REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de Technologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Electronique

Spécialité : Instrumentation

TÉLÉ-CONTRÔLE D'UN MÉLANGEUR CHIMIQUE

Préparé et présenté par :

- Ziane Mohamed amine
- Raib Adel

Proposé et dirigé par :

Dr. Henini Noureddine

Année universitaire 2020-2021

Remerciement

Nos premiers remerciements vont à ALLAH le tout puissant.

C’est avec grand plaisir que nous réservons cette page, en signe de gratitude et de reconnaissance à tous ceux qui nous ont aidés à la réalisation de ce travail.

Nous remercions Mr HENINI Noureddine notre promoteur pour sa grande disponibilité, son rigueur et professionnalisme qui n’a eu de cesse de nous inspirer et aussi pour la confiance qu’il nous a accordée en proposant ce travail.

Nous remercions ainsi notre encadreur à l’université de Yahia farés Mr HENINI pour sa pertinence et ses jugements qui ont été très constructifs et nous ont permis de faire ce travail.

Nous remercions vivement les membres de jury pour nous avoir fait l’honneur d’accepter d’examiner notre travail.

Nous n’oublions pas non plus de remercier l’université de nous avoir donné cette opportunité de mettre n œuvre nos connaissances acquises durant notre parcours éducatif. Nous sommes reconnaissants aussi à tous nos amis pour leur dévouement et leur amitié sans faille, ils nous ont beaucoup soutenus moralement.

Nous voudrons exprimer à nos proches toute notre gratitude : nos chers grands parents, nos très chers parents, nos frères et nos sœurs, nos oncles et nos tantes. Sans leur amour, leur soutien, leur confiance et leur encouragement, nous n’y serons peut à être pas arrivés.

ملخص

يهدف هذا المشروع في المرحلة الأولى إلى دراسة التفاعلات والخلاط الكيميائي المختلفة والمخاطر الناتجة عنها، لذلك قمنا بإجراء دراسة متعمقة واقترحنا نظام تحكم عن بعد للتفاعلات الكيميائية بين (سائل، صلب، غاز) وبالتالي تقليل مخاطر هذه التفاعلات داخل العملية الصناعية. في الخطوة التالية، اختبرنا عينة من مادتين (صلب - سائل) مع تحكم دقيق للغاية في الكميات، ومتوسطات مجموعة من أجهزة الاستشعار المختارة وفقًا للمعايير المعمول بها، والمعايير المدروسة، يمكننا من قبل التحكم بكميات دقيقة من الكواشف

أخيرًا تم التحكم في درجة حرارة الخلط ومكونات النظام بدقة.

الكلمات المفتاحية اردوينو استشعارات درجة حرارة صمام الملف اللولبي تفاعل كيمائي مصباح خلاط جهاز تحكم محرك.

Résumé

Ce projet vise dans une première phase à l'étudie les différentes réactions et mélanges chimiques et les risques qui en découlent, pour cela nous avons mené une étude approfondie et proposé un système de contrôle à distance de réactions chimiques entre (liquide, solide, gaz) réduisant ainsi les risques de ces interactions au sein d'un processus industriels. Dans l'étape suivante, nous avons testé un échantillon de deux réactifs (solide – liquide) avec un contrôle des quantités très précises, aux moyennes d'un jeux de capteur choisi selon les normes établies, et des critères étudiés, nous avant peut contrôler avec précision les quantités des réactifs.Enfin contrôler de température de mélange et des composants du système avec précision a été établies.

Mots clés : arduino-capteurs-température- électrovanne- réactions chimiques-LED-mélangeur-télé-contrôlée-moteur.

Abstract

This project aims in a first phase to study the different chemical reactions and mixtures and the resulting risks, for this we have carried out an in-depth study and proposed a remote-control system of chemical reactions between (liquid, solid, gas) thus reducing the risks of these interactions within an industrial process. In the next step, we tested a sample of two reagents (solid - liquid) with a very precise control of the quantities, to the averages of a set of sensors chosen according to the established standards, and of the studied criteria, we before can control with precise quantities of reagents.

Finally control of mixing temperature and system components with precision has been established.

Key words : Arduino – sensor - solenoid valve – chemical reaction – a lamp – mixer – remote contrôle – engine.

Dédicace

<u>Je dédie ce projet :</u>

A ma chère mère, A mon cher père,

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

***A mes chères sœurs**, Lobna, Maroua, Lina fatma Zohra*

Pour ses soutiens moraux et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A mon cher grand-père,

Qu'Allah repose son âme en paix.

A mon cher binôme,

Mohammed amine Pour son entente et sa sympathie.

***A mes chères amies,** Ziad, raid, alla Eddine, Brahim, Yahia, Tahar, Chawki, Abdou, Hassan, Salah (Allah Yerhmou) Mohammed, Yasmine, Rania, Rajae, Ikram, Lilia, Noura Et celui qui l'a oublié, pardonne-moi*

Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.

A toute ma famille,

Sans ta présence,

Mon âme est triste et mon cœur est lourd.

ADEL

Je dédie ce projet :

A ma chère mère,

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A mes chères frères *Younes, Walid*

A mes chères sœurs*, Amira, Doua*

Pour ses soutiens moraux et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A mon cher grand-père,

Qu'Allah repose son âme en paix.

A mon cher binôme,

Mohammed amine Pour son entente et sa sympathie.

A mes chères amies, *Ziad, raid, alla Eddine, Brahim, Yahia, Tahar, Badr, Mohamed, Hamden, Walid, Younes, Bilal, Ismail, Mohamed Bouderbala*

Et celui qui l'a oublié, pardonne-moi

Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.

A toute ma famille,

Sans ta présence,

Mon âme est triste et mon cœur est lourd.

MOHAMED AMINE

Table des matières

Remerciement.....i

Résumé.....ii

Dédicace.....iii

Liste des figures.....vii

Liste des tableaux.....ix

Liste des abréviations.....x

INTRODUCTION GENERALE..... 1

CHAPITRE I : Vue globale sur les réactions chimiques..... 2

I.1. INTRODUCTION..... 3

I.2. LES TYPES DES REACTIONS CHIMIQUES :..... 3

I.3. FACTEURS INFLUENCANTS SUR LA VITESSE D'UNE REACTION :..... 5

I.4. LES RISQUES PROVENANT DES REACTIONS CHIMIQUES :..... 7

I.5. CONCLUSION :..... 8

CHAPITRE II : Le Mélangeur Chimique Télé contrôlée..... 9

II.2. DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME :..... 10

II.3. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :..... 11

II.4. Le rôle de chaque partie :..... 12

II.4.1. Partie réseaux :..... 12

II.4.1.1. La connexion RS232 via USB :..... 12

II.4.1.2. Description de l'interface graphique :..... 13

II.4.2. Partie automatisme..... 15

II.4.2.1. Matériel utilisé :..... 15

II.5. Les sous-systèmes qui composent le mélangeur chimique :..... 37

II.6. Les circuits de puissance :..... 40

II.7. Conclusion :..... 41

Chapitre III : Modélisation et simulation..... 42

III.1. Introduction..... 43

III.2. Dimensionnement du mélangeur..... 43

III.2.1. Calcul du volume du mélangeur..... 43

III.2.2. Masse volumique..... 43

III.2.3. Volume du quatre cylindres..... 46

III.2.4. Coté liquide (eau) : 46
III.2.5. Coté poudre (sucre raffine) : 50
III.3. Logiciel de simulation..... 51
III.3.1. Simulation du système MCT 52
III.3.2. Simulation du réglage du niveau de liquide et poudre..... 52
III.3.3. Test du réglage du niveau de liquide et poudre :..... 53
III.3.4. Simulation du remplissage du mélangeur 54
III.4. Conclusion :..... 54
Conclusion générale..... 56
Annexes..... 57
Bibliographie..... 60

Liste des figures

Figure I. 1: Equation de la réaction de système 3
Figure I. 2: Equation d'une réaction de décomposition 4
Figure I.3:Equation par éléments 4
Figure I. 4: Simulation du mélange d'un lot de particules par convection et/ou diffusion (SCHOFIELD 1970) 5
Figure I. 5: Courbe représentative des concentrations 6
Figure I. 6: Courbe qui indique l'influence de température 6
Figure I. 7: Courbe représentative de l'effet des catalyseurs 7

Figure II. 1: vue générale du projet 10
Figure II. 2: Principe de fonctionnement du système 11
Figure II. 3: le rôle de chaque partie 12
Figure II. 4: connecteur USB pour Arduino 13
Figure II. 5: interface graphique de l'application Windows 13
Figure II. 6: carte arduino uno 15
Figure II. 7: Composition de la Carte ARDUINO UNO 23
Figure II. 8: Schéma Synoptique de la carte Arduino 23
Figure II. 9: Composition du µC ATMega328 24
Figure II. 10: Les Broches d'Alimentation 26
Figure II. 11: Les Broches d'entrées/sorties 26
Figure II. 12: fonctionnement d'une électrovanne 29
Figure II. 13: schéma de constitution de l'électrovanne 30
Figure II. 14: état fermé d'électrovanne 30
Figure II. 15: état ouvert d'électrovanne. 31
Figure II. 16: moteur DC 31
Figure II. 17: Différents types de capteurs 32
Figure II. 18: capteur LM35 32
Figure II. 19: brochage du lm35 34
Figure II. 20: calibration du LM35. 34
Figure II. 21: principe de fonctionnement du capteur ultrason HC-SR04 35
Figure II. 22: Montage HC-SR04 avec Arduino 36
Figure II. 23: Diagramme temporel de HC-SR04 37
Figure II. 24: l'organigramme de mesure de niveau 38
Figure II. 25: chaine de régulation de niveau des produits 38

Liste des figures

Figure II. 26: organigramme de contrôle de l'extracteur 39
Figure II. 27: chaine de contrôle de l'extracteur 39
Figure II. 28: organigramme de contrôle du moteur 40
Figure II. 29: chaine de Contrôle moteur 40
Figure II. 30: UNL 2003 41

Figure III. 1: schéma de l'auge 46
Figure III. 2: écoulements d'un liquide cuve 1 47
Figure III. 3: Schéma de principe un fluide s'écoule par une ouverture située à la distance h du niveau 47
Figure III. 4: écoulement d'un liquide cuve 3 49
Figure III. 5: logiciel tinkercad 51
Figure III. 6: montage de simulation des électrovanne 1et2 par ultrason a l'état allumée 52
Figure III. 7: montage de simulation des électrovanne 1et2 par ultrason a l'état éteindre 53
Figure III. 8: moteur démarrer 54
Figure III. 9: moteur arrêter 54
Figure III. 10: schéma du circuit de puissance 57
Figure III. 11: schéma interne du circuit de puissance 57
Figure III. 12: programme 1 58
Figure III. 13: programme 2 58
Figure III. 14: programme 3 59
Figure III. 15: programme 4 59

Liste des tableaux

Tableau II. 1: description des boutons de l'interface graphique de l'application..... 14
Tableau II. 2: Les différents types de l'ARDUINO..... 19
Tableau II. 3: Caractéristiques de la Carte ARDUINO UNO 22
Tableau II. 4: Caractéristiques techniques du capteur HC-SR04..... 36

Tableau III. 1: Caractéristiques des poudres 44

Liste des abréviations

MCT : mélangeur chimique télé-contrôlée

DC : direct currrent

IDE : Integrated Développent Environemnt

USB : Universal serial bus

INTRODUCTION GENERALE

Dès le début du **XX^e** siècle, la chimie a été développée avec un processus tout à fait remarquable sur toutes les échelles qui la profondément transformée. Au cours de cette période, l'humanité a créé des nouveaux produits chimiques à travers des essaies plus ou moins hasardeuses tels que l'ammoniac, l'acide nitrique, le méthanol...ils ont été utilisés en industrie aux alentours de 1913.

En industrie, on utilise comme solution des systèmes de commande à distance des gammes et recettes pour le contrôle et le suivi automatisé des processus. On utilise aussi des systèmes d'isolement des incendies et des explosions en utilisant des produits spécifiques (des gaz non inflammatoires, des liquides de lubrification...) ainsi que des moyens de prévention humaine (vêtements spéciaux, des lunettes, des masques de gaz...).

Pour ces raisons, il est justifié de s'intéresser à cet équipement, conçu pour durer avec une maintenance minimale pour un arrêt de production réduit. Le mélange des solides divisés, de poudres ou de milieux granulaires, est une opération clé pour de nombreux domaines industriels aussi variés que la pharmacie, l'agroalimentaire,l'industrie des ciments, des matières plastiques. Cette opération permet d'atteindre les spécifications et propriétés d'usage des produits formulés car elle est responsable en grandepartie de l'homogénéité du produit à l'échelle requise souvent celle du conditionnement [1].

Nous venons à travers ce modeste travail de proposer une solution basée sur le principe de la commande à distance, plus simple et ouverte pour l'amélioration. Il s'agit d'un système électronique de télé contrôle qui utilise la communication série entre un ensemble de capteurs et une carte Arduino commandée par interface graphique afin de sécuriser les taches de l'opérateur et éviter tous genres de problèmes concernant les quantités ce qui permettra d'obtenir une réaction complète et sans danger. Ce présent mémoire est structuré en trois chapitres organisés comme suit :

Les types des réactions chimiques ainsi que les facteurs qui les influencent sont présentés dans le premier chapitre. Le second portera sur la description du principe de fonctionnement du système proposé qui sera présenté avec les différents tests effectués dans le dernier chapitre.

CHAPITRE I : Vue globale sur les réactions chimiques

I.1. INTRODUCTION

Une réaction chimique est définie comme étant une transformation d'espèces chimiques (molécules, atomes ou ions) en d'autres espèces chimiques et au cours de cela on observe soit rupture d'une ou plusieurs liaisons chimiques et la formation de nouvelles liaisons, soit un transfert d'électrons, soit des interactions anions-cations. Lors d'une réaction chimique il y a conservation de la matière (rien ne se perd) et chaque atome des produits provient nécessairement d'un réactif (rien ne se crée). [2]

A notre époque, la protection contre les risques provenant des différents types des réactions chimiques ainsi que les facteurs influençant sur son avancement deviennent un véritable parcours problématique qui mérite plus d'attention à cause de ses effets catastrophiques sur l'opérateur et le matériel. En outre, le problème d'être face à des produits dangereux nécessite de grands moyens pour nous protéger d'une façon plus sûre.

I.2. LES TYPES DES REACTIONS CHIMIQUES :

Lors d'une transformation chimique, la nature des substances initiales est modifiée et de nouvelles propriétés caractéristiques sont observées. Cette caractéristique nous permet de les classer en différentes catégories sachant que les réactifs et les produits sont eux qui déterminent à quelle catégorie appartient une réaction. Il existe quatre types de réaction de base :[3]

- **Réactions de synthèse :** Elles se produisent lorsque deux réactifs recombinent pour f orner un seul nouveau produit et l'exemple suivant nous montre une de ses réactions.

Lorsque le soufre se combine au sodium, un composé de sulfure de disodium s'appelait à la fin. [3]

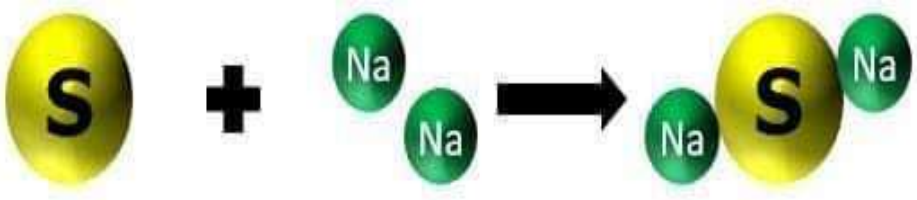


Figure I. 1: Equation de la réaction de système

- **Les réactions de décomposition :** Elles sont définies comme étant une division d'un composé chimique en composés plus simples.

Parmi eux, on compte de nombreux oxydes métalliques qui, une fois chauffés, se transforment chimiquement tout en libérant de l'oxygène gazeux, prenant l'exemple de carbonate de calcium qui donne le dioxyde de carbone et l'oxyde de calcium. [3]

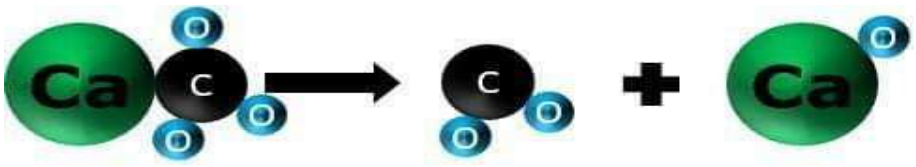


Figure I. 2: Equation d'une réaction de décomposition

- **Les réactions de précipitation :** Elles se produisent lorsqu'une réaction donne lieu à la formation d'un précipité (un produit insoluble).
  L'exemple suivant nous montre une deux.[3]

Le chlorure d'argent |(AgCl_{(s)}) | est un précipité blanc formé par la réaction entre le chlorure de sodium |(NaCl_{(aq)} | et le nitrate d'argent |(AgNO_{3(aq)}) |.

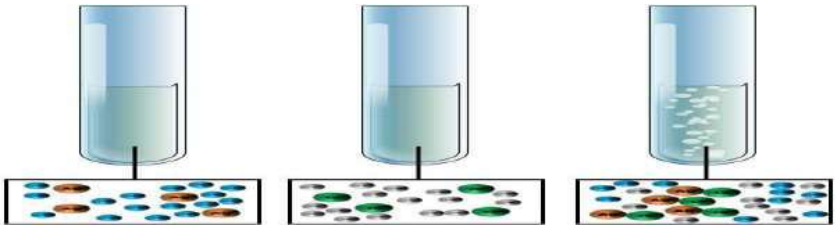


Figure I.3:Equation par éléments

- **Les réactions d'oxydation :** Ce sont des transformations chimiques impliquant de l'oxygène ou une substance ayant les mêmes propriétés. L'exemple suivant nous montre une de ces réactions.

Lors de la respiration cellulaire, les cellules utilisent le dioxygène présent dans l'atmosphère pour produire de l'énergie. [3]

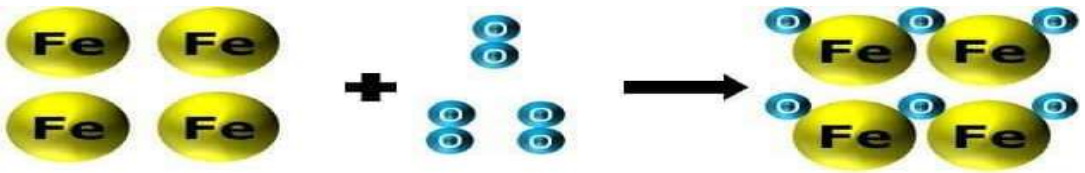


Figure 1: Equation de la réaction d'oxydation

I.3. FACTEURS INFLUENCANTS SUR LA VITESSE D'UNE REACTION :

La vitesse d'une réaction chimique est influencée par cinq facteurs : la nature et la concentration des réactif, leur surface de contact, la température du système, et finalement la présence d'un catalyseur. Il est parfois utile d'utiliser la théorie des collisions afin de mieux comprendre l'influence des différents facteurs sur la vitesse d'une réaction.[4]

- **La nature des réactifs :** Elle influence sur la vitesse d'une réaction du côté de la phrase dans laquelle se trouvent les réactifs, ainsi que le nombre et la force des liaisons qu'ils contentement. Ils seront les facteurs qui influenceront la vitesse.

En chimie, les réactions homogènes, ça veut dire celles où tous les réactifs en jeu sont dans la même phrase, sont plus rapides que les réactions hétérogènes. Cependant, on doit principalement considérer deux aspects considérant la nature des réactifs en jeu : la phrase des réactifs, la quantité et le type de liaisons à briser dans les réactifs. [4].

Pour être bien précis, les phrases sont classées de la manière suivante :

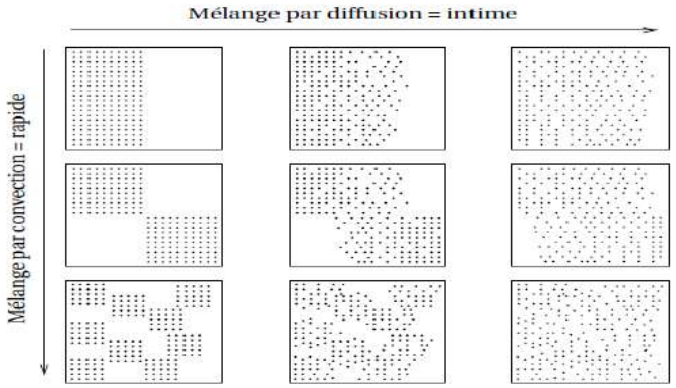


Figure I. 4: Simulation du mélange d'un lot de particules par convection et/ou diffusion (SCHOFIELD 1970)

- **La concentration des réactifs :**

Elle influence sur la vitesse d'une réaction. En général, une augmentation de la concentration augmentera la vitesse de réaction.

A titre d'exemple, le graphique ci-dessous représente la distribution de vitesse dans des échantillons à deux concentrations différentes. On observe que l'énergie et la vitesse moyenne des particules ne sont pas influencées par une modification de concentration.

Ainsi, plus la concentration est élevée et plus de particules possèdent une énergie supérieure à l'énergie d'activation. La réaction se déroule plus rapidement. [4]

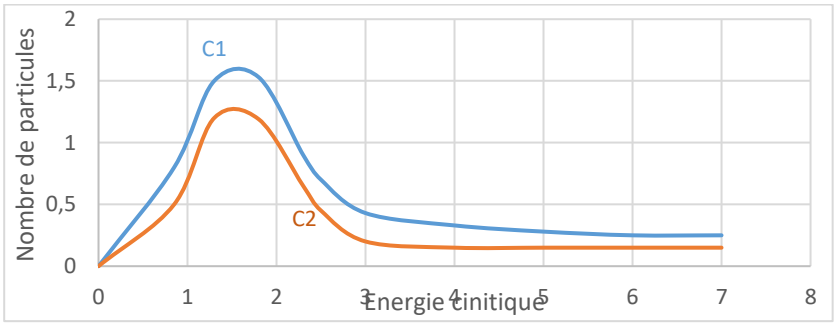


Figure I. 5: Courbe représentative des concentrations

- **La surface de contact des réactifs :** Une large surface de contact permet davantage de collisions entre les réactifs et par conséquent, mettre plus vite la réaction.

Par exemple, il est plus facile d'allumer un feu de camp avec du bois fendu en petits morceaux qu'avec des bûches entières. Aussi, la bonne mastication des aliments permet une digestion plus rapide qu'une incomplète.

- **La température du système :** Généralement, une hausse de température se traduit par une augmentation de la vitesse de réaction et vice versa.

Comme par exemple, si on refroidit un système, on ralentit le déplacement des particules et la vitesse de réaction est diminuée. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle on conserve des aliments au réfrigérateur. Une température fraiche permet de ralentir la vitesse de dégradation de la nourriture.

Le graphique ci-dessous nous montre la distribution de vitesse dans un échantillon de gaz pour deux températures différentes. [4]

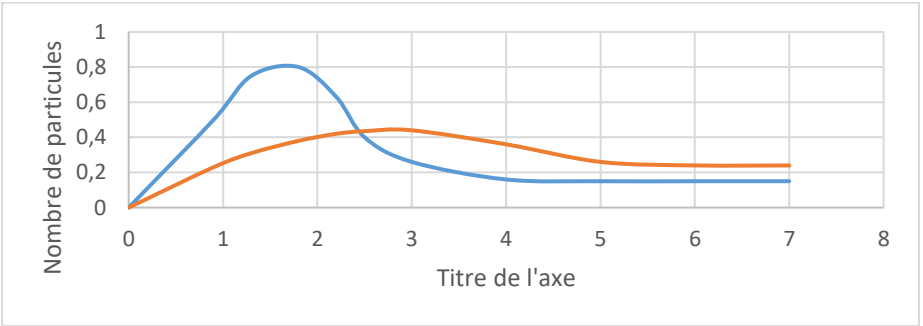


Figure I. 6: Courbe qui indique l'influence de température

- **L'effet d'un catalyseur :** Certaines substances permettent de modifier la vitesse de réaction sans toutefois faire partie des réactifs ou des produits : on les nomme catalyseurs. Ils abaissent l'énergie nécessaire pour amorcer la réaction.

Le graphique ci-dessous représente la distribution de vitesse dans un échantillon de gaz en présence et en absence d'un catalyseur. On peut constater que l'énergie nécessaire à la réaction est diminuée en présence du catalyseur. Ainsi, davantage de particules possèdent une énergie supérieure à l'énergie d'activation. La réaction se déroule alors plus rapidement. [4]

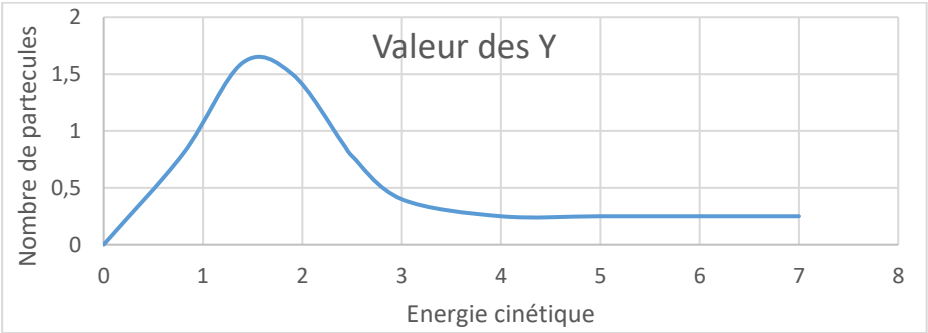


Figure I. 7: Courbe représentative de l'effet des catalyseurs

I.4. LES RISQUES PROVENANT DES REACTIONS CHIMIQUES :

- **Risques d'explosion :** ce sont des évolutions rapides d'un système, avec libération d'énergie et production d'effets mécaniques et thermiques (graves dégâts humains et matériels, formation importante de gaz et de chaleur), ils sont souvent spectaculaires et parfois mortels, ces risques viennent de nettoyage incomplet des cuves, silos, containers ainsi que la négligence de la concentration maximale dans le mélange au-dessus de laquelle celui-ci ne peut-être enflammé. [5]
- **Risques d'incendie :** C'est une combustion qui se développe sans contrôle dans le temps ni dans l'espace. C'est une réaction d'oxydation qui nécessite un triangle de feu (un combustible, carburant, source d'énergie) pour être initiée.

Généralement, les sources d'inflammation sont de trois ordres : énergétique comme les réactions exothermiques, l'emballement de réaction...), humaines comme les cigarettes (l'extrémité d'une cigarette allumée atteint plus de 700 °C), naturelles bactériologiques (la fermentation bactérienne peut échauffer le milieu) et climatiques (foudre, soleil...). En France près de 3 /4 des sites enflammes ne reprend pas leur activité. [5]

- **Risques d'intoxication :** une intoxication est un état maladif qui apparait suite à la prise d'une substance toxique (toxine) par le corps (solide, liquide ou aqueuse). Les toxines sont absorbées dans le corps par le système respiratoire, la peau ou le système digestif, l'intoxication a un processus plus ou moins rapide, dépend de plusieurs facteurs comme la température ambiante qui influence sur la vitesse du métabolisme et donc la toxicité ainsi que la formation possible de tolérance à une certaine substance, lorsque cette dernière a déjà consommé auparavant. [6]
- **Risque de pollution :** La pollution chimique est engendrée par des regrets de produits chimiques et spécialement les éléments nutritifs (azote et phosphore), les éléments organiques persistants (polychlorobiphényles hexa chlorobenzène, dioxines et furanes hexachlorocyclohexanes) ainsi que les métaux lourds qui ont un numéro atomique supérieur à 20 (arsenic, cadmium, chrome, cuivre, nickel, plomb, mercure…). [7]

I.5. CONCLUSION :

Nous avons présenté le long de ce chapitre, les définitions de base concernant les réactions chimiques, les facteurs influencent sur la vitesse des réactions ainsi que les effets catastrophiques qui peuvent être produites lors d'une réaction chimique.

Le mélange des poudres diffère du mélange des liquides par quatre aspects

Il n'y a pas de mouvement relatif des particules solides comme pour les liquides ou les gaz sans apport d''énergie. La vitesse d'homogénéisation des poudres ne dépend que de la propriété d'écoulement des particules et des conditions opératoires imposées .[8]

CHAPITRE II : Le Mélangeur Chimique Télé contrôlée

II.1. INTRODUCTION :

Dans ce chapitre, nous présenterons le système proposé << le Mélangeur chimique télé contrôlé MCT >> qui vise à sécuriser les personnes des dangers des réactions chimiques. Ce système permet d'assurer et contrôler la réaction des deux liquides chimiques par un mélangeur automatique commandé par réseaux via pc.

II.2. DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME :

Le système << mélangeur chimique télé contrôlé MCT >> se compose de deux parties : une partie d'automatisme et une autre de réseau (informatique).

La partie automatisme est basée sur une carte Arduino : sur laquelle on va commander l'ouverture et la fermeture des électrovannes des deux produits chimiques (liquides). Ainsi que des capteurs ultrasons, qui sont connectés pour mesurer la quantité et le niveau des deux liquides, et un capteur de température, pour relever l'évolution de la température pendant la réaction et pout contrôler l'extraction de ce système puis on va commander un moteur pour mélanger les deux liquides, enfin on va récupérer le mélange résultant.

La partie réseaux est une application Windows à l'aide du logiciel << Visual Basic2010>> présentée sous la forme d'une télécommande adaptée à l'utilisateur. Cette partie a pour rôle de faciliter la commande de la partie automatisme à distance.

La figure 9 représente une vue générale du système.

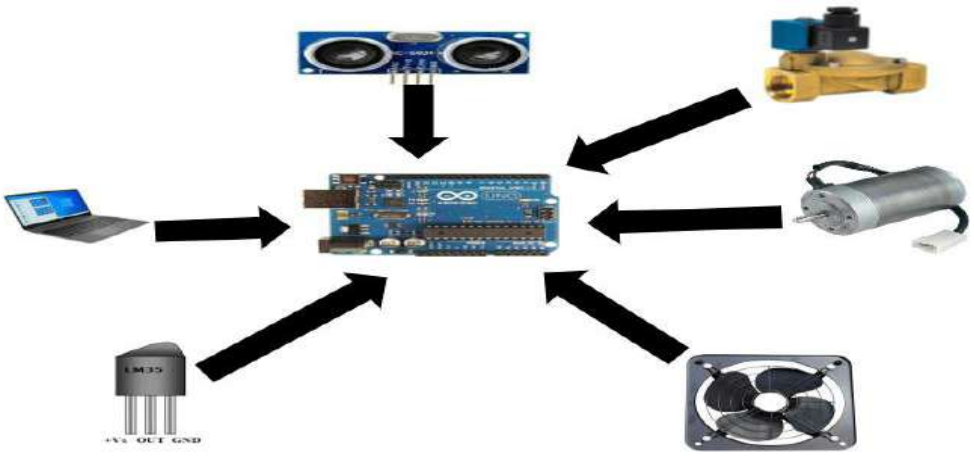


Figure II. 1: vue générale du projet

II.3. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :

Au début, on a deux liquides stockés dans les cuves 1 et é, dès que l'utilisateur donne l'ordre de la mise en marche du système, l'application Windows et la carte Arduino seront en communication. L'utilisateur doit envoyer les consignes (les niveaux souhaités) de chaque liquide, donc les électrovannes 1et 2 sont ouvertes : les deux liquides 1 et 2 sont entrain de remplir les cuves 3 et 4, ainsi les deux capteurs ultrasons sont alimentés et ils se mettent à mesurer le niveau des deux liquides jusqu'à ce que les niveaux soient égaux à celles de la consigne et les électrovannes se ferment. Ensuite l'utilisateur va donner l'ordre de l'ouverture des électrovannes 3 et 4 pour permettre aux deux liquides d'entrer dans la cuve 5 du mélange. Après, on donne l'ordre pour démarrer le moteur en envoyant la consigne du temps nécessaire de mélange. Enfin, on va récupérer le liquide résultant à la sortie de l'électrovanne 5, il peut être échauffé ou refroidi selon le besoin. Concernant la température du système, on a un capteur de température pour relever à chaque fois la température et permet à l'Arduino d'activer l'extracteur s'il y a une augmentation de la température plus que 40 degrés ou une présence des gaz (peut être activé par l'utilisateur en cas de nécessité). Le fonctionnement est illustré dans la figure 10.

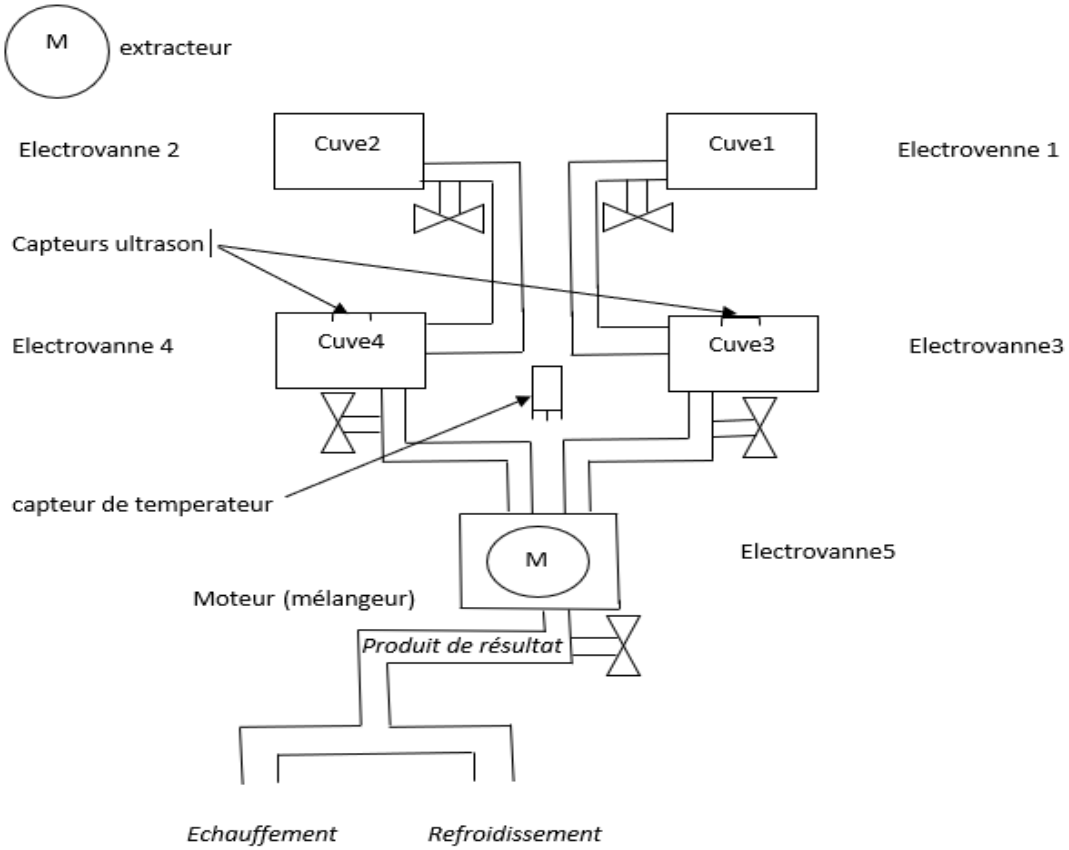


Figure II. 2: Principe de fonctionnement du système

II.4. Le rôle de chaque partie :

La figue 11 illustre le fonctionnement du système proposé et le rôle de chaque partie (automatisme et réseaux).

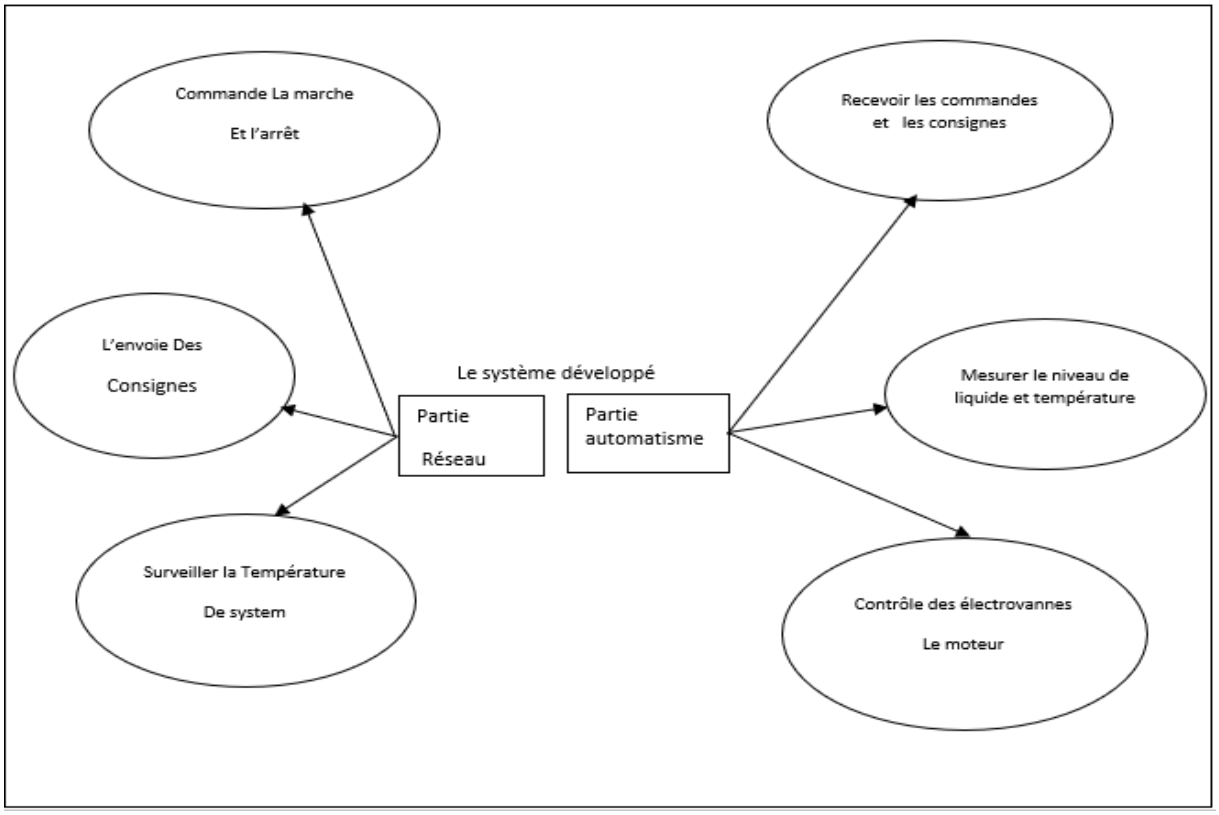


Figure II. 3: le rôle de chaque partie

II.4.1. Partie réseaux :

II.4.1.1. La connexion RS232 via USB :

LUSB est représenté sous une norme relative à un bus informatique en transmission série qui sert à interconnecter des périphériques informatiques à un ordinateur, une tablette, un smartphone ou à tout type d'appareil prévu à cet effet. Le bus USB permet de connecter des périphériques en état de marche et en bénéficiant du <<plug and Play>> qui reconnait automatiquement le périphérique.il peut alimenter les périphériques peu gourmands en énergie (clé USB, disques SSD, etc…). Apparu en 1996, il est généralisé dans les années 2000 pour connecter la souris, le clavier d'ordinateur, les imprimantes, les clés USB et autres périphérique bon marché sur les ordinateurs

personnels. Les performances de l'USB, notamment concernant les débits sont améliorées au fil des versions (USB 2.0,3.0,3.0…). Le pilote d'Arduino permet d'émuler un port série RS232 virtuelle sur un port USB.

Dans notre réalisation, on va utiliser un câble (AMALE-BMALE) qui est montre dans la figure 12.



Figure II. 4: connecteur USB pour Arduino

II.4.1.2. Description de l'interface graphique :

Dans la conception de cette application, on s'est focalisé sur des principes fondamentaux : la simplicité, l'efficacité et la sécurité du système, la figure13 présente notre application.

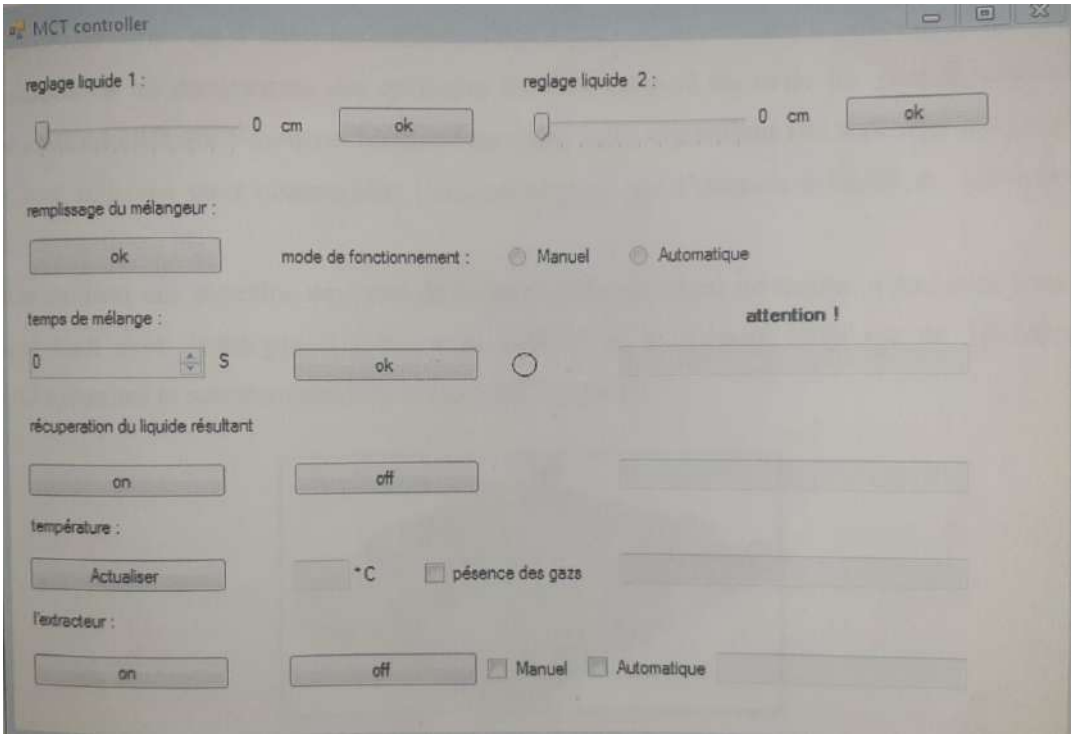


Figure II. 5: interface graphique de l'application Windows

L'interface graphique se compose d'une boite que contient le nom de l'utilisateur et le mot de passe qui le concerne et d'une l'application de commande qui se compose de neuf boutons représentant les commandes essentielles pour le fonctionnement du système. Dans ce qui suit on va décrire chaque bouton et sa fonction séparément dans le tableau II. 1

Tableau II. 2: description des boutons de l'interface graphique de l'application

Bouton	Commande envoyée	Fonction
OK (liquide01)	A^+ niveau (automatique) a^+ niveau (manuel)	Ouvrir l'électrovanne01et02 Ouvrir l'électrovanne01
OK (liquide02)	Aucune	Electrovanne absente
OK (remplissage mélangeur)	B	Ouvrir l'électrovanne02
OK (temps de mélange)	C+	Alimentation du moteur
On (liquide résultant)	F	Ouvrir l'électrovanne05
Off	G	Fermer l'électrovanne
Actualiser	H	Lire la température actuelle
On(l'extracteur)mode manuel	D	Alimenter l'extracteur
Off(l'extracteur)mode manuel	E	Arrêter l'extracteur

II.4.2. Partie automatisme

II.4.2.1. Matériel utilisé :

Nous présentons dans ce qui suit le matériel utilisé lors de la conception du système.

II.4.2.1.1. Carte arduino uno :

L'objectif dans ce mémoire est de concevoir une carte de contrôle à base d'ARDUINO en exploitant et bien sûr en profitant de sa technologie Open-Hardware, qui est sans doute le moyen le plus bas prix existant sur le marché. Le système Arduino donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique. Plus précisément, pour programmer des systèmes électroniques. Le gros avantage de l'électronique programmée c'est qu'elle simplifie grandement les schémas électroniques et par conséquent, le cout de la réalisation, mais aussi la charge de travail à la conception d'une carte électronique.

Voire la figure 14

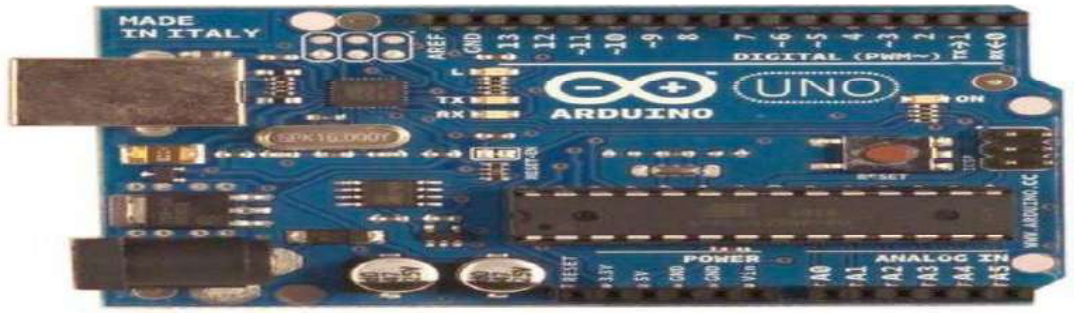


Figure II. 6: carte arduino uno

- **Historique**

L'Arduino est né en 2005 dans le cadre d'un projet étudiant dans une petite ville du nord de l'Italie. Massimo Banzi enseigne dans une école de Design à Ivrea en Italie, et souvent ses étudiants se plaignent de ne pas avoir accès à des solutions bas prix pour accomplir leurs projets de robotique. Banzi en discute avec David Cuartielles, un ingénieur Espagnol spécialisé sur les microcontrôleurs…

Ils décident de créer leur propre carte en embarquant dans leur histoire un des étudiants de Banzi, David Mellis qui sera chargé de créer le langage de programmation allant avec la carte.

En deux jours, David écrira le code ! Trois jours de plus et la carte était créé…Ils décidèrent de l'appeler Arduino (un bar fréquenté par les élèves à proximité de l'école) : cela devient un hit, tout de suite auprès des étudiants et c'est ainsi qu'un modeste projet d'étudiants bouleversa le milieu de l'électronique, en rendant la technologie plus accessible.

Aujourd'hui, vous pouvez acquérir une carte Arduino pour un prix raisonnable ou la construire vous-même sans avoir de droit de licence à payer. Tous les schémas et les codes sources sont diffusés sous licence libre.

A présent l'Arduino est devenu presque un réflexe dès lors qu'on souhaite s'initier le monde de l'électronique numérique. Arduino a permis de démocratiser ce domaine et surtout d'en faciliter l'accès [9].

➢ Description de la Carte ARDUINO

Le module Arduino est un circuit imprimé en matériel libre : les plans sont consultables et tout le monde peut fabriquer une copie exacte de l'Arduino ce qui veut dire que vous pouvez en faire ce que voulez du moment que vous partagez ou distribuez votre travail sous les mêmes conditions. Contrairement à la plupart des objets manufacturés de notre environnement comme les machines à laver, les téléphones, les ordinateurs, seuls le nom et le logo sont réservés, dont les plans de la carte elle-même sont publiés en licence libre dont certains composants de la carte : comme le microcontrôleur et les composants complémentaires qui ne sont pas en licence libre.

Un microcontrôleur programmé peut analyser et produire des signaux électriques de manière à effectuer des tâches très diverses. Arduino est utilisé dans beaucoup d'applications comme L'électrotechnique industrielle et embarquée ; le modélisme, la domotique mais aussi dans des domaines différents comme le pilotage d'un robot, commande des moteurs et faire des jeux de lumières, communiquer avec l'ordinateur, commander des appareils mobiles.

En gros, on y branche des capteurs, le programme de l'Arduino traite les informations données par le capteur et déclenche des actions (comme allumer ou éteindre, augmenter, diminuer...).

Chaque module d'Arduino possède un régulateur de tension +5 V et un oscillateur à quartez 16 MHz (ou un résonateur céramique dans certains modèles).

- **Les différents types de l'ARDUINO**

Il existe trois types de cartes ARDUINO :

• **Les officielles** qui sont fabriquées en Italie par le fabricant officiel : Smart Projects

• **Les compatibles** qui ne sont pas fabriqués par Smart Projects, mais qui sont totalement compatibles avec les Arduino officielles.

• **Les autres** fabriquées par diverse entreprise et commercialisées sous un nom diffèrent (Freeduino, Seeduino, Femtoduino, ...) [9].

Depuis que le module Arduino a vu le jour, plusieurs versions de cartes ont été réalisées, on cite quelques-unes afin de mieux comprendre l'évaluation de ce produit scientifique et académique :

SERIAL ARDUINO : programmé avec une connexion série par un connecteur DB9 et utilisant un microcontrôleur ATmega8.

ARDUINO EXTREME : programmable via une connexion USB et utilisant un ATmega8.

ARDUINO MINI : une version miniature de l'ARDUINO utilisant un ATmega168 de type CMS.

ARDUINO NANO : une version encore plus petite de l'ARDUINO alimenté par USB et utilisant un ATmega168 (avant la version 3) ou ATmega328 (à partir de la version 3.0) de type CMS

LILYOAP ARDUINO : une conception de type minimaliste pour permettre une application portable utilisant un ATmega168 de type CMS.

ARDUINO NG : programmable via une connexion USB et utilisant un ATmega8.

ARDUINO NG plus : programmable via une connexion USB et utilisant un ATmega168.

ARDUINO BLUETOOTH (BT) : programmable via une connexion Bluetooth et utilisant un ATmega328.

ARDUINO DIECIMILA : possède une interface USB et utilise un ATmega168 dans un

Boitier format DIL28. (16 ko de mémoire flash, 1 ko de mémoire SRAM et 0,5 ko de mémoire EEPROM).

ARDUINO DUEMILANOVE (2009) : utilise un Atmega168 et est alimenté par le connecteur USB ou une alimentation externe avec commutation automatique. La nouvelle version est équipée d'un ATmega328 (32 ko de flash, 2 ko de SRAM et 1 ko d'EEPROM).

ARDUINO MEGA : est équipé d'un ATmega1280 de type CMS pour avoir des

Entrées/Sorties supplémentaires et de la mémoire (128ko flash, 8ko SRAM, 4ko EEPROM).

ARDUINO UNO : utilise un ATmega328 comme les derniers modèles de DUEMILANOVE, mais alors que le DUEMILANOVE utilisait une puce FTDI pour la programmation via un connecteur USB, l'UNO utilise une puce ATmega8U2 programmé comme un convertisseur série.

ARDUINO ESPLORA : est une carte dérivée de l'ARDUINO LEONARDO. Elle a la forme d'une manette de jeu. Contrairement aux autres ARDUINO, c'est une carte « tout-en-un » qui comporte de nombreux capteurs (température, accélération, lumière,

microphone, potentiomètre…) ainsi que 4 boutons poussoirs, un potentiomètre et un joystick analogue [9].

Le tableau suivant (Tableau 2) regroupe les différentes cartes existantes avec leurs caractéristiques (type du Microcontrôleur, taille de la Mémoire interne, nombre de broches

PIN, …etc.).

Tableau II. 3: Les différents types de l'ARDUINO

Arduino	Microcontrôleur	Flash ko	E/S numériques	PWM	Entrée analogique	Type d'interface USB
Diecimila	ATmega168	16	14	6	6	FTDI
Due	Atmel SAM3X8E	512	54	12	12	ATmega16u2
Duemilanove	ATmega168/328P	16/32	14	6	6	FTDI
Esplora	ATmega32U4	32	N/A	N/A	N/A	ATmega32U4
Fio	ATmega328P	32	14	6	8	Aucune
Leonardo	ATmega32U4	32	20	7	12	ATmega32U4
LilyPad	ATmega168V or ATmega328V	16	14	6	6	Aucune
Mega	ATmega1280	128	54	15	16	FTDI
Mega2560	ATmega2560	256	54	15	16	ATmega8U2
Nano	ATmega168	16	14	6	8	FTDI
Uno	ATmega328P	32	14	6	6	ATmega16U2
Zero	ATSAMD21	256	14	12	6	ATmega32U2

- **Domaines d'applications**

Le système Arduino nous permet de réaliser un grand nombre de choses, qui ont une application dans tous les domaines, nous pouvons donner quelques exemples :

- Construire des systèmes physiques interactifs qui utilisent des logiciels et du matériel pouvant s'interfacer avec des capteurs et des actionneurs.
- Électronique industrielle et embarquée.
- Art / Spectacle.
- Domotique.
- Robotique.
- Modélisme.
- Education, Etc.

- **Les avantages de l'Arduino**

Il existe dans le commerce, une multitude de plateformes qui permettent de réaliser les mêmes fonctions que l'Arduino. Notamment les microcontrôleurs « PIC » du fabricant Micro chip disponibles pour l'électronique programmée. Néanmoins l'Arduino reste au haut du tableau des cartes électroniques utilisées dans le monde grâce à ses multiples avantages : Le système Arduino, nous donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique. Plus précisément, nous allons programmer des systèmes électroniques. Les principaux avantages de l'électronique programmée sont :

Le prix En vue des performances qu'elles offrent, les cartes Arduino sont relativement peu couteuses, ce qui est un critère majeur pour le débutant.

Un environnement de programmation clair et simple L'environnement de programmation Arduino (le logiciel Arduino) est facile à utiliser pour les débutants, tout en étant assez flexible pour que les utilisateurs avancés puissent en tirer profit

également. Pour les enseignants, il est basé sur l'environnement de programmation Processing : les étudiants qui apprennent à programmer dans cet environnement seront déjà familiarisés avec l'aspect du logiciel Arduino.

La possibilité d'ajouter des Shields spécifiques (cartes filles) pour ajouter de nouvelles

Fonctionnalités, il suffit de brancher un Shield supplémentaire correspondant à la fonction désirée.

La liberté C'est un bien grand mot, mais elle définit de façon assez concise l'esprit de l'Arduino. Elle constitue en elle-même deux choses :

Le logiciel open source : le logiciel et le langage Arduino sont gratuits et publiés sous licence open source, disponible pour être complété par des programmateurs expérimentés. Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application JAVA multi plateformes (fonctionnant sur tout système d'exploitation), servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le programme au travers de la liaison série (RS232, Bluetooth ou USB selon le module).

Le matériel open source : les cartes Arduino sont basées sur les Microcontrôleurs Atmel ATMEGA8, ATMEGA168, ATMEGA 328, les schémas des modules sont publiés sous une licence créative Commons, et les concepteurs des circuits expérimentés peuvent réaliser leur propre version des cartes Arduino, en les complétant et en les améliorant. Même les utilisateurs relativement inexpérimentés peuvent fabriquer la version sur plaque d'essai de la carte Arduino, dont le but est de comprendre comment elle fonctionne pour économiser le coût. Cette liberté a une condition : le nom **«** Arduino **»** ne doit être employé que pour les cartes **«** officielles **».** En somme, nous ne pouvons pas fabriquer notre propre carte sur le modèle Arduino et lui assigner le nom « Arduino ». Les cartes non officielles, on peut les trouver et les acheter sur Internet et sont pour la quasi-totalité compatibles avec les cartes officielles Arduino [10].

La compatibilité Le logiciel, tout comme la carte, est compatible sous les plateformes les plus courantes (Windows, Linux et Mac), contrairement aux autres outils de programmation du commerce qui ne sont, en général, compatibles qu'avec Windows.

La communauté La communauté Arduino est impressionnante et le nombre de ressources à son sujet est en constante évolution sur internet.

De plus, on trouve les références du langage Arduino ainsi qu'une page complète de tutoriels sur le site arduino.cc (en anglais) et arduino.cc (en français) et plusieurs forum internet spécialisés sur l'Arduino.

- **Arduino Uno, pourquoi ?**

Pour modéliser nos objets connectés, une carte électronique où des capteurs de toutes sortes peuvent être branchés est nécessaire. Les cartes électroniques à bas prix présentes sur le marché sont les cartes Arduino.

Notre choix s'est porté sur la carte Arduino Uno pour les différents avantages déjà cités, ajoutant à ça les nombreux pins d'entrées/sorties, que possède la carte, où différents capteurs peuvent être branchés. Ainsi que la possibilité d'ajouter des Shields spécifiques (cartes filles) pour ajouter de nouvelles fonctionnalités. Comme les communications doivent s'effectuer sans fil, le Shield adéquat sera choisi. De plus si le projet évolue et que de nouvelles fonctionnalités doivent être ajoutées (liaison Ethernet par exemple), il suffit de brancher un Shield supplémentaire correspondant à la fonction désirée.

Tableau II. 4: Caractéristiques de la Carte ARDUINO UNO

Catégorie	Valeur
Microcontrôleur	ATmega 328
Fréquence d'horloge	16 MHz
Tension de service	5 V
Tension d'entrée (recommandée)	7–12 V
Tension d'entrée (limites)	6-20 V
Ports numériques	14 entrées et sorties (6 sorties commutables en MLI)
Ports analogiques	6 entrées analogiques
Courant maxi. par broche d'E/S (c.c.)	40 mA
Courant maxi. par broche 3,3 V	50 mA
Mémoire	32 Ko Flash, 2 Ko SRAM, 1 Ko EEPROM
Chargeur d'amorçage	0,5 Ko (en mémoire Flash)
Interface	USB
Dimensions	6,86 cm × 5,3 cm

Un module Arduino se compose de deux choses principales : le matériel et le logiciel.

La partie matérielle s'agit d'une carte électronique généralement construite autour d'un microcontrôleur ATMEL AVR, et de composants complémentaires qui facilitent la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits.

Chaque module possède au moins un régulateur linéaire 5V et un oscillateur à quartz 16 MHz. Le microcontrôleur est préprogrammé avec un boot loader de façon à ce qu'un programmateur dédié ne soit pas nécessaire.

La partie logicielle permet de programmer la carte Arduino. Il offre une multitude de fonctionnalités pour programmer la partie matérielle. [10]

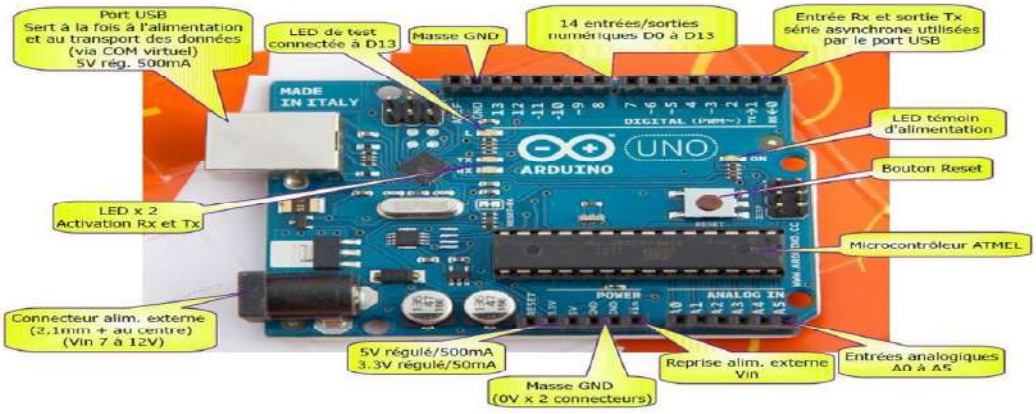


Figure II. 7: Composition de la Carte ARDUINO UNO

- **Schéma synoptique**

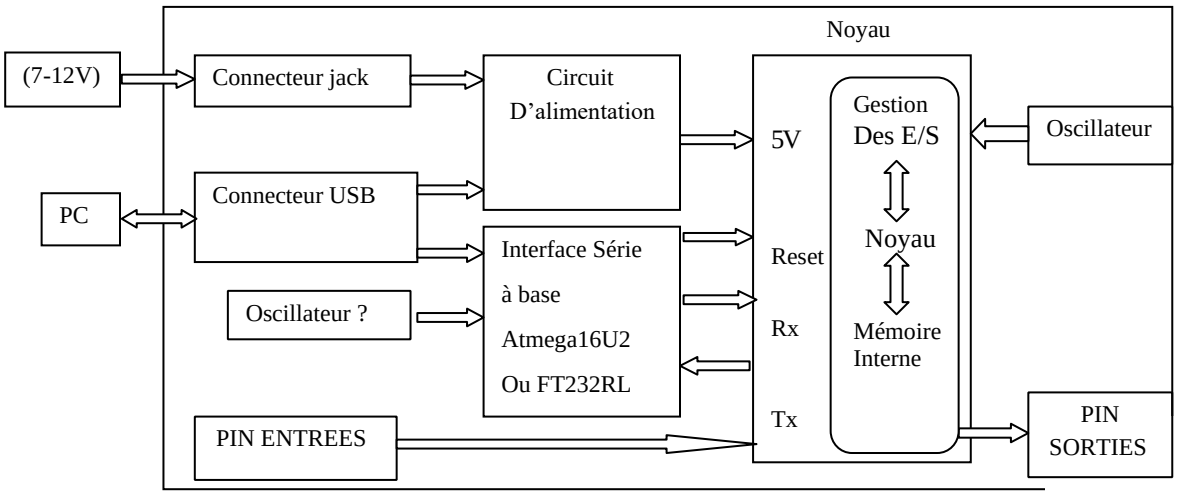


Figure II. 8: Schéma Synoptique de la carte Arduino

➢ Partie matérielle

Le Microcontrôleur ATMega328 : Le microcontrôleur utilisé sur la carte est le ATmega328. C'est un microcontrôleur *Amel* de type *AVR* 8 bits. [10]

Il est constitué par un ensemble d'éléments qui ont chacun une fonction bien déterminée. Il est en fait constitué des mêmes éléments que sur la carte mère d'un ordinateur. Globalement, l'architecture interne de ce circuit programmable se compose essentiellement sur :

La mémoire Flash : C'est celle qui contiendra le programme à exécuter. Cette mémoire est effaçable et réinscriptible mémoire programme de 32Ko (dont bootloader de 0.5 ko).

SRAM : c'est la mémoire dite "vive", elle va contenir les variables du programme. Elle est dite "volatile" car elle s'efface si on coupe l'alimentation du microcontrôleur. Sa capacité est 2 ko.

EEPROM : C'est le disque dur du microcontrôleur. On y enregistre des infos qui ont besoin de survivre 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.

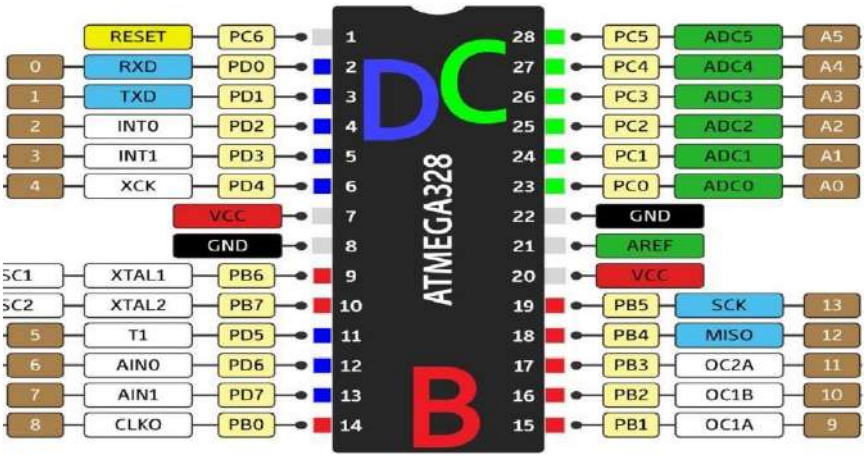


Figure II. 9: Composition du µC ATMega328

Alimentation : La carte Arduino Uno peut être alimentée soit via la connexion USB (qui fournit 5V jusqu'à 500mA) ou à l'aide d'une alimentation externe. La source d'alimentation est sélectionnée automatiquement par la carte.

L'alimentation externe (non-USB) peut être soit un adapteur secteur (pouvant fournir typiquement de 3V à 12V sous 500mA) ou des piles (ou des accus). L'adaptateur secteur peut être connecté en branchant une prise 2.1mm positif au centre dans le connecteur jack de la carte. Les fils en provenance d'un bloc de piles ou d'accus peuvent être insérés dans les connecteurs des broches de la carte appelées Gnd (masse ou 0V) et Vin (Tension positive en entrée) du connecteur d'alimentation.

La carte peut fonctionner avec une alimentation externe de 6 à 20 volts. Cependant, si la carte est alimentée avec moins de 7V, la broche 5V pourrait fournir moins de 5V et la carte pourrait être instable. Si on utilise plus de 12V, le régulateur de tension de la carte pourrait chauffer et endommager la carte. Aussi, la plage idéale recommandée pour alimenter la carte Uno est entre 7V et 12V.

Les broches d'alimentation sont les suivantes :

VIN. La tension d'entrée positive lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source de tension externe (à distinguer du 5V de la connexion USB ou autre source 5V régulée). Vous pouvez alimenter la carte à l'aide de cette broche, ou, si l'alimentation est fournie par le jack d'alimentation, accéder à la tension d'alimentation sur cette broche.

5V. La tension régulée utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte (pour info : les circuits électroniques numériques nécessitent une tension d'alimentation parfaitement stable dite "tension régulée" obtenue à l'aide d'un composant appelé un régulateur et qui est intégré à la carte Arduino). Le 5V régulé fourni par cette broche peut donc provenir soit de la tension d'alimentation VIN via le régulateur de la carte, ou bien de la connexion USB (qui fournit du 5V régulé) ou de tout autre source d'alimentation régulée.

3V3. Une alimentation de 3.3V fournie par le circuit intégré FTDI (circuit intégré faisant l'adaptation du signal entre le port USB de votre ordinateur et le port série de l'ATmega) de la carte est disponible : ceci est intéressant pour certains circuits externes nécessitant cette tension au lieu du 5V). L'intensité maximale disponible sur cette broche est de 50mA

GND. Broche de masse (ou 0V) [11].



Figure II. 10: Les Broches d'Alimentation

- **Entrées et sorties numériques :**

La carte UNO est composée de 14 broches numériques (numérotées des 0 à 13) peut être utilisée soit comme une entrée numérique, soit comme une sortie numérique, en utilisant les instructions **pinMode()**, **digitalWrite()** et **digitalRead()** du langage Arduino.

Ces broches fonctionnent en 5V. Chaque broche peut fournir ou recevoir un maximum de 40mA d'intensité et dispose d'une résistance interne de "rappel au plus" (pullup) (déconnectée par défaut) de 20-50 KOhms. Cette résistance interne s'active sur une broche en entrée à l'aide de l'instruction digitalWrite(broche, HIGH).

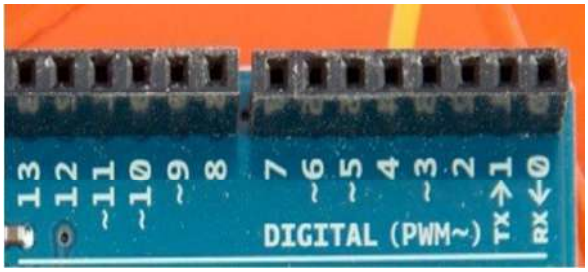


Figure II. 11: Les Broches d'entrées/sorties

De plus, certaines broches ont des fonctions spécialisées :

- **Communication Série** : Broches 0 (RX) et 1 (TX). Utilisées pour recevoir (RX) et transmettre (TX) les données séries de niveau TTL. Ces broches sont connectées aux broches correspondantes du circuit intégré ATmega8U2 programmé en convertisseur USB-vers-série de la carte, composant qui assure l'interface entre les niveaux TTL et le port USB de l'ordinateur.

- **Interruptions Externes** : Broches 2 et 3. Ces broches peuvent être configurées pour déclencher une interruption sur une valeur basse, sur un front montant ou descendant, ou sur un changement de valeur. Voir l'instruction attachInterrupt() pour plus de détails.

- **Impulsion PWM (largeur d'impulsion modulée)**: Broches 3, 5, 6, 9, 10, et 11. Fournissent une impulsion PWM 8-bits à l'aide de l'instruction analogWrite().

- **SPI (Interface Série Périphérique)** : Broches 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Ces broches supportent la communication SPI (Interface Série Périphérique) disponible avec la librairie pour communication SPI. Les broches SPI sont également connectées sur le connecteur ICSP qui est mécaniquement compatible avec les cartes Mega.

- **I2C** : Broches 4 (SDA) et 5 (SCL). Supportent les communications de protocole I2C (ou interface TWI (Two Wire Interface - Interface "2 fils"), disponible en utilisant la librairie Wire/I2C (ou TWI - Two-Wire interface - interface "2 fils") .

- **LED** : Broche 13. Il y a une LED incluse dans la carte connectée à la broche 13. Lorsque la broche est au niveau HAUT, la LED est allumée, lorsque la broche est au niveau BAS, la LED est éteinte.

La carte Uno dispose de 6 entrées analogiques (numérotées de 0 à 5), chacune pouvant fournir une mesure d'une résolution de 10 bits (càd sur 1024 niveaux soit de 0 à 1023) à l'aide de la très utile fonction **analogRead()** du langage Arduino. Par défaut, ces broches mesurent entre le 0V (valeur 0) et le 5V (valeur 1023), mais il est possible de modifier la référence supérieure de la plage de mesure en utilisant la broche AREF et l'instruction **analogReference()** du langage Arduino. Néanmoins, les broches analogiques peuvent être utilisées en tant que broches numériques : elles sont numérotées en tant que broches numériques de 14 à 19.

Il existe aussi deux autres broches disponibles sur la carte :

AREF : Tension de référence pour les entrées analogiques (si différent du 5V). Utilisée avec l'instruction **analogReference()**.

Reset : Mettre cette broche au niveau BAS entraîne la réinitialisation (= le redémarrage) du microcontrôleur. Typiquement, cette broche est utilisée pour ajouter un bouton de réinitialisation sur le circuit qui bloque celui présent sur la carte. [12].

- **Communication** : La carte Arduino Uno dispose de toute une série de facilités pour communiquer avec un ordinateur, une autre carte Arduino, ou avec d'autres microcontrôleurs.

L'ATmega 328 dispose d'une UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter ou émetteur-récepteur asynchrone universel en français) pour communication série de niveau TTL (5V) et qui est disponible sur les broches 0 (RX) et 1 (TX). Un circuit intégré ATmega8U2 sur la carte assure la connexion entre cette communication série vers le port

USB de l'ordinateur et apparaît comme un port COM virtuel pour les logiciels de l'ordinateur.

➢ Partie logicielle

Comme toutes les cartes électroniques qui, leurs constructions se basent sur un microcontrôleur doivent être dotées d'une interface de programmation comme est le cas de notr carte Arduino Uno.

Sur un ordinateur, le logiciel de programmation de la carte Arduino sert d'éditeur de code (langage proche du C), avec des fonctions et des librairies spécifiques à ARDUINO (gestions des entrées /sorties). Une fois le programme tapé ou modifié au clavier, il sera transféré et mémorisé dans la carte au travers de la liaison USB. Le câble USB alimente à la fois en énergie la carte et transporte aussi l'information.

L'environnement de programmation open-source pour Arduino peut être téléchargé gratuitement (pour Mac OS X, Windows, et Linux).

II.4.2.1.2. L'électrovanne :

Une électrovanne ou électrovalve est une vanne commandée électriquement. Grace à cet orange, il est possible d'agir sur le débit d'un fluide dans un circuit par un signal électrique. Voir la figure 15 représente le fonctionnement d'une électrovanne. [13]

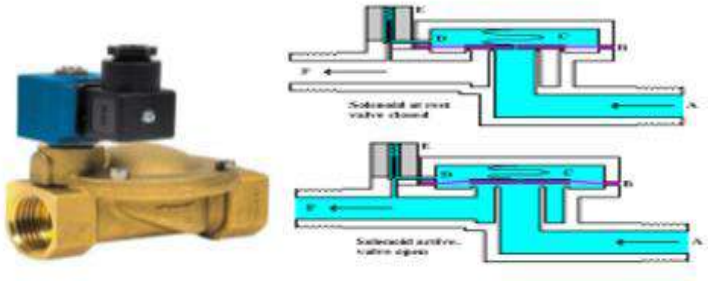


Figure II. 12: fonctionnement d'une électrovanne

- **Principes de fonctionnement de l'électrovanne :**

Elle fonctionne en « tout ou rien » : elle a donc deux états « stables » suivant qu'elle est ou non alimentée électriquement (il n'est pas possible de doser l'ouverture de cette vanne).

- **Eléments principaux :**

En bleu : Le noyau métallique mobile réalisant l'aiguillage du liquide

En orange : le ressort maintenant en position le noyau en l'absence d'alimentation Électrique

En rouge : le bobinage (vu en coupe) éventuellement alimenté électriquement

1 : entrée du liquide (haute pression)

2 : sortie du liquide en direction de l'élément hydraulique à alimenter

3 : retour du liquide vers le réservoir (basse pression)

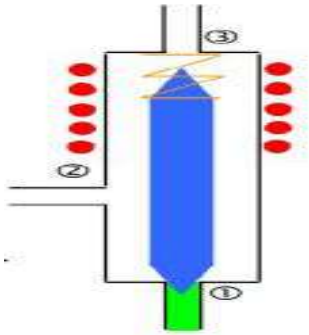


Figure II. 13: schéma de constitution de l'électrovanne

- **Etat « fermé » (pas d'alimentation électrique) :**

En l'absence d'alimentation électrique le noyau est maintenu par le ressort en appui sur le trou **1**, qui se trouve donc bouché. Les trous **2** et **3**communiquent. Le liquide haute pression est bloquée par la vanne et n'atteint pas l'élément hydraulique à commander L'élément hydraulique connecté en **2** renvoie la pression résiduelle (et ses fuites hydrauliques internes) vers le réservoir connecté en **3**.

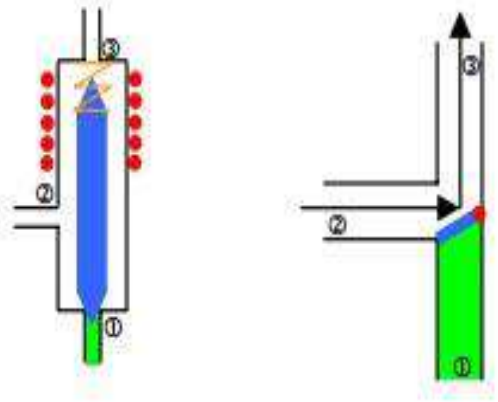


Figure II. 14: état fermé d'électrovanne

- **Etat « ouvert » (vanne alimentée électriquement) :**

La bobine est alimentée en courant électrique **et** produit donc un champ magnétique attirant le noyau (le ressort est comprimé) vers le trou 3 qui se trouve alors bouché.

Les trous 2 et 1communiquent Le liquide haute pression est transmise à l'élément hydraulique à commander connecter en 2Le retour réservoir connecté en 3 est isolé.

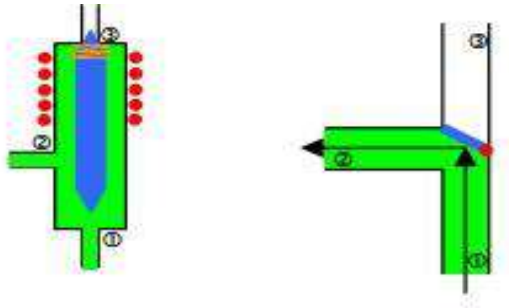


Figure II. 15: état ouvert d'électrovanne.

II.4.2.1.3. Un moteur DC :

Le mélange des deux liquides se fait par un moteur DC. Ce dernier reçoit les commandes d'arduino. La figure 16 représente un moteur DC.[14]



Figure II. 16: moteur DC

II.4.2.1.4. Les capteurs :

- **Définition sur les capteurs :**

Les capteurs sont des composants de la chaine d'acquisition dans une chaine fonctionnelle (une chaine d'acquisition est un ensemble de composants faisant la fonction de prélèvement par exemple la pression, l'humidité, la température … etc. Qui elle-même inclue dans la chaine fonctionnelle ou le système tout entier).

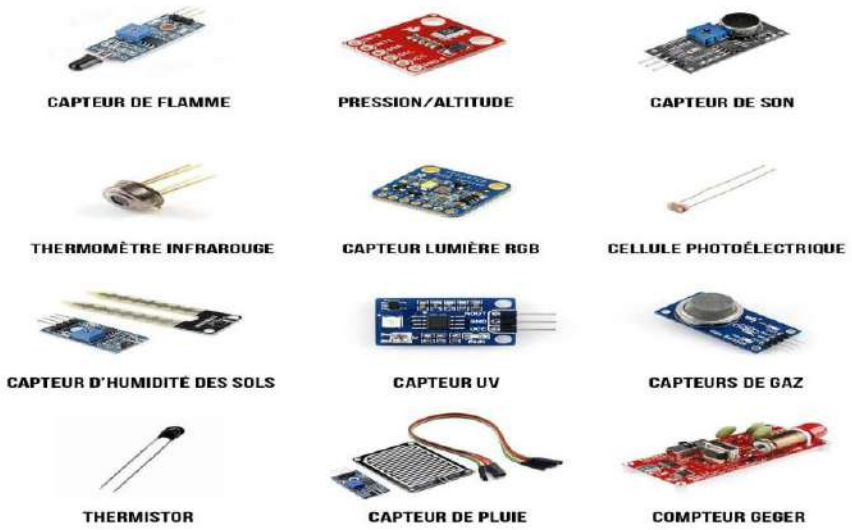


Figure II. 17: Différents types de capteurs

On a utilisé deux types de capteurs :

II.4.2.1.4.1. Capteur de température :

Dans le chapitre qui suit, on a utilisé un capteur de température qui est le **LM35.**

II.4.2.1.4.1.a. Capteur de température LM35 :

➢ Définition LM35 :

Pour mesurer la température, nous avons utilisé le capteur <<LM35>> qui est un circuit intégré qui fonctionne comme un deux-terminal Zener. Figure17

Capteur LM35 est capable de mesurer des températures allant de -55°C à +150°C dans sa version la plus précise et avec le montage adéquat, de quoi mesurer n'importe quelle température.

N.B. Les versions grand publiques sont capables de mesurer des températures comprises entre -40°C et +100°C.



Figure II. 18: capteur LM35

La sortie analogique du capteur est proportionnelle à la température. Il suffit de mesurer la tension en sortie du capteur pour en déduire la température. Chaque degré Celsius correspond à une tension de +10mV.

Le capteur LM35 supporte des températures assez extrêmes (jusqu'à -55°C / +150°C), mais il n'en est pas de même pour les cartes Arduino.

Si vous soumettez une carte Arduino "classique" à ces températures extrêmes, elle va purement et simplement cesser de fonctionner ou se dégrader très rapidement. Cela est valable pour les cartes Arduino, mais aussi pour tous autres circuits électroniques fabriqués suivant les standards "grand public" (et non "industriels").

Pour information, les gammes de température classique en électronique sont les suivantes :

Grand public : 0°C ~ 70°C.

Industrie : -40°C ~ 85°C.

Militaire : -55°C ~ 125°C.

Une des grandes forces du capteur LM35, qui fait sa popularité, c'est sa pré calibration en sortie d'usine. Tous les capteurs LM35 sont calibrés en degré Celsius lors de la fabrication. Cela signifie que vous n'avez absolument rien à faire pour calibrer le capteur, il l'est déjà au moment où vous le sortez de son sachet ! La précision garantie par le fabricant est de +/-1°C à 25°C et +/-1.5°C à -55°C ou +150°C pour la version là moins précise, ce qui est largement suffisant pour la plupart des applications. La version plus précise du LM35 (nommée "LM35A") a une précision garantie de +/-0.5°C à 25°C et +/-1°C à -55°C ou +150°C.

Une autre des grandes forces du capteur LM35, c'est sa linéarité exemplaire : moins de 1°C d'erreur sur la plage complète de -55°C à +150°C. Comme chaque degré Celsius correspond à 10mV (soit 0.01 volt) et que la sortie du capteur est (quasi) parfaitement linéaire, convertir une mesure en température se résume à faire un bête produit en croix.

Pour en finir avec les compliments, le capteur LM35 fonctionne avec n'importe quelle tension d'alimentation comprise entre 4 volts et 30 volts, ce qui permet de l'utiliser dans virtuellement n'importe quel montage numérique ou analogique.

Passons maintenant aux points négatifs, ceux qui fâchent. Le capteur LM35 ne fonctionne pas en dessous de 4 volts, donc oubliez l'utilisation d'un LM35 avec des cartes Arduino 3.3 volts (Due, Zéro, etc.), sans alimentation 5 volts externe, ça ne marche pas.

N.B. Le capteur LM35 peut être utilisé avec une entrée analogique 3v3, car 150°C = 1,5V, cependant, une alimentation 5v reste obligatoire pour que le capteur fonctionne.

Autre souci, le capteur LM35 nécessite une alimentation négative pour mesurer des températures en dessous de 0°C. La sortie est proportionnelle à la température, par conséquent -10°C équivaut à -0,1 volt. De fait, avec une simple alimentation 5v, comme celle des cartes.[15]

- **Brochage du lm 35 :**

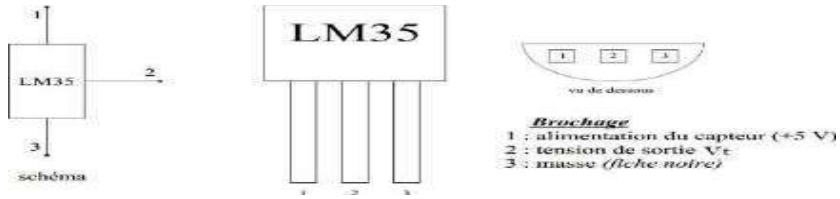


Figure II. 19: brochage du lm35

- **Calibration du lm35 :**

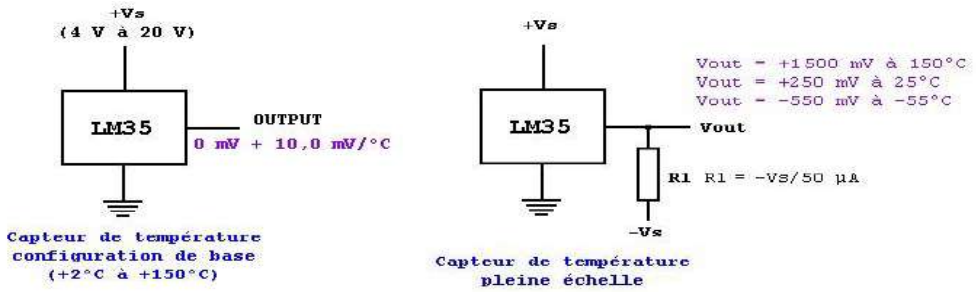


Figure II. 20: calibration du LM35.

Enfin nous avons défini plus profondément le capteur que nous allons utiliser, qui est le très connu lm35.

II.4.2.1.4.2. Capteur de détection :

Dans le chapitre qui suit, on a utilisé un capteur de détection qui est l'ultrason HC-SR04

II.4.2.1.4.1.b. Capteur à ultrason HC-SR04 :

Un capteur à ultrason émet à intervalles réguliers de coutes impulsion sonore à haute fréquence. Ces impulsions se propagent dans l'air à la vitesse du son. Lorsqu'elles rencontrent un objet, elles se réfléchissent et revient sous forme d'écho au capteur. Celui-ci calcule alors la distance le séparant de la cible sur la base du temps écoulé entre l'émission du signal et la réception de l'écho.

La distance étant déterminée par le temps de propagation des ultrasons et non par leur intensité, les capteurs à ultrason conviennent parfaitement à une suppression d'arrière-plan.

Pour détecter le niveau (la distance **d**) on utilise l'équation : $D = V * T$

V : vitesse des ondes acoustiques dans l'air= 341m/s.

T : temps nécessaire pour récupérer l'onde réfléchie.

D : distance entre le capteur est le premier obstacle.

La figure 18 décrit le principe de fonctionnement du capteur ultrason et le présente.

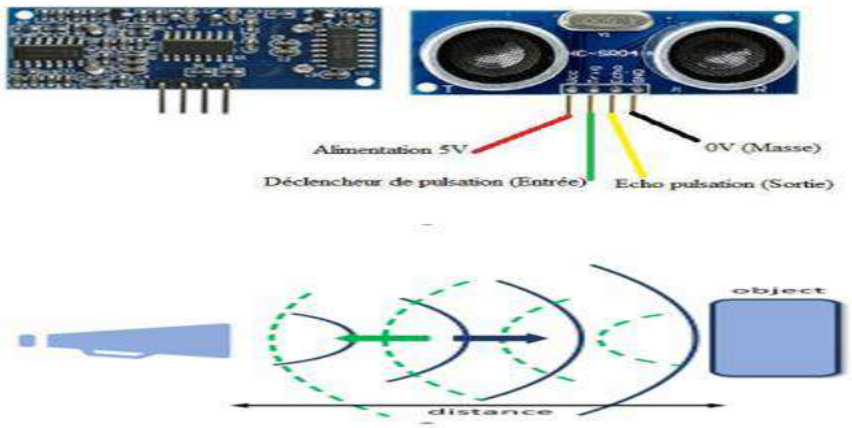


Figure II. 21: principe de fonctionnement du capteur ultrason HC-SR04

- **Caractéristiques techniques du capteur HC-SR04 :**

Caractéristique	Valeur
Dimensions	45 mm x 20 mm
Plage de mesure	2 cm à 4m
Résolution de la mesure	0.3 cm
Angle de mesure efficace	<15 °
Largeur d'impulsion	10 µs
Fréquence	40KHZ

Tableau II. 5: Caractéristiques techniques du capteur HC-SR04

- **Montage capteur HC-SR04 avec Arduino**

Le module HC-SR04 possède 4 broches :

Vcc= Alimentation +5 V DC sert à alimenter le circuit du HC-SR04.

Trig= est l'entrée qui nous permet de déclencher l'émission d'un ultrason.

Echo = est la sortie qui se met à 5 V pendant une durée égale à l'aller-retour de l'ultrason, (Echo output).

GND = Masse de l'alimentation.

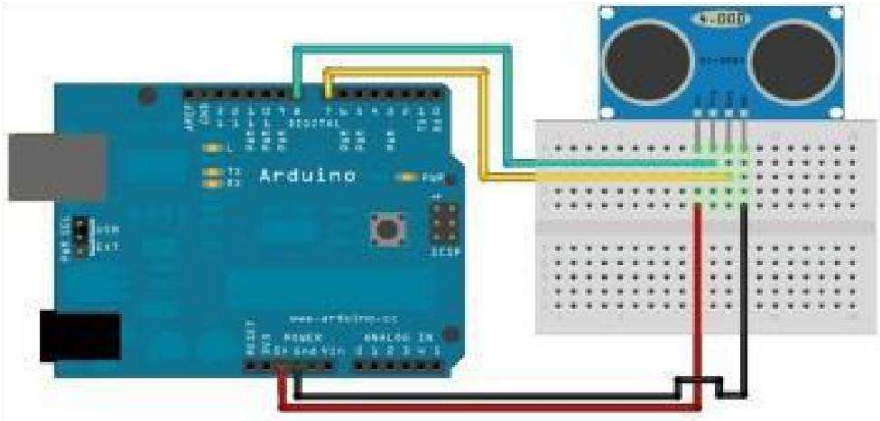


Figure II. 22: Montage HC-SR04 avec Arduino

- **Fonctionnement**

Pour déclencher une mesure, il faut présenter une impulsion "**High**" (5 V) d'au Moins 10 µs sur l'entrée "**Trig**". Le capteur émet alors une série de 8 impulsions ultrasoniques à 40 kHz, puis il attend le signal réfléchi. Lorsque celui-ci est détecté, il envoie un signal "**High**" sur la sortie "Echo", dont la durée est proportionnelle à la distance [16].

- **Distance de la cible**

Le HC-SR04 donne une durée d'impulsion en µs. Il faut donc multiplier la valeur obtenue par 10 µs pour obtenir le temps t. On sait aussi que le son fait un aller-retour. La distance vaut donc la moitié.

La formule figure aussi dans le manuel d'utilisation du HC-SR04 car la fraction 17/1000 est égale à 1/58.8235. Elle donne cependant des résultats moins précis.

Note : À grande distance, la surface de l'objet à détecter doit mesurer au moins 0.5 m² [16].

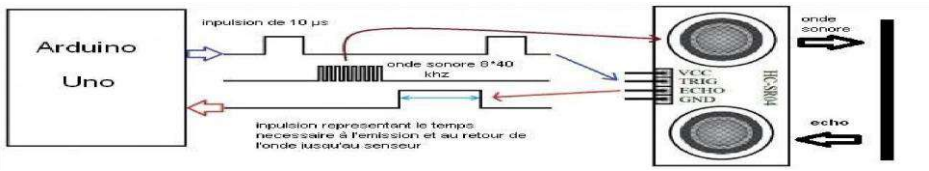


Figure II. 23: Diagramme temporel de HC-SR04

II.5. Les sous-systèmes qui composent le mélangeur chimique :

Le mélangeur MCT assure une réaction pour liquide et poudre chimiques produit 1 et produit 2qui sont déjà stockés dans des cuves.

- **Mesure du niveau de liquide et poudre, commandes des électrovannes**

Le réglage de niveau de chaque produit pour déterminer la quantité des éléments de la réaction est très important dans notre système, pour cette opération, on a utilisé le capteur ultrason pour mesurer le niveau du liquide et poudre, donc on a comparé entre la valeur du deux produits et celle de la consigne. Si le niveau deux produits est inférieur au

niveau de la consigne l'électrovanne est ouverte, sinon le niveau deux produit est supérieur ou niveau de la consigne l'électrovanne est fermée.

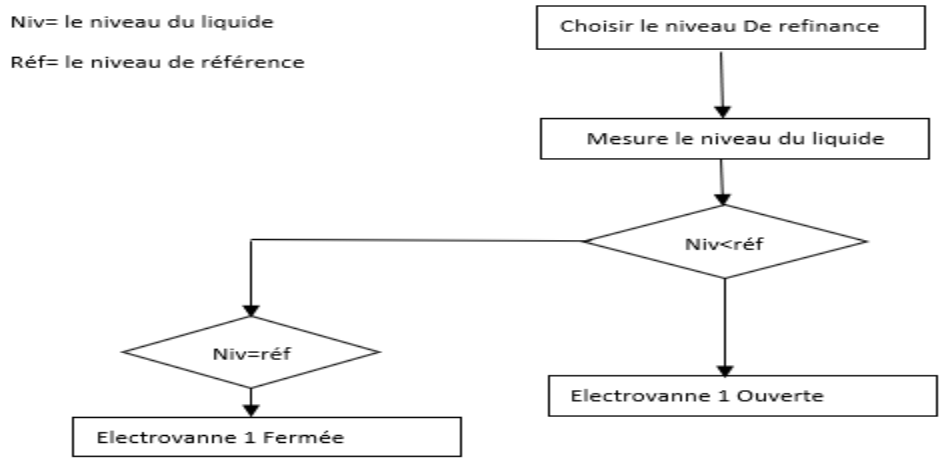


Figure II. 24: l'organigramme de mesure de niveau

- **Chaine de régulation du niveau de liquide :**

Elle contient l'électrovanne, la cuve, le capteur ultrason et le programme.

La figure 20 illustre la chaine de régulation du niveau des produits :

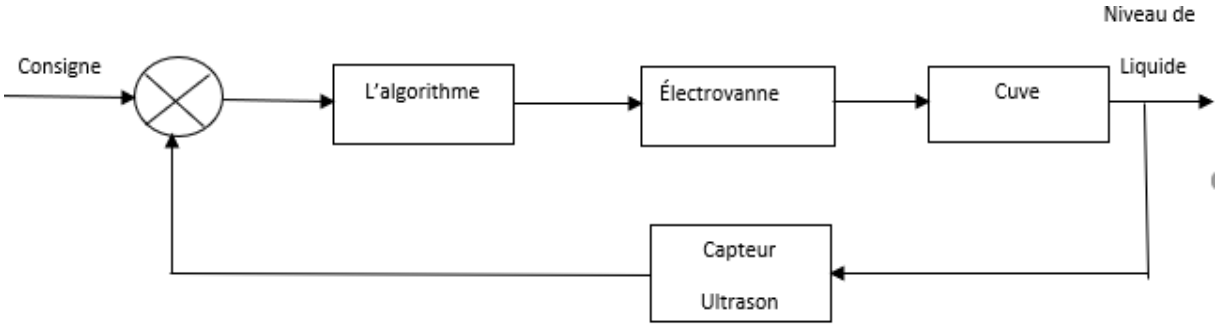


Figure II. 25: chaine de régulation de niveau des produits

➢ Mesure de température et contrôle de l'extracteur :

La température est l'un des plus essentiel paramètres qu'il faut savoir pendant une réaction chimique, pour cela on a fait un système qui permet à l'opérateur de relever à chaque fois la température, pour mesurer la température on utilise le capteur LM35. Le principe est montré sur la figure 21.

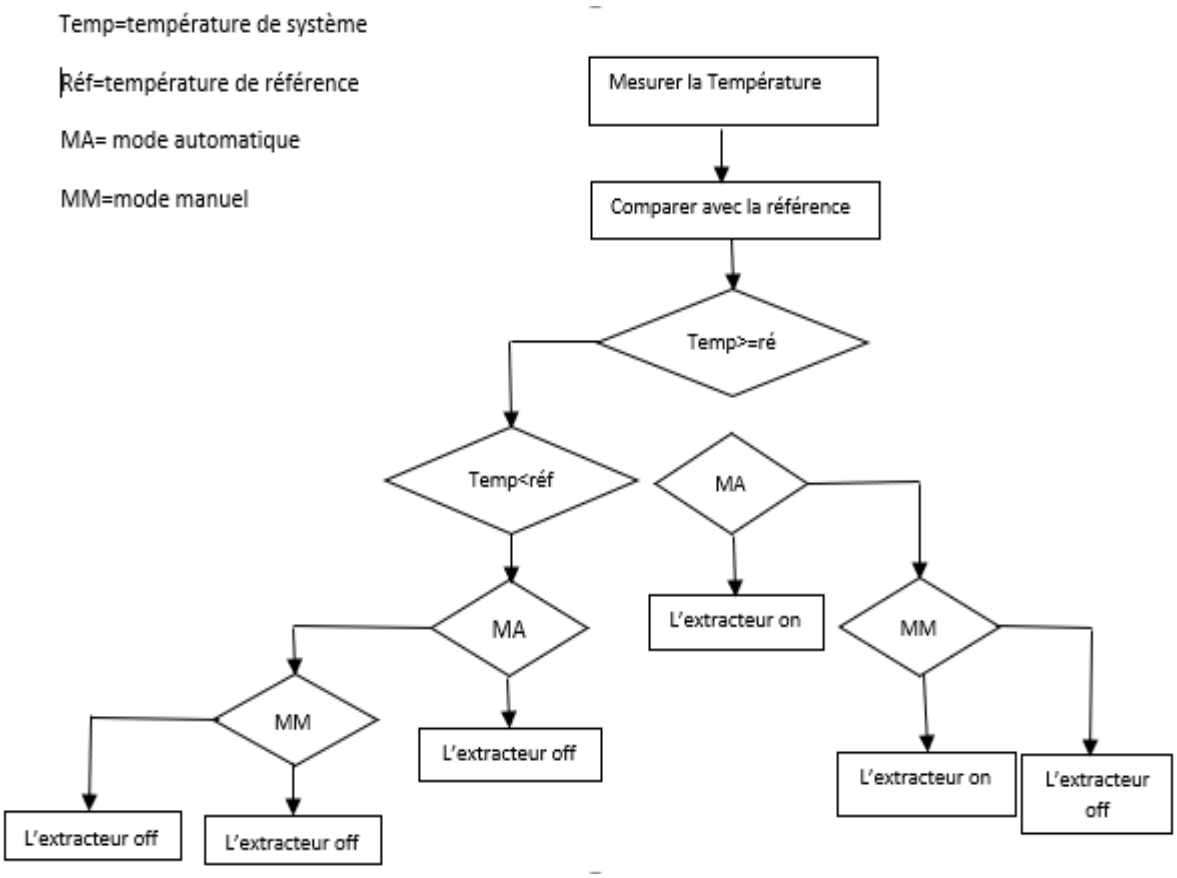


Figure II. 26: organigramme de contrôle de l'extracteur

➢ La chaine de Contrôle d'extracteur :

Elle contient l'extracteur, le capteur LM35, le mélangeur et le programme de larduino.

La figure 22 montre la chaine de contrôle de l'extracteur.

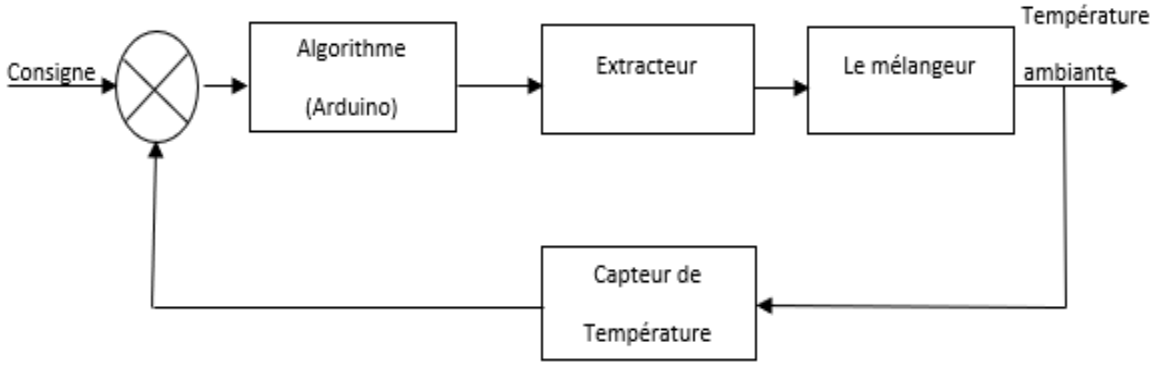


Figure II. 27: chaine de contrôle de l'extracteur

➢ Contrôle moteur DC (mélangeur) :

Après mesurer les deux liquides, on va les mélangeurs et pour cela on va contrôler le moteur d'une manier qui assure un bon mélange et obtenir les résultats qu'on veut, pour cela le temps de marche du moteur est déterminé par l'utilisateur. Le principe est montré sur la figure23.

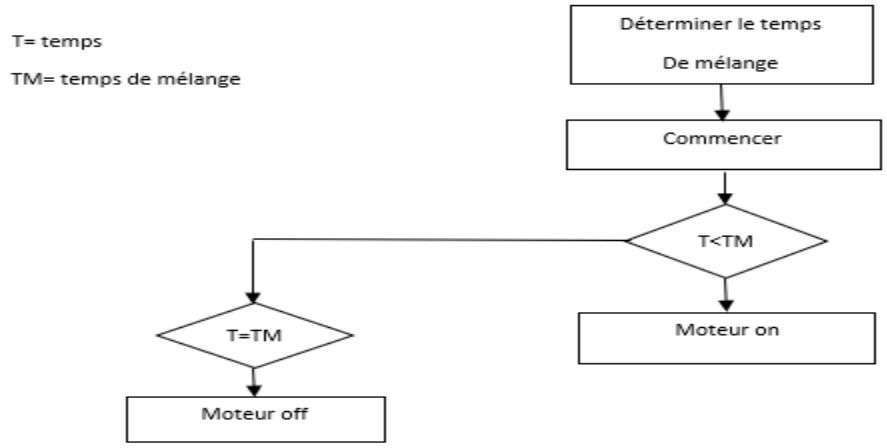


Figure II. 28: organigramme de contrôle du moteur

➢ La chaine de Contrôle moteur DC (mélangeur) :

Elle contient le moteur et le programme, Voir la figure suivante :

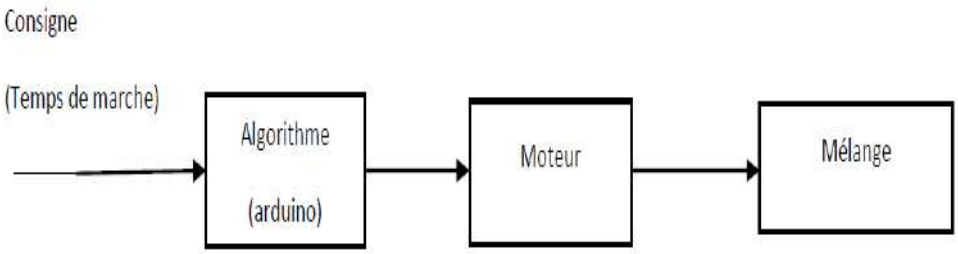


Figure II. 29: chaine de Contrôle moteur

II.6. Les circuits de puissance :

Concernant les circuits de puissances on a utilisé le circuit intégré UNL 2003 pour amplifier les signaux de sorties (5 volts) de l'Arduino vers des signaux de (9V a 50V) et le montage est montré dans la figure 25.

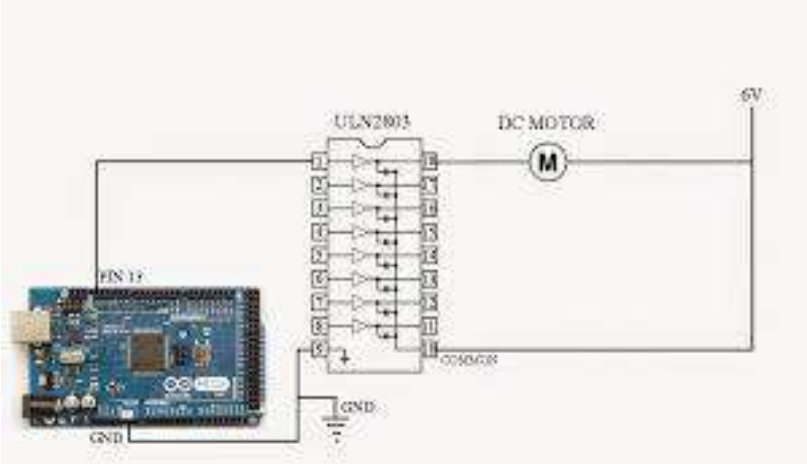


Figure II. 30: UNL 2003

II.7. Conclusion :

Dans ce chapitre, le principe de fonctionnement du système proposé <<le mélangeur chimique télé-contrôlée MCT>>a été présenté ainsi que les différents matériels et logiciel utilisés dans sa simulation. Le prochain chapitre portera sur la modélisation simulation du système ainsi que les tests effectués afin de confirmer son bon fonctionnement.

Chapitre III : Modélisation et simulation

III.1. Introduction

Dans un des labos scientifiques l'habitude de réaliser des mélangeurs plus de 100 grammes pour cela elle nous a sollicité pour une étude d'un mélangeur horizontal d'une capacité moyenne pour poudre précisément - le sucre raffiné dans cuve2 avec une quantité de liquide eau dans cuve 1. La simulation du système <<mélangeur chimique télé-contrôlée MCT>> est présenté dans ce chapitre. Également, nous exposons les résultats des tests effectués sur le système dans le but de vérifier son bon fonctionnement ainsi que son efficacité.

III.2. Dimensionnement du mélangeur

Notre objectif et de calculer, dimensionner et/ou choisir les éléments etorganes suivantes

-la masse volumique du deux produits 1,2,3et4.

-la quantité de produit de cuve 1,2,3et4.

-le temp d'ouverture d'électrovanne 1,2,3et4.

-la quantité de produit qui a pris de cuve 1, 2,3et 4.

Ce sont les principaux éléments et organes constitutifs du mélangeur. L'objectif est de calculer, concevoir, dimensionner et choisir (normes) leséléments constitutifs du mélangeur faisant l'objet de notre étude.

III.2.1. Calcul du volume du mélangeur

Le volume du mélangeur il est lié directement à deux facteurs essentiels, la massevolumique et la masse du produit a mélangé.

III.2.2. Masse volumique

De symbole ρ, elle est une propriété caractéristique qui représente la quantité de matière (masse) qui se trouve dans un espace (une unité de volume) donné. Tout comme les liquides, il est possible de calculer la masse volumique d'un solide en divisant la mesure de samasse (en grammes) par celle de son volume (en cm^3)

La formule utilisée pour calculer la masse volumique est la suivante : $P = m/v$

Où :

P : représente la masse volumique (g/ml ou g/cm^3).

m : représente la masse (g).

V : représente le volume (ml ou cm^3).

Le tableau renseigne sur les caractéristiques physiques des produits pouvant être introduits dans un mélangeur.

Tableau III. 1: Caractéristiques des poudres

RODUIT	Poids Sp. Tonne/M3	FACTEUR CHARGE %	COEF. F
Argile	1.76	25	7.85
Avoine	0.415	45	1.08
Bachelite et plastique	0.56	25	5.47
Blé	0.77	45	2.13
Brisure de riz	0.695	45	1.57
Cacao en grain	0.6	38	1.57
Cacao moulu	0.565	31	3.52
Café	0.6575	38	1.57
Carbonate de sodium dur	0.96	31	2.76
Carbonate de sodium léger	0.44	31	2.76

Cendre humide ou mouillée	0.76	12.5	19.56
Cendre sèche	0.6	12.5	15.71
Chlorure de calcium	1.76	2.5	7.85
Ciment hydraulique	1.28	25	5.47
Déchet	0.35	30	2.13
Farine de blé	0.6	45	3.19
Farine de mais	0.64	45	2.13
Mais case	0.68	38	2.65
Sable fin	1.2	31	3.90
Sable sec	1.57	25	7.85
Sable silice sec	1.52	12.5	7.85
sel fin	1.2	31	3.90
sel gros	0.8	31	3.52
Semoule	0.55	45	2.13
Son	0.278	30	2.13
Sucre brut	0.96	25	3.90
sucre raffiné	0.84	31	2.76

III.2.3. Volume du quatre cylindres

$$V = \pi * R * L$$

R : Rayon du cylindre ; **L** : Longueur du cylindre

On a choisi les dimensions de notre cuve cylindrique

L = 35cm **R** = 8cm π = 3.14

V= 3.14 x $(4)^2$ x 35 = **1758,4 cm^3**

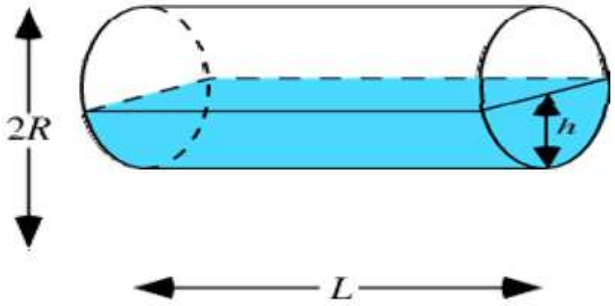


Figure III. 1: schéma de l'auge

III.2.4. Coté liquide (eau) :

Donc le volume dans cuve 1 est :

On se pose que le cuve 1 est plein = 35cm

Le volume de cuve 1 =1758,4 cm^3

On a diminué hauteur d'eau montant de 15cm, nous amener les résultats suivants :

Voir la figure " écoulements d'un liquide"

t=8,6s (le temps pris pour vidé 15cm dans la quantité total).

z = 20cm (la quantité restante).

R trou = 0,7cm (le rayon de trou).

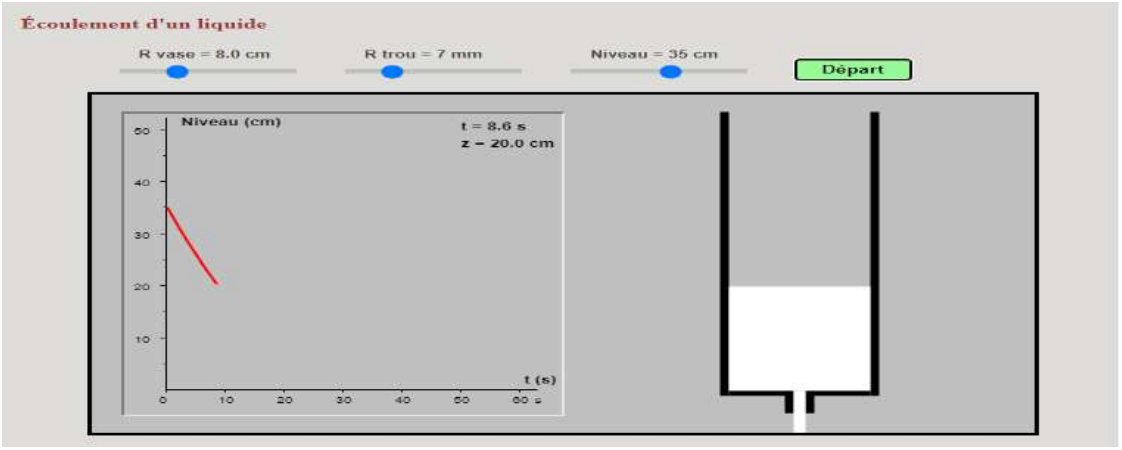


Figure III. 2: écoulements d'un liquide cuve 1

On va calcule le débit V_{B1} (cuve1 à cuve 3) D'avant calcule on a appliqué le théorème Torricelli

- **Evangelista Torricelli** (1608-1647, Physicien, Mathématicien italien)

Formule d'hydrodynamique des fluides parfaits, qui exprime la conservation de l'énergie, exprimée par Torricelli :

Dans un vase contenant un fluide parfait (eau non visqueuse : dry water en anglais), d'un trou pratiqué à la Hauteur h en-dessous de la surface horizontale, le liquide s'écoule avec une vitesse indépendante de sa masse Volumique (pas de différence entre le mercure et l'eau !) : c'est la loi de Galilée sur la chute des corps translatée en Hydrodynamique. Bien sûr la vitesse est **V=** $\sqrt{2gh}$,

Traduite de la simple chute libre.

- **Démonstration**

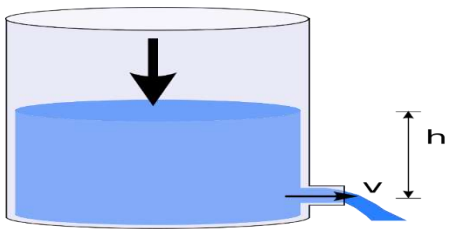


Figure III. 3: Schéma de principe un fluide s'écoule par une ouverture située à la distance h du niveau

On considère une cuve remplie d'un liquide parfait et incompressible, dans laquelle a été percé un trou de petite taille à une hauteur *h* en dessous de la surface libre du liquide. On note A un point choisi au hasard sur la surface libre du liquide et B un point pris au niveau du jet libre généré par le trou. On suppose que le trou est assez petit pour que : Le diamètre du trou soit négligeable devant la hauteur *h* de liquide au-dessus du trou, de manière à ce que *h* puisse être considéré comme constant au niveau du trou ; La surface *s* du trou soit négligeable devant la surface libre *S* du liquide ; la conservation du débit impose que $v_A S = v s_B$, d'où BBAv)S/s(vv<<= ; on peut donc considérer que la hauteur *h* ne varie pas au cours du temps, et que l'écoulement du liquide est permanent.

L'ensemble du liquide participant à l'écoulement, on peut relier les points A et B au travers d'une ligne de courant. En admettant enfin que le champ de pesanteur est uniforme à l'échelle de la cuve, il est alors possible d'appliquer le théorème de Bernoulli au niveau des points A et B :

$$\mathbf{P_A + \frac{1}{2}PV_A^2 + pgZ_1 = P_2 + \frac{1}{2}PV_B^2 + pgZ_2}$$

Or la pression au niveau de la surface libre du liquide p_A et la pression au niveau du jet libre p_B sont toutes deux égales à la pression atmosphérique *p*, et d'autre part on peut négliger la vitesse du liquide au point A : $\mathbf{v_A = 0.}$

On en déduit l'expression de débit du liquide au point B :

$V_{B1} = \sqrt{2g(Z1 - Z2)} = \sqrt{2gh}$

En considérant les différentes hypothèses nécessaires à l'établissement de cette formule, l'analogie avec la chute libre doit être interprétée avec précaution.

AN : $V_{B1} = \sqrt{2g(Z1 - Z2)} = \sqrt{2gh}$; $V_{B1} = \sqrt{2 * 9{,}8 * (35 - 20)} = \sqrt{2 * 9{,}8 * 10}$; V_{B1}=14cm^3 /s

La quantité a retiré ou cuve 1 (15cm) verse a cuve 3

Le volume dans cuve 3 est : 15cm

Cette quantité est verse vers le mélangeur, donc on va faire les calcule suivants :

Le volume de cuve 3

π =3,14 R =8cm L=15cm

AN : V1=3,14*(4)^2 *15 **;** V1= 753,6 cm^3

On va vider toute la quantité dans le mélangeur, nous amenons les résultats Suivants :

Voir la figure " écoulements d'un liquide "

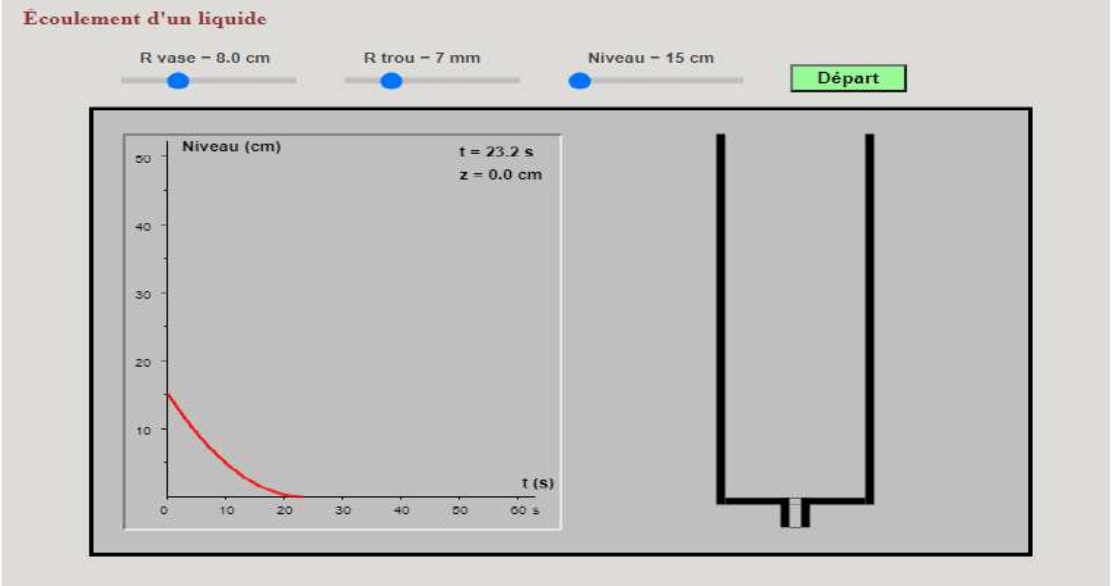


Figure III. 4: écoulement d'un liquide cuve 3

t=23,2s (le temps pris pour vidé 15cm dans la quantité total).

z = 0cm (la quantité restante).

R trou = 0,7cm (le rayon de trou).

On va calcule le débit V_B (cuve3 à mélangeur)

$V_{B3}= \sqrt{2g(Z1-Z2)} = \sqrt{2gh}$

AN : $V_{B3}= \sqrt{2g(Z1-Z2)} = \sqrt{2gh}$; $V_{B3}= \sqrt{2*9{,}8*(15-0)} = \sqrt{2*9{,}8*15}$;

V_{B3}=17,146cm^3 /s

III.2.5. Coté poudre (sucre raffine) :

Donc le volume dans cuve 2 est :

On se pose que le cuve 2 est plein

v : Le volume de cuve 2 à vide =1758,4 cm^3

p : La masse volumique de sucre raffine est : 0,84g /cm^2

Pour calcule la masse nécessaire dans cuve 2 on a appliqué la relation suivante :

$$\mathbf{p = m/v}$$

Alors $\mathbf{m = p * v}$

AN : $m = 0{,}84 * 1758{,}4$ = 1477,056g

On va calcule le débit V_B (cuve2 à cuve 4)

On va calculée le débit à partir de distance, le temps et le diamètre de trou 1er calcule la masse que on va vider :

$$\mathbf{m1 = p * v1}$$

v1 : 753,6cm^3 , **p** : 0,84g /cm^2

AN : $\mathbf{m1} = 0{,}84 * 753{,}6$; $\mathbf{m1} = 633{,}024g$

Donc on va vider 633,024g dans une 20 secondes avec distance de 15cm puis calcule la vitesse :

V= D * T

V : vitesse écoulement ; **D** : distance ; **T** : temps nécessaire pour de vidé.

V= 15 * 20 = **300cm /s**

Maintenant et à partir de ces calculs, cherche le débit

V_{B2} = V/S

S : air de section ($\pi * r^2$) ; **R** : rayon de section 7mm

AN : S = 3,14 * $(0,35)^2$; **S = 0,38cm^3**

Alors :V_{B2} = 300 / 0,38 ; **V_{B2}= 789,47 cm^3/s**

Donc le volume Dans cuve **4** est :

On va calculée le débit à partir de distance, le temps et le diamètre de trou Donc on va vider 633,024g dans une 12 secondes avec distance de 15cm puis calcule la vitesse :

V= 15 * 12 = **180cm /s**

On va calcule le débit V_{B4} (cuve4 à mélangeur), Maintenant et à partir de ces calculs, cherche le débit :

V_{B4} = V/S S : air de section ($\pi * r^2$) ; R : rayon de section 7mm

AN : S = 3,14 * $(0,35)^2$; S = 0,38cm^3, Alors :V_{B4} = 180 / 0,38 ; V_{B4}= 473,68.

III.3. Logiciel de simulation

Nous avons fait notre simulation avec le logiciel << tinkercad >>qui nous permet à faire la conception assistée par ordinateur CAO des circuits électronique.

La figure 26 montre un exemple de simulation sur tinkercad.

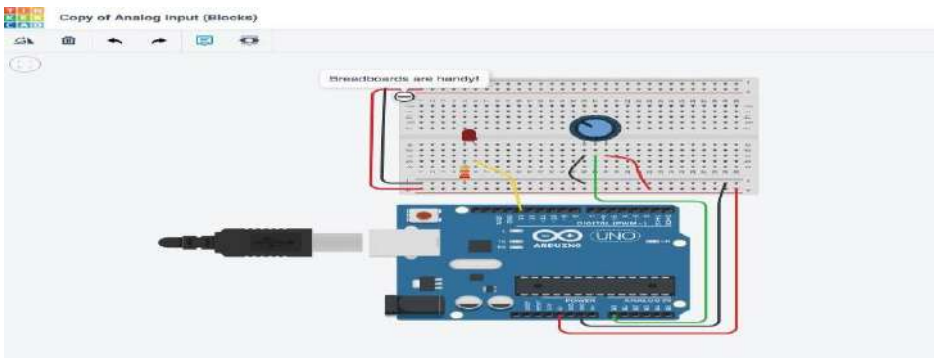


Figure III. 5: logiciel tinkercad.

III.3.1. Simulation du système MCT

Dans la simulation de notre système, on a utilisé les composants cités dans le chapitre précédant sauf qu'on a représenté les électrovannes par des LED. La figure 26 représente la simulation du montage sur trinkercad.

III.3.2. Simulation du réglage du niveau de liquide et poudre

Dans cette partie, nous introduisons la valeur du niveau de liquide qu'on a besoin, on a choisi de prendre un niveau de 15cm. Donc l'électrovanne 1 va s'ouvrir jusqu'on obtient un niveau de 15cm, alors elle sera fermée.

La Valeur du niveau de poudre qu'on a besoin, on a choisi de prendre un niveau de 15cm. Donc l'électrovanne 2 va s'ouvrir jusqu'on obtient un niveau de 15cm, alors elle sera fermée. Sur la figure 27 l'électrovanne 1 et 2 est ouverte (niveau de liquide et poudre 0 jusqu'à 15cm donc la LED allumée).

Des détails sur l'environnement de développement et la structure d'un programme Arduino sont donnés dans « Annexe 2 ». Comme tout programme Arduino.

- **Remarque :** Ce système est marché en parallèle.

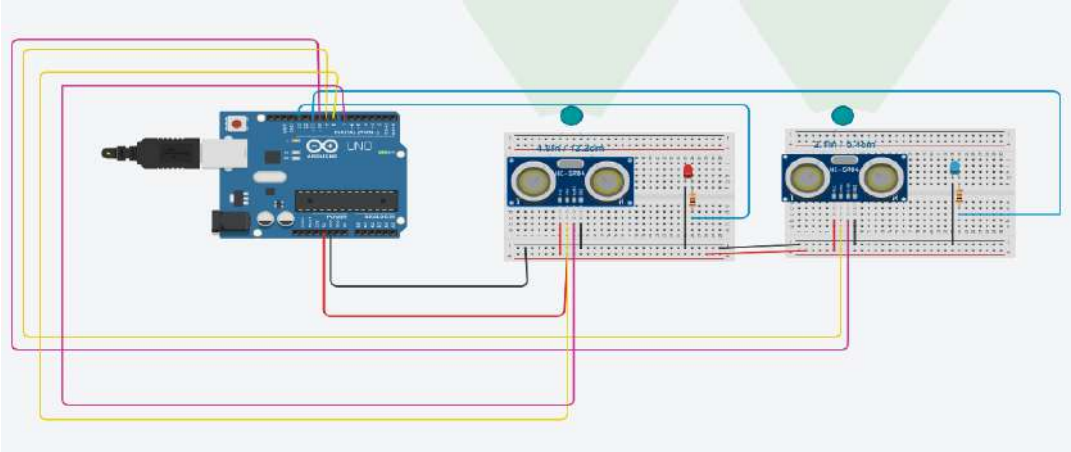
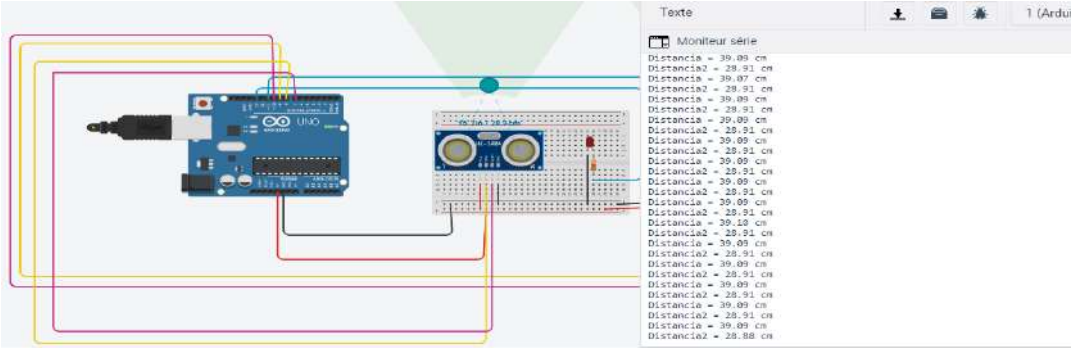


Figure III. 6: montage de simulation des électrovanne 1et2 par ultrason a l'état allumée

Puis notre système s'arrête (électrovanne 1 et 2 à déverrouiller) tranquille niveau de liquide et poudre décaper le 15cm.

III.3.3. Test du réglage du niveau de liquide et poudre :

Ce test a pour but de visualiser la mesure du niveau de liquide et poudre et son influence sur la marche et l'arrêt des électrovanne, on a pris un exemple pour niveau de 15cm, la figure montre les résultats dans le moniteur série.



Distancia :la distance entre ultrason1 et niveau liquide.

Distancia2 : la distance entre ultrason2 et niveau poudre.

Ensuit le mélange qui nous a produisons versons vers le mélangeur

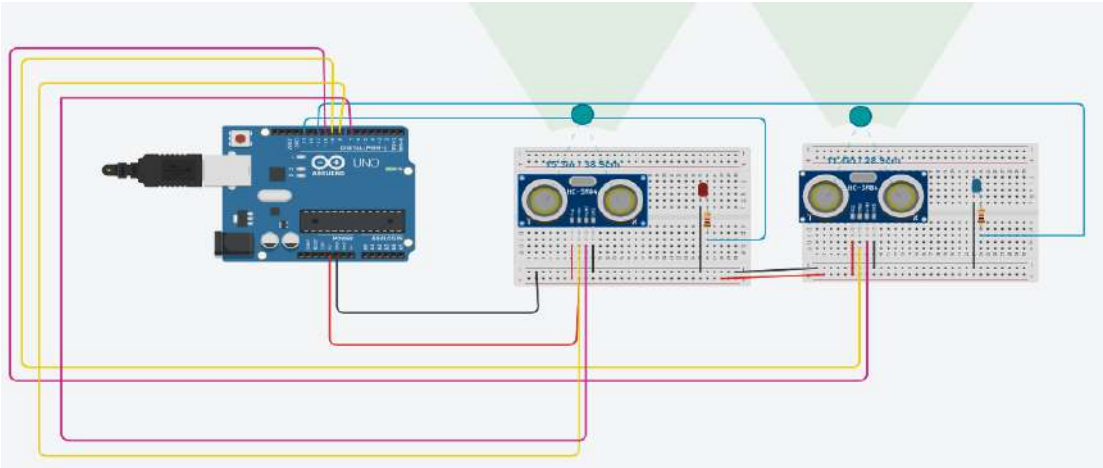


Figure III. 7: montage de simulation des électrovanne 1et2 par ultrason a l'état éteindre

III.3.4. Simulation du remplissage du mélangeur

Dans ce cas, on va introduire le temps de marche du moteur, on va choisir par exemple 15 secondes, donc le moteur va commencer à mélanger liquide et poudre après 15 secondes il s'arrête, la figure 29 montre son fonctionnement.

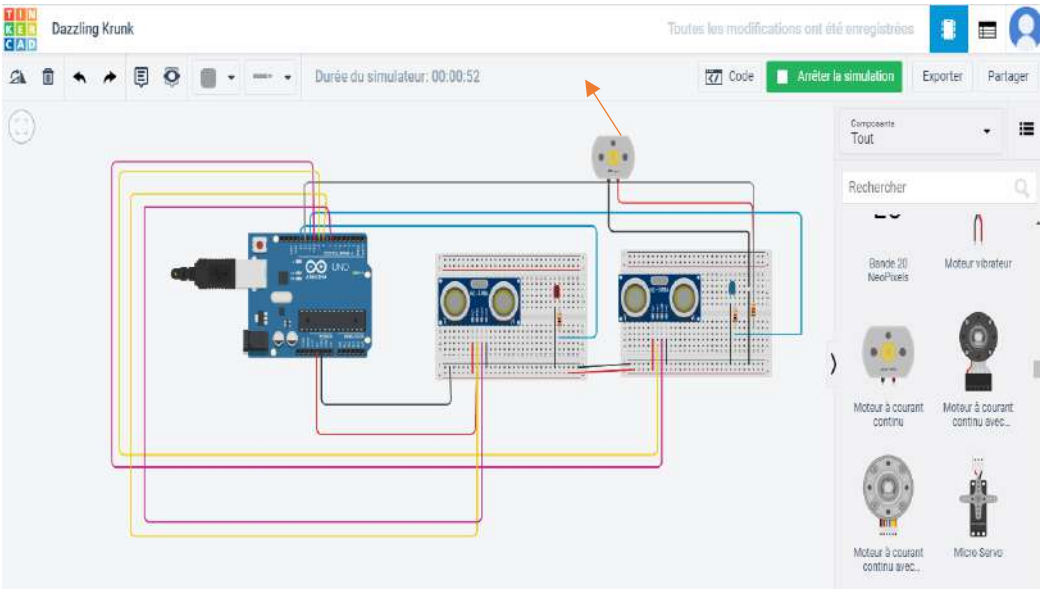


Figure III. 8: moteur démarrer

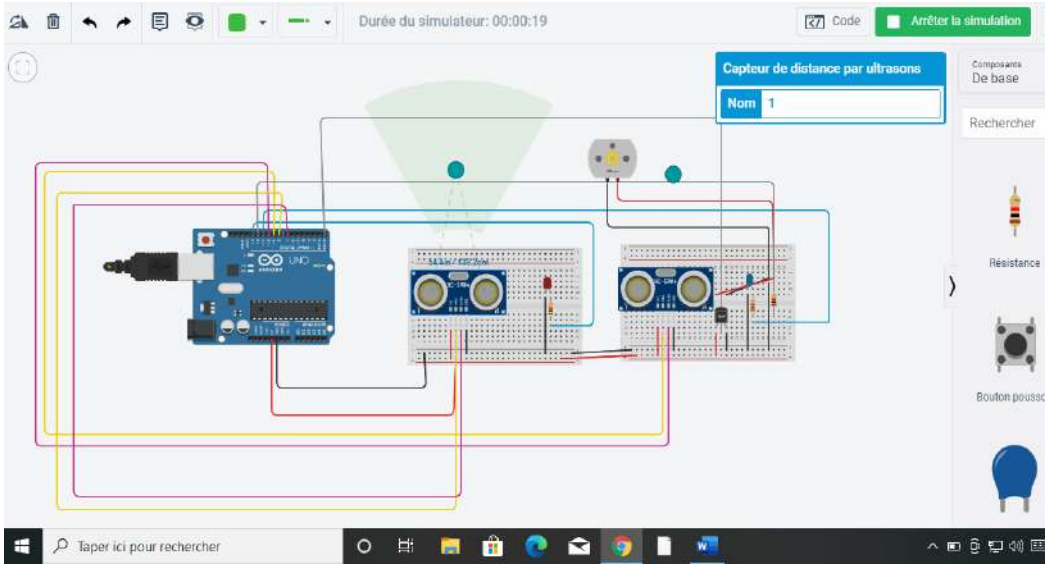


Figure III. 9: moteur arrêter

III.4. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous allons bien modéliser notre système à partir des calculs nécessaire (débit, volume, la masse, temps d'ouverture des électrovannes) a été bien présenté, ces opérations ont été réaliser avec l'aide des éléments sensible et précis (ultrason, LM35). Les tests effectués après avoir simulé le mélangeur chimique télé contrôlé MCT ont montré le bon fonctionnement du système qui peut être développé plus tard.

Conclusion générale

Le mélangeur chimique télé-contrôlé <<MCT>> présente une bonne solution de protection contre les dangers des réactions chimiques, il permet de les gérer à distance d'une façon plus sure pour les opérateurs et d'avoir les meilleurs attendus.

C'était un grand challenge pour nous de réaliser ce projet sur une durée aussi courte, en partant de la recherche des idées jusqu'à la simulation qui demandait des notions approfondis des différents Domain en électronique et mécanique et en programmation C.

La conception d'un tel système qui peut réduit les dégâts des réactions chimiques nous motive de plus en plus pour l'optimiser.

Annexes

Annexe1

Le circuit de puissance ULN 2003 :

Concernant les circuits des puissances on a utilisé le circuit intégré ULN 2003 pour amplifie les signaux de sortie (5 volts) de l'arduino vers des signaux de (9 volts) et le montage est montré dans la figure suivante :

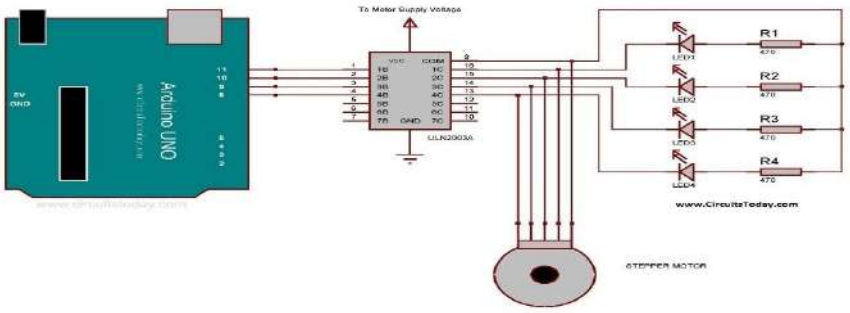


Figure III. 10: schéma du circuit de puissance

ULN 2003 : c'est un circuit intégré structuré sous la forme d'un tableau de sept transistors NPN Darlington qui sont capables de supporter au maximum 500mA, 50V.

Il est très utilisé dans le Domain des circuits de puissance des alimentations des moteurs DC 12V et 24V (les basses tensions).

On utilise l'ULN 2003 est dans les circuits de driver pour relais, lampe et écrans LED, moteurs pas à pas, des tampons logiques et des pilotes de ligne [17].

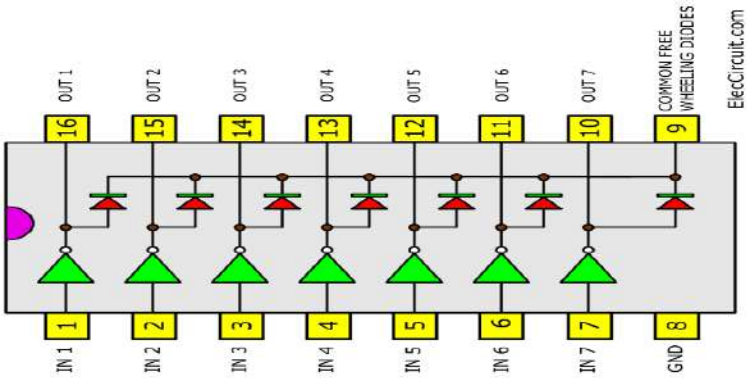
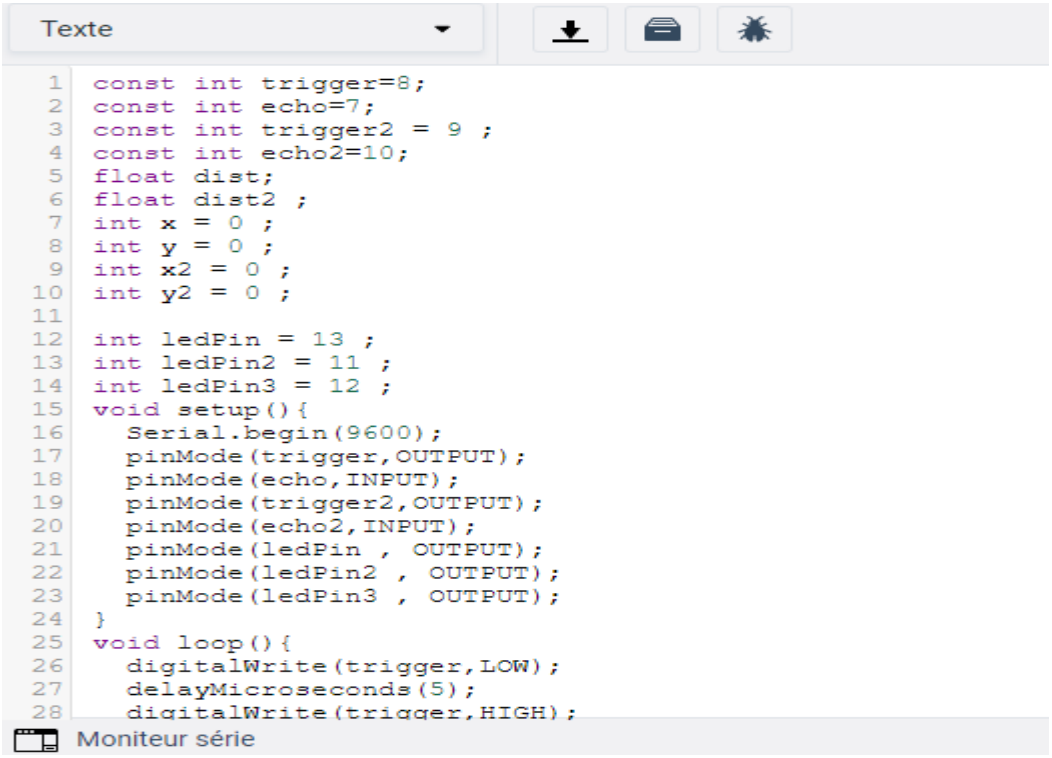


Figure III. 11: schéma interne du circuit de puissance

Annexe 2

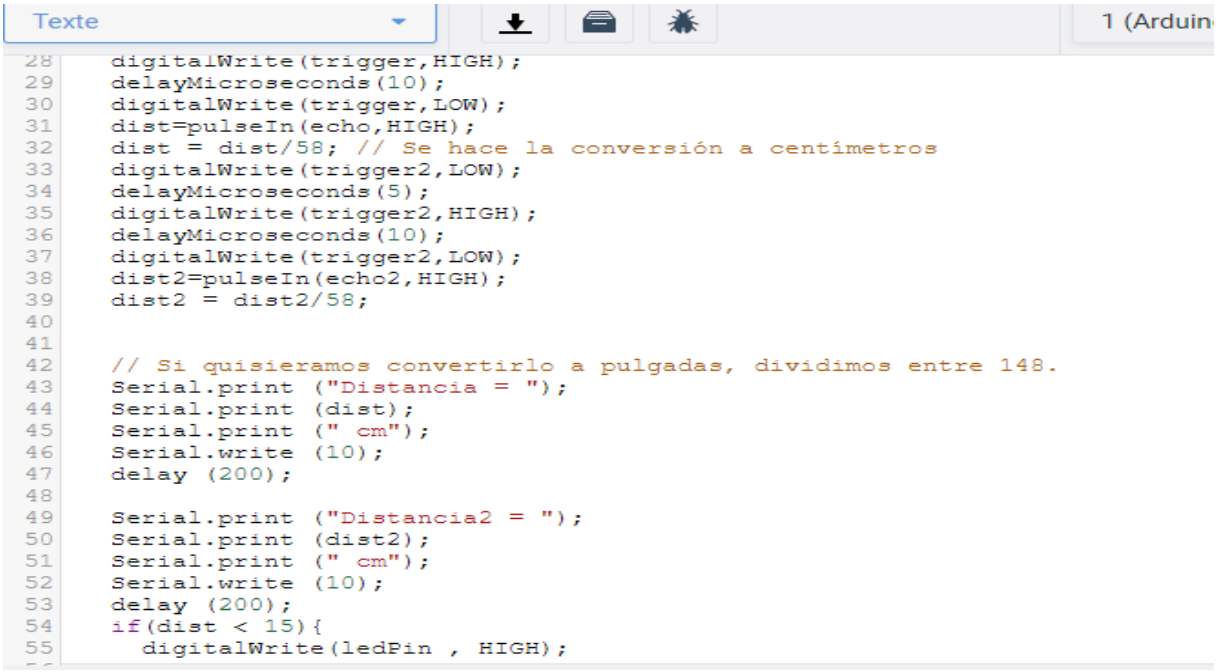
La partie logicielle est la partie la plus complexe de ce projet. Le programme est évidemment Écrit en langage Arduino.




```
const int trigger=8;
const int echo=7;
const int trigger2 = 9 ;
const int echo2=10;
float dist;
float dist2 ;
int x = 0 ;
int y = 0 ;
int x2 = 0 ;
int y2 = 0 ;

int ledPin = 13 ;
int ledPin2 = 11 ;
int ledPin3 = 12 ;
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  pinMode(trigger,OUTPUT);
  pinMode(echo,INPUT);
  pinMode(trigger2,OUTPUT);
  pinMode(echo2,INPUT);
  pinMode(ledPin , OUTPUT);
  pinMode(ledPin2 , OUTPUT);
  pinMode(ledPin3 , OUTPUT);
}
void loop(){
  digitalWrite(trigger,LOW);
  delayMicroseconds(5);
  digitalWrite(trigger,HIGH);
```

Figure III. 12: programme 1




```
  digitalWrite(trigger,HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigger,LOW);
  dist=pulseIn(echo,HIGH);
  dist = dist/58; // Se hace la conversión a centímetros
  digitalWrite(trigger2,LOW);
  delayMicroseconds(5);
  digitalWrite(trigger2,HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigger2,LOW);
  dist2=pulseIn(echo2,HIGH);
  dist2 = dist2/58;


  // Si quisieramos convertirlo a pulgadas, dividimos entre 148.
  Serial.print ("Distancia = ");
  Serial.print (dist);
  Serial.print (" cm");
  Serial.write (10);
  delay (200);

  Serial.print ("Distancia2 = ");
  Serial.print (dist2);
  Serial.print (" cm");
  Serial.write (10);
  delay (200);
  if(dist < 15){
    digitalWrite(ledPin , HIGH);
```

Figure III. 13: programme 2

Texte 1 (Arduino Uno R3)

```
55    // Delais de 250 millisecondes
56    delay(250);
57    // Si quisieramos convertirlo a pulgadas, dividimos entre 148.
58    Serial.print ("Distancia = ");
59    Serial.print (dist);
60    Serial.print (" cm");
61    Serial.write (10);
62    delay (200);
63
64    Serial.print ("Distancia2 = ");
65    Serial.print (dist2);
66    Serial.print (" cm");
67    Serial.write (10);
68    delay (200);
69    if(dist < 15){
70      digitalWrite(ledPin , HIGH);
71
72    }
73    else{
74      digitalWrite(ledPin , LOW);
75    }
76    if(dist2 < 15){
77      digitalWrite(ledPin2 , HIGH);
78    }
79    else{
80      digitalWrite(ledPin2 , LOW);
81    }
```

Moniteur série

Figure III. 14: programme 3

Texte 1 (Arduino Uno R3)

```
77      digitalWrite(ledPin2 , HIGH);
78    }
79    else{
80      digitalWrite(ledPin2 , LOW);
81    }
82    if(digitalRead(ledPin) == HIGH){
83      x = 1 ;
84    }
85      if(digitalRead(ledPin) == LOW){
86      y = 1 ;
87    }
88      if(digitalRead(ledPin2) == HIGH){
89      x2= 1 ;
90    }
91      if(digitalRead(ledPin2) == LOW){
92      y2 = 1 ;
93    }
94    if(x == 1 && digitalRead(ledPin) == LOW && x2 == 1 && digitalRead(ledPin2) == LOW){
95      digitalWrite(ledPin3 , HIGH);
96      delay(15000);
97      x = x + 1 ;
98
99
100   }
101   else{
102     digitalWrite(ledPin3 , LOW);
103   }
104 }
```

Moniteur série

Figure III. 15: programme 4

Bibliographie

[1] M. Jean-François Demeyre “caractérisation de l’homogénéité de mélange de poudres et de l’agitation en mélangeurs triaxe” Thèse de doctorat, Institu nationalpolytechnique de Toulouse, 2007.

[2]http://passeport.univ-lille1.fr/site/chimie/scc934/chimie-gene/chimie-gene_web.publi/web/co/module_chimie-gene.html

[3] http://WWW.allorf.qc.ca/BV/pages/sOOOO.aspx

[4] Sandra Massol-Chaudeur “Caractérisation de l´état de mélange de poudres -casdes mélanges faiblement doses”. PhDthesis, Ecole des Mines d’Albi-Carmaux France, 2000.

[5] http://WWW.chilworth.fr/danger-formation-risques-chilworth.html

[6] http://WWW.cchst.com /Oshanswers/Chemicals

[7] http://WWW.conservation-nature.fr/pollution.php

[8] C. Schofield.Assessing mixtures by autocorrelation.Trans.Instn.Chem.Engrs, 48 : T28–T34, 1970.

[9] F TIRSATINE H NOUAR “Etude et programmation d'une carte ARDUINO UNO pour le comptage d'entrées/sorties d'un parking” septembre 2016.

[10]http://blog.ac-versailles.fr/technopeguy/public/Programmation/Arduino.pdf

[11]http://www.monclubelec.fr/pmwiki_reference_arduino/pmwiki.php?n=Main.Materiel Uo

[12]http://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/2016/08/13/32001-20160813ARTFIG00034ces-objets-connectes-utilises-par-les-sportifs-olympiques.php

[13] http://WWW.electrotech.fr/comment fonctionne une électrovanne.php

[14] http://WWW.electrotechfr/moteur a courant continu

[15] Ramakrishna, Hoang Minh Tarn, Suhas P. Wani, Tranh Dinh Long “The application of soil temperature measurement by LM35 temperature sensors”. "Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam," Field Crops Research, 95, 2006, pp. 115-125.

[16] docs.google HCSR04 Ultrasonic Sensor Elijah J. Morgan Nov. 16 2014

[17] http://WWW.electronic circuit.com de puissance ULN 2003