour la grandeur physique à mesurer (ou mesurande) par son étendue de mesure et pour les grandeurs d'influence par la plage de travail.

- **Le domaine de la non-détérioration** : c'est une zone de fonctionnement du capteur qui entoure le domaine nominal d'utilisation. Le capteur entre dans ce domaine si le mesurande et/ou les grandeurs physiques d'influence excèdent les valeurs minimales et/ou maximales définissant le domaine nominal. Dans le domaine de non-détérioration, il se produit des altérations sur le capteur, ce qui augmente l'imprécision de la mesure. La précision indiquée par le constructeur n'est plus valide tant que nous sommes dans ce domaine, ce domaine est défini par la limite maximale du mesurande appelée la surcharge admissible, elle est généralement représentée par une valeur relative à l'étendue de mesure, par exemple 150 % E.M ou 1.5 E.M

Ainsi pour notre capteur, cela implique une charge maximale de $\pm(1.5 \times 1\ kg)$.

- **Le domaine de détérioration** : c'est une zone de fonctionnement qui entoure le domaine de non-détérioration et que l'on doit éviter d'atteindre à tout prix. En effet, si la valeur de surcharge admissible est dépassée, les altérations qui se produisent sur le capteur deviennent irréversibles. Si le capteur sort du domaine de non-destruction, il est alors détruit et il n'est plus apte à mesurer quoique ce soit.

**b. L'étendu de mesure** : Il correspond à l'intervalle entre la valeur minimale et la valeur maximale du mesurande. E.M = $m_{max} - m_{min}$ (1)

Ces deux valeurs sont respectivement appelées portée minimale et portée maximale. Elles sont exprimées dans l'unité de mesure du mesurande, par exemple :

- 0,5 à 10 Pascal (capteur de pression)
- 0 à 200 g (capteur d'accélération)
- -10 à 70 °C (capteur de température) …

Pour notre capteur de force, l'étendu de mesure est de 0 à 1 kg.

**c. L'étendu d'échelle** : représente l'écart entre la portée minimale et maximale de l'étendue de mesure. L'étendu d'échelle de notre capteur de force est 1 kg.

**d. La sensibilité** : La sensibilité d'un capteur représente le rapport de la variation du signal de sortie à la variation du signal d'entrée, pour une mesure donnée. C'est donc la pente de la courbe de réponse de ce capteur :

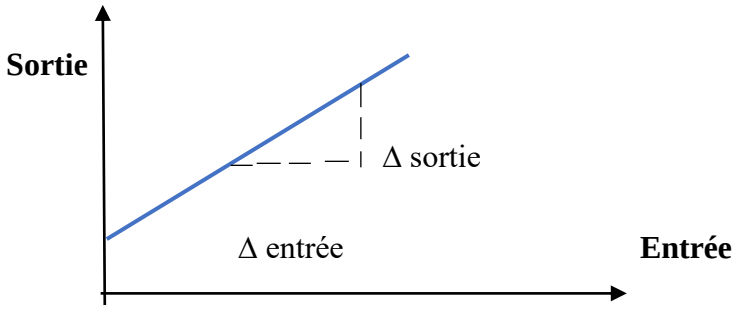



**Figure III.2 :** Courbe de réponse de capteur

$$S\ (m) = \frac{\Delta\ sortie}{\Delta\ entrée} = \frac{\Delta_s}{\Delta_m} \quad (2)$$

Si le capteur est linéaire, une seule valeur de sensibilité est nécessaire, car la pente de la courbe de la caractéristique entrée/sortie du capteur est constante.

**e. La précision** : Elle caractérise l'aptitude d'un capteur à donner une mesure M proche de la valeur vrai m de la grandeur mesurée. L'incertitude de mesure $\delta M$ est telle que : m = M ± $\delta M$

L'erreur relative de précision $\frac{\delta M}{M_{max} - M_{min}}$ (3)

Erreur de précision = erreur de justesse + erreur de fidélité.

**f. La fidélité** : Elle caractérise l'aptitude d'un capteur à donner, pour une même valeur de la grandeur mesurée, des mesures concordantes entre elles. Les résultats de mesures répétées d'une même valeur de mesurande restent groupés autour d'une valeur moyenne.

La fidélité est souvent caractérisée par l'écart type.

**g. La justesse :** Elle caractérise l'aptitude d'un capteur à donner des mesures proches de la valeur vraie de la grandeur mesurée, les erreurs de fidélité n'étant pas prise en compte. La valeur la plus probable du mesurande est très proche de la valeur vraie.

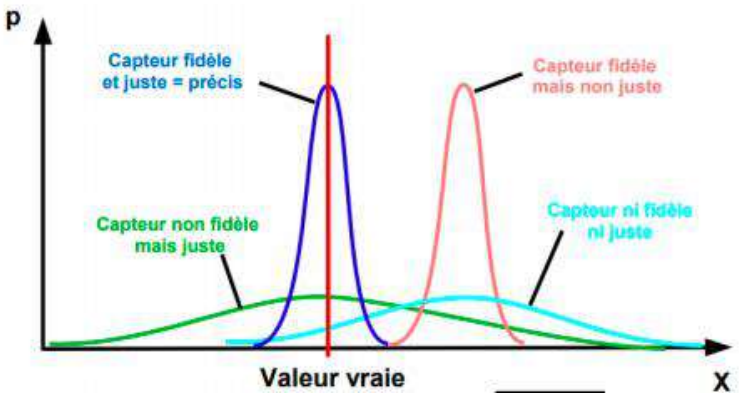



**Figure III.3 :** Courbe des erreurs de fidélité et de justesse [14]

**h. L'hystérésis :** L'hystérésis est définie par l'amplitude de l'écart maximum exprimé en pourcentage de l'étendue de mesure. Un système présente une courbe d'hystérésis lorsque la grandeur de sortie ne dépend pas uniquement de la valeur du mesurande, mais aussi de la façon dont elle a été atteinte.

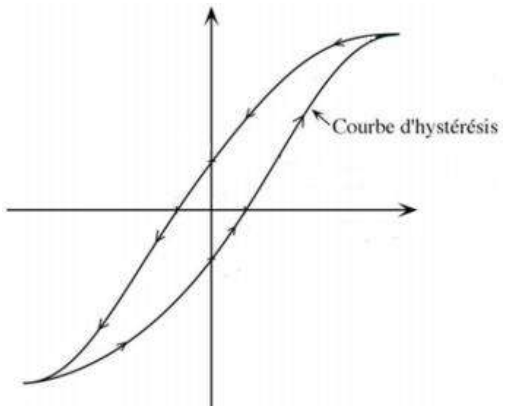



**Figure III.4 :** Courbe d'hystérésis [14]

**i. La résolution** : La résolution correspond à la granularité de la mesure, c'est-à-dire, à la plus petite variation discernable par le capteur. La résolution peut ne pas être constante sur toute l'étendue de la mesure.

### III.2.4.2 Chaine d'acquisition des données

La traduction par un capteur d'un mesurande en grandeur n'est généralement pas appropriée à son exploitation. Les capteurs sont les premiers éléments d'une chaîne de mesure ou chaîne d'acquisition de données. Ce sont les interfaces entre le "monde physique" et le "monde électrique".

Nous pouvons rétrécir voire résumer les rôles de la chaine d'acquisition dans les points suivants :

- Recueillir les informations nécessaires à la connaissance de l'état d'un système ;
- Délivrer ces informations sous une forme appropriée à leur exploitation.
  Sachant que l'état d'un système est caractérisé par des grandeurs physiques ou chimiques appelées mesurandes.
- Assigner une valeur (un nombre) à un mesurande.

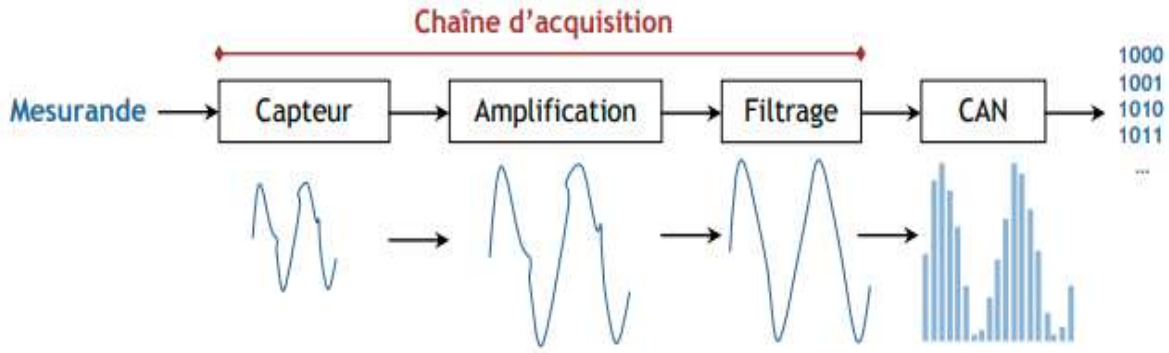



**Figure III.5 :** Chaine d'acquisition du capteur [14]

### II.2.4.3 L'amplification

Pour interpréter les résultats nous avons utilisé l'amplificateur de cellule de charge de chez Sparkfun. C'est un circuit imprimé qui est composé principalement d'une puce : la puce HX711. C'est cette puce qui va se charger d'amplifier le signal et de le convertir dans un format numérique.

L'amplification du signal se fait grâce à un amplificateur opérationnel. Elle est nécessaire car la tension en sortie de la balance est de l'ordre de 0,1 mV ; bien que le processeur utilisé pour le projet ne lit les tensions que par seuil de 5mV. Cette tension est donc trop faible pour être utilisable.

### II.2.4.4 La converssion analogique/ numérique

La puce HX711 possède ainsi un convertisseur analogique-numérique pour transmettre les informations au processeur. La conversion A/ N comporte deux étapes, l'échantillonnage et la conversion proprement dite.

L'échantillonnage est une opération qui doit satisfaire un juste équilibre entre précision et rapidité. La rapidité à laquelle sont prélevés les échantillons doit permettre une reconstruction fidèle du signal, elle est représentée par la fréquence d'échantillonnage qui doit être suffisamment grande pour retranscrire les variations rapides du signal. Le théorème d'échantillonnage aussi dénommé théorème de Shannon-Nyquist, permet de déterminer la fréquence d'échantillonnage d'un signal donné. Il énonce que la reconstruction d'un signal de sortie fidèle au signal d'entrée, requiert de choisir une fréquence d'échantillonnage qui soit au moins deux fois supérieure à la fréquence maximale contenue dans le signal d'entrée.

$$f_e \geq 2\, f_{max} \quad (4)$$

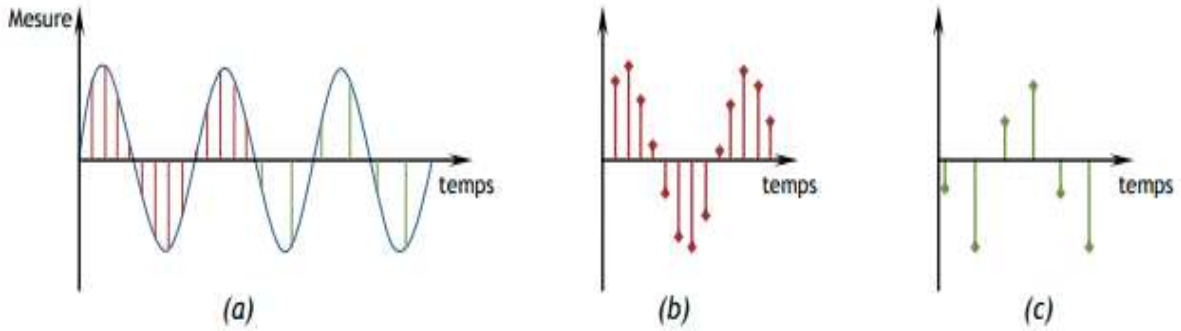



**Figure III.6 :** Echantillonnages d'un signal de mesure (a) avec une fréquence d'échantillonnage plus élevée dans le cas (b) que le cas (c), $f_{e\,b} > f_{e\,c}$ [14]

Le convertisseur analogique-numérique va traduire une information analogique, c'est-à-dire une grandeur physique représentée par une autre (ici une force représentée par une tension), en une information numérique, c'est-à-dire au format binaire (ici le 0 vaut 0V et le 1 vaut 5V). Le format numérique possède l'avantage de ne pas être perturbé par les champs magnétiques externes.

Pour transmettre l'information au processeur, la puce HX711 possède deux sorties : une pour les données et l'autre pour l'horloge. Le fil de données DT va transmettre les données au format binaire donc soit 5V soit 0V. Nous pourrions alors penser qu'un seul fil serait nécessaire. Cependant comment le processeur peut-il faire la différence entre un 0 et trois 0 consécutifs ? C'est là que le fil de l'horloge va être utile. A chaque fois qu'un bit va être envoyé (un 1 ou un 0) sur le fil de données le fil de l'horloge va envoyer un potentiel de 5V pour faire comprendre au processeur qu'il peut lire l'information.

## III.2.5 Bloc d'affichage LCD/ LED's

Dans ce bloc, l'afficheur LCD est un outil qui nous permet de lire les informations dont nous avons besoin. Les LED's sont aussi un moyen important qui nous communique des informations. La LED verte nous indique que l'automate est en mode prélèvement et l'opération du prélèvement et de pesage fonctionne correctement.

La LED rouge nous indique que l'opération du prélèvement est terminée ainsi que la poche du sang doit être enlevée.

## III.2.6 Bloc d'agitation

Le bloc d'agitation est composé de plusiers élements (le plateau d'agitation, le mécanisme approprié …) mais l'élément de base est le motoréducteur à courant continu, ce dernier va ëtre tourné dans deux sens et sa vitesse rotationelle et va ëtre pilotée en variant le PWM. La première idée qui vient à l'esprit quand on veut faire varier la vitesse du moteur est de faire varier la tension aux bornes du moteur mais constate que pour des valeurs faibles de la tension, le moteur ne tourne pas. Le moteur demande une tension minimale pour démarrer. Si cette dernière est trop basse, les forces électromagnétiques ne sont pas suffisantes pour vaincre le frottement. Il devient donc difficile d'ajuster la vitesse de façon précise

### II.2.6.1 Le PWM (Pulse Width Modulation)

La modulation de largeur d'impulsions (MLI ; en anglais : Pulse Width Modulation, soit PWM), est une technique couramment utilisée pour synthétiser des signaux pseudo analogiques à l'aide de circuits à fonctionnement tout ou rien, ou plus généralement à états discrets. Le PWM est un signal numérique, donc la tension peut prendre deux valeurs seulement.

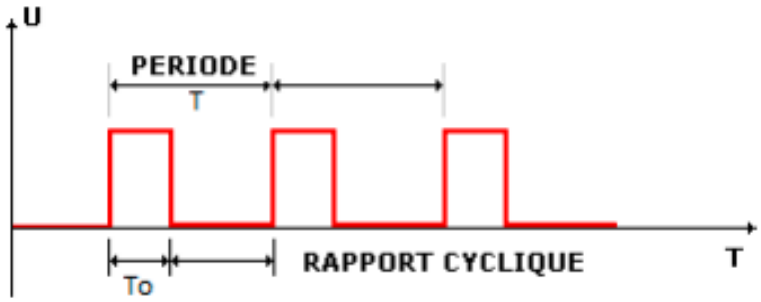



**Figure III.6 :** Signal du PWM [15]

Le signal est carré. Le niveau bas correspond généralement à 0 Volt. La période est notée T ; la durée de l'impulsion (pour laquelle la tension est celle de l'état haut) est appelée To.

Si la période change, le signal n'est plus vraiment périodique au sens strict. On appelle alors T la pseudo période.

On appelle rapport cyclique le rapport : $$\alpha = 100 \times \frac{To}{T} \quad (5)$$

Exprimé en pourcentage.

Si To = 0 alors α = 0 % et la tension moyenne de sortie est nulle. Si To=T alors α = 100 % et la tension moyenne de sortie est égale à Umax.

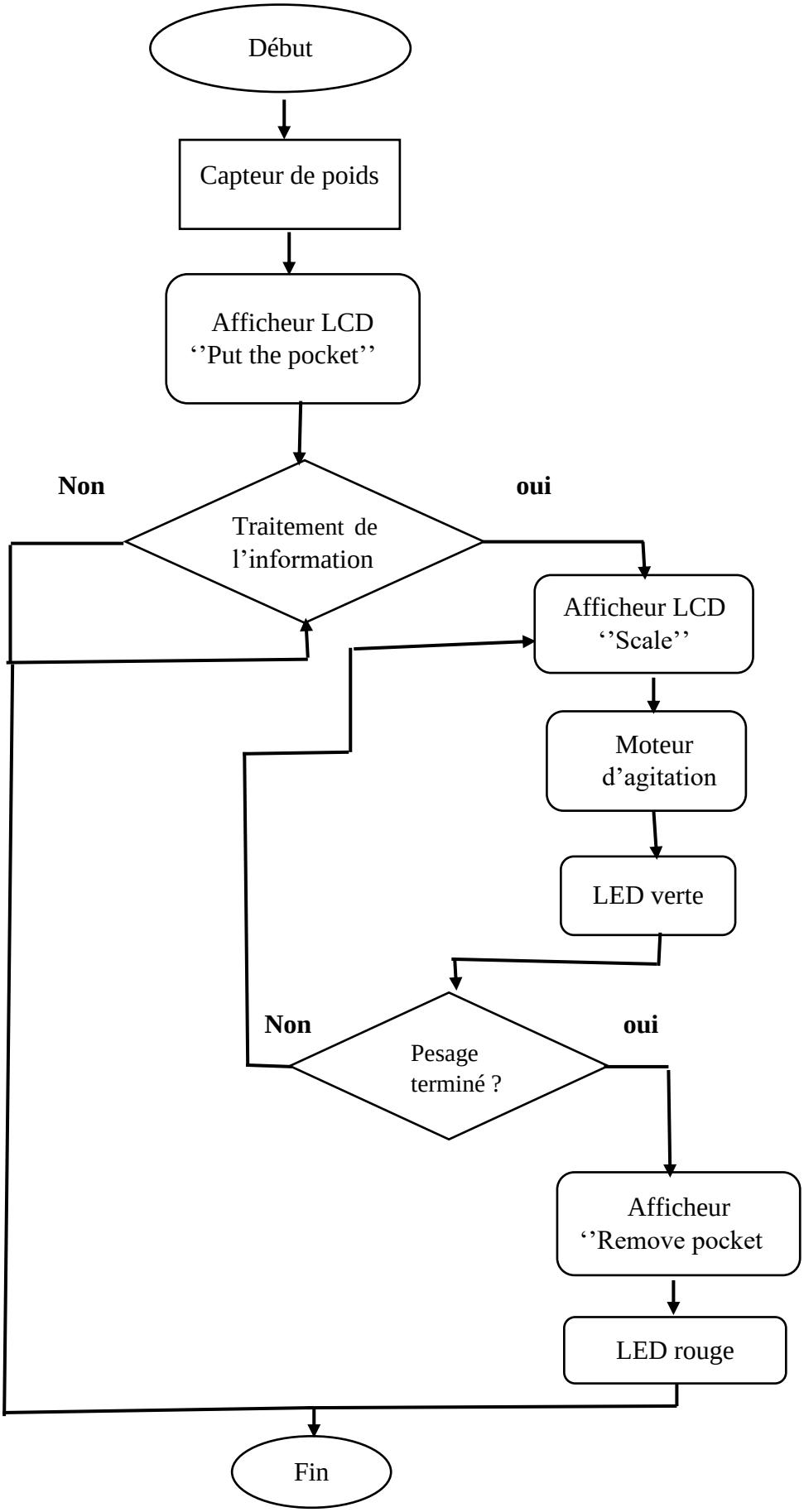
$$U_{moy} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t)\, dt = \frac{1}{T} [U_{max}.t]_0^{To} = U_{max}.\frac{To}{T} \quad (6)$$

### III.2.6.2 Avantages de pilotage de la vitesse du moteur en PWM

Il existe deux principaux avantages à piloter la vitesse d'un moteur en PWM :

- Le moteur peut être piloté par la sortie numérique d'un microcontrôleur,
- Amélioration considérable du rendement énergétique.

## III.3 Organigramme de travail


Début
Capteur de poids
Afficheur LCD
''Put the pocket''
Non
oui
Traitement de
l'information
Afficheur LCD
''Scale''
Moteur
d'agitation
LED verte
Non
oui
Pesage
terminé ?
Afficheur
''Remove pocket
LED rouge
Fin

## III.4 Schéma électrique

Le circuit électrique global est un ensemble de plusieurs étages connectés entre eux via la carte Arduino Uno.

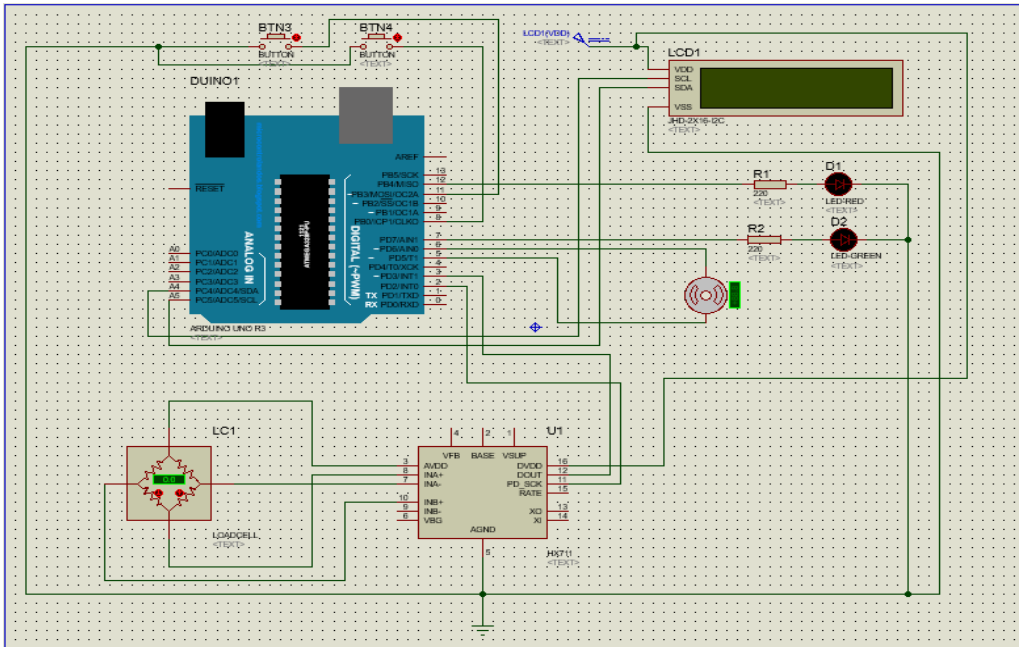



**Figure III.7 :** Schéma électrique par logiciel ISIS PROTEUS

### III.4.1 Etablissement du négatif sous ARES

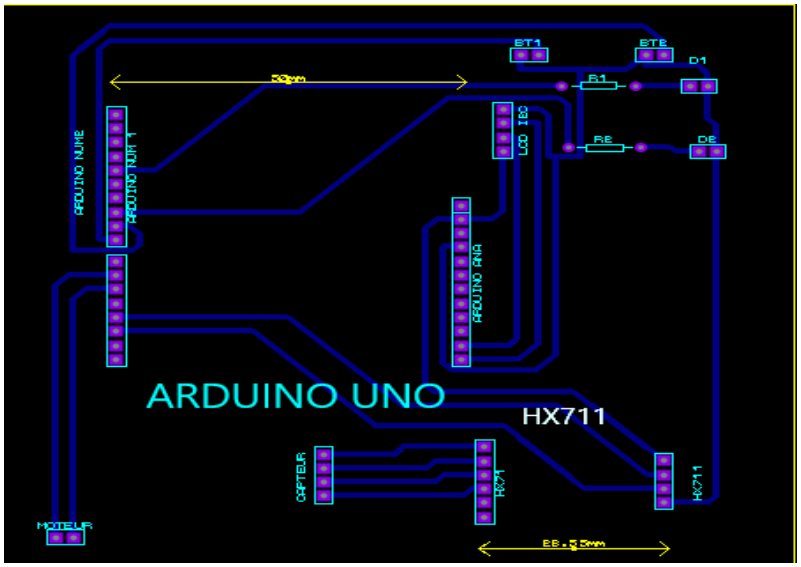



**Figure III.8 :** Etablissement du négatif sous logiciel ARES

# III.5 Etude pratique

## III.5.1 Fabrication du circuit imprimé

**a. Négatif :** Aujourd'hui, la méthode la plus utilisée pour réaliser un circuit imprimé consiste à utiliser un typon représentant le tracé des pistes que l'on voudra faire apparaitre sur le circuit ; Ce circuit pourra être dessiné à la main sur une feuille de papier calque, ou tracé sur ordinateur par un logiciel spécialisé puis imprimé sur un transparent.

Pour transférer le tracé du typon sur la plaque du circuit imprimé, on utilise des plaques photosensibles. Les plaques photosensibles sont recouvertes d'une couche protectrice photosensible dure et très adhérente, de couleur bleue-violet et d'une épaisseur de 2.5 microns

**b. Insolation :** Après avoir retiré le film protecteur de la plaque époxy, la résine se trouve à la surface. Cette résine a pour propriété de se modifier lorsqu'elle est exposée aux rayonnements ultraviolet (UV), elle est dite photosensible. Cette propriété est intéressante car il suffit d'isoler des UV certaines parties de cette résine pour qu'elle ne soit pas modifiée. Il va donc falloir exposer notre plaque aux UV.

**c. Révélation :** On utilise une cuvette pour placer le révélateur puis la plaque. Le révélateur va dissoudre les zones de la résine qui ont été détruites pendant l'insolation. La couche de cuivre va progressivement apparaître autour des pistes qui sont encore protégées par la résine. Une fois la plaque révélée, elle est sortie du bac et rincée à l'eau.

**d. Gravure :** La plaque est plongée sur un bac à graver qui contient un produit acide : le perchlorure de fer. Cet acide va dissoudre le cuivre autour des pistes protégées par la résine.

**e. Perçage :** Avant souder les composants, il nous faut percer les pastilles. Ces trous correspondent à l'emplacement des pâtes des composants.

**f. Soudure :** A présent on doit placer les composants sur la plaque en s'aidant su schéma. Pour souder on utilise un fer à souder et de l'étain facilement manipulable et que sa température de fusion est assez basse.




**Figure III.9 :** Les étapes de réalisation d'un circuit imprimé

## III.5.2 Calibration du capteur

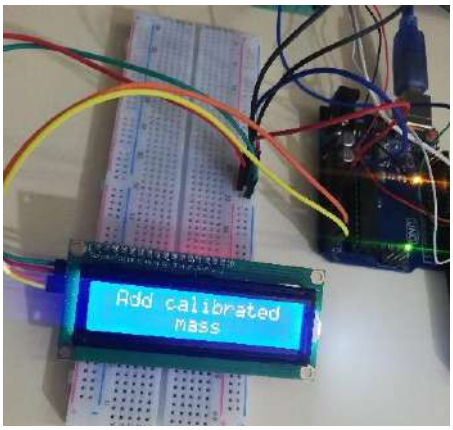
Avant de commencer le pesage ou n'importe quelle opération, il est nécessaire de calibrer le capteur en question pour que les résultats soient avec exactitude et une faible incertitude de mesure.

On peut résumer les étapes de calibrage dans les points suivants :

a. On prend le poids d'une masse quelconque en la mettant dans une balance et on l'insert dans le programme C++,
b. Quand on alimente l'instrument de mesure on aperçoit le message « Add calibrated mass »,
c. on met la masse déjà mesurée dans l'instrument de meure et on obtient son poids,
d. si les deux masses (masse insérée et masse obtenue) soient similaires suite à une comparaison par l'instrument, le message « Calibration complete » sera affiché, le capteur est finalement calibré.



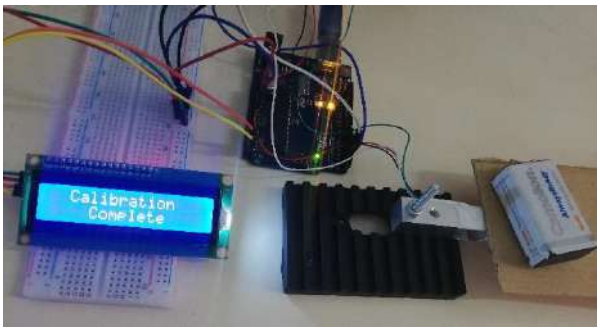

(a)




(b)




(c)




(d)

**Figure III.10 :** Les étapes de calibrage du capteur

## III.5.3 Le mouvement d'agitation

Pour faire agiter le plateau qui porte la poche de sang, nous avons opté pour un système mécanique simple et économique à savoir le système bielle-manivelle.

Le système bielle-manivelle est un système plan de solides articulés. Il permet de transformer, par l'intermédiaire d'une bielle, le mouvement de rotation continu d'une manivelle (également appelée vilebrequin) en mouvement d'oscillation alternatif du plateau.

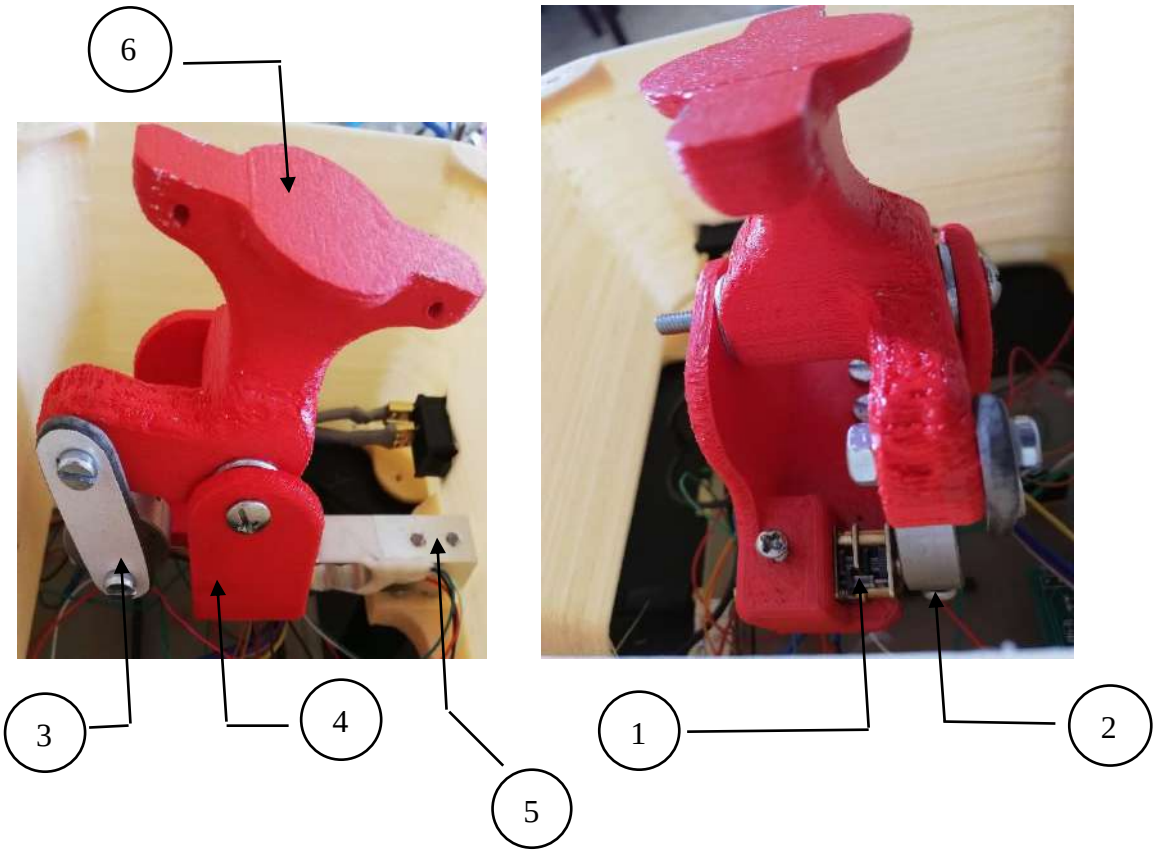



**Figure III.11 :** Composition du système d'agitation

| Repère | Constituant | Description |
|---|---|---|
| 1 | Motoréducteur | Ce motoréducteur à courant continu permet d'actionner le mécanisme d'agitation |
| 2 | Manivelle | Pièce fabriquée fixée en sortie du motoréducteur. |
| 3 | Bielle | Pièce fabriquée et fixée sur la manivelle permettant de transmettre le mouvement d'agitation au support de plateau. |

| | | |
|---|---|---|
| 4 | Etrier | Pièce embarquée sur le capteur de pesage. L'étrier fait office de berceau du plateau d'agitation. |
| 5 | Capteur de pesage | Capteur de pesage à quatre jauges de déformations montées en pont de Wheatstone. |
| 6 | Support plateau | Pièce fabriquée sur laquelle vient se fixer le plateau d'agitation. |

**Tableau III.1 :** Description du système d'agitation

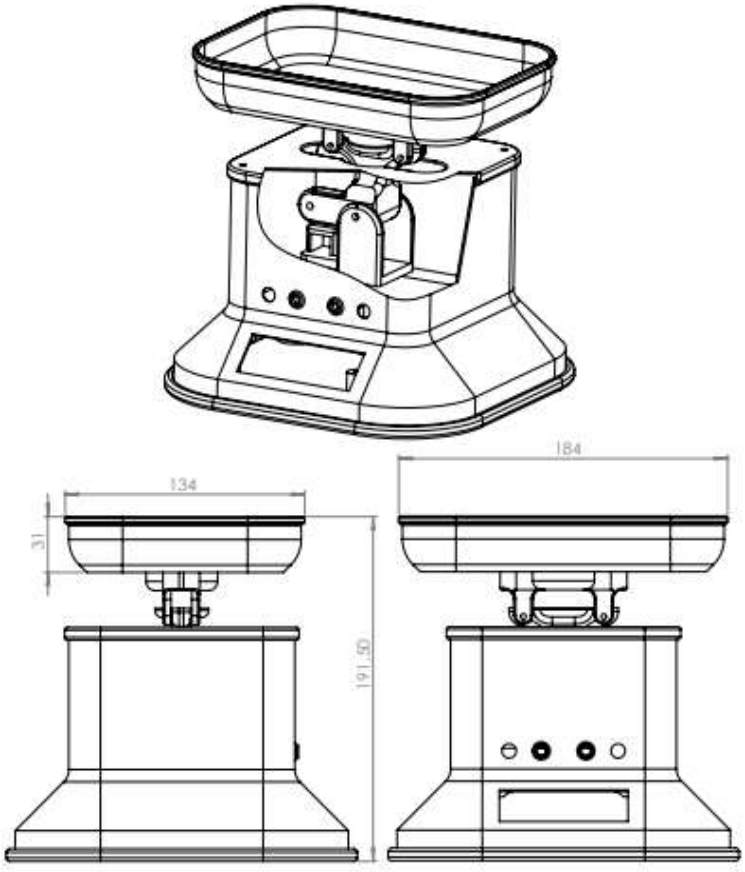



**Figure III.12 :** Schéma de fabrication du boitier




**Figure III.13 :** l'agitateur en mode clampage




**Figure III.14 :** l'automate en mode prélèvement (pesage et agitation)

## III.6 Conclusion

Ce chapitre a une importance capitale dans notre projet et il se divise en deux parties, un côté soft et un côté hard.

Le côté soft gravite autour de l'étude théorique des blocs fonctionnels et l'exploitation du schéma bloc sous logiciel ISIS PROTEUS, tandis que le second côté se base sur le développement pratique du travail.

# Conclusion générale

Le don du sang est une opération consiste à transmettre le sang d'un donneur à un récepteur ; l'opération doit être faite à l'aide d'un instrument spécifique nommé « Agitateur du sang ».

Après le chemin qu'on a parcouru durant notre mémoire de fin d'étude, nous sommes arrivées à un constat final qui permet à l'humanité en générale un meilleur entretien des patients donneurs de sang et en particulier aux étudiants spécialisés en instrumentation à travers le projet qu'on a fabriqué.

Notre projet nous permet tout d'abord de mesurer la quantité de sang donnée et également mélanger le liquide sanguin avec l'anticoagulant par le biais d'une opération d'agitation à base d'un système mécanique appelé « bielle-manivelle » et encore d'allumer une LED rouge qui indique la fin de l'opération de prélèvement et qui remplace par la même occasion le système de clampage. Pour finir, notre instrument fait un jumelage en associant entre le côté électronique et le côté mécanique.

Pour mener à bien notre réalisation nous avons tenté plusieurs expériences avec notre produit et malgré les peu de ressources qu'on avait, les résultats étaient satisfaisants.

Finalement nous espérons que notre humble travaille était à la hauteur des attentes et nous souhaitons qu'il aurait une suite dans les études supérieures ou même pour les futures promotions du domaine.

# Références bibliographiques

[1] Wikipédia. Définition de sang. [En ligne].

Disponible : https://fr.wikipedia.org/wiki/Sang#:~:text=Le%20sang%20est%20un%20liquide,qui%20lui%20donnent%20sa%20couleur.

[2] Passeport santé. (2020) le don de sang.

[3] F. Kaben et M. Dahleb, Méthodes de fractionnement des composent du sang, mémoire de master, Dép. de Biochimie-Microbiologie, Univ de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Tizi-Ouzou, 2017.

[4] Gide de prélèvement de sang par ponction veineuse aux fins d'analyse, Ordre professionnel des technologistes médicaux, Québec, déc 2018.

[5] S. Roy, Don du sang : comment devenir un super-héros en 80 pages, Le figaro.fr. Juin 2016.

[6] B. Jelimann, Apprendre arduino uno-Description de la carte arduino uno.

[7] S. Schmidt, comment fonctionne exact un capteur de pesage ? HBM, [En ligne].

Disponible :https://www.hbm.com/fr/6768/comment-fonctionne-exacte-un-capteur-de-pesage/

[8] Baumer. Le fonctionnement des capteurs de force. [En ligne].

Disponible :https://www.baumer.com/fr/fr/service-assistance/fonctionnement/le-fonctionnement-des-capteurs-de-force/a/Know-how_function_force_sensor

[9] Strain gauges, Tokyo sokki kenkyujo co. Ltd

[10] A. Bertholet Laboratoire du Génie Civile, Place du Levant 1, 1348 Louvain-la-Neuve.

[11] Manuel d'utilisation de l'afficheur I2C LCD 16x2. Go tronik.

[12] SEW USOKOME, Motoréducteurs

[13] S. Chadli, Notions sur les capteurs, nov 2019.

[14] H. Horsin Molinaro, E. Vourc'h et J. Pierre Barbot, Capteur et chaine d'acquisition. Edité 18/06/2015.

[15] R. Cireddu, Modulation à largeur d'impulsion.